

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



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební



Chcete studovat
zajímavé obory
na moderní
stavební fakultě
v Ostravě?

Navazující magisterský studijní
program “**Stavební inženýrství**”
(doba studia 1,5 roku)
ve studijních oborech:

- Dopravní stavby
- Geotechnika
- Konstrukce staveb
- Městské inženýrství
- Prostředí staveb
- Provádění staveb
- Stavební hmoty a diagnostika staveb
- Dopravní inženýrství
- Průmyslové a pozemní stavitelství

Navazující magisterský studijní
program “**Architektura a stavitelství**”
(doba studia 2 roky – pouze
prezenční forma studia)
ve studijním oboru:

- Architektura a stavitelství

Bakalářský studijní program
“**Stavební inženýrství**”

(doba studia 4 roky)
ve studijních oborech:

- Dopravní inženýrství
- Dopravní stavby
- Geotechnika
- Městské inženýrství
- Prostředí staveb
- Příprava a realizace staveb
- Stavební hmoty a diagnostika staveb
- Konstrukce staveb
- Building structure (pouze v angličtině)

Bakalářský studijní program
“**Architektura a stavitelství**”

(doba studia 4 roky - pouze
prezenční forma studia)
ve studijním oboru:

- Architektura a stavitelství

Doktorský studijní program
“**Stavební inženýrství**”

ve studijních oborech:

- Teorie konstrukcí
- Geotechnika

Naší absolventi nemají problém
s uplatněním!

I to je důvod, proč studovat
na Fakultě stavební!

Další informace na
www.fast.vsb.cz



Podzemní stavby (vývoj, výzkum, navrhování, realizace)

Časopis České tunelářské asociace a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA-AITES

Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

OBSAH

Editorial:

doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., člen redakční rady 1

Úvodníky:

Ing. Roman Fuksa, ředitel divize 5, Metrostav a.s. 2

prof. Ing. Radim Čajka, CSc., děkan, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava 3

Stavba dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice,

výstavba tunelů Prackovice a Radejčín

Ing. Jiří Trochta, Ing. Pavel Kuděj, Metrostav a.s., Ing. Jiří Svoboda,

Ing. Michal Hnilička, PRAGOPROJEKT, a.s. 4

Hydroizolace skandinávských tunelů

Ing. Aleš Gothard, Ing. Jiří Šach, Ing. Josef Malknecht, Metrostav a.s. 18

Tunely Ejpvovice, ražba jižní tunelové trouby, přesun

a úpravy stroje pro ražbu severní tunelové trouby

Ing. Štefan Ivor, Ing. Petr Hybský, Libor Sýkora, Václav Anděl,

Metrostav a.s. 26

Geotechnika a podzemní stavitelství na dvacetileté

Fakultě stavební VŠB – Technické univerzity v Ostravě

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.,

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství,

Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava 33

Analýza koeficientů přenosu prostředí na třech mělce ražených tunelech

prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ing. Martin Stolárik, Ph.D.,

Ing. Miroslav Pinka, VŠB-TU Ostrava 41

Statické řešení dvouplášťového tunelového ostění

doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., Ing. Marek Mohyla,

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Ing. Lukáš Duriš, Ph.D.,

VŠB-TU Ostrava 48

Fotoreportáž z exkurzí studentů oboru Geotechnika

FAST VŠB-TU Ostrava a z její další činnosti 56

Ze světa podzemních staveb 60

Zprávy z tunelářských konferencí 61

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 64

Výročí 69

Rozloučení 70

Z historie podzemních staveb 71

Z činnosti pracovních skupin CzTA 73

REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

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

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

Ing. Miloslav Frankovský – Terraprojekt a.s.

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

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

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

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

Ing. Viktória Chomová – STA

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

Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.

Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT a.s.

Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.

Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stav. Projekta

Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a.s.

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

Ing. Boris Šebesta – Metrostav a.s.

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

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

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

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES

členové EC ITA-AITES

členské organizace a členové CzTA a STA

externí odběratelé

povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

REDAKCE

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

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

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

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

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

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

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

H.R.G. spol. s r.o., Litomyšl

Foto na obálce: Výztuž nouzového zálivu tunelu Považský Chlmec

(foto Ing. Libor Mařík)

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:

doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., a member of the Editorial Board 1

Ing. Roman Fuksa, Director of Division 5, Metrostav a.s. 2

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.,

The Dean, Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU of Ostrava 3

Motorway D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice Project,

Construction of Prackovice and Radejčín Tunnels

Ing. Jiří Trochta, Ing. Pavel Kuděj, Metrostav a.s., Ing. Jiří Svoboda,

Ing. Michal Hnilička, PRAGOPROJEKT, a.s. 4

Water and Frost Protection of Scandinavian Tunnels

Ing. Aleš Gothard, Ing. Jiří Šach, Ing. Josef Malknecht, Metrostav a.s. 18

Ejpvovice Tunnels, Driving the Southern Tunnel Tube; Shifting

and Modifying the TBM for Driving the Northern Tunnel Tube

Ing. Š. Ivor, Ing. P. Hybský, L. Sýkora, Václav Anděl, Metrostav a.s. 26

Geotechnics and Underground Structures

at the Twenty Years Old Faculty of Civil Engineering

of the VŠB – Technical University of Ostrava

doc. RNDr. E. Hruběšová, Ph.D., prof. Ing. J. Aldorf, DrSc., Katedra

geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava 33

Analysis of Coefficients of Vibration Transmission through

Ground Environment Carried out on Three Shallow

Driven Tunnel Construction Sites

prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ing. Martin Stolárik, Ph.D.,

Ing. Miroslav Pinka, VŠB-TU Ostrava 41

Structural Design of Double-Shell Tunnel Linings

doc. Ing. K. Vojtasík, CSc., Ing. M. Mohyla, doc. RNDr. E. Hruběšová, Ph.D.,

Ing. L. Duriš, Ph.D., VŠB-TU Ostrava 48

Picture Report from Excursions for Students of the Geotechnics

Field of Study at the Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical

University of Ostrava and other Activities of the University 56

The World of Underground Constructions 60

News from Tunnelling Conferences 61

Current News from the Czech and Slovak Underground Construction ... 64

Anniversaries 69

Last Farewell 70

From the History of Underground Constructions 71

CzTA Working Groups 73

Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.

Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.

Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.

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

Zahraniční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

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

Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA

Prof. John A. Hudson – IMPERIAL COLLEGE, UK

Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria

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

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

Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria

Prof. Ove Stephansson – GFZ Potsdam, Germany

Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION

ITA-AITES Member Nations

ITA-AITES EC members

CzTA and STA corporate and individual members

external subscribers and obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

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

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

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

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

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

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

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

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

Cover photo: Reinforcement of the emergency lay-by of the Považský

Chlmec tunnel (foto Ing. Libor Mařík)

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

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

CZTA:

Čestní členové:

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

Členské organizace:

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

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

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

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

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

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

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

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

Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

SIKA CZ, s.r.o.
Bystrcká 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.
Koželušská 2246/5
180 00 Praha 8 - Libeň

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

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

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

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

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

VIS, a.s.
Bezová 1658
147 01 Praha 4

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

STA:

Čestní členovia:

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

Členské organizácie:

ALFA 04, a. s.
Jašíkova ul. 6
821 03 Bratislava

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

HOCHTIEF CZ a.s.
org. zložka Slovensko
Miletičova 23
821 09 Bratislava

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

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

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

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

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

Niedax, s.r.o.
Pestovateľská 6
824 04 Bratislava

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

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

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

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

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 SLOVENSKEJ, 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

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

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

Strabag, s.r.o.
Mlynské Nivy 61/A
825 18 Bratislava

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TUBAU, a. s.
Bytčická 89
010 09 Žilina

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

TUNGUARD, s.r.o.
Osloboditeľov 120
044 11 Trstené pri Hornáde

URANPRES, spol. s r. o.
Fraňa Kráľa 2
052 80 Spišská Nová Ves

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

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

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

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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

Vážné čtenářky a čtenáři,

dostáváte do ruky již druhé číslo časopisu TUNEL ročníku 2017. Aktuální exemplář je přitom věnován odborným aktivitám především dvou organizací, členů CzTA ITA-AITES.

Jednou z nich je největší domácí realizační firma v oboru podzemního stavitelství – Metrostav a.s. Svou činnost prezentuje třemi odbornými příspěvky. První je věnován zprovoznění dálnice D8 s dokončením jejího posledního úseku Lovosice – Řehlovice, a to především z pohledu výstavby tunelů Prackovice a Radejčín. Autoři v rámci svého článku zmiňují, mimo jiné, také až ostudně dlouhou historii výstavby této dopravní stavby. Ta započala v 2. polovině 80. let 20. stol. a úplně zprovozněna byla až koncem roku 2016, což znamená po více než třiceti letech! Na D8 nicméně tuneláři obstáli více nežli dobře – nacházejí se zde celkem čtyři tunelové stavby, z nichž tunel Panenská je nejdelším dálničním tunelem v ČR a tunel Prackovice lze označit za jeden z těch, které byly realizovány, přinejmenším, ve velmi obtížných podmínkách. Další odborný příspěvek kolegů z Metrostavu a.s. se obrací k úspěšné činnosti firmy v zahraničí, s pro nás pozoruhodnou problematikou – pojednává o hydroizolacích tunelů budovaných v Norsku a na Islandu. Autoři nám přibližují místní předpisy a technické postupy, jako i různé typy používaných systémů ochrany proti vodě. Třetí odborný článek pracovníků Metrostavu a.s. nás přivádí na dnes probíhající největší podzemní stavbu v ČR, kterou je nyní již druhá trouba železničního tunelu Ejovice. Uvádějí zde, jaké zkušenosti získali při ražení první – jižní tunelové trouby v různých režimech stroje a popisují obtížné práce spojené s demontáží razicího mechanismu a s jeho přemístěním na druhý – severní tunel se zahájením ražby v září 2016.

Druhou z odborných organizací, kterým je věnováno toto číslo časopisu TUNEL, je, a to poněkud netradičně, katedra geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava. Záměrem redakční rady je v tomto případě upozornit i na jiný příklad odborné činnosti zasahující do oboru podzemních staveb. V prvním příspěvku je přiblížena dlouhá historie vysokoškolského pracoviště, s popisem velmi rozsáhlých vědecko-výzkumných aktivit a se zdůrazněním některých konkrétních výstupů. Svě místo v článku má i orientace a záběr pedagogické činnosti katedry. Další dva články vědecko-pedagogických pracovníků katedry geotechniky a podzemního stavitelství FAST VŠB-TU jsou věnovány analýze vlivu seismických účinků vyvolaných použitím trhacích prací při rozpojování hornin v podzemním stavitelství (u tunelů Jablunkov, Slivenec a Klínkovice), resp. možnostem, které se naskýtají při statickém řešení dvoupřístřového tunelového ostění.

Obsah časopisu TUNEL je, tak jak je i standardem, doplněn o pravidelné rubriky. Nicméně řada čtenářů jistě musela zaznamenat, že ještě zcela nedávno byla čísla časopisu editována s vyšším počtem odborných příspěvků. Důvodem je i to, že v současné době nejsou v ČR prakticky zahajovány nové podzemní stavby. Jednou z hlavních příčin tohoto stavu je bezesporu velmi těžkopádný a zdoluhavý systém projednávání a schvalování staveb. Souvisí to do značné míry se stále komplikovanějším právním systémem. Jen zcela aktuálně se kyberprostorem mihla (a vzápětí také zmizela) informace, podle které dnes v ČR patrně platí více než 1,5 mil. zákonných předpisů, spíše možná až ke 2 mil. Stav je takový, že se v něm nevyznají ani naprostí specialisté! Z tohoto pohledu se potom jeví správným krokem snaha o významné legislativní zjednodušení současného neúnosného stavu (který je podle jiných informací jedním z nejkomplikovanějších v EU), ventilovaná aktuálně v Parlamentu ČR. Snaha o zjednodušení přitom může současně souviset i se začátkem předvolební kampaně. Letos totiž proběhnou jak volby parlamentní, tak i prezidentské. A je patrně jen pouhou náhodou, že také na tuneláře čeká volba vedení jejich profesní organizace – CzTA ITA-AITES. V této souvislosti pak už jen nezbyvá popřát, aby voliči či volitelé měli šťastnou ruku.

VLADISLAV HORÁK, člen redakční rady časopisu

Dear readers,

arriving in your hand is already the second issue of TUNEL journal in 2017. The current exemplar is dedicated to professional activities, first of all of two organisations, members of the ITA-AITES CzTA.

One of them is Metrostav a. s., the largest domestic realisation company in the field of underground construction engineering. It presents its activities by three professional papers. The first one is dedicated to putting the D8 motorway into service after the completion of the last motorway section between the town of Lovosice and the village of Řehlovice, first of all from the aspect of the construction of the Prackovice and Radejčín tunnels. Within the framework of their paper, the authors mention, among other things, the up to outrageously long history of the development of this transport-related project. It commenced in the second half of the 1980s and the motorway was fully opened to traffic as late as the end of 2016, which means after more than thirty years! Nevertheless, tunnellers performed more than well – there are four tunnels on the D8 motorway. The Panenská tunnel is the longest motorway tunnel in the Czech Republic and the Prackovice tunnel can be labelled as one of the tunnels carried out under at least very complicated conditions. Another technical paper by colleagues from Metrostav a. s. turns to the successful activities of the company abroad, presenting for us interesting problems – waterproofing and frost protection of tunnels carried out in Norway and Iceland. The authors outline local regulations and technical procedures and various types of waterproofing and frost protection systems used in those countries. The third technical paper by Metrostav a. s. employees brings us to the currently continuing largest underground construction site in the Czech Republic, the driving of the today already second tube of the Ejovice railway tunnel. They inform about the experience gathered during the course of driving the first (southern) tunnel tube using various modes of the tunnel boring machine. Further they describe the complicated operations associated with the disassembly of the tunnel boring machine and moving it to the second (northern) tunnel to start the excavation in September 2016.

Somewhat untraditionally, the other professional organisation this TUNEL journal issue is dedicated to is the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava. In this case, the intention of the Editorial Board is to point another case of professional activity extending into the field of underground construction engineering. The first paper outlines the long history of the department, describes the very extensive scientific-research activities and puts stress on some specific outputs. Even the orientation and scope of the teaching activities of the department have their place in the paper. The other two papers prepared by scientific and teaching employees of the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU are dedicated to the analysis of the impact of seismic effects induced by the application of blasting to the process of rock disintegration in the underground construction engineering (at the Jablunkov, Slivenec and Klínkovice tunnels), respectively to the options available for the structural design of a double-shell tunnel lining.

As it has become a standard, the TUNEL journal contents are supplemented by several regular columns. Nevertheless, many readers certainly must have noticed that quite recently the journal issues contained a higher number of technical papers. The reason is even the fact that no new underground construction projects are currently being started. One of the main causes of this state is undoubtedly the very clumsy and lengthy system of discussing and approving construction projects. It is due to the legal system, which is to a large extent more and more complicated. The information according to which over 1.5 million legal regulations, possibly up to 2 million, scurried recently through the cyberspace (and immediately again disappeared). The state is so complicated that neither specialists are acquainted with it! From this point of view, the effort to significantly legislatively simplify the current unbearable state (which, according to other information, is one of the most complicated in the EU) which is currently being ventilated in Parliament of the Czech Republic seems therefore to be the right step. The reason is that parliamentary as well as presidential elections will take place this year and it is probably only just a coincidence that the choice of the leaders of their professional organisation – the ITA-AITES CzTA – is also waiting for the tunnellers. In this context it only remains to wish good luck to the voters.

VLADISLAV HORÁK, a member of the Editorial Board



VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

jsem velmi rád, že mohu přispět do časopisu Tunel a uvést tak naše příspěvky, které reprezentují současnou cestu tunelářskou profesí.

K zamyšlení mě vede, co všechno se muselo stát nejen ve společenském vývoji, abychom se dostali od prohlížení a následného vystřihování technicky ohromujících obrázků z časopisů Tunnels & Tunneling před 25 lety až po zvládnutí technologie ražby metodou Drill&Blast ve Skandinávii a metodou TBM v Čechách. Mezi tím jsme si osvojili a rozvinuli v Čechách technologii výstavby podzemních děl metodou NRTM, a to pro všechny základní typy silničních a železničních tunelů a metra.

V současné době uplatňujeme NRTM pouze na Slovensku. V zemi našich nejbližších sousedů v posledních letech roste výstavba silničních a železničních tunelů, zatímco u nás doma klesl objem všech ražeb velkých profilů za posledních pět let na třicet procent a nyní je příležitost pro využití metody NRTM je de facto nulová. Za této situace není jednoduché prosadit se na českém trhu a udržet si pozici předního dodavatele podzemních staveb.

Naše společnost měla ve svém výrobním programu vždy zahrnutý i zahraniční lokalitu. Současná bilance přes 20 km vyražených tunelů ve Skandinávii a na Islandu je praktickým výsledkem strategie firmy. Statisticky „strohý údaj“ – počet vyražených kilometrů je naplněn prací a úsilím, o nichž vědí své zejména lidé, kteří u toho byli. Jak mnohdy nesnadná cesta to byla – od klimatických podmínek přes jazykové bariéry až po komunikaci s investory nejlépe znalých svého domácího podnikatelského prostředí. Téměř pětadvacetileté působení Metrostavu v oblasti výstavby podzemních děl v zahraničí je důkazem našeho neustálého rozvoje a dynamiky, jakožto i stabilizace na těchto trzích.

Jsem vskutku potěšen, že do našich výrobních kapacit spadá i technologie ražeb metodou TBM. Neztrácíme tak kontakt s nejmodernější technologií výstavby tunelů, která je sice technicky náročnější, vyžaduje vysoce kvalifikovaný personál, je ale rychlejší, efektivnější a šetrnější v daných podmínkách zejména k životnímu prostředí. První zkušenost z aplikace technologie mechanizovaného tunelování (TBM) větších profilů byla získána při výstavbě pražského metra s pomocí sovětského mechanizovaného štítu TŠČB-3 již v 70. letech minulého století. Ovšem s přihlédnutím k nové v pravdě již průmyslové epoše rozvoje této technologie to bylo opravdu prvně až v letech 2011 a 2012 a to opět při stavbě pražského metra tentokrát trasy V.A. V současnosti touto technologií razíme ejpovické tunely, nejdelší železniční tunely v Čechách. Samozřejmě sledujeme i další technický rozvoj v našem oboru a neustále se učíme něčemu novému.

Seznamte se tedy alespoň s malým výřezem naší činnosti v oblasti tunelových staveb prostřednictvím námi zde aktuálně přiložených článků.

Zdar Bůh! Zdar Boh! Lykke til!



DEAR READERS,

I am very happy that I can contribute to TUNEL journal and present our company's contributions representing the current way through the tunnel construction profession.

The thought-provoking question is what all had to happen in our company to get from cutting out technically stunning pictures from Tunnels & Tunneling journal issues 25 years ago to mastering tunnel excavation using the Drill&Blast technique in Scandinavia and the tunnel driving technique using a Tunnel Boring Machine in Bohemia. Between these two techniques we in addition acquired and developed the NATM method in Bohemia for all basic types of road, railway and metro tunnels.

Today we use the NATM only in Slovakia. The scope of the development of road and railway tunnels in the country of our closest neighbours has been growing in recent years, whilst the volume of all excavation of large profiles has dropped during past 5 years to thirty per cent and de facto no opportunity for the application of the NATM currently exists. In this situation it is not easy to break through on the Czech market and maintain the position of a leading contractor for underground construction projects.

Metrostav a.s. has always had even foreign markets contained in its production programme. The current balance of over 20km of tunnels excavated in Scandinavia and in Iceland is a practical result of the company strategy. The statistically “austere data” – the number of completed kilometres of tunnel excavation is filled with the work and effort the magnitude of which is known first of all to people who made it. How difficult process it often was – from climatic conditions through language barriers up to communication with project owners best cognisant of their home environment.

The nearly twenty five years of Metrostav a.s. in the field of underground construction activities abroad is the proof of our company development and dynamics, as well as the stabilisation on those markets.

I am really delighted that the portfolio of our production capacities contains even the tunnel driving technique using TBMs. It means that we do not lose contact with the up-to-date tunnel construction technology, which is technically more difficult and requires highly qualified personnel, but on the other hand, is faster, more effective and more environmentally friendly in the current conditions. The first experience of the application of mechanised tunnelling (TBM technology) to driving larger cross-section tunnels was gained as long time ago as the 1970s, during the construction of Prague metro, using the Soviet tunnel boring machine TŠČB-3. However, taking into consideration the new, truly already industrial epoch of the development of this technology, the really first application took place in 2011 and 2012, again during the construction of Prague metro, this time the Line V.A. Currently we are using it for driving the Ejpovice tunnels, the longest tunnels in Bohemia. Of course, we also observe other technical development fields of our industry and permanently learn new things.

Well, familiarise yourselves with an at least small cut out of our activities in the field of tunnel construction projects through the papers currently contained in the journal.

God speed you! Zdar Bůh! Zdar Boh! Lykke til!

ING. ROMAN FUKSA

*ředitel divize 5, Metrostav a.s.
Director of Division 5, Metrostav a.s.*

MILÍ ČTENÁŘI,

Fakulta stavební v Ostravě v tomto roce slaví své 20. výročí. Jako oficiální datum založení se podle zakládající listiny uvádí 1. 1. 1997. Dovolte mi proto ohlédnout se jak za minulost, tak se i zamyslet nad budoucností dalšího rozvoje a směřování fakulty.

V první řadě je potřeba vzpomenout a poděkovat všem, kteří se o založení fakulty zasloužili. Vznik Fakulty stavební v Ostravě podpořila řada celostátních odborných institucí a jejich ostravských poboček. Obrovský dík při budování nové fakulty rovněž patří prvním pracovníkům, kteří svým nadšením, erudiicí a osobními kontakty položili první základy výuky a výzkumu na nově vzniklé „stavařině“ v Ostravě. Nechci zde všechny vyjmenovávat, abych na někoho nezapomněl. Poděkování za rozvoj fakulty v uplynulých 20 letech však patří všem jejím pracovníkům. Někteří již nejsou mezi námi, řada z nich však stále na fakultě působí ať už formou výuky, nebo účastí na řešení výzkumných projektů.

Areál Stavební fakulty je již po třech etapách rekonstrukcí a přístavby bývalé základní školy k roku 2016 prakticky dostavěn. V roce 2015 jsme na fakultě dokončili dlouho očekávanou experimentální zkušební halu, v roce 2016 byla dokončena výroba a montáž technologického vybavení a letos připravujeme zahájení provozu Experimentálního stavebního centra zaměřeného na statické a dynamické zkoušky velkých stavebních prvků a konstrukcí. Do řešení výzkumných úloh se nám daří zapojovat stále více studentů doktorského, ale i magisterského a bakalářského studia. Studenti se tak nejen seznámí s výzkumnou činností na fakultě, ale mohou si i přivydělat. Těší nás rovněž nemalé úspěchy našich studentů, kteří svými znalostmi a dovednostmi směle soupeří se studenty jiných stavebních fakult v národních i mezinárodních studentských soutěžích a v posledních letech přivážejí stále více prestižních ocenění.

Naše Technická univerzita, jejíž součástí je i Stavební fakulta, je zařazena v prestižním britském žebříčku THE – Times Higher Education, který obsahuje výběr nejlepších univerzit na světě. Je to pro naši fakultu a celou univerzitu obrovský úspěch, který potvrzuje kvalitu studia, intenzivní spolupráci s průmyslem, uplatnění absolventů v praxi a excelentní výsledky ve výzkumu. Uplatnitelnost našich studentů v zahraničí umožňuje kromě kvalitního vzdělání i udělení „ECTS label“ vydávaný evropskou komisí, která zaručuje akademické uznávání studia v zahraničí. Dodatek diplomu, „Diploma Supplement“, vydávaný společně s diplomem po absolvování bakalářského, magisterského nebo doktorského studijního programu všem studentům, přibližuje budoucím zaměstnavatelům obsah studia, úroveň a postavení absolvovaných studijních programů.

Navýšili jsme výsledky ve vědě a výzkumu, a to jak počtem impaktovaných vědeckých publikací, tak finančním objemem tzv. smluvního výzkumu pro průmyslové firmy a stavební společnosti. Zahájili jsme přípravu nových projektů Operačního programu zaměřených na inovaci a tvorbu nových studijních programů, tak aby byly více kompatibilní se světovými trendy. Začíná k nám totiž přijíždět studovat v anglickém jazyce stále více zahraničních studentů, což svědčí o atraktivnosti studia na Stavební fakultě v Ostravě.

Znalecký ústav fakulty se podílí na řešení širokého spektra problémů, poruch či havárií inženýrského a pozemního stavitelství, jako je například dálnice D47. V oblasti geotechniky a podzemního stavitelství se fakulta zabývá problematikou řešení stability svahů a budování tunelů s ohledem na jejich bezpečnost. Naši experti se podíleli na řešení tunelů Valík, Klimkovice, tunelu Dobrovského v Brně, tunelu Jablunkov i tunelu Blanka v Praze.

Do budoucna bych si přál, aby naše fakulta byla vyhledávána jak našimi, tak zahraničními studenty pro své jedinečné studijní programy, vynikající pedagogii, odborníky, experimentální zařízení a v neposlední řadě pro možnosti řešit náročné inženýrské úlohy pomocí superpočítače v Národním superpočítačovém centru.

K tomu přejí naší fakultě hodně úspěchů v dalším období rozvoje.

**DEAR READERS,**

The Faculty of Civil Engineering in Ostrava this year celebrates the 20th anniversary of its foundation. The 1st January 1997 is the official foundation date presented in the Founding Charter. Allow me, therefore, both to look back on the past and to ruminate over the future development and direction of the Faculty.

First of all it is necessary to remember and express thanks to all people who participated in the foundation of the Faculty. The origin of the Faculty of Civil Engineering in Ostrava was supported by numerous national institutions and their branches seated in Ostrava. Special thanks belong to the first employees, who, through their enthusiasm, erudition and personal contacts, laid the first foundations of teaching and research activities at the newly originated building/civil engineering branch. I am not going to name all so that I do not forget some of them. The thanks for the Faculty development during the past 20 years belong to all of the Faculty employees. Some of them are no more among us, but many still work at the Faculty, either in the form of teaching or by participating in research projects.

After three stages of reconstruction and the construction of an annexe to a former elementary school, the premises of the Faculty of Civil Engineering will be virtually complete by 2016. In 2015 the Faculty finished the long-awaited experimental and testing hall; a production and assembly facility was finished in 2016 and bringing of the Experimental Building Centre focused on static and dynamic testing of large building elements and structures is under preparation to be brought into service this year. We are successful in engaging more and more Doctoral students, but also Master and Bachelor students. In this way students are acquainted not only with research activities at the Faculty, but they can even earn some extra money. We are in addition pleased with the considerable success of our students, who have boldly rivaled students of other faculties of civil engineering in national and international student competitions through their knowledge and skills and, in recent years, have been gaining more and more prestigious awards.

Our Technical University, a part of which is also the Faculty of Civil Engineering, is incorporated into a prestigious British ranking, THE – Times Higher Education, containing a selection of the best universities in the world. It is a tremendous success for us, confirming the quality of studies, the intense collaboration with the industry, the use of the graduates in practice and excellent results in the field of research. The employability of our students abroad is possible, apart from good quality education, even owing to the ECTS Label certificate awarded by the European Commission, which guarantees the academic recognition of studies abroad. The Diploma Supplement, which is handed over to all students together with the diploma after graduating from the Bachelor's, Master's and Doctoral study programmes. It outlines the contents of the study, the level and positions of the study programmes for information of future employers.

We improved the results in the field of science and research both in terms of the number of impacted scientific publications and the financial volume of the so-called contractual research carried out for industrial firms and civil engineering companies. We started the preparation of new projects of the Operational Programme focused on innovation and development of new study programmes designed to be more compatible with global trends. The reason is that more and more foreign students come to us to study in English. This fact confirms the attractiveness of studies at the Faculty of Civil Engineering in Ostrava.

The Expert Institute of the Faculty participates in solving a wide range of problems, failures or collapses in the sphere of civil engineering and building, such as the D47 motorway project. In the field of geotechnics and underground structural engineering, the Faculty deals with problems of solving stability of slopes and constructing tunnels taking into consideration their safety. Our experts participated in solving the Valík and Klimkovice tunnels, the Dobrovského tunnel in Brno, the Jablunkov tunnel and the Blanka complex of tunnels in Prague.

For the future, I would wish that our Faculty is preferred by Czech as well as foreign students taking into consideration its unique study programmes, outstanding teachers, experts, experimental facilities and, last but not least, the opportunity to solve complex engineering tasks using a supercomputer at the National Supercomputing Centre.

To all of that, I wish our Faculty lots of success during the next period of development.

PROF. ING. RADIM ČAJKA, CSC.

děkan, Fakulta stavební VŠB – Technická Univerzita Ostrava

The Dean, Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava

STAVBA DÁLNIČE D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE, VÝSTAVBA TUNELŮ PRACKOVICE A RADEJČÍN MOTORWAY D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE PROJECT, CONSTRUCTION OF PRACKOVICE AND RADEJČÍN TUNNELS

JIŘÍ TROCHTA, PAVEL KUDĚJ, JIŘÍ SVOBODA, MICHAL HNILIČKA

ABSTRAKT

Příspěvek shrnuje výstavbu posledního úseku dálnice D8, stavby D 0805 Lovosice – Řehlovice z pohledu zhotovitele stavby. V článku je zmíněna historie výstavby celé dálnice D8 z Prahy ke státní hranici se Spolkovou republikou Německo. V další části jsou uvedeni účastníci výstavby stavby D 0805 a jsou charakterizovány významné objekty. Podrobně je potom popsána výstavba a technologické vybavení dvou dálničních tunelů Prackovice a Radejčín.

ABSTRACT

The paper summarises the construction of the last section of the D8 motorway, the construction package D 0805 Lovosice – Řehlovice, from contractor's point of view. The paper mentions the history of the construction of the entire D8 motorway from Prague up to the state border with the Federal Republic of Germany. Another part presents the participants in the development of the D 0805 project and characterises important objects. The construction and equipment of two motorway tunnels, the Prackovice and the Radejčín, is further described in more detail.

ÚVOD

Jestliže v roce 2015 bylo největší dopravní stavební událostí uvedení pražského tunelového komplexu Blanka do provozu, tak v roce 2016 to bylo dokončení celé dálnice D8 zprovozněním posledního úseku D 0805 Lovosice – Řehlovice. Na obou těchto významných stavbách se podílela společnost Metrostav a.s., a to hlavně výstavbou tunelů.

Stavba 0805 byla zahájena podepsáním smlouvy o dílo v roce 2007. Stavební práce nemohly být zahájeny na celé stavbě ihned po podpisu smlouvy, protože objednatel nepředal staveniště zhotoviteli z důvodu absence stavebních povolení. Plynulý průběh stavby byl narušován žalobami občanských sdružení proti již vydaným stavebním povolením nebo územním rozhodnutím. V roce 2013 bylo těleso rozestavěné dálnice zasaženo velkým svahovým sesuvem. Všechny tyto skutečnosti způsobily, že stavba dálnice D8 – 0805 byla předána veřejnosti do užívání až 17. prosince 2016.

DOKONČENÍ VÝSTAVBY DÁLNIČE D8

Dne 17. prosince 2016 byla po dlouhém očekávání zprovozněna poslední část dálnice D8, stavba D 0805 Lovosice – Řehlovice. Po několika letech byla v České republice uvedena do provozu další velká dálniční liniová stavba. Od zahájení výstavby prvního úseku dálnice D 0806 v roce 1984 tak uplynulo 32 let do dokončení dálničního propojení Prahy a Drážďan. O významu stavby svědčila i účast významných činitelů ČR a Německa při slavnostním otevření.

Dálnice D8 je součástí IV. evropského multimodálního dopravního koridoru Berlín – Drážďany – Praha – Bratislava – Gyor – Budapešť – Adar – Craiova – Sofie – Plovdiv – Istanbul. D8 je také mezinárodní silnicí E 55.

Celá dálnice D8 začíná na severním okraji Prahy nedaleko obce Zdiby a končí na státní hranici s Německem severozápadně

INTRODUCTION

Whilst the largest transport construction event in 2015 was the inauguration of the Blanka complex of tunnels, in 2016 it was the completion of the entire D8 motorway manifested by bringing the last D 0805 Lovosice – Řehlovice section into service. Metrostav a. s. participated in the work on this important construction package, mainly by constructing tunnels.

The development of the construction package 0805 commenced by signing the contract for work in 2007. The construction work operations could not start on the whole construction site immediately after signing the contract because of the fact that the project owner did not hand the site over to the contractor because of the absence of some construction permits. The fluent construction process was disturbed by legal actions of civic associations against already issued construction permits or zoning and planning decisions. In 2013, the body of the under-construction motorway was affected by a major landslide. All these facts caused that the D8 motorway construction package 0805 was put into public service as late as the 17th December 2016.

COMPLETION OF THE D8 MOTORWAY DEVELOPMENT

On the 17th December 2016, after long waiting, the last part of the D8 motorway, construction package D 0805 Lovosice – Řehlovice, was brought into service. It was another large linear motorway structure opened to traffic in the Czech Republic after several years. The completion of the motorway interconnection between Prague and Dresden took place 32 years after the commencement of the construction of the first D 0806 motorway section in 1984. The project importance was even manifested by the presence of major officials of the Czech Republic and Germany at the inauguration.

The D8 motorway is part of the 4th European multimodal transport corridor Berlin – Dresden – Prague – Bratislava – Gyor –

od krušnohorské obce Krásný Les, kde navazuje na německou dálnici A17 směrem na Drážďany délky 45 km. Dálnice D8 měří celkem 92,208 km, její součástí jsou čtyři tunely, každý o dvou tubusech celkové délky téměř 3,5 km, 70 dálničních mostů, 13 mimoúrovňových křižovatek, tři oboustranné vyba-vené odpočívky (Klíčany, Sirejovice a Varvažov) a tři Střediska správy a údržby dálnic (SSÚD) Nová Ves v km 16, Řehlovice v km 64 a Petrovice v km 87.

O stavbě dálnice v trase dnešní D8 se uvažovalo již od konce třicátých let 20. století. Vzájemné propojení dálniční sítě mezi dnes již neexistujícími státy ČSSR a NDR bylo projednáváno v letech 1968–1971, v té době se poprvé začal používat termín dálnice D8 a řešilo se dálniční spojení mezi Prahou a Drážďany.

Dálnice D8 byla rozdělena na sedm samostatných staveb s označením D 0801 až D 0807. Vlastní výstavba dálnice D8 začala v druhé polovině osmdesátých let a její první otevřený úsek nevedl překvapivě z Prahy, ale jednalo se o úsek Řehlovice – Trmice (stavba D 0806), který byl otevřen v roce 1990. Úsek byl dlouhý čtyři kilometry a byl využíván hlavně pro dopravu mezi Teplicemi a Ústím nad Labem.

Další úsek Zdiby – Praha délky 2,248 km zprovozněný v roce 1991 byl nejprve označen jako silnice pro motorová vozidla a od roku 2016 je součástí dálnice D8 a plynule navazuje na pražskou Proseckou radiálu.

Potom již následovaly v relativně rychlém sledu úseky od Prahy ke státní hranici s Německem:

D 0801	Zdiby – Úžice	9,600 km	zprovozněno v roce 1993
D 0802	Úžice – Nová Ves	8,900 km	zprovozněno v roce 1996
D 0804	Doksany – Lovosice	13,425 km	zprovozněno v roce 1998
D 0803	Nová Ves – Doksany	16,351 km	zprovozněno v roce 2001
D 0807	Trmice – státní hranice		
	ČR/Německo	23,344 km	zprovozněno v roce 2006
D 0805	Lovosice – Řehlovice	16,413 km	zprovozněno v roce 2016

Součástí stavby D 0802 jsou dva velké mosty: most přes Vltavu (341 m) a most přes Bakovský potok. Na stavbě D 0804 byl unikátní most přes Ohři délky 1,183 km.

Technicky nejsložitější a největší byla stavba D 0807 v parametrech horské dálnice s převýšením 482 m a s nejdelším dálničním tunelem v ČR – tunelem Panenská (2115 m). Kromě dalšího tunelu Libouchec (520 m) se zde nachází celá řada významných a zajímavých mostních objektů, jako například most přes tratě ČD v Trmicích (1085 m), most Knínice (1071 m), Hraniční most (430 m) a most přes Rybný potok (356 m), oceněný titulem Ministerstva dopravy ČR „Mostní dílo roku 2006“ a „European Award for Excellence in Concrete“ za rok 2008 od ECSN (European Concrete Societies Network).

Poslední realizovaný úsek D 0805 byl kromě technické náročnosti stavby dálnice v členitém prostředí Českého středohoří nejsložitější především z důvodu legislativního. Bylo potřeba zajistit výjimku Ministerstva životního prostředí pro průchod Chráněnou krajinnou oblastí České středohoří, vydání této výjimky trvalo 6 let. V červnu 2013 navíc na stavbě dálnice D 0805 došlo k mimořádné události – zemnímu proudovému sesuvu na rozestavěném tělese dálnice nedaleko obce Dobkovičky.

STAVBA D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Výstavba dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice byla po podepsání smlouvy o dílo zahájena na podzim roku 2007. Stavba

Budapest – Adar – Craiova – Sofia – Plovdiv – Istanbul. The D8 is also part of the E55 international road.

The entire D8 motorway begins on the outskirts of Prague, near the municipality of Zdiby, and ends at the state border with Germany, north-west of the Krušné Mountains (the Erzgebirge) municipality of Krásný Les, where it is connected to the 45km long German A17 motorway running in the direction of the city of Dresden. The total length of the D8 motorway amounts to 92.208km. It comprises four twin-tube tunnels with the aggregate length of nearly 3.5km, containing 70 motorway bridges, 13 grade separated intersections, three equipped lay-bys on both motorway sides (Klíčany, Sirejovice and Varvažov) and three centers of administration and maintenance of motorways (AMCMs) (Nová Ves at chainage km 16, Řehlovice at chainage km 64 and Petrovice at chainage km 87).

The development of a motorway following the alignment of the current D8 was under consideration already from the end of the 1930s. The interconnection between the motorway networks of the today no more existing states of the Czechoslovak Socialist Republic and the German Democratic Republic was negotiated during the 1968–1971 period. At that time the D8 motorway term started to be used for the first time and the motorway interconnection between Prague and Dresden was dealt with.

The D8 motorway was divided into seven independent construction packages marked as the D 0801 through to the D 0807. The construction of the D8 motorway itself commenced in the second half of the 1980s. Surprisingly, the first section which was opened to traffic did not lead from Prague. It was the Řehlovice – Trmice section (construction package D 0806) opened to traffic in 1990. The section was 4km long and was used mainly for transport between the cities of Teplice and Ústí nad Labem.

The next section between Zdiby and Prague was 2.248km long. It was brought into service in 1991. It was initially branded a motor vehicle road; since 2016 it has been part of the D8 motorway, fluently connecting to the Prosek Radial Road in Prague.

The sections from Prague to the state border with Germany followed in a relatively rapid succession:

D 0801	Zdiby – Úžice	9.600 km	opened to traffic in 1993
D 0802	Úžice – Nová Ves	8.900 km	opened to traffic in 1996
D 0804	Doksany – Lovosice	13.425 km	opened to traffic in 1998
D 0803	Nová Ves – Doksany	16.351 km	opened to traffic in 2001
D 0807	Trmice – CR/Germany		
	state border	23.344 km	opened to traffic in 2006
D 0805	Lovosice – Řehlovice	16.413 km	opened to traffic in 2016

The following two large bridges are parts of the D 0802 package: the bridge over the Vltava River (341m) and the bridge over the Bakov Brook. A unique 1183m long bridge over the river Ohře (Eger) is part of the D 0804 construction package.

The D 0807 construction package was technically most complicated and largest, with the parameters of a mountain motorway with the difference in altitudes of 482m and the longest motorway tunnel in the Czech Republic, the 2115m long Panenská tunnel. In addition to the next tunnel, the 520m long Libouchec, there are numerous important and interesting bridge structures in this construction package, for example the bridge over Czech Railways'

D 0805 byla rozdělena na šest samostatných staveb: část A – trasa dálnice, část B – most Vchynice, část C – most Opárno, část D – most Dobkovičky, část E – tunel Prackovice a část F – tunel Radejčín (obr. 1).

Objednatelem stavby bylo Ředitelství silnic a dálnic ČR, zhotovitelem sdružení firem Eurovia CS, a.s., Metrostav a.s., SMP CZ, a.s. a Berger Bohemia, a.s., s názvem „Sdružení D8 0805, SSŽ-MTS“, přičemž vedoucím sdružení byla společnost Eurovia CS, a.s. Generálním projektantem byl PRAGOPROJEKT, a.s., stavební dozor zajišťovalo sdružení Infram/HBH/Amberg/TDI stavby 805 vedené firmou Infram, a.s., a koordinátorem BOZP byla společnost Manifold Group, s.r.o.

Stavbu od počátku provázely problémy, z nichž zásadní byly:

- a) Systematicky podávané žaloby občanskými sdruženími proti vydaným stavebním povolením, územním rozhodnutím a proti vydaným výjimkám dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Přestože byla veškerá odvolání zamítnuta, byl proces výstavby výrazně zpomalen. Probíhající správní řízení byla velice složitá a žalující strany využívaly maximální lhůty pro vyřízení. Z těchto důvodů se správní řízení protahovala a vydávání stavebních povolení byl nesmírně zdoluhavý proces, který měl negativní vliv na realizaci stavby dálnice jako celku.
- b) V červnu 2013 bylo těleso dálnice ve staničení km 56,300–56,500 zasaženo proudovým svahovým sesuvem. Proudový sesuv o šířce cca 100–200 m a délce po svahu cca 500 m strhl část zařízení lomu Dobkovičky, přerušil část železniční tratě ČD č. 097 Lovosice – Teplice v Čechách a vyplnil zhotovený zářez pro dálnici. Do pohybu se dalo téměř 500 000 m³ zeminy.

Stavba D 0805 je z hlediska stavebního nesmírně zajímavá a komplexní. Zahrnuje dálniční tunely, velké množství různých typů mostů realizovaných různými technologiemi, přičemž některé mostní konstrukce jsou jedinečné. Stavbaři se museli vypořádat s výše popsaným sesuvem, bylo nutné provádět mnohá sanační a zabezpečovací opatření.

V podmínkách stavebního povolení byl kladen velký důraz na životní prostředí, takže součástí stavby je devět dřevěných protihlukových stěn v trase dálnice, jejichž délka je 5200 m, na všech dálničních mostech jsou také protihlukové stěny s výplní z polymethylmetakrylátu.

O tom, že se jedná o významnou stavbu, svědčí následující údaje.



Foto Petr Adámek photo courtesy of Petr Adámek

Obr. 1 Tunel Radejčín před uvedením do provozu
Fig. 1 The Radejčín tunnel before opening to traffic

tracks in Trmice (1085m), the Knínice bridge (1071m), the Borderline bridge (430m) and the bridge over the Rybný Brook (356m), which was appreciated by the Ministry of Transport of the Czech Republic by awarding the title Bridge of the Year 2006 and by the ECSN (European Concrete Societies Network) by the 2008 European Award for Excellence in Concrete).

The last completed section of the D 0805 construction package was, apart from the technical demands of the construction of the motorway across the dissected environment of the České Středohoří uplands, the most complicated, first of all for legislative reasons. It was necessary to provide Ministry of Environment's exemption for the passage across the České Středohoří Protected Landscape Area. Issuing this exemption took 6 years. In addition, an extraordinary event took place on the D 0805 motorway construction site in June 2013 – a flow-type landslide hitting the under-construction motorway body near the village of Dobkovičky.

CONSTRUCTION PACKAGE D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

After signing the contract, the construction of the D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice motorway section commenced in autumn 2007. The construction package was divided into six independent construction lots: Part A – motorway route, part B – the Vchynice bridge, part C – the Opárno bridge, part D – the Dobkovičky bridge, part E – the Prackovice tunnel and part F – the Radejčín tunnel (see Fig. 1).

The project owner was represented by the Road and Motorway Directorate, the Consortium D8 0805, SSŽ-MTS, consisting of Eurovia CS, a.s., Metrostav a.s., SMP CZ, a.s. and Berger Bohemia, a.s., with Eurovia CS, a.s. in the position of the consortium leader, was the contractor. PRAGOPROJEKT, a.s., was the general designer. A consortium of companies consisting of Infram a.s., AMBERG Engineering Brno, a.s. and the office of project owner's technical supervision, with Infram, a.s. in the position of the leader, provided the technical supervision. Manifold Group, s.r.o., was the safety coordinator.

The construction has been accompanied by problems since the beginning. The following problems were crucial:

- a) Lawsuits systematically filed by civic associations against the already issued construction permits, zoning and planning decisions and exemptions issued in accordance with the Act no. 114/1992 Coll. Despite the fact that all appeals were rejected, the construction process was significantly slowed down. The ongoing administrative proceedings were very complicated and the claiming parties used the maximum settlement periods. For those reasons the administrative proceedings dragged on and the issuance of construction permits was an extremely lengthy process, which had negative influence on the realisation of the motorway as a whole.
- b) In June 2013, the motorway body at chainage km 56.300–56.500 was affected by a flow-type landslide. The ca 100–200m wide and ca 500m long landslide flew down the slope, pulled down a part of the Dobkovičky quarry, interrupted a part of Czech Railways' track No. 097 between Lovosice and Teplice in Bohemia and filled the already completed cutting for the motorway. Nearly 500,000m³ of soil began to move.

The construction package D 0805 is extremely interesting and comprehensive from the aspect of construction. It comprises motorway tunnels and a large number of various types of bridges realised using different technologies, with some unique bridge structures. The builders had to cope with the above-mentioned landslide. It

Celková délka stavby D 0805 je 16,412 km, hlavní trasa je navržena v kategorii D 27,5/120. Součástí stavby jsou tři mimoúrovňové křižovatky (MÚK Lovosice, MÚK Bílinka a MÚK Řehlovice), dva tunely (tunel Prackovice délky 270 m a tunel Radejčín délky 620 m), 28 mostních objektů, přičemž 18 mostů je dálničních, 9 objektů jsou nadjezdy přes dálnici a jeden je ostatní mostní objekt. Délka všech nosných konstrukcí dálničních mostů je téměř 2300 m.

Mezi nejvýznamnější mostní objekty stavby D 0805 patří: dálniční most přes Opárenské údolí (zhotovitel Metrostav a.s.), dálniční most přes údolí u Dobkoviček (zhotovitel Metrostav a.s.), dálniční estakáda Prackovice (zhotovitel SMP CZ, a.s.), dálniční most u obce Vchynice (zhotovitel Eurovia CS, a.s.) a dálniční most mezi tunely v km 58,568–58,689 (zhotovitel Metrostav a.s.).

Stručné charakteristiky vybraných mostních objektů

SO C 205 – most Opárno

Železobetonový plnostěnný oblouk se spolupůsobící předpjatou deskovou mostovkou o třinácti polích ve směrovém a výškovém oblouku, masivní opěry, stěnové pilíře, zakládání plošné.

Délka mostu: 286 m, rozpětí oblouku: 135 m (druhé největší rozpětí železobetonového oblouku v ČR), výška mostu: 50,6 m (výška nivelety mostu nad potokem).

Dálniční most přes Opárenské údolí získal ocenění České betonářské společnosti ČSSI jako „Vynikající betonová konstrukce 2011“ v kategorii mosty a mezinárodní ocenění ECSN (European Concrete Societies Network) „European Concrete Award 2012 – Honorable Mention“.

SO D 208 – most Dobkovičky

Komorový předpjatý trám o deseti polích s horní mostovkou z části v přechodnici a z části v přímé, ve výškovém oblouku, komorové opěry, stěnové pilíře, zakládání hlubinné na železobetonových pilotách.

Délka mostu: 454,75 m, rozpětí polí: 30 m až 48 m (obr. 2).

SO A 210 – most Prackovice

Prefabrikované, předpjaté komorové segmenty, spojitý nosník, sloupové monolitické podpěry, obsypané komorové podpěry, zakládání hlubinné na železobetonových pilotách délky až 20 m.

Délka mostu: levý most 475,50 m, pravý most 573,30 m, rozpětí polí: 36 m až 48 m.

SO B 202 – most Vchynice

Spojité nosné konstrukce o šesti polích shodného rozpětí z prefabrikovaných nosníků z předpjatého betonu se spráženou železobetonovou deskou. Součástí mostu je i protihlukový tubus z ocelové konstrukce délky 192 m s výplní protipožárním sklem.



Foto Jiří Pružina photo courtesy of Jiří Pružina

Obr. 3 Dálniční most mezi tunely – pohled z tunelu Radejčín ku Praze před uvedením do provozu

Fig. 3 The motorway bridge between the tunnels – a view from the Radejčín tunnel toward Prague – before opening to traffic



Foto Petr Adámek photo courtesy of Petr Adámek

Obr. 2 Dálniční most přes údolí u Dobkoviček

Fig. 2 The motorway bridge over the valley near Dobkovičky

was necessary to implement numerous rehabilitation and securing measures.

Great stress is put in the conditions of the construction permit on the environment. For that reason there are nine wooden noise attenuation walls along the motorway, with the length amounting to 5200m. Noise attenuation walls with polymethyl acrylate infill are also on all motorway bridges.

The fact that the project is important is confirmed by the data below.

The total length of the D 0805 structure amounts to 16,412km; the main motorway route is designed in the D 27.5/120category. Three grade-separated intersections (hereinafter referred to as GSIs) (GSI Lovosice, GSI Bílinka and GSI Řehlovice), two tunnels (the 270m long Prackovice tunnel and the 620m long Radejčín tunnel), 28 bridge structures (18 of them being motorway bridges), 9 motorway overpasses and one another-type bridge are parts of the motorway. The length of all load-bearing structures of the motorway bridges amounts to nearly 2300m.

The following bridge structures on the D 0805 motorway section belong among the most important ones: the motorway bridge over the Opárno valley (contractor: Metrostav a.s.), the motorway bridge over a valley near Dobkovičky (contractor: Metrostav a.s.), the Prackovice motorway viaduct (contractor: SMP CZ, a.s.), the motorway bridge near the village of Vchynice (contractor: Eurovia CS, a. s.) and the motorway bridge between tunnels at chainage km 58.568–58.689 (contractor Metrostav a.s.).

Brief characteristics of selected bridge structures

SO C 205 – Opárno bridge

A compact reinforced concrete arch with an interacting pre-tensioned plate bridge deck with thirteen spans, on a directional and horizontal curve, massive abutments, leaf piers, spread foundation.

Bridge length: 286m, width of bridge span: 135 m (the second greatest span of a reinforced concrete arch in the Czech Republic), bridge height: 50.6m (the height of the bridge alignment over the brook).

The Czech Concrete Society granted the motorway bridge over the Opárno valley the award titled “The outstanding Concrete Structure 2011” in the category of bridges and the ECSN (the European Concrete Societies Network) granted it with the international „European Concrete Award 2012 – Honourable Mention“.

SO D 208 – Dobkovičky bridge

A box girder bridge with ten spans, an upper deck, partly on a transition curve and partly straight, on a vertical curve, box abutments, leaf piers, deep foundation on reinforced concrete piles.

Délka mostu: 243 m, rozpětí polí: 6x38 m.

SO F 211 – dálniční most mezi tunely

Sprážená ocelobetonová konstrukce trámového typu, spojený nosník o třech polích. Spodní stavba je tvořena dvojicí krajních železobetonových opěr a dvojicí vysokých stěhlých železobetonových pilířů. Založení spodní stavby je navrženo jako kombinované – plošné a hlubinné na velkopřůměrových pilotách (obr. 3).

Délka mostu: levý most 145 m, pravý most 154 m, rozpětí jednotlivých polí: 38 m+54 m+38 m.

V květnu 2012 byla předána řidičům k užívání část stavby dálnice D8 0805 v úseku mezi mimoúrovňovými křižovatkami Lovosice (začátek úseku stavby 0805) a Bílinka. Zprovozněný úsek byl dlouhý 3,8 km.

V době psaní článku probíhaly stabilizační a sanační práce na násypu a opěře a jejím okolí u přechodu tělesa dálnice k pražské opěře mostu Prackovice.

STRUČNÝ POPIS GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ

Trasa stavby 0805 Lovosice – Řehlovice tvoří velmi komplikovaný a náročný úsek. Geomorfologicky složitý až horský terén způsobuje střídání vysokých násypů (výšky až 22 m) se zářezy o hloubce více než 20 m. Úsek je podle Eurokódu 7 Navrhování geotechnických konstrukcí zařazen do III. geotechnické kategorie, tj. náročná stavba ve složitých geotechnických podmínkách. Ve významné části povrchového vedení trasy přechází dálnice D 805 přes území náchylná k sesuvům.

Po široké diskusi odborníků byla Ředitelstvím silnic a dálnic ČR z několika variant vybrána dnešní trasa úseku D 0805 pro dokumentaci pro územní rozhodnutí. Výškové vedení trasy umožňuje zachovat parametry dálnice (stoupání a rychlost). Varianta řeší přechod sesuvnou oblastí a umožňuje komunikaci pro faunu v existujících biokoridorech. Výhodou stávající trasy je reálná možnost provést v rámci stavebních prací při výstavbě tunelových objektů úpravu a sanaci těžbou značně devastovaných svahů Prackovického lomu.

Inženýrsko-geologické a geotechnické poměry stavby dálnice D8 stavba 0805 v úseku Lovosice – Řehlovice byly popsány v řadě geologických zpráv. Pro projekt dálnice byly provedeny podrobné geotechnické průzkumy (PUDIS a.s., 1997 a 2001) a v doplňující geotechnické průzkumy (PUDIS a.s., 1998 a 2005). Tyto průzkumy jsou součástí dokumentace pro stavební povolení a zadávací dokumentace stavby D 0805. Objednatel i zhotovitel v rámci výstavby dálnice zajišťovali další dodatečné podrobné inženýrsko-geologické průzkumy pro jednotlivé stavební objekty.

Dálnice D 0805 prochází velmi složitými geologickými poměry napříč Českým středohořím, které je tvořeno komplexem menších, někdy zcela izolovaných vulkanických těles různého složení a tvaru. Složitý reliéf vznikl za neogenní a kvartérní denudace a eroze, přičemž se výrazně uplatnily rozdíly v odolnosti hornin. Údolí a kotliny se vytvořily v tufech nebo měkkých podložních křídových sedimentech. Rozsáhlejší příkrovy vulkanitů podmiňují vznik tabulových vrchů. Menší tělesa dala vznik kuželovitým tvarům různého vzhledu podle charakteru horniny, jako například oblast čedičových lomů Prackovice a Dobkovičky. Východní okraje vulkanického tělesa Kubačka postihují v zájmovém území svaňové pohyby blokového typu a zasahují až do prostoru stavby 0805. Labe se zde zářezávalo pod bázi vulkanického příkrovu do měkkých křídových hornin a odnášelo zpod okrajů ker vytlačované tuonské slínovce. Tím se zmenšil sklon svahů a jednotlivé kry

Bridge length: 454.75m, length of spans: 30m up to 48m (see Fig. 2).

SO A 210 – Prackovice bridge

Precast, pre-tensioned box segments, continuous beam, cast-in situ column-type piers, backfilled box abutments, deep foundation on up to 20m long reinforced concrete piles.

Bridge length: left-hand bridge 475.50m, right-hand bridge 573.30m, length of spans: 36 up to 48m.

SO B 202 – Vchynice bridge

A continuous superstructure with six identically long spans from pre-cast pre-tensioned concrete beams with a composite reinforced concrete slab. A 192m long noise attenuation tube (a steel structure) with fireproof glass infill is also part of the bridge.

Bridge length: 243m, length of spans: 6x38m

SO F 211 – Motorway bridge between the tunnels

Composite steel-concrete slab of a girder type, a continuous beam with 3 spans. Substructure is formed by a pair of reinforced concrete side abutments and a pair of high and slender reinforced concrete piers. Combined shallow and deep foundation on large-diameter piles is designed for the substructure (see Fig. 3).

Bridge length: left-hand bridge 145m, right-hand bridge 154m, lengths of spans: 38m+54m+38m.

In May 2012, a part of the D8 0805 motorway structure between grade-separated intersections Lovosice (the beginning of 0805 construction package) and Bílinka, was brought into service for drivers. The section opened to traffic was 3.8km long.

At the time of writing this paper the stabilisation and rehabilitation work on the embankment and abutment and its neighbourhood at the motorway body transition to the Prackovice bridge abutment was underway.

BRIEF DESCRIPTION OF GEOLOGICAL CONDITIONS

The route of the construction package 0805 Lovosice – Řehlovice forms a very complicated and demanding section. The geomorphologically complex to mountainous terrain causes alternation of high embankments (up to 22m high) with cuttings over 20m deep. This section is categorised according to the Eurocode 7, Geotechnical Design, as geotechnical category III, i.e. a complex structure in difficult geotechnical conditions. In a significant part of the at-grade alignment the D 805 motorway runs across areas prone to sliding.

The current route of the D 0805 section was selected from several variants by the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic after a wide discussion of professionals to be used for the documentation for the application for the zoning and planning decision. The vertical alignment of the route allows for maintaining the parameters of a motorway (gradients and the speed). This variant solves the transition across the sliding area and allows the communication for fauna in existing ecological corridors. An advantage of the current route is the fact that there is a realistic possibility of carrying out surface finishes and rehabilitation of the Prackovice quarry slopes significantly devastated by quarrying activities within the framework of the construction work during the construction of tunnels.

The engineering-geological and geotechnical conditions for the D8 motorway, the construction package 0805, in the Lovosice – Řehlovice section have been described in many geological reports. Detailed geotechnical investigations (PUDIS a.s. 1997 and 2001) and supplementary geotechnical investigations (PUDIS a.s. 1998 and 2005) were carried out for the purpose of the motorway design. These investigations are parts of the documentation for construction permit (the final design) and the tender design for construction

vulkanitů se posouvaly do údolí Labe. Během vývoje údolí se okraj vulkanitů od řeky vzdaloval, rychlost pohybu se zmenšovala a dnes prakticky dozněla.

Oba tunely Prackovice a Radejčín byly realizovány v území s bazaltoidními tělesy a v úsecích s mocnými tufickými polohami s výskyty slínovců, takže z hlediska geologické stavby území a konfigurace terénu procházejí velmi komplikovaným prostředím.

Tunel Prackovice

Ve skalních výchozech na lomové stěně Prackovického lomu a na okolních svazích nad budoucí dálnicí převládají zvětralé až silně zvětralé bazalty a tufy. Byla zjištěna poměrně velká porušitelnost skalních výchozů, zejména ve svahu nad spodní plošinou v místě portálů. Trhliny byly rozevřené, strmě ukloněné a byly většinou orientovány šikmo k ose dálnice. Členitost terénu se projevuje svahovými složeninami různého charakteru. Sutě jsou celkově kypré, mají většinou kamenitý a místy až balvanitý charakter a jejich výplň je převážně hlinito-písčítá.

V předstihu byla v letech 2004 až 2005 realizována průzkumná štola za účelem ověření konkrétních geologických a hydrogeologických poměrů a ověření vhodnosti a účinnosti konstrukčních prvků použitých k zajištění ražených tunelů. Průzkumná štola nebyla vzhledem ke komplikacím se stabilitou hornin (rozvolněných vlivem historických komorových odstřelů v lomu Prackovice) v čele lomové etáže v prostoru pražského portálu ražena z prostoru budoucího portálu tunelu, ale z šachty vedené z lavice nad portálem. Průzkum zbývajícího prostoru byl proveden až následně doplňujícími průzkumnými vrty, které ověřily mocnost navážky nestabilních kamenitých a balvanitých zemin nasypaných na čelo lomové etáže.

Zárubní zeď u pražského portálu tunelu Prackovice

Komplikované geologické poměry jsou také v celé délce zárubní zdi, která navazuje na pražský portál na levé straně do svahu. Jedná se zejména o sopečný popel – tuf s příměsí zrn a úlomků vyvěřelin. Sopečné tufy se místy podobají škváře s obsahem pevných čedičových úlomků a kamenů. Tedy původně velmi pevné vyvěřeliny mají v dané oblasti charakter drobně úlomkovitě rozpadavé, zvětralé až hlinito-úlomkovitě rozložené horniny.

Tunel Radejčín

Tunel byl ražen v nehomogenním prostředí tvořeném rozloženými zvětralými a navětralými tufy. Zvětrání mělo vliv na ražbu pouze v příportálových částech. Ve střední části raženého úseku se vyskytovaly v těsném nadloží, případně v horní části profilu, velmi pevné nezvětralé bazalty. Pro potřeby optimálního návrhu byl horninový masiv rozdělen na kvazi homogenní celky, které vycházejí z výsledků všech archivních a nových průzkumných prací a geotechnických zkoušek. V úsecích ražby, kde se objevovaly větší deformace, stavba postupovala s velkou ohleduplností k horninovému masivu tak, aby nedošlo ke zhroucení horninové klenby. Z hodnocení agresivních složek vyplynulo, že v dosahu kolísání hladiny podzemní vody byla převážně slabá agresivita vůči betonu.

VÝSTAVBA TUNELŮ PRACKOVICE A RADEJČÍN

Dálniční tunely Radejčín a Prackovice se nacházejí v severní části dálničního úseku. Tunely na sebe bezprostředně navazují, nenachází se zde žádná křižovatka, která by řidičům umožňovala odbočení z dálnice, takže tvoří jeden dopravní úsek. Z tohoto důvodu jsou oba tunely řešeny jednotně jak po stránce stavební, tak po stránce technologického vybavení. Mezi tunely je umístěn

package D 0805. Both the project owner and the contractor provided other supplementary detailed engineering-geological surveys for individual construction objects.

The D 0805 motorway passes through very complicated geological conditions across České Středohoří uplands, which is formed by a complex of smaller, sometimes completely isolated, volcanic bodies with various composition and shape. The complex relief originated during the Neogene and Quaternary denudation and erosion, where differences in the rock resistance played important roles. Valleys and basins were created in tuffs or weak underlying Cretaceous sediments. More extensive overthrust sheets of volcanic rock created conditions for the origination of table hills. Smaller bodies gave rise to conical shapes of various appearance, depending on the rock character, for example the area of the Prackovice and Dobkovičky basalt quarries. The eastern edges of the Kubačka volcanic body are affected in the area of interest by block-type mass movements. They extend up to the space of the construction package 0805. In this location, the river Labe (Elbe) cut itself under the volcanic overthrust sheet base into weak Cretaceous rock and carried away Turonian marlite pressed from under the edges of the blocks. As a result, the gradients of slopes decreased and individual volcanic blocks moved toward the Labe River valley. During the course of the development of the valley the edge of the volcanic rock receded from the river, the movement rate decreased and today has virtually died out.

Both tunnels, the Prackovice and the Radejčín, were realised in an area containing basaltoid bodies and, in the sections with thick layers of tuff, marlite occurrences. It means that, in terms of the geological structure of the area and the terrain configuration, they pass through a very complicated environment.

Prackovice tunnel

Weathered to heavily weathered basalt and tuff predominate in rock outcrops on the Prackovice quarry face and on neighbouring slopes above the future motorway. Relatively great disturbance of the rock outcrops was identified mainly on the slope above the lower platforms at the portals. The cracks were open, steeply dipping and their trend was mostly at a skew to the motorway centre line. The dissected character of the terrain manifests itself by various character colluvial deposits. The debris are generally loose, their character is mostly stony and locally up to bouldery and their filling is mostly loamy-sandy.

An exploratory gallery was realised in advance in the 2004–2005 period. Its purpose was to verify the particular geological and hydrogeological conditions and to verify the suitability and effectiveness of structural elements used for the excavation support in the mined tunnels. With respect to complications with the stability of soil at the face of the quarry bench in the space of the Prague portal, the exploratory gallery was not driven from the space of the future tunnel portal. It was driven from a shaft excavated from a bench above the portal. The survey of the remaining space was carried out subsequently by means of supplementary exploratory boreholes, which verified the thickness of the bank of unstable stony and bouldery soil existing at the face of the quarry bench.

Revetment wall at the Prague portal of the Prackovice tunnel

Complicated geological conditions also exist throughout the length of the revetment wall connected to the Prague portal on the left-hand side toward the slope. There is first of all volcanic ash – tuff with addition of grains and fragments of volcanic rock there. The volcanic tuffs are locally similar to clinker containing hard basalt fragments and stones. The originally very hard volcanic rock

dálniční most přes Uhelnou strouhu, který se nachází v území s vysokým stupněm ochrany v rámci CHKO České středohoří, takže při výstavbě tam byl omezený přístup.

Obě tunelové stavby jsou ražené s hloubenými úseky v oblasti portálů. Ražba byla realizována podle zásad NRTM (Nové rakouské tunelovací metody). Ostění tunelů v ražených částech je dvouplášťové s mezilehlou izolací, která je provedena jako deštníková (není izolována spodní klenba profilu tunelu). Technologické vybavení tunelů je navrženo podle TP 98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací. Osová vzdálenost tunelových trub je 27,5 m. Oddálení jízdních pásů dálnice v tunelu vyžaduje horninový pilíř mezi raženými troubami, který je 13 až 14 m široký. Jízdní pásy dálnice zůstávají oddáleny i na mezilehlém mostě.

Tunel Prackovice

Tunel Prackovice prostupuje masivem hřebene kopce Debus ve vrcholové partii bývalého Prackovického lomu nad obcí Prackovice. Jde o dálniční tunel se dvěma jednosměrnými dvoupruhovými tunelovými troubami o délkách: 270 m levá tunelová trouba (LTT) a 260 m pravá tunelová trouba (PTT). Vzdáleností mezi obrubníky a příčným uspořádáním vozovky spadá tunel do kategorie T9,5. Tunel je navržen ve směrovém oblouku a s konstantním podélným sklonem 3,2 %. V polovině délky tunelu je jedna propojka sloužící k úniku osob z jedné tunelové trouby do druhé v případě mimořádné události v jedné z nich. Součástí tunelové stavby je také provozně technický objekt (PTO) umístěný před pražským portálem tunelu.

Zhotovitelem obou tunelů Prackovice a Radejčín je firma Metrostav a.s., divize 5, ražbu tunelu Prackovice realizovala Subterra a.s.

Při hloubení jednotlivých etází v odřezu pražského portálu vyžadovaly nepříznivé stabilitní vlastnosti a úlomkovitá rozpádavost poloh zvětralých tufů a bazaltů nutně zajištění předpjatými kotvami, hřebíky a vyztuženým stříkaným betonem. Hřebíky musely být osazovány do prostředí předem zpevněného tryskovou injektáží. Před vlastní ražbou tunelových trub bylo nutno provést další doplňující stabilizační opatření, a to pomocí dvojitého mikropilotového „deštníku“ nad každou troubou.

Výrazné odlehčení masivu ve svislém i vodorovném směru při konečném odtěžení téměř 20 000 m³ horniny před portálovou stěnou vedlo k prostorovým deformacím horninového masivu a portálové stěny pražského portálu. Z toho důvodu byla použita dvě stabilizační opatření – neprodleně provedený přísyp 500 m³ zemního materiálu k portálové stěně a v další fázi provedené tři řady předpjatých pramencových kotev. Později musela být použita další dvě stabilizační opatření – přísyp zemního materiálu k portálové stěně a po něm následovalo vybetonování mohutného monolitického bloku ve střední části portálové stěny.

Zajištění ústeckého portálu bylo provedeno s použitím shodné technologie jako na pražském portále. Ústecký portál ale byl podstatně menší a prakticky shodné horniny nebyly v minulosti tak silně postiženy alterací a lomovou činností. Minimalizace rozlohy a zajištění portálu byla umožněna schopností zhotovitele provést prorážku pravého tunelu prakticky s nulovým nadložím. Samotné zajištění portálu bylo provedeno bez komplikací, přestože zde byly velmi stísněné prostorové poměry. Vzhledem k blízkosti území Uhelné strouhy byl správou CHKO zakázán vstup do tohoto prostoru.

Ražba tunelů byla zahájena z předem zajištěného jižního raženého pražského portálu, když byla předem vyražena průzkumná

has a character of clastic rock quarrying to small pieces, weathered up to loamy-fragmentally decomposed rock.

Radejčín tunnel

The tunnel was driven through an inhomogeneous environment formed by decomposed weathered and slightly weathered tuff. The weathering affected the tunnel excavation only in the portal sections. In the middle part of the mined section, very hard, unweathered basalt was encountered in the close overburden or in the upper part of the cross-section. The rock massif was divided for the needs of the optimal design into quasi-homogeneous blocks on the basis of the results of all archive and new surveys and geotechnical tests. In the excavation sections where larger deformations appeared, the construction proceeded with great care for the rock massif so that a collapse of the rock arch was prevented. It followed from the assessment of the aggressive components that the mostly low concrete-aggression action existed within the reach of the groundwater table fluctuation.

CONSTRUCTION OF PRACKOVICE AND RADEJČÍN TUNNELS

The Radejčín and Prackovice motorway tunnels are located in the northern part of the motorway section. The tunnels immediately follow after each other. There is no intersection between them allowing drivers to turn from the motorway. It means that they form one traffic node. For that reason the two tunnels are designed uniformly as far as the structures and tunnel equipment are concerned. There is the bridge over Uhelná Strouha ditch located between the tunnels. It is located in an area with a high degree of protection within the framework of the České Středohoří Nature Reserve, therefore the access during the construction was limited.

Both tunnel structures are mined, with cut-and-cover sections in the areas of portals. The tunnel excavation was realised in accordance with the NATM principles. The linings of the tunnels are of the double-shell type with an intermediate waterproofing layer carried out as an umbrella (the tunnel cross-section invert is without waterproofing). The tunnel equipment is designed according to the TP 98 specifications – Road tunnel equipment. The distance between centres of tunnel tubes is 27.5m. The increased distance between the carriageways is required because of the necessity for a rock pillar between the mined tunnel tubes, which is 13 to 14m wide. The increased distance between the motorway carriageways remains unchanged even on the intermediate bridge.

Prackovice tunnel

The Prackovice tunnel penetrates through the Gebus Hill ridge massif at the peak part of the former Prackovice quarry above the municipality of Prackovice. It is a motorway tunnel with two unidirectional double-lane tunnel tubes with the following lengths: the left-hand tunnel tube (LTT) 270m, right-hand tunnel tube (RTT) 260m. The kerb-to-kerb width and the cross-sectional configuration of the roadway place the tunnel into T9.5 category. The tunnel alignment is designed to be on a horizontal curve and at a constant longitudinal gradient of 3.2%. One cross passage is located in the middle of the tunnel length. It allows escape of persons from one tunnel tube to the other in the case of an extraordinary event taking place in one of them. An operational- service building (OSB) located in front of the Prague portal is also part of the tunnel construction.

The contractor for the Prackovice and Radejčín tunnels is Division 5 of Metrostav a.s.; the excavation of the Prackovice tunnel was realised by Subterra a.s.

štola s přístupovou šachtou. Ražba byla zaříděna do dvou technologických tříd 4 a 5a. Ostění má v ražených tunelech spodní železobetonovou klenbu v celé délce tunelu.

Rozpojování horniny probíhalo mechanizovaně, trhačí práce byly použity zcela ojediněle. Podíl rozpojovacích prací byl způsoben zastižením podmínek při ražbě a zásadám NRTM.

Výstavba byla započata vybudováním ochranného límce (předštítku), což byla železobetonová skořepinová konstrukce ve tvaru tunelu v technologické třídě NRTM 5a. Bloky betonáže definitivního ostění byly rozděleny na 16 kusů pro levý a 16 kusů pro pravý tunel ražené části. Jednotlivé bloky měly délku 10 m a byly mezi sebou děleny příčnou blokovou spárou. Na přechodu mezi hloubenou a raženou částí je dilatační spára 20 mm vyplněná polystyrenem.

Vnitřní rozměry základního profilu jsou v celé délce tunelu stejné, světlá šířka definitivního ostění je 12,27 m, světlá výška v ose je 9,10 m, výška nad niveletou tunelu je 7,10 m. Minimální tloušťka klenby definitivního ostění je 42 cm ve vrcholu horní klenby, minimální tloušťka spodní klenby je 72 cm. Železobetonová konstrukce spodní klenby ražené části je z betonu C 25/30 XF4, XD3 a z oceli R 10 505.9. Spodní klenba sekundárního ostění byla betonována na spodní klenbu primárního ostění, které bylo upraveno podkladním a vyrovnávacím betonem C 12/15 X0.

Po vybetonování spodní klenby a dokončení izolace horní klenby byla betonována horní klenba sekundárního ostění do ocelové formy délky 10 m. Betonáž se prováděla proti směru staničení trasy dálnice. V předstihu před betonáží horní klenby byla instalována fóliová izolace a poté osazena ocelová výztuž příslušného bloku.

Jednotlivé bloky horní klenby tvoří samostatné prstence. Výztuž spodní klenby byla vytažena do horní klenby. Bednicí vůz se pohyboval po kolejové dráze, která byla umístěna na banketech spodní klenby. Beton byl čerpán potrubím za bedněním a výška betonu na obě strany bednění byla ověřována kontrolními okny.

Na vnější straně ražených tunelů jsou umístěny rubové tunelové drenáže o vnitřním průměru 200 mm s kruhovou pevností SN 10, která je obsypána drenážním betonem.

Hydroizolace je z nízkohustotní polyetylenové fólie LLDPE tloušťky 2,5 mm se signální vrstvou, opatřená ochranou z geotextilie Geofiltex o plošné hmotnosti 500 g/m² (obr. 4).

Sekundární ostění je vybaveno v klenbové části sjednocujícím akrylátovým nátěrem Sikagard 675W Elastocolor. V oblasti boků je nátěr, který chrání beton proti působení chemických rozmrazovacích látek, dále slouží i jako odrazná vrstva pro osvětlení tunelu. Rozhraní mezi odraznou vrstvou a sjednocujícím nátěrem je 4,5 m nad chodníkem. Odraznou vrstvu tvoří epoxidový nátěr Sikagard Wallcoat v tloušťce 200 μm.

V obou tunelech je v nouzovém pruhu dálnice vedena dešťová kanalizace. Do kanalizace jsou svedeny dešťové vody z horských vpustí, které odvodňují prostor před portály, z uličních vpustí a z odvodňovacích žlabů z komunikace. Do kanalizace je také svedena voda z okolí provozně-technického objektu. Vnitřní prostor tunelu je odvodněn šterbinovými odvodňovacími žlaby, které jsou vedeny podélně tunelovými troubami a potom svedeny u pražského portálu do samostatné kanalizace. Tato kanalizace je vyústěna do nádrže kontaminovaných vod, která slouží k zachycení znečištěných vod (voda z mytí tunelů, případně provozní kapaliny z havárií či úniků v tunelech). V kanalizačním systému dálnice jsou dále akumulární a čisticí zařízení odtékajících vod.

During the course of the excavation of individual stages in the side-hill cutting at the Prague portal the unfavourable stability properties and shardy fragmentation of weathered tuff and basalt necessarily required the stabilisation with pre-tensioned anchors, nailing and shotcrete support. The nails had to be installed into an environment reinforced in advance by jet grouting. Other supplementary stabilisation measures had to be carried out prior to the excavation of the tunnel tubes. They lied in the installation of a double canopy tube pre-support above each tunnel tube.

The significant unloading of the ground massif, both vertical and horizontal, during the final excavation of nearly 20,000m³ of ground in front of the portal wall led to spatial deformations of the ground massif and the Prague portal wall. For that reason two stabilisation measures were applied – immediate placing of 500m³ of soil to the base of the portal wall and, in the next phase, the installation of three rows of pre-tensioned stranded anchors. Other two measures had to be implemented later – the deposition of soil to the base of the portal wall, followed by casting of a huge block of concrete in front of the middle part of the portal wall.

The Ústí nad Labem portal was stabilised using the identical procedure as at the Prague portal. The difference was that the Ústí nad Labem portal was substantially smaller and the virtually identical ground had not been affected in the past by alteration and quarrying activities. The minimisation of the extent and stabilisation of the portal was possible owing to the capacity of the contractor to carry out the breakthrough of the right-hand tunnel tube under virtually zero overburden. The portal itself was stabilised without complications, despite the fact that the spatial conditions were very cramped. Taking into consideration the closeness of the Uhelná Strouha ditch area, the natural reserve administration prohibited the entry to this space.

The tunnel excavation started from the previously stabilised southern mined Prague portal, where an exploratory gallery with an access shaft were excavated in advance. The tunnel excavation was categorised into two excavation support classes, 4 and 5a. The lining of the mined tunnels has got an invert throughout the tunnel length.

Ground was disintegrated mechanically; blasting was used absolutely uniquely. The proportion of disintegration work was adapted to the conditions encountered during the excavation and to the NATM principles.

The construction work commenced by constructing a protective collar (an advance canopy). It was a monocoque reinforced concrete structure in the shape of the tunnel in the NATM excavation support class 5a. The concrete casting blocks were divided into 16 pieces for the left-hand tunnel and 16 pieces for the right-hand tunnel in the mined part. Individual blocks were 10m long. They were separated by transverse block joints. There is a 20mm thick expansion joint filled with polystyrene at the transition between the cut-and-cover and mined parts.

The internal dimensions of the basic cross-section are identical throughout the tunnel length, the net width of the final lining is 12.27m, the net height on the centre line is 9.10m, the height above the alignment is 7.10m. The minimum thickness of the final lining vault is 42cm in the upper vault crown, the minimum thickness of the invert structure is 72cm. The reinforced concrete structure of the invert in the mined part is from C 25/30 XF4, XD3 concrete and R 10 505.9m grade steel. The concrete invert of the secondary lining was cast on the invert of the primary lining, which was provided with a finish – blinding and levelling concrete C 12/15 X0.



foto Jiří Pružina photo courtesy of Jiří Pružina

Obr. 4 Montáž izolační fólie

Fig. 4 Installation of waterproofing membrane

Podkladní vrstva vozovky v obou tunelech byla vytvořena ze šterkodrti frakce 0/63. Pokládka probíhala ve dvou etapách. Nejprve byla rozprostřena a zhutněna vrstva tloušťky 200–300 mm a potom následovala pokládka druhé vrstvy v tloušťce 200–260 mm. Vlastní vozovka je vyrobena z cementobetonového krytu, který je proveden jako dvouvrstvý o celkové tloušťce 240 mm (spodní beton 190 mm a horní beton 50 mm). Beton CB krytu je z třídy C 30/37 XF4 D max 8 (horní beton) a C 30/37 XF4 D max 22 (spodní beton). Na základě zkušeností z provozovaných tunelů byla změněna povrchová úprava CB krytu z příčné striáže na obnažené kamenivo, což umožnila i aktualizace ČSN 73 6123-1 z 06/2014. Jedná se o první použití této povrchové úpravy CB krytu v tunelu v ČR (obr. 5).

Pro zásypy hloubených konstrukcí byl použit materiál vhodný podle ČSN 73 6244 nebo částečně i materiál získaný ražbou tunelu. Zásyp byl hutněný po vrstvách 300 mm.

Tunel Radejčín

Tunel Radejčín prochází dominantním plochým kopcem východně od nádraží Radejčín. Je řešen jednotně s tunelem Prackovice, takže se opět jedná o dvě jednosměrné dvoupruhové tunelové trouby kategorie T9,5. LTT je dlouhá 600 m, PTT pak 620 m. Ražená část je dlouhá 446 m. Tunel Radejčín je navržen v přímém směru a ve vrcholovém oblouku, takže podélný sklon je proměnný od 2,4 % do 0,0 %. Tunelové trouby jsou propojeny třemi propojkami sloužícími k nouzovému úniku z postižené tunelové trouby. Vzdálenost tunelových propojek od portálů je



foto Petr Adámek photo courtesy of Petr Adámek

Obr. 5 Tunel Prackovice před uvedením do provozu

Fig. 5 The Prackovice tunnel before opening to traffic

After the completion of casting the invert concrete and installing the waterproofing of the upper vault, the upper vault concrete of the secondary lining was poured behind 10m long steel formwork. The concrete pouring operation proceeded against the direction of the motorway chainage. The waterproofing membrane was installed in advance of pouring concrete and the steel reinforcement of the particular block was placed subsequently.

Individual blocks of the upper vault form independent rings. The invert reinforcement was extended up to the reinforcement of the upper vault. The traveller formwork moved along a rail track installed on ledges on the invert. Concrete was pumped through a pipeline behind the formwork and the concrete pouring level on both sides was checked through gates in the formwork.

External tunnel drainage pipes with the inner diameter DN 200 and the circular strength SN 10 are located on the external sides of the mined tunnels. The drainage is padded with porous concrete.

The waterproofing is provided with a 2.5mm thick low-density polyethylene LLDPE membrane with a signal layer, protected with 500g/m² Geofiltex geotextile (see Fig. 4).

The secondary lining in the vaulted part is provided with Sikagard 675W Elastocolor unifying acrylate coat. In the area of side walls, the coat, which protects against the action of thawing chemicals, in addition functions as a reflective layer for the tunnel lighting. The boundary between the reflective layer and the unifying coat is at the height of 4.5m above the walkway level. The reflective layer is formed by a 200μm thick Sikagard Wallcoat epoxy coat.

Storm water sewers in both tunnels are placed under the motorway emergency lane. The sewers collect storm water from mountain gullies draining the space in front of portals, from road gullies and road drainage ducts. Water from the surroundings of the operational-service building is also drained to the sewers. The inner space of the tunnel is drained by slotted troughs running along the tunnel tubes. The troughs are connected at the Prague portal to independent sewerage. This sewerage terminates in a contaminated water tank serving to catch polluted water (tunnel rinsing water or operating fluids from accidents or leaks in the tunnels). In the motorway sewerage system there are further outflowing water accumulation and clarifying facilities.

The roadway sub-grade in both tunnels was created from crushed gravel fraction 0/63. It was placed in two phases. A 200–300mm thick layer was spread and compacted first and the other 200–260mm thick layer followed. The roadway itself has a concrete cover. It is a two-course structure with the total thickness of 240mm (the lower layer and upper layer 190mm and 50mm thick, respectively). The roadway cover is from C 30/37 XF4 concrete grade, D max 8 (the upper layer – the cover) and C 30/37 XF4 concrete grade, D max 22 (the lower layer). The treatment of the concrete surface was changed on the basis of the experience from operating tunnels from transverse scoring to exposed aggregates, which was also allowed by the updated CSN 73 6123-1 standard from June 2014. It is the first application of this surface treatment in the Czech Republic (see Fig. 5).

The cut-and-cover tunnel structures were backfilled using materials suitable in accordance with the CSN 73 6244 standard or, partially, even materials obtained by the tunnel excavation (the muck). The backfill was compacted in layers 300mm thick.

Radejčín tunnel

The Radejčín tunnel passes through a dominating flat hill located east of Radejčín railway station. It is designed uniformly with the Prackovice tunnel. It is again formed by two unidirectional

145 m, mezi propojkami je pak vzdálenost 160 m a 170 m. Součástí tunelové stavby je také provozně-technický objekt umístěný za ústeckým portálem.

Ražba tunelu Prackovice byla prováděna od pražského portálu z vytěženého lomu Prackovice. Při vlastní těžbě čediče byl horninový masiv rozrušován komorovými odstřely, které silně narušily stabilitu horninového prostředí. Poslední odstřel byl proveden v místě budoucího raženého portálu tunelu Prackovice a po jeho provedení byla odebrána pouze čedičová lavice nad vlastní komorou, zbytek pod komorou byl ponechán bez zásahu ve stavu po odstřelu. Navíc svahy u pražského portálu jsou z převážné části pokryté sutí, takže vlivem klimatických vlivů docházelo k řícení úlomků skal a posouvání suťových kuželů z okolních svahů nad budoucí dálnici.

Všem těmto skutečnostem byla věnována mimořádná pozornost – stavební jáma byla zajištěna předpjatými kotvami, hřebíky a vyztuženým stříkaným betonem. Hřebíky musely být osazovány do prostředí předem zpevněného tryskovou injektáží. Před vlastní ražbou tunelových trub byla provedena další doplňující stabilizační opatření – mikropilotový „deštník“ nad každou troubou.

Zároveň probíhal také geotechnický monitoring, který sledoval deformace portálové stěny. Měření ukázala poměrně výraznou reakci na postup prací – jednalo se zejména o deformaci portálové stěny, kterou potvrzovala i inklinometrická a extenzometrická měření, nárůst předpětí pramencových kotev zajišťujících portálové stěny a docházelo i k horizontálním deformacím – k vytlačování stěny portálu do jámy nad raženými tunely. Aby bylo zajištěno ustálení deformací, bylo přikročeno k dodatečnému posílení stability paty svahu portálu mezi tunely: neprodleně byl proveden přísyp 500 m³ zemního materiálu k portálové stěně, v další fázi byly provedeny tři řady předpjatých kotev a potom byl vybetonován mohutný monolitický blok ve střední části portálové stěny. V patě stabilizačního bloku byly v předstihu realizovány šikmé mikropilotové bárky.

Tato opatření výrazně přispěla k ustálení deformací, které se projevovaly i nadále, ale v podstatně menší míře. Po dokončení ražeb a betonáže definitivního ostění obou tunelových trub a především provedením definitivních zásypů došlo k úplné stabilizaci. Ražba tunelů probíhala metodou NRTM při zastižení čtyř technologických tříd: 3, 4, 5a a 5b, kdy ve třídách 5a a 5b mělo primární ostění spodní železobetonovou klenbu v celé délce. Pro rozpojování profilů tunelu převažovala metoda ražby pomocí trhacích prací, ale při zahájení ražby na portále tunelu bylo použito mechanické rozpojování pomocí tunelbagru (obr. 6).

Jako vystrojovací prostředky NRTM byl použit stříkaný beton třídy C 20/25-X0 tloušťky 300–200 mm (mokrý směr), výztužné síť KARI KY50 8/150x8/150 mm (vnější strana), KARI Q188A 6/150x6/150 (vnitřní strana), výztužné ocelové rámy BTX, samozávrtné, injektovatelné svorníky IBO a hydraulické svorníky 4–6 m. Pro zvýšení bezpečnosti a snížení tvorby nadvýmloů byly používány stabilizační nástříky a jehlování přístropními jehlami. Ve zvláště nepříznivé geologii byly do čelby kaloty použity kotvy délky 6 m (převážně samozávrtné IBO kotvy). Dalším stabilizujícím prvkem kaloty pak bylo použití roznášecích patek na kalotě tunelu ve třech technologických třídách 4, 5a a 5b.

Bloky betonáže sekundárního ostění byly rozděleny na 45 kusů pro levý a 45 kusů pro pravý tunel ražené části tunelu Radejčín. Bloky jsou značeny proti směru staničení ve směru betonáže, tj. od ústeckého k pražskému portálu. Bloky mají délku 10 m a jsou mezi sebou děleny příčnou blokovou spárou. Na přechodu mezi

double-lane tunnel tubes of the T9.5 category. The LTT and RTT are 600m and 620m long, respectively. The mined part is 446m long. The Radejčín tunnel horizontal alignment is straight, the vertical alignment is on a crest curve, which means that the longitudinal gradient is variable, varying between 2.4% and 0.0%. The tunnel tubes are interconnected by three cross passages allowing the escape from the affected tunnel tube. The distance of the cross passages from the portals is 145m; the spacing between the cross passages is 160m and 170m wide, respectively. An operational-service building located at the Ústí nad Labem portal is also part of the tunnel structure.

The Prackovice tunnel excavation proceeded from the Prague portal, starting from the abandoned Prackovice quarry. During the extraction of basalt, the rock massif was disturbed by chamber blasting, which significantly disturbed the stability of the rock environment. The last blasting event was took place in the location of the future mined portal of the Prackovice tunnel. When the blasting was finished, only the basalt bench above the chamber was removed and the rock remaining under the chamber was left without intervention in the condition existing after the blast. In addition, the slopes at the Prague portal are mostly covered with talus, therefore rock fragments fell down and the talus cones shifted from neighbouring slopes above the future motorway.

All these facts were paid extraordinary attention – the construction pit was stabilised by pre-tensioned anchors, nails and reinforced shotcrete. The nails had to be installed in an environment improved in advance by jet grouting. Other supplementary stabilisation measures – a canopy tube pre-support above each tube, were implemented prior to the excavation of the tunnel tubes.

Geotechnical monitoring observing deformations of the portal wall was conducted concurrently. The measurements proved a relatively significant response to the progressing tunnel excavation. It lay first of all in deformations of the portal wall, which was even confirmed by inclinometer and extensometer measurements and the increasing pre-tension in the stranded anchors stabilising the portal wall. Even horizontal deformations occurred (extrusion of the portal wall to the pit above the mined tunnels). With the objective to ensure stabilisation of the deformations, the stability of the portal slope base between the tunnel tubes was additionally strengthened: 500m³ of ground material was deposited at the portal wall, three rows of pre-tensioned anchors were installed in the following phase and a huge cast-in-situ concrete block was subsequently carried out at the middle part of the portal wall. An assembly of inclined micropiles was realised in advance at the base of the stabilisation block.

The above-mentioned measures contributed to the stabilisation of deformations. They manifested themselves even further, only to a substantially lesser extent. After the completion of the tunnel excavation and casting of the final lining concrete in both tunnel tubes and, first of all, after the completion of final backfills, the deformations became completely stable. The excavation of the tunnels proceeded using the NATM. The following four excavation support classes were encountered: 3, 4, 5a and 5b. The primary lining sections in classes 5a and 5b had a reinforced concrete invert throughout their length. The drill-and-blast method prevailed when the tunnel profiles were being disintegrated, but when the tunnel excavation commenced at the tunnel portal, rock was disintegrated mechanically, using a tunnel excavator (see Fig. 6).

The means of the NATM excavation support consisted of a 300-200mm thick layer of C 20/25-X0 sprayed concrete grade (wet-mix shotcrete), welded mesh KARI KY50 8/150x8/150mm for the



foto Jiří Pružina photo courtesy of Jiří Pružina

Obr. 6 Rozpojování horniny na čelbě

Fig. 6 Disintegration of rock at the excavation face

hloubeným a raženým tunelem je dilatační spára 20 mm, vyplněná polystyrenem.

Železobetonová konstrukce spodní klenby (pasů) ražené části je z betonu C 25/30 XA1 a oceli R 10 505.9 a železobetonová konstrukce horní klenby ražené části je z betonu C 25/30 XF4, XD3 a z oceli R 10 505.9 (obr. 7).

Spodní klenba sekundárního ostění byla betonována na spodní klenbu primárního ostění, které bylo podle potřeby upraveno a zarovnáno podkladním a vyrovnávacím betonem třídy C 12/15 X0.

Po vybetonování spodní klenby a dokončení izolace horní klenby byla betonována horní klenba do ocelové formy délky 10 m (obr. 8).

Ostatní stavební části tunelů Radejčín (odvodnění, silniční část tunelu a podkladní vrstvy, konstrukce vnitřního vybavení, zásypy hloubených konstrukcí) byly realizovány obdobným způsobem jako v tunelu Prackovice, a z tohoto důvodu nejsou podrobně popisovány v tomto příspěvku.

Požární vodovod

Zajištění požární vody v tunelech Prackovice a Radejčín je řešeno společným požárním vodovodem rozděleným na levou a pravou větev, které procházejí příslušnými tunelovými troubami obou tunelů a přecházejí po mostě mezi tunele.

Zdrojem vody je Žernosecký vodovodní přívaděč, který podzemním výtlačným potrubím DN 80 zásobuje akumulární nádrž na



foto Jiří Pružina photo courtesy of Jiří Pružina

Obr. 7 Tunel Radejčín – montáž výztuže spodní klenby

Fig. 7 The Radejčín tunnel – installation of reinforcement of the concrete invert

outer surface, KARI Q188A 6/150x6/150 welded mesh for the internal face, BTX lattice girders, IBO self-drilling groutable rockbolts and 4-6m long hydraulically expanded rock bolts. Stabilisation spraying of concrete and forepoling was carried out in the top heading to increase the safety. In the cases of especially unfavourable geology, 6m long, mostly self-drilling IBO anchors were installed into the top heading face. Another top heading stabilising element had the form of load spreading footings at the top heading carried out in three excavation support classes 4, 5a and 5b.

The concrete casting blocks of the secondary lining were divided into 45 pieces for the left-hand tube and 45 pieces for the right-hand tube of the mined part of the Radejčín tunnel. The blocks are marked against the direction of chainage, in the concrete casting direction, i.e. from the Ústí nad Labem portal toward the Prague portal. The blocks are 10m long and are separated from each other by transverse block joints. A 20mm thick expansion joint filled with polystyrene is at the transition between the cut-and-cover tunnel and the mined tunnel.

The reinforced concrete structure of the invert (the concrete casting blocks) of the mined part is made from C 25/30 XA1 concrete grade and R 10 505.9 grade steel (see Fig. 7).

The secondary lining invert concrete was cast on the invert of the primary lining, which was covered with C 12/15 X0 grade blinding and levelling concrete.

After the completion of casting the concrete of invert and finishing the waterproofing of the upper vault, the upper vault concrete was poured behind 10m long steel formwork (see Fig. 8).

The other structural parts of the Radejčín tunnels (drainage, roadway and sub-base, internal equipment structures, backfill of cut-and-cover structures) were realised similarly to the work in the Prackovice tunnel and for that reason are not described in this paper.

Fire main

Providing fire water in the Prackovice and Radejčín tunnels is solved by a common fire water pipeline divided to a left-hand branch and a right-hand branch, which pass through the respective tunnel tubes of the two tunnels and run along the bridge between the tunnels.

The water source is in the Žernoseky water supply duct, which supplies a retention basin at the Ústí nad Labem portal through a DN 80 force main. In the case of a large fire, the water supply existing in the retention basin will not be sufficient for suppressing



foto Jiří Pružina photo courtesy of Jiří Pružina

Obr. 8 Tunel Radejčín – bednicí forma pro betonáž horní klenby

Fig. 8 The Radejčín tunnel – formwork for casting of the upper vault concrete

ústeckém portále tunelu Radejčín. Pro případ rozsáhlého požáru, pro jehož likvidaci nebude dostačovat zásoba vody v akumulaci nádrži, lze využít paralelně uložený suchovod a přes mobilní čerpadlo HZS lze zásobovat akumulaci nádrž vodou.

Vlastní dodávku vody z trvale zavodněné akumulaci nádrže do požárního vodovodu zajišťuje dvojice podávacích čerpadel umístěných přímo v akumulaci nádrži, které přivádějí vodu k automatické tlakové stanici (ATS). ATS je osazena v samostatné místnosti PTO Radejčín a zajišťuje dodávku vody v požadovaném tlaku do obou větví požárního vodovodu. Pomocí dálkově ovládaných šoupat ATS zároveň zajišťuje také cirkulaci vody v potrubí.

Vodovodní potrubí (profily DN 200 v tunelu Radejčín a na mostě přes Uhelnou strouhu a DN 150 v tunelu Prackovice) je oproti dokumentaci pro zadání stavby vedeno pod chodníkem v samostatném kanále vlevo ve směru jízdy. Tato změna byla vyvolána objednatelem po zkušenostech z provozování tunelů na Pražském silničním okruhu. V obou tunelech jsou v každé tunelové troubě vlevo ve směru jízdy umístěny hydranty ve výklenku uvnitř tunelu a další hydranty jsou pak umístěny na portálech. V propojkách jsou navíc realizovány suchovody sloužící pro převedení vody z jedné tunelové trouby do druhé. Z tohoto důvodu jsou výklenky pro hydrant u vstupu do propojky. Celkem je tunel Prackovice vybaven 6 a tunel Radejčín 18 hydranty.

Na vnější straně PTO Radejčín bylo dále vybudováno odběrné místo požárního vodovodu, které bude sloužit nejen v případě poruchy vodovodu, ale také jako odběrné místo pro mytí tunelů, protože požární vodovod zároveň slouží pro zajištění provozní vody.

Vzhledem k přechodu vodovodu po mostě a uložení vodovodu v tunelech pod chodníkem je celé potrubí vodovodu izolováno a chráněno před zamrznutím několika stupni ochrany: cirkulací vody v potrubí, vyhříváním vodovodu na mostě mezi tunely a vyhříváním hydrantů.

TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ PRACKOVICE A RADEJČÍN

Vzhledem k tomu, že se jedná o jeden dopravní uzel, jsou oba tunely provozovány jako jeden celek. Na vjezdu ze směru od Prahy do tunelu Prackovice jsou tři zpomalovací portály, stejně tak jsou tři zpomalovací portály z druhé strany ze směru od Ústí nad Labem na vjezdu do tunelu Radejčín. Celý úsek je řízen a monitorován mezi mimoúrovňovými křižovatkami Bílinka a Řehlovice a v případě nehody, požáru nebo jiné mimořádné události v některém z tunelů lze uzavřít příjezd do celého úseku dálnice.

Tunely jsou podle ČSN 73 7507 a TP98/Z1 zařazeny do kategorie: TA – tunel Radejčín a TD-H – tunel Prackovice. Tomuto zařazení odpovídá vybavení tunelů. Podle zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, jsou tunely zařazeny do kategorie se zvýšeným až vysokým požárním nebezpečím.

Větrání tunelu je zajištěno několika způsoby. Při běžném provozu se předpokládá přirozené větrání spolu s pístovým efektem vyvolaným provozem vozidel. V případech, kdy se zvýší koncentrace škodlivin od provozu vozidel (oxidu CO) a sníží se viditelnost v tunelu, se spouští nucené větrání. Nucené větrání se využívá také při kongesci dopravy, tj. když vozidla jedou rychlostí menší než 20 km/hod, nebo při souběhu nepříznivých meteorologických faktorů. Nuceným větráním je vybaven pouze delší tunel Radejčín. Proudové reverzační větrání se využívá při požáru pro nasměrování odvodu kouře požadovaným směrem. Únikové chodby mezi tunely (tunelové propojky) jsou při požáru uměle větrány vždy z nezasažené tunelové trouby proti troubě, ve které došlo k požáru.

the fire and it is possible to use a dry fire main running in parallel and supply water to the retention basin with a fire water pump.

Feeding water from the permanently filled retention basin to the fire water main is provided by a pair of feeding pumps installed directly in the retention basin. They carry water to an automatic booster pump station (ABPS). The ABPS is installed in a separate room in the Radejčín operational-service building. It supplies water to both branches of the fire water pipeline. It in addition ensures water circulation in the pipeline by means of remote control valves in the ABPS.

The water pipelines (DN 200 profiles in the Radejčín tunnel and on the bridge over Uhelná Strouha ditch and DN 150 in the Prackovice tunnel) are, in contrast with the design for tendering, placed under walkways in separate ducts on the left-hand sides in the direction of travel. This change was required by the project owner having the experience from operating tunnels on the Prague City Ring Road. In both tunnels, fire hydrants are installed in niches on the left-hand sides in the direction of travel, one inside the tunnel and other at portals. In addition, dry fire mains serving to transfer water from one tube to the other one are installed in cross passages. For that reason, the hydrant niches are located at entrances to the cross passages. The Prackovice tunnel and the Radejčín tunnel are equipped with the total of 6 hydrants and 18 hydrants, respectively.

An extraction point for the fire water pipeline was in addition established on the external side of the Radejčín operational-service building. It will serve not only in the case of a water pipeline defect but also as an extraction point for rinsing the tunnels because the fire water pipeline concurrently serves to provide operation water.

With respect to the transition of the water pipeline along the bridge and the placement of the pipeline in the tunnels under the pavement, the entire water supply pipeline is insulated and protected against freezing by the following several degrees of protection: the circulation of water in the pipeline, heating of the pipeline on the bridge between the tunnels and heating of the hydrants.

TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF PRACKOVICE AND RADEJČÍN TUNNELS

With respect to the fact that they form one traffic node, the two tunnels are operated as a single unit. There are three deceleration portals at the entrance to the Prackovice tunnel in the direction from Prague and three deceleration portals are also at the entrance to the Radejčín tunnel in the opposite direction, from Ústí nad Labem. The entire section between the Bílinka and Řehlovice grade-separated intersections is controlled and monitored and, in the case of an accident, fire or other extraordinary event in one of the tunnels, it is possible to close the entry to the whole section.

The tunnels are categorised according to the ČSN 73 7507 standard and Technical specifications TP98/Z1 as follows: TA – Radejčín tunnel and TD-H – Prackovice tunnel. The equipment of the tunnels corresponds to the above-mentioned categorisation. According to the Act No. 133/1985 Coll. on fire protection, the tunnels are categorised as structures with an increased to high fire danger.

The tunnel ventilation is ensured by several systems. During common traffic, natural ventilation is assumed, jointly with the piston effect induced by vehicular traffic. A forced ventilation system is activated in the cases when the permissible concentrations of pollutants produced by traffic (CO oxides) are exceeded and the visibility in the tunnels is reduced. The forced ventilation system is in addition used during traffic congestion, i.e. when vehicles travel



foto Jiří Pružina photo courtesy of Jiří Pružina

Obr. 9 Den otevřených dveří na stavbě dálnice D 8 0805 – září 2016

Fig. 9 The Doors Open Day on the D 8 0805 construction site – September 2016

Oba tunely jsou vybaveny dopravním značením. Je zde osazena pruhová signalizace, proměnné značky omezující rychlost v tunelu (80 km/hod, 60 km/hod, 40 km/hod) a mimo tunel navíc i 100 km/hod. Dalším možným stavem je zákaz vjezdu do tunelu, který je podpořen také semaforem. Pevné (neproměnné) značky jsou v prosvětleném provedení, oboustranné je označení SOS kabin a únikových cest.

Řídicí centrum dopravy a technologie tunelu je umístěno v objektu Střediska správy a údržby silnic Řehlovice. V PTO Radejčín je bezobslužný velín, který slouží k operativnímu řízení dopravy a technologie při zvláštních a mimořádných situacích a při zajišťování servisních a údržbových prací. Toto řídicí centrum slouží pro oba tunely a pro další dva tunely na dálnici D8 Libouchec a Panenská.

Komunikačním systémem v tunelu je rádiové spojení, které zajišťuje rozšíření rádiového signálu pro vybrané uživatele z vnějšího prostředí do technologických prostorů a tunelových trub. V tunelu jsou rádiové signály šířeny vyzařovacími kabely. Tímto způsobem je umožněna komunikace mezi HZS, ZZS, IZS systémem PEGAS, ŘSD a šíření FM vysílání rádiové stanice s dopravním vysíláním bez vzájemného rušení při současném provozu. Vstup do vysílání je možný i z SSÚD Řehlovice.

Monitorování v tunelu je nepřetržité a je zajištěno dohledem z dispečinku kamerovým systémem, včetně videodetekce, protipožárními systémy detekce a ohlášení požáru. V SOS skříních je možné spojení s dispečinkem. Informační rozhlas umístěný před portály a v tunelu u únikových cest umožňuje upozornit na nebezpečí v tunelu.

Další řídicím systémem řízenou technologií tunelu je hlavní osvětlení, které je průběžné a na vjezdech i výjezdech je posíleno akomodačním osvětlením tak, aby nedocházelo k prudkým světelným změnám pro oči řidičů. Pro noční provoz je před portály umístěno venkovní osvětlení. Dále je instalováno nouzové osvětlení, orientační osvětlení v místech propojek a vodící osvětlení na hraně chodníku.

Před uvedením stavby do předčasného užívání byla provedena zkouška simulace požáru studeným kouřem včetně jejího vyhodnocení. Proběhlo taktické cvičení složek IZS v levé tunelové trubě tunelu Radejčín, kde byla simulována dopravní nehoda s požárem a se zraněním cestujících. Byly také provedeny komentované prohlídky a školení členů složek IZS, zejména pak jednotek HZS Ústeckého kraje, které budou v budoucnu zasahovat v tunelu při mimořádných událostech.

at a speed lower than 20km/h, or when adverse meteorological factors occur concurrently. The forced ventilation system is installed only in the Radejčín tunnel. A reversible ventilation system with jet fans is used during a fire for directing the smoke evacuation as required. The escape galleries between the tunnels (tunnel cross passages) are artificially ventilated during a fire always from the unaffected tunnel tube toward the tube where the fire originated.

Both tunnels are equipped with a road signalling system. It comprises lane signals, variable traffic signs restricting the speed in the tunnel (80km/h, 60km/h, 40km/h) and, moreover, even 100km/h outside the tunnel. Another possible state is "No entry". The sign is in addition supported by traffic lights. Fixed (non-variable) signs are of the illuminated type. Double-faced signs are used for marking SOS cabins and escape routes.

The traffic and tunnel equipment management centre is located in the Řehlovice Road Management and Maintenance Centre building. In the Radejčín OSB, there is an unattended management centre used for operative traffic and tunnel equipment management during special and extraordinary situations and for providing service and maintenance work. This management centre is used for both tunnels and for other two tunnels on the D8, the Libouchec and Panenská tunnels.

The system of communication inside the tunnel is based on the wireless system providing spreading of radio signal for selected users from the external environment into service rooms and tunnel tubes. Radio signals are spread inside the tunnel through radiating cables. In this way the communication between the Fire Rescue Service, the Emergency Medical Service and the Integrated Rescue System, the PEGAS system and the Road and Motorway Directorate is made possible, as well as the spreading of FM broadcasting of the station providing traffic information without mutual interference during concurrent operation. The entry into the broadcasting is also possible from the Řehlovice AMCM.

The monitoring inside the tunnel is continuous and is provided by surveillance from the management centre carried out using cameras, including video smoke detection, fire-detection systems and a fire announcement system. The connection with the management centre is possible in SOS boxes. The public address speakers installed in front of portals and inside the tunnel at the rescue route entrances allow for drawing attention to a danger in the tunnel.

Other tunnel equipment controlled by the management system is the main lighting, which is continuous and is reinforced at tunnel entrances and exits by accommodation lighting to prevent steep light changes for drivers' eyes. External illumination is installed in front of the portals for the night operation. In addition, emergency lighting in the locations of cross passages and walkway edge marking lights are installed.

A fire simulation cold smoke test including its assessment was carried out prior to the opening for early use. A tactic exercise of the Integrated Rescue System (IRS) took place in the left-hand tube of the Radejčín tunnel, where an accident with a fire and injured passengers was simulated. Commented inspections and training of the IRS components were carried out, first of all for the Fire Rescue Service of the region of Ústí nad Labem, which will intervene in the tunnel in the future in extraordinary events.

Prior to the opening for early use, individual components of the equipment of both tunnels were subjected to individual and operational tests. The comprehensive tests of tunnel equipment

Jednotlivá technologická zařízení obou tunelů byla podrobena před uvedením do předčasného užívání individuálním a provozním zkouškám. V prosinci 2016 proběhly dále komplexní zkoušky technologie v délce trvání 72 hodin a byly také provedeny první hlavní tunelové prohlídky.

Oba tunely prošly zkušebním provozem bez cestujících. V současné době probíhá zkušební provoz s cestujícími v délce trvání 12 měsíců, který bude ukončen v prosinci 2017.

ZÁVĚR

Přestože se během výstavby a hlavně těsně před zprovozněním úseku D 0805 snažela kritika na objednatele a stavbě byla věnována až nezdravá mediální pozornost, podařilo se uvést do předčasného užívání další velkou liniovou dopravní dálniční stavbu, která navíc prochází Chráněnou krajinnou oblastí České středohoří s velmi složitými geologickými poměry (obr. 9).

Dálnice D8 – 0805 nebyla dokončena podle plánovaného termínu. Kromě důvodů, které byly již v tomto příspěvku uvedeny (žaloby občanských sdružení, sesuv), zpoždění způsobilo získávání stavebního povolení objednatelem v průběhu výstavby a z toho plynoucí pozdní předání staveniště zhotoviteli.

V důsledku toho docházelo k dopravním komplikacím na objízdných trasách, k nárůstu dopravních nehod oproti jízdě po dálnici, ke zvýšení spotřeby pohonných hmot, ke zvýšení hladin hluku a exhalací s dopady na zdraví obyvatel, k růstu ceny stavby v důsledku inflačních vlivů, k oddálení ekonomického přínosu výstavby dálnice pro Ústecký kraj včetně zlepšení situace v zaměstnanosti.

Přes všechny tyto potíže, které stavbu provázely, je nutné závěrem konstatovat, že účastníci výstavby dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice vytvořili výjimečné stavební konstrukce, které jsou a budou obdivovány odborníky mostního a tunelového stavitelství.

Ing. JIŘÍ TROCHTA, jiri.trochta@metrostav.cz,

Ing. PAVEL KUDĚJ, pavel.kudej@metrostav.cz,

Metrostav a.s.,

Ing. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz,

Ing. MICHAL HNILIČKA, hnilicka@pragoprojekt.cz,

PRAGOPROJEKT, a.s.

Recenzovali Reviewed: doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.,

Ing. Vladimír Prajzler

continuing for 72 hours and the first main tunnel inspections were carried out in December 2016.

Both tunnels passed the trial operation without passengers. At the moment, the trial operation with passengers is underway. It will take 12 months and will be ended in December 2017.

CONCLUSION

Despite the fact that the project owner received criticism during the course of the construction and, first of all, just before the opening of the D 0805 section to traffic and the construction was paid probably inadequate media attention, the next large linear traffic structure, which in addition passed across the České Středohoří Nature Reserve with very complicated geological conditions, was successfully opened for early use (see Fig. 9).

The D8 – 0805 motorway was not completed according to the planned schedule. Apart from the reasons which have been mentioned above in this paper (legal actions of civic associations, the landslide), the delay was caused by the process of obtaining construction permits by the project owner during the course of the construction and the delayed construction site handover to the contractor following from it.

As a result, traffic complications occurred on alternate roads, the frequency of traffic accidents increased in comparison with travelling along a motorway, the consumption of fuels was increased, the noise and exhaust emission levels rose with consequences for the health of population, the construction cost grew due to inflation effects and the economic benefit of the motorway construction for the Region of Ústí nad Labem including the improvement in the situation of employment was delayed.

Despite all above-mentioned difficulties which accompanied the construction, it is necessary to conclude the paper by stating that the participants of the D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice motorway section have created very exceptional structures, which are and will be admired by bridge and tunnel construction engineering.

Ing. JIŘÍ TROCHTA, jiri.trochta@metrostav.cz,

Ing. PAVEL KUDĚJ, pavel.kudej@metrostav.cz,

Metrostav a.s.,

Ing. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz,

Ing. MICHAL HNILIČKA, hnilicka@pragoprojekt.cz,

PRAGOPROJEKT, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] FUKSA, R., TROCHTA, J. *Zkušenosti dodavatele se stavbou D 0805*. Seminář Dálnice D8 – stavby z betonu, Litoměřice 2010
- [2] HNILIČKA, M., SVOBODA, J., KUDĚJ, P. *Výstavba tunelů a zárubních zdí u portálu na stavbě 0805 dálnice D8*. Seminář Dálnice D8 – stavby z betonu, Litoměřice 2010
- [3] VŠB – TU Ostrava, FBI *Požárně bezpečnostní řešení stavby, Realizační dokumentace stavby SO E 601.00 tunel Prackovice* 11/2016
- [4] VŠB – TU Ostrava, FBI *Požárně bezpečnostní řešení stavby, Realizační dokumentace stavby SO F 602.00 tunel Radejčín* 11/2016
- [5] PUDIS, *Podrobný geotechnický průzkum pro dálnici D8, stavba D 0805, km 48,277-64,600, Lovosice – Řehlovice* 10/1997
- [6] ČESKÉ DÁLNIČNÍ [on-line], <http://www.ceskedalnice.cz/>
- [7] FUKSA, R., ČEJKA, O. *Tunel Prackovice na dálnici D8, realizace pražského portálu*. *Tunel* 3/2009
- [8] BARTÁK, J., ČEJKA, O. *Deformace jižního portálu tunelu Prackovice v průběhu výstavby*. *Tunel* 2/2010
- [9] FUKSA, R., CYROŇ, D., KUDĚJ, P., *Realizace tunelových staveb na dálnici D8, stavba 0805 Lovosice – Řehlovice*. *Tunel* 2/2010

HYDROIZOLACE SKANDINÁVSKÝCH TUNELŮ

WATER AND FROST PROTECTION OF SCANDINAVIAN TUNNELS

ALEŠ GOTHARD, JIŘÍ ŠACH, JOSEF MALKNECHT

ABSTRAKT

Článek shrnuje zkušenosti pracovníků Metrostav a.s. z realizace hydroizolací na posledních třech projektech společnosti, tunelech Langes a Joberg v Norsku a tunelu Norðfjörður na Islandu. V úvodu stručně představuje zmíněné projekty a dále detailně popisuje jednotlivé hydroizolační systémy, požadavky na ně a normy, kterými se řídí. V následujících částech je podrobně přiblížen způsob přípravy pro vrtání kotev, vrtání kotev a jejich osazení. Dále je nastíněn každý typ izolace a způsob jejího osazení včetně specifik spojených s daným typem. Následuje popis zajištění ochrany před ohněm pomocí stříkaného betonu a shrnutí v závěru.

ABSTRACT

The paper gathers the experience of Metrostav a.s. employees from the realisation of water and frost protection on the last three projects of the company, the Langes and Joberg tunnels in Norway and the Norðfjörður tunnel in Iceland. In the introduction, it briefly informs about the above-mentioned tunnels and further describes in detail individual water and frost protection systems, waterproofing requirements and the standards the waterproofing follows. In the subsequent parts, the paper outlines the process of preparation for drilling for anchors and installation of anchors. Further on, each water and frost protection type and the method of its installation is sketched out in the paper, including specifics associated with the particular types. The description of securing the fire protection using sprayed concrete follows, including a summary in the conclusion.

1. ÚVOD

Společnost Metrostav a.s. dlouhodobě působí na skandinávském tunelářském trhu a má za sebou několik úspěšných projektů. V posledních dvou letech dokončili pracovníci Metrostavu a.s. dva projekty v Norsku a jeden na Islandu, jejichž součástí byla kromě samotné ražby i hydroizolace.

Tunel Langes v Norsku byl uveden do provozu v prosinci 2016 po dvouleté práci razičů a techniků. Tunel Joberg v Norsku je ve fázi instalace technologie a jeho otevření pro dopravu se plánuje na léto 2017. Stejně tak probíhají dokončovací práce na 7,5 km dlouhém tunelu Norðfjörður na Islandu, jeho otevření je předpokládáno v druhé polovině roku 2017.

Na všech zmíněných projektech se pracovníci Metrostavu a.s. podíleli na realizaci hydroizolace v různé míře. V Norsku působili technici jako management a podpora subdodavatele, na tunelu Joberg prováděli i geodetické práce, na Islandu se zapojili i do samotných prací: značení a vrtání kotev, stříkání betonu a další.

2. IZOLACE

Izolace proti vodě a mrazu u tunelů skandinávského typu se řídí norskou příručkou „Håndbok 163“ vydanou Statens vegvesen (Norskou obdobou českého ŘSD), nahrazenou 1. 7. 2014 aktualizovanou verzí „Håndbok R510“.

Islandský státní investor, společnost Vegagerðin, kvůli nízké hustotě osídlení a dopravy, přizpůsobuje norský systém islandským podmínkám. Nedochází tak k izolaci kompletní délky tunelu, ale jen vybraných úseků. Některé typy jsou také modifikovány. Odlišnosti od normy jsou popsány ve specifikacích projektu.

Obecně se dá mluvit o následujících typech izolací:

- typ 1 – izolace plného profilu deskami z polyetylenové pěny – PE foam;
- typ 2 – částečná izolace deskami polyetylenové pěny – PE foam;
- typ 3 – izolace plného profilu polyetylenovou membránou;
- typ 4 – částečná izolace polyetylenovou membránou (s výměrou nad 20 m²);

1. INTRODUCTION

The company of Metrostav a.s. has been active on the Scandinavian market for a long time and has completed several successful projects there. During the past two years Metrostav a.s. employees completed two projects in Norway and one in Iceland. In addition to the tunnel excavation, the installation of water and frost protection was part of them.

The Langes tunnel in Norway was opened to traffic in December 2016, after two years of the work of miners and technicians. The Joberg tunnel in Norway is in the phase of the installation of tunnel equipment and its opening to traffic is planned for summer 2017. The finishing work on the 7.5km long Norðfjörður tunnel also continues. Opening to traffic is planned for the second half of 2017.

At all above-mentioned projects, Metrostav a.s. employees participated in varying degrees in the realisation of waterproofing systems. In Norway, technicians acted in the role of management and sub-contractors' support. At the Joberg tunnel they carried out survey and, in Iceland, they even engaged themselves in the work operations, such as drilling for anchors, spraying concrete etc.

2. WATER AND FROST PROTECTION

The water and frost protection used at the Scandinavian tunnel type follows the „Håndbok 163“ manual issued by Statens vegvesen (Norwegian equivalent of Czech Road and Motorway Directorate), which was replaced on 1 July 2014 by the updated version „Håndbok R510“.

Because of the low density of population, the Icelandic state investor, the company of Vegagerðin, adapts the Norwegian system to Icelandic conditions. Water and frost protection is installed only in selected sections instead of the complete length of a tunnel. Some types are also modified. Deviations from the standard are described in design specifications.

- typ 5 – částečná izolace polyetylenovou membránou s pevně danou šířkou (s výměrou do 20 m²).

Typy 1 a 2 byly realizovány v Norsku, na Islandu byly použity typy 2, 3 a 5. Typ 4 nebyl na Islandu po dohodě s investorem nakonec vůbec použit a tento článek jej dále nepopisuje.

Typy 1 až 4 jsou zavěšeny na kotvách, zatímco typ 5 je islandská specialita – membrána uchycená k ostění nastřelením.

3. REALIZACE INSTALAČNÍCH KOTEV

Na Islandu stavební dozor procházel tunel po dokončení finálního ostění a vybral místa, která budou zakryta izolací. Zároveň čelil značnému tlaku ze strany investora na snížení výměry a s tím spojenými úsporami. Tento přístup se ukázal být značně problematickým vzhledem k častým změnám výskytu přítoků a zavlhlých míst, které jsou závislé na ročním období a souhrnu srážek. Během realizace tak docházelo k častým úpravám (vesměs přidávání) izolovaných oblastí, které působily nemalé problémy v logistice a rozbíjely plynulý pracovní proud.

Na norských projektech provádějí zástupci investora mapování průsaků již v průběhu ražeb. Získávají tak lepší přehled o proudění vody v průběhu roku. Zároveň je norský investor ochoten instalovat větší plochy izolace, aby zajistil co možná nejlepší zachycení průsaků. Na projektu Langesnes byl tunel dokonce izolován v celé délce.

3.1 Značení kotev

Předepsaný rastr kotev pro izolaci je 1,2x1,2 m. Pokud to tunel a dostupnost mechanizace dovolují, používá se na vrtání automatická vrtací souprava navigovaná totální stanicí. Tento způsob nevyžaduje značení pozice kotev na ostění a vrtací souprava sama určuje polohu jednotlivých kotev a přizpůsobuje hloubku vrtů geometrii ostění a dostupným délkám kotev. Toto je neefektivnější a nejrychlejší způsob.

Pokud to situace nedovoluje, je pozice kotev značena manuálně za asistence geodeta. Při vyznačování je zároveň zaznamenána přesná poloha a vypočtena délka každé kotvy. Na projektu Norðfjörður bylo celkem vyznačeno přes 32 tisíc kotev s denním výkonem přes 500 kotev.

3.2 Vrtání kotev

Jak bylo zmíněno výše, neefektivnějším způsobem je použití automatické vrtací soupravy. Na projektu Joberg byla nasazena dvoulafetová vrtací souprava AMV s plnou automatikou a vodním výplachem. Souprava má z jednoho postavení rozsah cca 10 m délky tunelu a navrtá tak 8 prstenců kotev. Denní výkon se pohybuje kolem 550 kotev.

Ne vždy je však možné nasazení takového stroje. Na projektu Langesnes nedovoloval extrémně malý profil tunelu manipulaci

In general, it is possible to speak about the following water and frost protection types:

- type 1 – full profile protection using polyethylene foam plates – PE foam;
- type 2 – partial protection using polyethylene foam plates – PE foam;
- type 3 – full profile protection using a polyethylene membrane;
- type 4 – partial protection using a polyethylene membrane (for areas over 20m²);
- type 5 – partial protection using a polyethylene membrane with a fixed width (for areas up to 20m²).

Types 1 and 2 were realised in Norway, whilst types 2, 3 and 5 were used in Iceland. By agreement with the client, type 4 was not eventually used in Iceland and this paper does not describe it further.

Types 1 through to 4 are suspended from anchors, whilst type 5 is an Icelandic specialty – the membrane is fixed to the lining by shotfiring.

3. REALISATION OF INSTALLATION OF ANCHORS

In Iceland, the resident engineer walked along the tunnel after the completion of the final lining and selected the places to be covered with water and frost protection. At the same time he faced significant pressure from the project owner to reduce the area to reach savings. This approach turned out to be significantly problematic with respect to frequent changes in the occurrence of leaks and wet places, which depend on the particular season and the total amount of precipitation. For that reason, frequent changes occurred during the realisation, mostly in the form of adding new areas to be provided with water and frost protection. The changes caused considerable problems in the logistics and disturbed the continuous working flow.

At Norwegian projects, project owner's representatives map the seepage already during the course of excavation. In this way they obtain better overview of the flow of water during the year. At the same time, the Norwegian project owner is willing to install larger areas of water and frost protection so that the best possible capturing of leaks is ensured. At the Langesnes project the tunnel was provided with waterproofing throughout its length.

3.1 Marking of anchors

The prescribed spacing of the grid of anchors for the water and frost protection is 1.2x1.2m. If the tunnel and the availability of mechanical equipment allow it, drilling for anchors is carried out using an automatic drilling set navigated by a total station. This system does not require marking of anchor positions on the lining and the drilling rig determines on its own the locations of individual anchors and adapts the drilling depth to the geometry of the lining and to the lengths of the anchors available. This is the most effective and fastest method.

If the situation does not allow it, the positions of anchors are marked manually with the assistance of a surveyor. The exact location is recorded and the length of each anchor is calculated during the course of the marking operation. Over 32 thousands of anchors with the daily rate exceeding 500 anchors were marked at the Norðfjörður tunnel project.



Obr. 1 Vrtání kotev nástavbovou vrtáčkou AB1000

Fig. 1 Drilling for anchors using the multifunctional unit – the AB1000 drill rig

s vrtací soupravou a musela být použita menší jednolafetová vrtačka převážena na nákladním voze. To samozřejmě snížilo rychlost postupu.

Na Islandu prováděli vrtání pracovníci Metrostavu a.s. za použití nástavbové vrtačky AB1000 se vzduchovým výplachem firmy Wimmer Felstechnik GmbH (obr. 1). Jednotka byla osazena na pásovém bagru Komatsu PC210. Sestava byla vybavena odsavačem prachu WDC450 stejného výrobce, který radikálně omezil prašnost při vrtání. Zásobování vzduchem zajišťoval kompresor Kaeser M45.

Během zácviu činila potíže různorodá geologie, jež zpočátku vedla ke zvýšené spotřebě vrtacího nářadí. Denní výkon se poté ustálil na přibližně 250 vyvrtaných děr.

3.3 Instalace kotev

Použité kotvy byly vyrobeny z betonářské oceli v kvalitě B500NC a průměru 16 mm s 300 mm dlouhým závitem na jedné straně. Povrchová ochrana se skládala ze dvou vrstev, zároveň pozinkované spodní a epoxidové svrchní. Vzhledem k nepravidelnosti ostění byla délka kotev značně variabilní, od 800 do 2400 mm (obr. 2).

Všechny kotvy byly do ostění uchyceny lepením za použití dvousložkových polyesterových lepicích ampulí Lokset průměru 23 mm a délky 250 mm. Promíchání složek bylo dosaženo rotačním zaváděním kotev pomocí rázové utahovačky.

Specifikace projektu určují, že kotvy delší než 1 m od ostění mají být dodatečně zpevněny. Vyztužení na Islandu bylo provedeno diagonálním táhlem uchyceným lanovými svorkami, v Norsku se po dohodě s investorem vyztužovaly pouze horizontální kotvy a používalo se přiložení L-profilu a jeho svázání s kotvou svorkami.

Délka desek jednotlivých kotev je dána geometrií ostění a požadovaného profilu izolace. Při použití automatického vrtného vozu určí software sám délku vrtu na základě vzdálenosti ostění od profilu izolace za uvážení dostupných délek kotev. Výstupem z vrtání je pak seznam kotev v každém prstenci, podle kterého jsou kotvy osazeny.

Při manuálním značení návrtných bodů je stejný seznam připraven geodetem. Délka kotev je upravena před instalací podle podkladů.

Instalace probíhá za použití samohybné plošiny. V Norsku je velmi rozšířené používání pracovních plošin na nákladním automobilu. Na Islandu byla použita dieselová plošina Genie S40 a 5 kW dieselová elektrocentrála.

Dodavatelem kotev a příslušenství byla norská firma Pretec.

4. INSTALACE IZOLACÍ

4.1 Typ 1 – Izolace plného profilu deskami z polyetylenové pěny – PE foam

Tento typ je používán tam, kde je velké množství přítoků a kapajících míst na obou stranách a v klenbě tunelu. Na projektech Joberg a Langanes byly použity desky o šířce 2,75 m a o tloušťce 50 mm, dodané norskou firmou Skumtech. Délka desek byla nastavena podle profilu tunelu, aby se minimalizovala potřeba přerůzu.

Izolace se většinou osazuje podle finálního profilu. Pouze ve specifických situacích je po dohodě s investorem možné osadit větší plochy k povrchu výrubu.

Instalace probíhá napíchnutím na předinstalované kotvy, předem osazené zadními podložkami. Ty slouží jako doraz a jejich polohu je možno nastavit matkou na závitu kotvy. Osazení probíhá od vrcholu klenby ke stranám a je nutno pečlivě kontrolovat počáteční ustavení. Napojení desek je řešeno překryvem na kotvě, který musí být alespoň 30 cm široký. Desky se osazují vždy ve směru spádu tunelu, aby nedocházelo k zatékání ve spojích.

Z přední strany mohou být desky vertikálně vyztuženy zpevňujícími pásy, uchycenými ke kotvám přes profilovanou přední podložku a matku M16. Tyto pásy, vyrobené z 10mm betonářské výztuže, se v případě potřeby přibíhají. Mezi kotvami jsou spoje desek systematicky zpevněny plastovými šrouby.

3.2 Drilling for anchors

As mentioned above, the most effective method is the use of an automatic drilling rig. At the Joberg tunnel, an AMV twin-boom drilling rig with full automatics and water flushing was used. The drill rig can work on the tunnel length of ca 10m from one set up and drills holes for 8 rings of anchors. The daily rate fluctuates about 550 anchors.

However, the use of such a machine is not always possible. At the Langanes project, the extremely small profile of the tunnel did not allow the work with this drilling rig and it was necessary to use a smaller single-boom rig transported on a truck. Of course, as a result, the advance rate was reduced.

In Iceland, Metrostav a. s. employees carried out the drilling operations using a multifunctional unit – the AB1000 air-flush drilling rig manufactured by Wimmer Felstechnik GmbH (see Fig. 1). The unit was mounted on a Komatsu PC210 crawler excavator. The set was equipped with WDC450 dust evacuator from the same manufacturer. It radically reduced the rate of airborne dust during the process of drilling. Supplying with air was provided by Kaeser M45 compressor.

Problems during the learning curve were caused by variable geology, which at the beginning led to the increased consumption of drilling tools. The daily rate subsequently stabilised approximately at 250 drillholes.

3.3 Installation of anchors

The anchors used on the project were made of steel grade B500 concrete reinforcement rods 16mm in diameter, with a 300mm long thread on one end. The surface protection consisted of two layers, the lower layer hot-dip galvanized with zinc phosphate and the upper epoxy layer. With respect to the irregularity of the lining, the lengths of the anchors were significantly variable, from 800 to 2400mm (see Fig. 2).

All anchors were fixed in the lining by gluing, using 23mm diameter and 250mm long Lokset capsules containing two-component polyester glue. Mixing of the two components was achieved by rotational insertion of the anchors using an impact nut runner.

The design specifications prescribe that anchors reaching deeper than 1m from the lining structure are to be additionally reinforced. In Iceland, the reinforcement was provided by a diagonal tie fixed by rope couplings; in Norway, only horizontal anchors were reinforced in agreement with the project



Obr. 2 Kotvy připravené pro osazení izolace

Fig. 2 Anchors prepared for the installation of water and frost protection



Obr. 3 Detail zakončení PE desek k výrubu

Fig. 3 A detail of the termination of PE plates touching the excavation surface

Jednotlivá pole izolace jsou zakončena zavedením k ostění, ať jde o plochy osazené podle výrubu, nebo podle finálního profilu. U zakončení je vzdálenost kotev snížena na polovinu, tedy 0,6 m, a mezi kotvami je osazen zpevňující pás. Mezery mezi PE deskami a ostěním v místě větších prohlubní jsou vyplněny menšími kusy PE desek, aby došlo k plnému přilnutí k ostění a zabránilo se průsakům (obr. 3).

V oblastech s izolací delších než 30–40 m je nutné provést dilatační spáry. Spáry se provádějí pomocí plastových L-profilů podložených geotextilií (obr. 4). První spára úseku by vždy měla být cca 5 m od ukončení, aby nedocházelo ke vzniku trhlin v oblasti zakončení.

Pokud je oblast izolace delší než 250 m, a v dalších specifických případech, jako je například okolí technické místnosti, je nutné



Obr. 4 Detail dilatační spáry

Fig. 4 Detail of an expansion joint

owner, using L-sections attached to the anchors and tied to them with clamps.

The length of individual anchors is defined by the geometry of the lining and the required profile of the water and frost protection. When the automatic drill rig is used, the software determines the length on its own on the basis of the distance of the lining from the protected profile, taking into consideration the lengths of anchors available. The output from the drilling has the form of a list of anchors in each ring, according to which the anchors are installed.

When the drilling points are marked manually, the same list is prepared by a surveyor. The lengths of anchors are adjusted prior to the installation according to source documents.

The anchors are installed using a self-propelled hoisting platform. The use of hoisting platforms installed on trucks is widely spread in Norway. In Iceland, a diesel electric lifting platform was used in combination with a 5kW diesel generator.

The anchors and their accessories were supplied by the Norwegian company of Pretec.

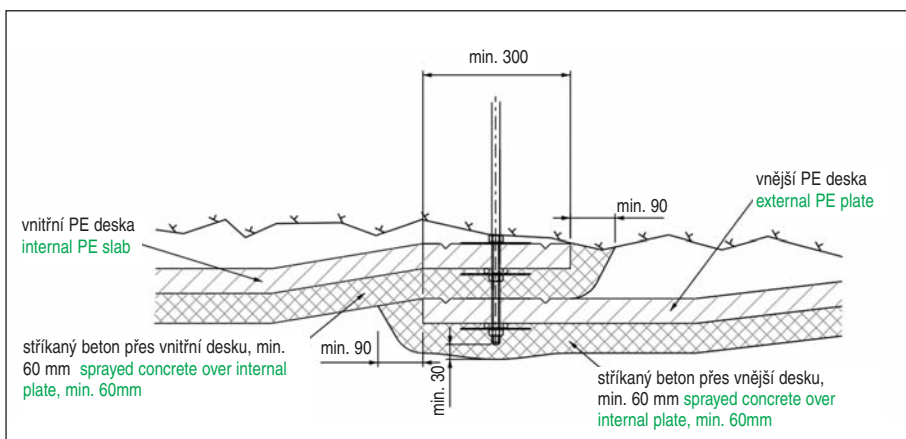
4. INSTALLATION OF WATER AND FROST PROTECTION SYSTEMS

4.1 Type 1 – Full profile protection using polyethylene foam plates – PE foam

This type is used when there are many leaks and dripping points on both sidewalls and in the tunnel vault. Plates 2.75m wide and 50mm thick, supplied by the Norwegian company of Skumtech, were used at the Joberg and Langes projects. The length was determined in dependence on the tunnel profile so that the cutting waste was minimised.

The insulation is mostly installed along the final profile. The insulation of larger areas can touch the excavation surface only in specific cases, in agreement with the project owner.

The installation begins by pushing the plates on pre-installed anchors provided in advance with back-up washers. The washers serve to provide stopping and their position can be set by a nut on the anchor thread. The installation proceeds from the top of the vault toward the sides. It is necessary to carefully check the initial setting. The connection of the plates is solved by overlaps on anchors. The overlap has to be at least 30cm wide. The plates are



Obr. 5 Schéma požární přepážky

Fig. 5 Chart of the fire protection division

Håndbok R510, Statens vegvesen

vytvořit požární přepážku. Izolace je v tomto místě svedena k výrubu a ukončena, jak je popsáno výše. Toto místo je pak zastříkáno betonem a následně je izolace z druhé strany napojena na stříkaný beton v geometrii finálního profilu (obr. 5).

Veškeré materiály (kromě plastových) měly stejnou povrchovou úpravu jako kotvy, zároveň pozinkovanou spodní a epoxidovou svrchní vrstvu. Dodavatelem byla firma Pretec.

Stejně jako u kotev je instalace desek prováděna z plošiny.

Druhou část instalace tvoří vyztužení svařovanou sítí. Zavěšuje se 25 mm od vnitřní strany PE desek. Správnou vzdálenost zajišťují na kotvách speciální plastová kola o průměru 400 mm a v prostoru mezi kotvami speciální plastové distančníky uchycené v deskách. Tyto distančníky mají zároveň výstupky pro kontrolu tloušťky stříkaného betonu. Sítě, svařené z 5mm drátu, s oky 150x150 mm a celkovým rozměrem 2x5 m, umožnily díky nízké hmotnosti snadnou instalaci. Ta probíhala také z plošiny.

Svařované sítě bez povrchové úpravy byly nakoupeny v Norsku od firmy Stålsenteret AS.

4.2 Typ 2 – Částečná izolace deskami polyetylenové pěny – PE foam

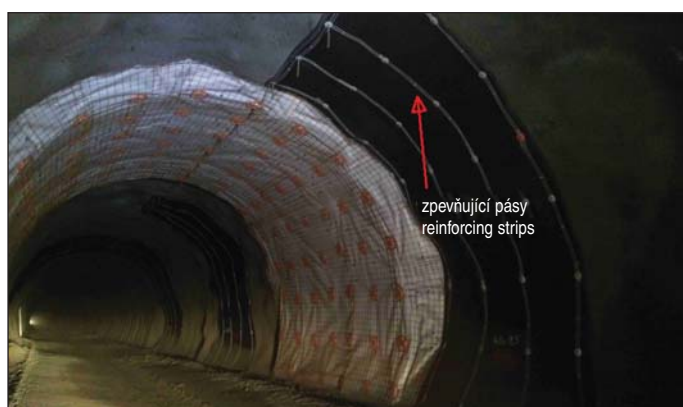
Tento typ je používán k zakrytí přítoků a kapajících míst omezeného rozsahu, o maximální výšce půl profilu (obr. 6). Na projektu Norðfjörður byly použity desky o rozměrech 11,5x2,75 m a 9,7x2,75 m o tloušťce 45 mm, dodané norskou firmou Skumtech. Kratší desky umožnily instalaci přes půl profilu bez zbytečně velkých prořezů. Delší desky byly objednány kvůli plnému využití kapacity přepravních kontejnerů a následně nařezány podle potřeby. Na projektu Joberg se používaly části desek určených pro celý profil.

Nízká výměra tohoto typu izolací neumožňuje instalaci v poloze blízké finálnímu profilu, v podstatě kopíruje povrch výrubu. Pevně daná šířka desek klade zvýšené požadavky na přesnost instalace kotev, na vyrovnání případných nepřesností nezbyvá mnoho prostoru.

Instalace probíhá stejně, jak bylo popsáno výše. Zejména u oblastí s výškou blížící se půl profilu je nutno pečlivě kontrolovat počáteční ustavení, aby se výše umístěné kotvy nedostaly mimo desku.

4.3 Typ 3 – Izolace plného profilu polyetylenovou membránou

U více zvodnělých úseků na islandském tunelu se izoloval celý profil polyetylenovou membránou namísto PE pěny (obr. 7). Předepsaná membrána, vyrobená z lineárního nízkohustotního polyetylenu o tloušťce 1,5 mm s bílou signální vrstvou, měla zdrsňený povrch kvůli lepší přilnavosti stříkaného betonu. Vzhledem k rastru kotev a nutnému překryvu byly použity role 3,78 m široké



Obr. 6 Částečná izolace deskami PE pěny
Fig. 6 Partial insulation using PE foam plates

installed always in the direction of the tunnel gradient so that leaking through joints is prevented.

From the front side, the plates can be vertically reinforced with reinforcing strips fixed to the anchors through a profiled front washer and M16 nut. When necessary, the strips, produced from 10mm diameter concrete reinforcement rods, are bent. Between the anchors, the joints between the plates are systematically reinforced with plastic bolts.

Individual water or frost prevention fields are terminated by plates touching the lining, no matter whether the areas are installed around the excavation surface or around the final lining surface. At the termination location the spacing of anchors is reduced to a half, which means to 0.6m, and the reinforcing strip is installed between the anchors. The gaps between the PE plates and the lining existing in the locations of larger surface depressions are filled with smaller pieces of PE plates so that they fully stick to the lining and leakage is prevented (see Fig. 3).

In the areas with the insulation longer than 30-40m, it is necessary to carry out expansion joints. The joints are carried out using plastic L-sections laid on geotextile (see Fig. 4). The first joint in the section should always be at the distance of ca 5m from the termination location so that the origination of cracks in the termination area is prevented.

If the area to be insulated is longer than 250m, and in other specific cases, for example in the neighbourhood of equipment rooms, it is necessary to create a fire stop. In this location the insulation touches the excavation surface, as mentioned above. This location is subsequently covered with sprayed concrete and the insulation is connected from the other side to the shotcrete in the geometry of the final profile (see Fig. 5).

The surface of all materials (with the exception of plastic materials) was treated in the same way as anchors, i.e. with the lower layer hot-dip galvanized with zinc phosphate and the upper epoxy layer. The materials were supplied by the company of Pretec.

As with anchors, the slabs are installed from a hoisting platform.

The other part of the installation is formed by reinforcing with welded mesh. The mesh is suspended at the distance of 25mm from the internal side of the PE plates. The correct distance on anchors is provided by special plastic discs 400mm in diameter. In the space between anchors, the distance is ensured by special plastic spacers fixed in the plates. The spacers are in addition provided with protrusions for the purpose of checking the thickness of the sprayed concrete layer. The mesh mats, welded from 5mm diameter wire with meshes 150x150mm and the overall dimension of 2x5m, allowed for easy installation owing to the low weight. The installation was also carried out from the hoisting platform.

Welded mesh without surface treatment was purchased in Norway from the company of Stålsenteret AS.

4.2 Type 2 – Partial protection using polyethylene foam plates – PE foam

This type is used for covering a limited scope of leaks and dripping points with the maximum height of a half of the tunnel cross-section (see Fig. 6). Plates with the dimensions of 11.5x2.75m and 9.7x2.75m, 45mm thick, were used at the Norðfjörður project. They were supplied by the Norwegian company of Skumtech. Shorter plates allowed the installation over a half of the cross-section without unnecessarily great



Obr. 7 Izolace plného profilu polyetylenovou membránou
Fig. 7 Full-profile insulation using PE membrane

a 58 m dlouhé k dostatečnému zaizolování tří různých profilů tunelu. V blízkosti portálů slouží membrána zároveň jako izolace proti mrazu.

Instalace probíhala pomocí speciální, Metrostavem vyrobené instalační jednotky. Za použití lžice z bagru, náhradní lafety a hydraulického válce z vrtného vozu vznikl jednoduchý, levný, snadno ovladatelný a efektivní nástroj, umožňující uchycení na pásový bagr Komatsu PC210 (obr. 8).

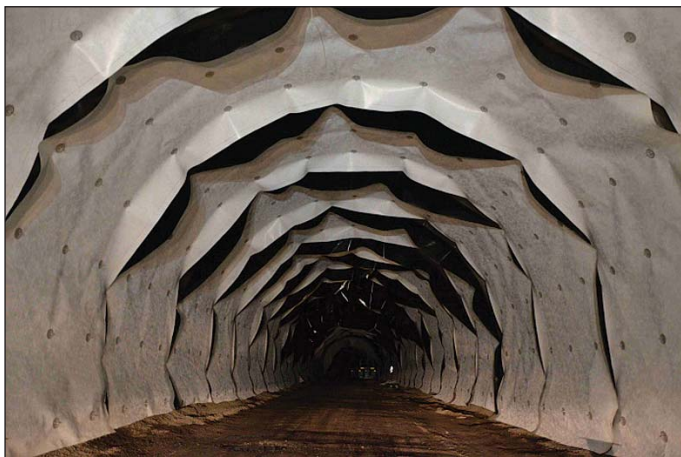
Membrána byla zavěšena na předinstalované kotvy osazené vodonepropustnými zadními podložkami s kruhovou neoprenovou vložkou (obr. 9). Tato vložka předchází poškození membrány při dotažení přední podložky a zabraňuje pronikání vody.

Ke svaření byl použit lehký svařovací automat Twinny S firmy Leister. Vzhledem k napájení z elektrocentrály a možnému kolísání napětí je jeho jednoduchá konstrukce výhodou. Svar samotný měl šířku 50 mm se zkušebním kanálkem, který umožnil testování kvality svaru.

Každý úsek plnoprofilové izolace byl na obou koncích uchycen k ostění přes perforovaný pásek široký 20 mm hřebí osazenými nastřelovacími náboji s pomocí pistole Hilti DX2.

Na úseky delší než 25 m bylo nutné nainstalovat dilatační pásy. Plastový L profil o výšce o 1 cm nižší než finální tloušťka betonu se tavným lepidlem přes pruh geotextilie nalepil na membránu po celé délce profilu.

Osazování probíhalo za použití pásového bagru Komatsu PC210 vybaveného instalační jednotkou, samohybné nůžkové plošiny Genie GS3390, samohybné plošiny Genie S40 pro svařování a dieselové elektrocentrály Mase MPV 20BA s provozním



Obr. 9 Pásy polyetylenové membrány před svařením
Fig. 9 Polyethylene membrane mats before welding



Obr. 8 Instalace polyetylenové membrány
Fig. 8 Installation of the polyethylene membrane

cutting waste. Longer plates were ordered with the aim of using the capacity of transport containers and were subsequently cut as required. Parts of the plates intended for the whole cross-section were used at the Joberg project.

The small area of this type of insulation does not allow for installing the plates in a position close to the final cross-section; the insulation essentially copies the excavation surface. The fixed width of the plates puts increased requirements on the accuracy of the installation of the plates; not much space remains for the compensation of inaccuracies.

The installation proceeds identically with the above-mentioned system. It is necessary, first of all in the cases of the areas the height of which approaches the middle of the cross-section, to carefully check the initial setting so that the higher located anchors do not get beyond the plate.

4.3 Type 3 – Full profile protection using a polyethylene membrane

In more water-bearing sections of the Icelandic tunnel, the entire cross-section surface was covered with a polyethylene membrane instead of the PE foam (see Fig. 7). The prescribed 1.5mm thick linear low-density polyethylene membrane with a white signal layer had the surface roughened because of better adhesion to sprayed concrete. The membrane rolls 3.78m wide and 58m long required to provide sufficient covering of three various tunnel cross-sections were used with respect to the grid of anchors and the necessary overlapping. In the vicinity of portals, the membrane provides at the same time the frost protection.

The installation was carried out using an installation unit specially produced by Metrostav a.s. A simple, cheap, easy to control and effective tool allowing for mounting on Komatsu PC 210 crawler excavator was developed using the excavator shovel, a substitute boom and a hydraulic cylinder from a drilling rig (see Fig. 8).

The membrane was suspended from pre-installed anchors with watertight back-up washers and neoprene pads mounted on them (see Fig. 9). The pad prevents damaging of the membrane at the moment of tightening the front washer and prevents the intrusion of water.

The membrane was welded using Leicester company's Twinny S light-weight automatic welding machine. The simple design of the machine is an advantage with respect to supplying the power from an electric generator and the possibility of voltage fluctuations. The double-seam weld itself was 50mm wide. It contained a channel allowing for testing the weld quality.



Obr. 10 Stříkání protipožární vrstvy na polyetylenovou membránu
Fig. 10 Spraying the fire protection concrete layer on the polyethylene membrane

výkonem 17,5 kVA. S touto sestavou byla rychlost instalace přes 350 m² za směnu.

Stejně jako PE desky se membrána vyztužuje svařovanou sítí. Zavěšuje se 25 mm od vnitřní strany PE membrány. Správnou vzdálenost zajišťují na kotvách speciální plastová kola o průměru 400 mm a v prostoru mezi kotvami klasické betonářské plastové distanční podložky. Použité sítě jsou shodné s těmi popsanými u typu 1. Sítě se nakupovaly v Norsku a na Island se dovážely.

Dodávku PE membrány zajistila firma JUTA a.s. (CZ) a Oldroyd AS (NO). Veškeré ostatní kovové materiály mimo svařovaných sítí měly stejnou povrchovou úpravu jako kotvy, tj. zároveň pozinkovanou spodní a epoxidovou svrchní vrstvu. Dodavatelem byla firma Pretec.

4.4 Typ 5 – Částečná izolace PE membránou s pevně danou šířkou (s výměrou do 20 m²)

Poslední typ izolací reprezentuje nastřelovaná PE membrána o dané šířce (1,5 m). Specifikace materiálu byla stejná jako u typu 3. K ostění byla uchycena stejným způsobem jako ukončení plnoprofilové membrány, tedy nastřelovacími hřeby upevňovanými přes perforovaný pásek široký 20 mm pistolí Hilti DX2. Tento typ izolace se používá pro zakrytí zavlhlých míst o malé šířce.

Snaha stavebního dozoru o co možná největší použití tohoto typu přinesla v realizaci několik problémů. Jednalo se o možné utržení membrány od ostění během zástřiku stříkaným betonem u míst s výškou přesahující přibližně 5 m (toto bylo vyřešeno dodatečným vyztužením svařovanou sítí). Dále kvůli nepravidelnému ostění docházelo k průsakům vody přes okraje membrány. Zde nakonec dozor uznal výhrady zhotovitele a pro většinu míst povolil nahradit izolaci deskami z PE pěny. Denní výkony dosahovaly v průměru 60 m².

Instalace probíhala ze samohybné plošiny Genie S40. PE membránu stejně jako u typu 3 dodala firma JUTA a.s.

4.5 Opravy izolací

V průběhu instalace nebo svařování může dojít k poškození izolace. Membrána je opravitelná záplatou ze stejného materiálu, přilepenou horkovzdušnou pistolí. Okraje je možné zavařit ručním extrudérem.

Malá poškození PE pěny je možné vyplnit silikonem. U velkých trhlin se musí vyměnit alespoň část desky.

5. STŘÍKANÝ BETON

Jako protipožární ochrana izolací slouží vrstva stříkaného betonu. Technická specifikace vrstvy stříkaného betonu se na těchto projektech výrazně lišila.

Na Islandu byla aplikována vrstva 6 cm u typu 2 a 5 a 8 cm u typu 3. Beton třídy C30/37 XC3, XD1, XS1 stříkaný na izolaci přes vyztužovací svařovanou síť obsahoval 2 kg/m³ plastových mikrovláken. U nevyztužených izolací se do první vrstvy (4 cm silné) přidávalo i 4,5 kg mikrovláken na 1m³ betonové směsi.

Each section of the full-profile protection was fixed at both ends to the lining through a 20mm wide perforated strip with cartridge nails using a Hilti DX2 nail gun.

Plastic waterstops had to be installed in sections longer than 25m. A plastic L-section by 1cm lower than the final thickness of concrete was glued through a geotextile strip to the membrane with a hotmelt adhesive throughout the cross-section circumference length.

The installation was carried out using a Komatsu PC210 crawler excavator equipped with the installation unit, the Genie GS3 390 self-propelled scissor lift, a Genie S40 self-propelled lift used for welding and a Mase MPV 20BA diesel generator with the operating power of 17.5kVA. With this set, the installation rate exceeded 350m² per shift.

As the PE plates, even the membrane is reinforced with welded mesh. The mesh is suspended at the distance of 25mm from the internal side of the membrane. The correct distance is secured on the anchors by special 400mm-diameter plastic discs and, in the space between anchors, by classical plastic rebar spacers. The welded mesh is identical with the mesh described above for the type 1. The mesh mats were purchased in Norway and were imported to Iceland.

The PE membrane supplies were provided by the companies of JUTA (CZ) and Oldroyd AS (NO). The surface of all other metal materials, with the exception of welded mesh, was treated identically with the anchors, i.e. with the lower layer hot-dip galvanized with zinc phosphate and the upper epoxy layer. They were supplied by the company of Pretec.

4.4 Type 5 – partial protection using a polyethylene membrane with a fixed width (for areas up to 20m²).

The last protection type is represented by a shotfiring-fixed PE membrane with the given width (1.5m). The material specification was identical with the type 3. It was fixed to the lining identically with the fixing applied in the case of the termination of the full-profile membrane, i.e. using cartridge nails hammered through a 20mm wide perforated strip with a Hilti DX2 nail gun. This insulation type is used for covering small-width moist places.

Resident engineer's effort at the largest possible use of this type caused several problems during the realisation. One of them was the possibility of tearing the membrane from the lining during the application of shotcrete at locations where the height exceeded approximately 5m (this problem was solved by additional strengthening with welded mesh). Furthermore, water seepage over the membrane edges took place due to the irregular lining. In this case the resident engineer recognised contractor's objections and permitted replacing of the insulation with PE foam slabs for the majority of the places. Average daily outputs reached 60m².

The installation was carried out from Genie S40 self-propelled lifting platform. As at the type 3, the PE membrane was supplied by the company of JUTA a.s.

4.5 Membrane repairs

The membrane can be damaged during the installation or welding.

The membrane can be repaired by a patch from the same material, which is stuck to the surface with a heat gun. The edges can be welded with a handheld extruder.

Small damaged places in the PE foam can be filled with silicone. In the cases of large cracks it is necessary to replace at least a part of the plate.



Obr. 11 Stříkání protipožární vrstvy na desky PE pěny

Fig. 11 Spraying the fire protection concrete layer on the PE foam plates

V Norsku jsou všechny plochy izolace vyztužené a používá se tedy pouze beton s příměsí mikrovláken (2 kg/m^3). Celková tloušťka betonu je 8 cm a nástřik probíhá ve dvou vrstvách.

Při stříkání je nutné ochránit již hotové definitivní vybavení tunelu. Na Islandu to pro zhotovitele znamenalo jen drenážní potrubí, v Norsku to však byla hotová svodidla, chodníky a první vrstva asfaltu.

Realizace na Islandu probíhala stříkacím strojem Meyco Potenza (obr. 10) napájeným elektrocentrálou Olympian GEP200-4. Při započítání nutné údržby bylo dosahováno denních výkonů přes 35 vystříkaných m^3 .

V Norsku prováděl stříkání subdodavatel strojem AMV osazeným na nákladním automobilu (obr. 11). Výkony dosahovaly až 100 m^3 za 12 hodin.

6. ZÁVĚR

Zkušenosti na projektech Metrostavu a.s. se výrazně liší v závislosti na místě, míře zapojení vlastních kapacit a specifikacích jednotlivých projektů. Celkem bylo na projektech Langanes, Joberg a Norðfjörður provedeno $110\,000 \text{ m}^2$ izolací.

V Norsku je realizace poněkud jednodušší a Metrostav a.s. zde v téměř stoprocentní míře používal subdodavatele, kteří se specializují na instalaci hydroizolací a mají dlouholeté zkušenosti.

Na Islandu však izolace představovaly nemalou výzvu. Plnoprofilové izolace PE membránou nebyly dosud na Islandu použity a investor s projektantem neměli s tímto typem zkušenosti. Z toho pramenila nedostatečná projektová dokumentace a nutnost řešit mnohé detaily operativně. Snaha o minimalizaci plochy izolací před instalací vedla ve výsledku k mnohonásobnému navyšování výměry při jejím provádění. To způsobovalo zásadní narušení pracovního proudu a vyvolávalo potřebu několikrát se vracet na již zaizolovaná místa. Vzhledem k odlehlé poloze Islandu a řídkému lodnímu spojení se již tak složitá logistika dále komplikovala. Přes veškeré obtíže se pracovníkům Metrostavu a.s. povedlo také díky zkušenostem získaným při ražbách dokončit instalaci izolací v termínu a v předepsané kvalitě.

Ing. ALEŠ GOTHARD, ales.gothard@metrostav.cz,

Ing. JIŘÍ ŠACH, jiri.sach@metrostav.cz,

Ing. JOSEF MALKNECHT, josef2489@gmail.com,

Metrostav a.s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Pavel Polák, Bc. Tomáš Němeček

5. SPRAYED CONCRETE

A layer of sprayed concrete serves to protect the insulation against fire. The technical specifications for the sprayed concrete layers were significantly different at these projects.

In Iceland, a 6cm thick layer was applied at types 2 and 5, whilst an 8cm thick layer was required for type 3. The grade C30/37 XC3, XD1, XS1 concrete sprayed on the insulation through reinforcing welded mesh contained 2kg/m^3 of plastic microfibers per 1m^3 of concrete mixture.

In Norway, all areas of the insulation are reinforced and only concrete with addition of microfibers (2kg/m^3) is used. The total thickness of the concrete layer is 8cm and concrete is sprayed in two layers.

During the shotcrete application it is necessary to protect the already completed definitive tunnel structures. For the contractor in Iceland, it meant only the completion of a drainage pipeline, but in Norway it meant completion of safety barriers, walkways and the first layer of asphalt.

The realisation in Iceland was carried out using a Meyco Potenza spraying machine (see Fig. 10) fed by an Olympian GEP200-4 power generator. With the maintenance counted in, the daily concrete spraying rate amounted to 35m^3 .

In Norway, concrete was sprayed by a sub-contractor using the AMV machine mounted on a truck (see Fig. 11). The spraying rate reached up to 100m^3 per 12 hours.

6. CONCLUSION

The experience gained on Metrostav a.s. projects significantly varies depending on the location, the degree of involvement of Metrostav's own capacities, and the specifications for individual projects. The total of $110,000\text{m}^2$ of insulation was carried out on the Langanes, Joberg and Norðfjörður projects.

In Norway, the realisation is a little simpler and Metrostav a. s. used sub-contractors specialising in the installation of waterproofing and having many years of experience nearly in one hundred percent of cases.

But in Iceland, waterproofing presented a considerable challenge. The full-profile PE membrane waterproofing had not been used in Iceland until that time and the project owner with the consulting engineer did not have experience with this type. Inadequate design documentation and the necessity of solving numerous details operatively resulted from this fact. The effort at minimising the areas of insulation prior to the installation resulted into multiple increasing in the insulation area during the installation. It caused major disturbance of the work flow and triggered the need for repeated returning to places where the insulation had been completed. With respect to the remoteness of Iceland and sparse boat connections, the already difficult logistics was further complicated. Despite all difficulties, Metrostav a. s. employees managed, also owing to the experience gained during the underground excavation, to finish the installation of the water and frost protection on time and to the required quality.

Ing. ALEŠ GOTHARD, ales.gothard@metrostav.cz,

Ing. JIŘÍ ŠACH, jiri.sach@metrostav.cz,

Ing. JOSEF MALKNECHT, josef2489@gmail.com,

Metrostav a.s.

TUNELY EJPOVICE RAŽBA JIŽNÍ TUNELOVÉ TROUBY, PŘESUN A ÚPRAVY STROJE PRO RAŽBU SEVERNÍ TUNELOVÉ TROUBY

EJPOVICE TUNNELS

DRIVING THE SOUTHERN TUNNEL TUBE; SHIFTING AND MODIFYING THE TBM FOR DRIVING THE NORTHERN TUNNEL TUBE

ŠTEFAN IVOR, PETR HYBSKÝ, LIBOR SÝKORA, VÁCLAV ANDĚL

ABSTRAKT

Moderní světový trend ražeb dlouhých dopravních tunelů jednoznačně spěje k metodám mechanizovaného tunelování. V duchu tohoto trendu se zmíněná metoda etabluje i v prostředí českých železničních staveb, konkrétně při ražbách tunelů Ejovice v rámci modernizace trati v úseku Rokycany – Plzeň. Ražby Ejpovických tunelů provádí tunelovací stroj Herrenknecht S-799. Ten v polovině loňského roku dokončil výstavbu jižní tunelové trouby. Následně byl demontován na transportovatelné části a přestěhován zpět na vjezdový portál, aby zde byl připraven pro ražbu severní tunelové trouby.

ABSTRACT

The modern worldwide trend in driving long transport tunnels is unambiguously tending towards mechanised tunnelling methods. In the spirit of this trend, the above-mentioned method has established itself even in the environment of Czech railway construction projects, specifically in driving the Ejovice tunnels within the framework of the modernisation of the railway track in the Rokycany – Plzeň section. The Ejovice tunnels are driven by a Herrenknecht S-799 TBM. This machine finished the construction of the southern tunnel tube in the middle of 2016. Subsequently it was dismantled to transportable components and was moved back to the entrance portal to be prepared there for driving the northern tunnel tube.

1. CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Tento článek souvisí a navazuje na dříve publikované články [1] a [2]. Stávající trať v úseku mezi Rokycany a Plzní je vedena přes obec Chrást. Současné vedení trasy nesplňuje požadavky trasování vysokorychlostních železnic ani koridorových železničních tratí. Nově navržené vedení trasy si díky morfologii zdejšího terénu vyžádalo podchod dvou terénních útvarů – vrcholů Homolky a Chlumu. Ten má být v tomto úseku realizován dvojicí jednokolejných tunelů.

Obě paralelně vedené tunelové trouby jsou raženy jedním a tím samým tunelovacím strojem ze stejného portálu. Každá tunelová trouba má délku 4150 m, což z Ejpovických tunelů činí nejdelší v České republice. Příčný řez je kruhový, světlého průměru 8,7 m. Ostění je složeno z prefabrikovaných betonových segmentů, jež jsou v hornině stabilizovány pomocí dvoukomponentní výplňové injektáže.

Geologické podmínky v trase raženého díla jsou velmi různorodé. Liší se jak jednotlivé horninové celky, tak i jejich vlastnosti. Dominujícím geotypem vrcholu Homolka jsou měkké břidlice (prachovité, grafitické jílovité). Vyznačují se různým stupněm zvětrání, prokřemenění, ale i uložením vrstev. Naopak vrch Chlum je tvořen tvrdými spility. Středová část mezi oběma vrchy se vyznačuje kombinací břidlic a spilitů spolu s dalšími mladšími sedimentárními horninami (např. pískovci). Břidlice v úsecích s nízkým nadložením byly zcela nestabilní, zvodnělé a svými vlastnostmi odpovídaly nesoudržné zemině. Ražba zejména v těchto úsecích potvrdila správnost a předvídatost pro použití technologie mechanizovaného tunelování.

2. POUŽITÝ TUNELOVACÍ STROJ

Tunelovací stroj byl vyroben německou společností Herrenknecht AG pod sériovým číslem S-799, obr. 1. Aby byl

1. PROJECT CHARACTERISTICS

This paper relates to and is a continuation of [1] and [2]. The existing rail track in the section between Rokycany and Plzeň is led through the municipality of Chrást. The current alignment meets neither the requirements of high-speed railways nor the requirements of corridor railway tracks. Owing to the morphology of the local terrain, the newly designed alignment required passing under two terrain formations – Homolka and Chlum Hills. The passage in this section is carried out by a pair of single-track tunnels.

Both parallel tunnel tubes are driven by one and the same tunnel boring machine from the same portal. Each tunnel tube is 4150m long. This fact makes the Ejovice tunnels the longest in the Czech Republic. The cross-section is circular with the net diameter of 8.7m. The tunnel lining is of the segmental type, consisting of pre-cast concrete segments, which are stabilised in the ground using two-component backgrouting (activation grouting).

Geological conditions along the mined tunnel route are very variable. Not only the ground units but even their properties differ. Weak shales (silty or graphitic clayey) are the dominant geological type at Homolka Hill. They are characterised by a variable degree of weathering and quartzification, but also by the variable deposition of layers. On the contrary, Chlum Hill is formed by hard spilites. Geology in the middle part between the two hills is characterised by a combination of shales and spilites, together with other younger sedimentary rock types (e.g. sandstone). The shales in the low overburden sections of the alignment were completely instable, saturated with water, and their properties corresponded to cohesionless soil. Driving the tunnels, first of all in these sections, confirmed the correctness of and foresight for the application of the mechanised tunnelling technology.



Obr. 1 Tunelovací stroj S-799 před zahájením ražeb JTT

Fig. 1 S-799 tunnel boring machine before the commencement of driving the STT

schopen efektivně se vyrovnat s proměnlivými a extrémně různorodými geotechnickými podmínkami, byl zkonstruován jako zeminový štít s možností přestavby na razicí stroj do pevných skalních hornin.

Tab. 1 Základní parametry stroje

typ stroje	přestavitelný – EPBM/hardrock
průměr řezné hlavy	9 840 mm
délka vč. závěsu	115 m
hmotnost vč. závěsu	1 800 t
instalovaný výkon	6 200 kW
provozní tlak	4,5 bar

2.1 Princip ražby, obsluha stroje

Hornina je rozpojována rotační řeznou hlavou osazenou dláty a valivými disky. Současně s procesem rozpojování probíhá úprava konzistence rubaniny pomocí vody, pěn a polymerů, resp. jejich kombinací. Upravená hornina skrze otvory v řezné hlavě prochází do prostoru odtěžovací komory. Zde vytváří protitlak na čelbu a tím působí zároveň jako její pažení. Z odtěžovací komory je rubanina průběžně odebírána šnekovým dopravníkem a dále poté transportována dopravníkem pásovým. V souběhu s razicím cyklem probíhá výplňová injektáž mezi kruží mezi horninou a rubem instalovaných prstenců segmentového ostění. Po vyražení jednotlivých záběrů následuje montáž prstence prefabrikovaného ostění.

Během jedné dvanáctihodinové směny obsluhuje razicí stroj dvanáctičlenná osádka. Pilot stroje je zodpovědný za řízení stroje během ražby záběru. Operátor injektáže v průběhu postupu obsluhuje injektážní zařízení, stavbu prstenců provádí tříčlenná osádka pracovníků. Zbytek osádky zodpovídá za prodlužování vedení obslužných médií, provádění průběžných údržeb stroje či skládání segmentů (obr. 2), a logistiku ostatního materiálu pro ražbu.

V pravidelných intervalech je třeba provádět odstávky z důvodu prodlužování pásového dopravníku, vysokonapětového kabelu, případně z důvodu kontroly a výměny řezných nástrojů.

3. ZKUŠENOSTI Z RAŽEB JIŽNÍ TUNELOVÉ TROUBY

3.1 Ražba v režimu zeminového štítu

V režimu zeminového štítu vyrazila Viktorie, jak byl tunelovací stroj Herrenknecht S-799 pokřtěn při slavnostním zahajovacím

2. TUNNEL BORING MACHINE APPLIED

The tunnel boring machine was manufactured by German-based Herrenknecht AG under the serial number of S-799 (see Fig. 1). It was designed as an earth pressure balance tunnelling machine allowing for the conversion to a hard rock tunnel boring machine.

Table 1 Basic TBM parameters

TBM type	convertible – EPB/hard rock
cutterhead diameter	9840mm
length including back-up	115m
weight including back-up	1800t
installed output	6200kW
operating pressure	4.5 bar

2.1 Tunnel excavation principle, machine operation

Ground is disintegrated by a rotational cutterhead fitted with cutters and disk cutters. The consistency of the muck is adjusted concurrently with the process of disintegration, using water, foams and polymers or their combinations. The treated ground passes through openings in the cutterhead to the extraction chamber. In the chamber it creates back-pressure on the excavation face, thus acting as the excavation support. Muck is continually removed from the extraction chamber by a screw conveyor, to be transported further by a belt conveyor. Backgrouting (contact grouting) into the annulus between the rock and the external surface of the installed segmental lining rings is carried out concurrently with the excavation cycle. The assembly of the precast segmental lining follows after the completion of the individual excavation rounds.

During the course of one twelve-hour shift the tunnel boring machine is operated by a crew of twelve. The TBM operator is responsible for the guidance of the machine during the execution of an excavation round. The grouting operator operates the grouting equipment during the work on the excavation round; lining rings are assembled by a crew of three. Remaining members of the operating crew are responsible for extending service media lines, carrying out ongoing maintenance of the machine, unloading the segments (see Fig. 2) and for the logistics of other materials required for driving the tunnel.

TBM outages are necessary to take place at regular intervals for the purpose of extending the belt conveyor, the high-voltage cable or checking and replacing cutting tools.

3. EXPERIENCE FROM DRIVING THE SOUTHERN TUNNEL TUBE

3.1 Driving tunnel in the EPB mode

In the earth pressure balance mode, Viktorie, the Herrenknecht S-799 tunnel boring machine which got its name during the tunnel excavation opening celebration, completed the excavation of 3154 in total. It needed 371 days for covering this distance. The average daily advance rate achieved therefore amounted to 8.5m. The highest monthly advance rate of 528m was achieved in May 2016; the highest daily advance amounted to 32m. The excavation advance rates were negatively affected by several following factors: instable ground, hydrostatic pressure, high rates of groundwater inflows and increased abrasivity.

The excavation of the southern tunnel was characterised by frequent instability of the ground environment (mainly within the initial 250m long section), which was in addition amplified by



Obr. 2 Skládání segmentů na segmentový podavač
Fig. 2 Unloading the segments on the segment erector

ceremoniálu ražby tunelu, celkem 3154 m. Pro zdolání této vzdálenosti potřeboval 371 dní, čímž bylo dosaženo průměrného postupu 8,5 m. Nejvyšší měsíční výkon připadl na květen předloňského roku – 528 m, nejvyšší denní výkon představoval 32 m. Rychlost ražby byla negativně ovlivněna několika faktory: nestabilní horninou, hydrostatickým tlakem, vysokými přítoky podzemní vody a zvýšenou abrazivitou.

Ražba jižního tunelu se vyznačovala častou nestabilitou horninového prostředí (zejména v úvodním úseku prvních 250 m) a byla navíc umocněna zvýšenými přítoky podzemní vody se zvýšeným hydrostatickým tlakem, který v přístropi tunelu činil až 3 bary (hydrostatický tlak neodpovídal výšce nadloží, byl vyšší, než by odpovídalo výšce nadloží). Kombinace těchto faktorů si vyžádala provádění ražby v předemtném úseku v režimu s úplnou podporou čelby (closed mode). Nestabilita čelby se projevovala vznikem nadvýlomů a byla způsobena vysokým stupněm rozpukanosti a propustností horniny v poruchových zónách.

V poruchových zónách se zvýšenými přítoky podzemní vody (až 28 l/s) bylo nutné opěrný tlak v komoře zvýšit o hodnotu potřebnou k zajištění stability čela výrubu. Při takto vysokých hodnotách docházelo k vyvěrání pěn a výplňové injektáže na povrch terénu a opěrný tlak musel být snižován na hodnoty, při kterých nedocházelo k úniku médií. Pásový dopravník nepobral tekutou rubaninu, která přetékala z pásu a znečišťovala dno a segmenty ostění připravené na montáž. Čištění stroje a ostění trvalo mnohdy celou směnu a zdržovalo postup ražeb.

Poměrně dobré výsledky přineslo použití polymeru určeného k vázání vody, které eliminovalo účinky tekuté rubaniny. Na projektu tunelu Ejpvovice byl použit Mapedrill M1 italské společnosti MAPEI.

Ražby v režimu s úplnou podporou čelby obecně vedou ke zvýšenému opotřebení řezné hlavy a řezných nástrojů. K rychlému opotřebení řezných disků docházelo v případech, kdy lepkavá rubanina zcela vyplnila lůžka disků a znemožnila jejich otáčení, čímž došlo k okamžitému místnímu obrusu disků. K opotřebení přispívaly křemen a křemenné žíly, které se v břidlici hojně nacházely.

Práce spojené s výměnou řezných nástrojů, s opravami řezné hlavy nebo opravami v odtěžovací komoře bylo nutné provádět v pevné hornině, která zajistila stabilní čelbu. Pokud přirozeně stabilní čelba, umožňující údržbu stroje, v daném úseku nebyla zastižena, bylo nutné čelbu stabilizovat chemickou injektáží prováděnou ze štítu.

V místech s nízkým nadložím měla čelba pouze krátkodobou stabilitu, nebylo tedy možno v mnoha stovkách metrů dlouhých

growing rates of increased hydrostatic pressure of groundwater inflows, amounting up to 3 bars in the tunnel top heading (the hydrostatic pressure did not correspond to the overburden height; it was higher than the pressure which would have corresponded to the overburden height). The combination of these factors required that the excavation in the above-mentioned section was carried out in the closed mode. The excavation face instability manifested itself by the origination of overbreaks. It was caused by a high degree of fracturing and permeability of the rock in weakness zones.

It was necessary in the weakness zones with increased groundwater inflow rates (up to 28L/s) to increase the support pressure in the chamber by the value required for securing the stability of the excavation face. When such high values were applied, foams and contact grout rose to the surface and the support pressure had to be reduced to values at which the media did not escape. The belt conveyor could not carry all liquid muck. It spilled over the belt edges and dirtied the bottom and lining segments prepared for the installation. The cleaning of the machine and lining often took an entire shift and reduced the excavation advance rates.

Relatively good results were achieved by using a water-binding polymer, which eliminated the effects of the liquid muck. Mapedrill M1 produced by Italy-based MAPEI was applied to the Ejpvovice tunnel excavation.

Driving tunnels in the closed TBM mode generally leads to increased wear of the cutterhead and cutting tools. Accelerated wearing of disc cutters occurred in the cases where the sticky muck completely filled the disc cutter sockets and made their rotation impossible. As a result, local wearing of the disk took immediately place. The wear was attributed to quartz and quartz veins abundantly present in the shale.

The operations associated with the replacement of cutting tools, repairs of the cutterhead or repairs inside the extraction chamber had to be performed in solid rock, which provided a stable excavation face. If the naturally stable excavation face allowing the maintenance of the TBM had not been encountered in the particular section, it was necessary to stabilise the excavation face by chemical grouting carried out from the shield interior.

In the low overburden locations the ground had only short-term stability. It was therefore impossible to enter the extraction chamber along many hundred metre long sections to carry out the necessary maintenance of the cutterhead, first of all cleaning and replacement of cutting tools. For that reason a system of cast-in-situ diaphragm walls forming compact concrete blocks, "garages" was created. The tunnel boring machine cutterhead could be "parked" in them and the cutterhead maintenance could be carried out at regular intervals under their protection. The advantage of the "garages" lied in the fact that this measure could be performed



Obr. 3 Hloubení podzemních stěn tzv. garáží
Fig. 3 Excavation of trenches for diaphragm walls of the so-called garages

úsecích vstoupit do komory a provádět nezbytnou údržbu řezné hlavy, zejména čištění a výměnu řezných nástrojů. Byla proto navržena soustava monolitických podzemních stěn, které vytvořily kompaktní betonový blok, „garáž“, do něhož bylo možné řeznou hlavu tunelovacího stroje „zaparkovat“ a pod jeho ochranou provést v pravidelných vzdálenostech údržbu řezné hlavy. Výhodou „garáží“ bylo to, že se jednalo o opatření provedené v předstihu ražeb z povrchu terénu (obr. 3) a jejich vybudování nezdržovalo ražbu. Vybetonovaný prostor „garáže“ měl půdorysné rozměry 15x4 m, hloubka dosahovala od povrchu území až zhruba do poloviny výrubu tunelu. Úspěšné použití čtyř „garáží“ na trase jižního tunelu ukázalo, že zabezpečení čelby podzemními stěnami je rychlé, potřebné a bezpečné řešení. Údržby řezné hlavy tedy probíhaly ve vyprázdněné pracovní komoře štítu a za atmosférického tlaku.

Mnohem vyšší podíl křemenné složky, nežli bylo předpokládáno, způsobil vyšší abrazivitu, a tím i vyšší frekvenci výměny řezných nástrojů. Abrazivní prostředí způsobilo i ohranění tvrdokovových otěrových destiček, kterými byla řezná hlava osazena.

Při procházení kritickými úseky (podchod komunikací a inženýrských sítí) se provedla ochranná opatření na povrchu – stálý dozor, částečné či úplné znepřístupnění vytipovaných oblastí na povrchu. Rovněž byly zvýšeny četnosti kontrol rubaniny, zejména objemové hmotnosti, geotechnickým monitoringem. Při podchodu frekventované silnice s nadloží pouhých 9,5 m (ulice Hlavní) byla tato překlenuta mostním provizoriem. Všechna opatření byla odvolána vždy teprve poté, co bylo v daném úseku geofyzikálními metodami ověřeno, zda se v nadloží tunelu nenachází anomálie, která by mohla signalizovat existenci podpovrchových dutin. Omezení tvorby nadvýlomů bylo sledováno kontrolním vážením rubaniny odcházející z pracovní komory během jednoho záběru. Přesné nastavení vah vyžadovalo sledování objemové hmotnosti geotechnickým monitoringem. Hmotnost vytěženého materiálu z daného záběru tak odpovídala hmotnosti rostlé horniny určené z plochy výrubu násobenou délkou záběru. Větší těžené množství je indikací vzniku nadvýlomů a zároveň ukazovalo na skutečnost, že opěrné tlaky v odtěžovací komoře je třeba zvýšit, což vede k výraznému zpomalení postupu. Objemová hmotnost hornin se pohybovala v široké škále mezi 2 t/m³ až 2,8 t/m³.

3.2 Ražby v „hard rock“ režimu razicího stroje

Po zastižení prostředí spilitů byl stroj přestavěn do režimu razicího stroje pro tvrdé skalní horniny. V takovém režimu řezná hlava pracuje s jednostrannou rotací (na rozdíl od zeminového štítu, kdy lze hlavou otáčet oboustranně). Rozpojená hornina je z čelby odváděna pomocí dodatečně osazených sklužů přímo na pásový dopravník, který je vsunut do prostoru odtěžovací komory skrze tzv. násypku.

Odlišný je již způsob rozpojování horniny. Zatímco v režimu zeminového štítu jsou do procesu rozpojování zapojeny jak řezné disky, tak i řezné nože, v režimu razicího stroje je rozpojování horniny prováděno výhradně řeznými disky. Využívá se zde principu anglicky popsaného jako rock chipping, tedy že každý disk na své nezávislé dráze vytvoří v čelbě rýhu. Hornina v blízkosti dráhy tohoto disku v důsledku jeho působení popraská. Sousední disk na své dráze pracuje totožným způsobem, v důsledku čehož se vylomí části horniny mezi dráhami jednotlivých disků.

Velmi důležitou součástí pracovního cyklu ražeb v režimu razicího stroje je kontrola a údržba řezných nástrojů. Zatímco v režimu zeminového štítu se četnost vstupů do prostoru řezné

from the terrain surface (see Fig. 3), in advance of the tunnel excavation, and their construction did not delay the excavation process. The completed concrete “garage” structure ground-plan dimensions were 15x4m, the depth from the terrain surface reached approximately the middle of the tunnel excavation cross-section. The successful use of four “garages” on the southern tunnel tube proved that securing the excavation face using diaphragm walls is a quick, needed and safe solution. The cutterhead maintenance operations were therefore carried out in the empty working chamber and under the atmospheric pressure.

The much higher proportion of the quartz component than originally assumed caused increased abrasivity, thus even the higher frequency of replacing cutting tools. In addition, the abrasive environment caused wearing of protective tungsten carbide abrasion-resistant plates installed on the cutterhead.

Preventive measures (permanent supervision, partial or complete prevention of access to tipped areas on the surface) were implemented on the terrain surface when critical tunnel sections (passing under roads and utility services) were being driven. In addition, the frequency of checks on the muck carried out by geotechnical monitoring, first of all checks on the bulk density, was increased. When the busy road with the overburden only 9.5m high (Hlavní Street) was being crossed under, the road was covered with a temporary bridge structure. All measures were cancelled only after the particular section had been examined using geophysical methods, whether no anomaly which could signalise the existence of subsurface cavities was found in the tunnel overburden. The creation of overbreaks was observed by checkweighing of the muck leaving the working chamber during the course of one excavation round. The observation of the bulk density by geotechnical monitoring was necessary for the accurate setting of scales. The weight of the material excavated from the particular excavation round therefore corresponded to the weight of the natural ground determined by multiplying the excavated cross-section area by the excavation round length. A larger excavated volume indicated the origination of an overbreak and, at the same time, pointed to the fact that it was necessary to increase the thrust in the extraction chamber, thus reducing the excavation advance rate. The density of rock varied within a wide range, between 2t/m³ and 2.8t/m³.

3.2 Driving the tunnel in the hard rock TBM mode

After encountering the environment formed by spilites, the TBM was converted into the hard rock mode. In this mode the cutterhead is operated with one-sided rotation (in contrast of an EPM TBM, where the cutterhead can be rotated in both directions). The disintegrated rock is removed from the excavation face by means of additionally installed chutes directly to the belt conveyor, which is inserted into the extraction chamber space through the so-called hopper.

Even the rock disintegration method is different. While in the earth pressure balance mode neither disc cutters nor picks are incorporated into the process of ground disintegration, the disintegration is carried out exclusively by disc cutters in the hard rock mood. In the latter case, the rock chipping principle is used, which means that each disc creates a groove in the excavation face on its independent route. The rock near the route of this disc cracks as a result of its action. The neighbouring disc works on its own route identically. As a result, the parts of the rock mass between the routes of the individual discs are broken off.

The inspection and maintenance of cutting tools is a very important part of the working cycle in the hard rock TBM mode. While the frequency of the entries into the cutterhead space is



Obr. 4 Tzv. „malá prorážka“ jižní tunelové trouby
Fig. 4 The so-called “minor breakthrough” of the southern tunnel tube

hlavy počítá na týdny, jsou práce v řezné hlavě ve skalních horninách dennodenní záležitostí. V pravidelných intervalech je třeba měřit a kontrolovat opotřebení řezných disků a stav řezné hlavy. Její konstrukce je vystavena vysokému zatížení v kombinaci s vibracemi. Nežádoucí tudíž dochází nejen k běžnému opotřebení řezných disků, ale i k poškození jejich zajišťovacích prvků.

Nejen způsob ražení, ale i postup injektáže se liší při postupu s přetlakovanou odtěžovací komorou od toho, kdy komora přetlakována není. V prvním případě lze prostor vně prstenců segmentového ostění poměrně efektivně vyplnit primární injektáží skrz obálku štítu, a to i v horní polovině mezikruží. V případě, kdy komora přetlakována není, hrozí riziko úniku čerstvé injektážní směsi podél štítu do prostoru řezné hlavy. V důsledku toho může tento únik vést ke vzniku nevyplněných prostor vně ostění, a tím pádem i k nedokonalému zafixování jednotlivých segmentů v horninovém prostředí.

Během ražeb v pevných spilitech (pevnostní třída až R2, lokálně R1) proto zhotovitel přistoupil k provádění víceetapového způsobu injektáže. Primární, skrz obálku štítu měla za cíl vyplnit spodní polovinu tunelového mezikruží. Ve druhém stupni, cca 10 m za koncem štítu byla prováděna injektáž sekundární skrz předem připravené otvory v segmentovém ostění. Třetí stupeň injektáže se realizoval v zadní části závěsu stroje a tato injektáž měla za úkol dotěsnění možných dutin vně ostění.

4. PRORÁŽKA JIŽNÍHO JEDNOKOLEJNÉHO TUNELU

Po necelých šestnácti měsících od zahájení ražeb dokončila Viktorie svůj postup na 4,1 km dlouhém jižním jednokolejném tunelu. Prostorové uspořádání portálové jámy na tzv. výjezdovém portálu si vyžádalo provedení dvou prorážek. Při té první spatřila pověstné světlo na konci tunelu vrchní třetina řezné hlavy, obr. 4. Poté stroj razil ještě dalších 50 m v otevřené jámě, aby posléze dospěl k tzv. velké prorážce.

První prorážka proběhla 7. 6. 2016 za účasti pozvaných zástupců zúčastněných firem. Následná ražba v otevřené jámě nabídla jedinečný pohled na pracující stroj zvenčí. Bylo možné pozorovat práci řezné hlavy i proces výplňové injektáže tunelového mezikruží, tedy procesy, které jsou za normálních okolností lidskému zraku skryté.

Práce Viktorie na prvním ze dvou Ejpvických tunelů byla završena v sobotu 11. 6. 2016. Při této příležitosti uspořádala firma Metrostav a.s. den otevřených dveří pro návštěvníky z řad laické veřejnosti, kteří mohli na vlastní oči spatřit ražbu

counted in weeks in the case of the earth pressure balance TBM, this work is a daily routine in the case of the hard rock cutterhead. It is necessary to measure and check the wear of disc cutters and the condition of the cutterhead at regular intervals. The cutterhead structure is exposed to high loading conditions in combination with vibrations. The disc cutters are often not only commonly worn but their locking elements are also damaged.

Not only the tunnel excavation procedure but also the grouting procedure in the case of the procedure with a hyperbaric extraction chamber differs from the procedure without the hyperbaric chamber. In the former case the space outside the segmental lining rings can be relatively easily filled by means of primary grouting through the shield skin, even in the upper half of the annulus. In the case where the chamber is not positively pressurised, there is a risk of the leakage of grouting mixture along the shield into the cutterhead space. As a result, this leakage may lead to the origination of unfilled spaces outside the lining, thus even to imperfect fixing of individual segments in the rock environment.

For that reason the contractor proceeded to the application of a multi-stage system of grouting during the course of driving the tunnel through hard spilites (strength class up to R2, locally R1). The objective of the primary grouting through the shield skin was to fill the lower half of the tunnel annulus. In the second stage, approximately 10m behind the shield end, the secondary grouting was carried out through ports prepared in advance in the segmental lining. The third grouting stage was realised in the rear part of the trailing gear. The objective of this grouting stage was to complete the sealing of potential cavities outside the lining.

4. BREAKTHROUGH OF THE SOUTHERN SINGLE-TRACK TUNNEL

Nearly sixteen months after the commencement of driving, Viktorie finished its way along the 4.1km long southern single-track tunnel. The space arrangement of the portal pit at the so-called exit portal required two breakthroughs. At the first breakthrough only the upper third of the cutterhead saw the proverbial light at the end of the tunnel (see Fig. 4). Subsequently the TBM drove additional 50m in an open trench, to reach the so-called major breakthrough.

The first breakthrough took place on 7th June 2016, in the presence of invited representatives of participating companies. The subsequent tunnel excavation in the open trench offered a unique view of the working machine from the outside. It was possible to observe the work of the cutterhead and the process of injecting the contact grout into the tunnel annulus, which are the processes under normal circumstances hidden to human eyes.



Obr. 5 Prorážka jižní tunelové trouby
Fig. 5 Breakthrough of the southern tunnel tube



Obr. 6 Demontáž stroje Herrenknecht S-799

Fig. 6 Herrenknecht S-799 TBM dismantling

posledních záběrů včetně samotné prorážky, obr. 5. Ta nastala v 15:06. Poté následoval slavnostní akt, při kterém celá osádka projde skrz řeznou hlavu, aby tím symbolicky dokončila směnu na opačné straně již vyraženého tunelu.

5. STĚHOVÁNÍ STROJE, PŘÍPRAVA PRO RAŽBY STT

Neprodleně po doražení jižní tunelové trouby byly zahájeny práce na demontáži a přesunu stroje zpět na vjezdový portál, pro ražbu severní tunelové roury. V souběhu s demontáží vlastního štítu před výjezdovým portálem (obr. 6), byly postupně rozpojeny jednotlivé vozy závěsu stroje (gantry), a pomocí obslužných vozidel MSV (multi service vehicle, víceúčelové vozidlo) protaženy vyraženým tunelem opět na vjezdový portál (obr. 7). Jednotlivé díly štítu byly po částech převezeny a opět smontovány v železobetonové kolébce na vjezdovém portálu.

Před samotnou realizací těchto prací bylo nutno celý proces připravit a dořešit detaily demontáží a samotných přeprav. Tato příprava byla zahájena cca 6 měsíců před samotnou realizací. Jedinou neznámou zůstával stav částí tunelovacího stroje, ke kterým není během ražby přístup, a to především stav přední části řezné hlavy a stav šroubovice šnekového dopravníku. Na základě skutečně zastižené vyšší abrazivity horninového masivu v průběhu ražby zhotovitel předpokládal jejich značné opotřebení, které se po prorážce jižního tunelu potvrdilo a tím pádem bylo nutné před zahájením ražby severního tunelu provést rozsáhlou repasi těchto částí tunelovacího



Obr. 8 Montáž stroje před zahájením ražby STT

Fig. 8 Assembling the TBM before the commencement of driving the NTT



Obr. 7 Průtah gantrů skrz vyraženou konstrukci tunelu

Fig. 7 Pulling the gantries through the tunnel structure after completion of driving the tunnel

The Viktorie TBM work on the first of the two Ejpvovice tunnels was completed on Saturday the 11th June 2016. On this occasion Metrostav a.s. held the Doors open Day for visitors from the general public, who could see with their own eyes the last excavation advance rounds including the final breakthrough (see Fig. 5). It took place at 15:06 hours. During the subsequent ceremonial act the entire tunnelling crew passed through the cutterhead to symbolically finish the shift on the opposite side of the already completely excavated tunnel.

5. MOVING THE TBM, PREPARING FOR DRIVING THE NTT

Immediately after the completion of driving the southern tunnel, the work commenced on dismantling and moving the machine back to the entrance portal for driving the northern tunnel tube. Concurrently with dismantling the shield in front of the exit portal (see Fig. 6), individual back-up train cars (gantry platforms) were successively unlinked to be pulled back to the entrance portal by multi-service vehicles (see Fig. 7). Individual components of the shield were transported piecewise to be again assembled in a concrete cradle at the entrance portal.

Before the realisation of these work operations it was necessary to prepare the whole process and finish the solution to details of dismantling and transportation. This preparation started ca 5 months before the actual realisation. The only unknown thing which remained was the condition of tunnel boring machine parts which are not accessible during the tunnel excavation, namely, first of all, the condition of the front end part of the cutterhead and the condition of the helix of the screw conveyor. The contractor assumed on the basis of the abrasivity of the rock mass actually encountered during the course of the tunnel excavation that these parts would be significantly worn. After the southern tunnel breakthrough the assumption was confirmed. For that reason it was necessary to carry out extensive refurbishment of these TBM parts prior to the commencement of driving the northern tunnel. For reasons of time, the cutterhead including parts of the belt conveyor were repaired on site (see Fig. 8), whilst the screw conveyor including the segment erector were refurbished at the steel structures centre of Metrostav a. s. in Prague (see Fig 9). These operations were challenging not only from the point of view of logistics and exact procedures, but also for the reason of demands on human capacities, which were amplified by the continuous operation, or the consistent transfer of information. An important part of the dismantling operations was the necessity for accurate labelling of all disconnected parts, first of all pipes, hoses and cables, so that



Obr. 9 Repase šnekového dopravníku
Fig. 9 Screw conveyor rehabilitation

stroje. Z časových důvodů byla řezná hlava včetně částí pasového dopravníku opravována na stavbě, obr. 8, šnekový dopravník včetně segmentového podavače byl repasován na středisku ocelových konstrukcí firmy Metrostav a.s. v Praze, obr. 9. Tyto práce byly náročné nejen z hlediska logistiky a přesných postupů, ale i z důvodu náročnosti lidských kapacit umocněné nepřetržitým provozem či důsledným předáváním informací. Důležitou součástí demontážních prací byla nutnost přesně označovat veškeré rozpojené části, především potrubí, hadice a kabely tak, aby při montáži těchto částí nemohlo dojít k jejich nesprávnému zapojení. V průběhu demontáže a přesunu stroje bylo současně prováděno ověřování stavu jednotlivých částí z pohledu nutnosti provedení repase, nebo výměny vybraných dílů. Jednalo se především o motory, převodovky, hydraulická čerpadla a hlavní ložisko. Všechny práce probíhaly pod odborným dohledem pracovníků firmy Herrenknecht, se kterými byly konzultovány jednotlivé pracovní procesy i postupy repasí. Na základě zkušeností z ražby jižního tunelu byly také provedeny některé nezbytné úpravy řezné hlavy, jednalo se především o posílení rozvodů polymeru, v rámci opatření při zvýšených přítocích podzemní vody. Po ukončení oprav a montážních prací byl tunelovací stroj úspěšně odzkoušen a zkontrolována jeho funkčnost, obr. 10. Ražba severního tunelu byla zahájena 27. 9. 2016.

Díky výrazné snaze zhotovitele a podrobné přípravě demontážních a montážních prací byla ražba severního tunelu zahájena po cca 3,5 měsíce od prorážky jižního tunelu. Příprava, samotná demontáž a montáž tunelovacího stroje, opětovné odzkoušení a samotné opravy stroje prověřily zaměstnanci zhotovitele v jejich odbornosti a potvrdily, že jsou schopni zvládnout i tak složité postupy v co nejkratším čase. Dosud se při ražbě tunelů Ejpvovice tunelovacím strojem podařilo bezpečně zvládnout hodně neočekávaných problémů, a to je dobrý předpoklad pro úspěšné dokončení ražeb severního tunelu.

Ing. ŠTEFAN IVOR, stefan.ivor@metrostav.cz,
Ing. PETR HYBSKÝ, petr.hybsky@metrostav.cz,
LIBOR SÝKORA, libor.sykora@metrostav.cz,
VÁCLAV ANDEĚL, vaclav.andel@metrostav.cz,
Metrostav a.s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Otakar Hasík,
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.



Obr. 10 Provozní zkoušky stroje před zahájením ražeb STT
Fig. 10 Operational testing of the TBM before the commencement of driving the NTT

incorrect connecting of these parts during the assembly was prevented. The condition of individual parts (mainly engines, gear-boxes, hydraulic pumps and the main bearing) from the aspect of a necessity for refurbishing them or replacing selected components was checked in parallel during the disassembly and transportation of the TBM. All operations were performed under the expert supervision provided by Herrenknecht company employees, with whom the individual work processes and refurbishment procedures were consulted. Some necessary adaptation of the cutterhead, first of all reinforcing the polymer distribution lines within the framework of the measures to be applied during the increased rates of groundwater inflows, was carried out on the basis of the experience from driving the southern tunnel. After the completion of repairs and assembly work, the TBM was successfully tested and its functionality was checked (see Fig. 10). The excavation of the northern tunnel commenced on 27th September 2016.

Owing to the serious efforts of the contractor and the detailed preparation of the dismantling and assembling work operations, driving the northern tunnel commenced after ca 3.5 months after the southern tunnel breakthrough. The preparation, dismantling and assembly of the TBM, repeated testing and repairs of the machine put contractor employees' expertise to a test and confirmed that they are capable of mastering even such complicated procedures in the shortest possible time. So far lots of unexpected problems have been successfully handled during the course of driving the Ejpvovice tunnels using the TBM. It is a good precondition for the successful completion of driving the northern tunnel.

Ing. ŠTEFAN IVOR, stefan.ivor@metrostav.cz,
Ing. PETR HYBSKÝ, petr.hybsky@metrostav.cz,
LIBOR SÝKORA, libor.sykora@metrostav.cz,
VÁCLAV ANDEĚL, vaclav.andel@metrostav.cz,
Metrostav a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ANDEĚL, V., HYBSKÝ, P., IVOR, Š., MAJER, M., RÖSSLER, K. Tunel Ejpvovice u Plzně. *Tunel*, 2016, roč. 25, č. 2
- [2] EBERMANN, T., HORT, O., HUBINGER, L., OBERHELOVÁ, J., VIŽDA, P. Tunely Ejpvovice – geotechnický monitoring. *Tunel*, 2017, roč. 26, č. 1

GEOTECHNIKA A PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ NA DVACETILETÉ FAKULTĚ STAVEBNÍ VŠB – TECHNICKÉ UNIVERZITY V OSTRAVĚ

GEOTECHNICS AND UNDERGROUND STRUCTURES AT THE TWENTY YEARS OLD FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OF THE VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

EVA HRUBEŠOVÁ, JOSEF ALDORF

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá históriou, pedagogickou i vedecko-výzkumnou aktivitou katedry geotechniky a podzemného stavitelstva Fakulty stavební VŠB – Technické univerzity v Ostravě. Fakulta stavební VŠB – Technické univerzity v Ostravě oslavila v letošním roce 20 let své existence, katedra geotechniky a podzemního stavitelství, která je jednou ze zakládajících kateder Fakulty stavební, má však svou historii již 60letou, neboť její předchůdkyně zajišťovala v rámci Hornicko-geologické fakulty výchovu vysokoškolských odborníků v oblasti geotechnických disciplín již od roku 1955. Příspěvek uvádí hlavní zaměření vědecko-výzkumné činnosti a některé vybrané výsledky činnosti katedry v posledním období a dále prezentuje učební plány bakalářského, magisterského i doktorského studia samostatného oboru Geotechnika, které katedra garantuje.

ABSTRACT

The paper deals with the history, the teaching and scientific-research activity of the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava. This year, the Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava celebrates 20 years of its existence, but the Department of Geotechnics, which is one of the founding departments of the Faculty of Civil Engineering, has got the history already 60 years long because its predecessor had provided the education of university professionals in the field of geotechnical disciplines within the framework of the Faculty of Mining and Geology already since 1955. The paper presents the main focus of the scientific-research activities and some selected results of the activities of the Department during the previous period. It further presents teaching plans for bachelor's, master's and doctoral degrees of study for the independent branch, Geotechnics, which are guaranteed by the Department.

1. HISTORIE KATEDRY GEOTECHNIKY A PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

V letošním roce slaví Fakulta stavební VŠB – Technické univerzity v Ostravě 20 let své existence. Katedra geotechniky a podzemního stavitelství je jednou ze zakládajících kateder této fakulty a historie její předchůdkyně – katedry výstavby dolů – sahá až do padesátých let minulého století. Základní geotechnické disciplíny jsou na VŠB samostatně, uceleně a pravidelně přednášeny od roku 1955, kdy oddělením od katedry dobývání ložisek vznikla nová katedra nazvaná katedra výstavby dolů. I když činnost této katedry byla zaměřena na hornickou geotechniku, byla, historicky vzato, jednou ze dvou prvních kateder geotechniky (ČVUT, VŠB), které v tehdejší Československu vznikly a které svým vznikem reagovaly na vznik a rozvoj geotechniky jako vědního oboru ve světě. Úkolem této katedry byla výchova techniků s vysokoškolským vzděláním pro oblast projekce a výstavby hlubinných dolů a povrchových lomů, hornickou geotechniku a podzemní stavitelství.

V následujících letech další rozvoj katedry reagoval na aktuální potřeby společnosti. Program výuky byl několikrát upraven a rozšířen o nové předměty se záměrem dosáhnout širšího uplatnění absolventů v praxi, zejména v oblastech geotechniky, podzemního i pozemního stavitelství.

Po vzniku Fakulty stavební na VŠB – Technické univerzitě Ostrava v roce 1997 byla katedra převedena z Fakulty hornicko-geologické, jejíž byla součástí, na nově zřízenou Fakultu stavební a nyní nese jméno katedra geotechniky a podzemního stavitelství.

1. HISTORY OF THE DEPARTMENT OF GEOTECHNICS AND UNDERGROUND STRUCTURES

This year, the Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava celebrates 20 years of its existence. The Department of Geotechnics and Underground Structures is one of the founding departments of this faculty and the history of its predecessor – the Department of Construction of Mines – reaches back up to the 1950s. Basic geotechnical disciplines have been taught at the VŠB independently, comprehensively and regularly since 1955, when a new department named the Department of Construction of Mines originated by separation from the Department of Mining of Deposits. Despite the fact that the activities of this Department were focused on mining geotechnics, from a historical perspective it was one of the first departments of geotechnics (the Czech Technical University in Prague and the VŠB) which originated in the Czechoslovak Republic of that time and which responded through their origination to the origination and development of geotechnics as a branch of science in the world. The task of this Department was to teach higher educated technicians for the field of designing and constructing deep mines and surface quarries, mining geotechnics and underground structural engineering.

During the course of the following years, the development of the Department responded to current needs of the society. The teaching programme was several times modified and expanded by adding new subjects with the intention of achieving wider use of graduates in practice, first of all in the fields of geotechnics, underground structures and building.

V čele předchůdkyně současné katedry se na Hornicko-geologické fakultě vystřídalo mnoho významných odborníků (prof. Kittrich, prof. Novotný, prof. Moučka, prof. Šiška) a členové katedry zastávali významná místa ve vedení školy i fakulty.

Dlouholetým pracovníkem katedry, jejím dřívějším vedoucím a garantem oboru je uznávaný odborník v oblasti podzemního stavitelství prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., který působil ve vedoucích funkcích na úrovni univerzity i fakulty a jako emeritní profesor s katedrou i s geotechnickou praxí v současné době stále velmi úzce spolupracuje. Na této katedře rovněž pracoval budoucí první děkan Fakulty stavební prof. Ing. Jindřich Cigánek, CSc.

Prvním vedoucím katedry geotechniky a podzemního stavitelství na nově založené Fakultě stavební byl prof. Ing. Jiří Horký, CSc., od roku 2007 je vedoucím katedry doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. Na katedře působí v současné době dva profesori (prof. Aldorf, prof. Kaláb), 5 docentů, 5 odborných asistentů, 6 interních doktorandů a 20 doktorandů externích a 2 technicko-hospodářští pracovníci (obr. 1).

V rámci pedagogické i vědecko-výzkumné práce katedra úzce spolupracuje s Ústavem geoniky AV ČR v Ostravě i s dalšími tuzemskými i zahraničními vysokými školami, výzkumnými pracovišti a firmami.

2. VĚDECKO-VÝZKUMNÉ AKTIVITY KATEDRY GEOTECHNIKY A PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

Vědecko-výzkumná činnost katedry je především orientována do následujících odborných oblastí:

- výzkum vlastností a chování horninových materiálů;
- pokrokové metody zakládání staveb, progresivní základové konstrukce, interakce základové konstrukce s podložím;
- nové technologie a materiály pro výstavbu geotechnických a podzemních děl;
- návrhy, výpočty a posuzování geotechnických konstrukcí a ostění podzemních děl;
- matematické modelování geotechnických procesů a konstrukcí včetně stochastického modelování;
- modelování hydrogeologických procesů a procesů spojených se šířením tepla v horninovém prostředí;
- geotechnický monitoring včetně měření přirozené, technické a důlně indukované seismicity;
- energetická geotechnika (geotechnické aspekty spojené se získáváním geotermální energie, energetické geotechnické konstrukce, zásobníky energetických produktů, ...);
- environmentální geotechnika (posuzování stability svahových těles, sanace svahů, protipovodňové hráze, šíření kontaminantů, ...).

V období od roku 2010 se pracovníci a doktorandi katedry podíleli a podílejí na řešení následujících výzkumných, vzdělávacích a rozvojových projektů:

- GA103/09/1438 Výzkum přetvárných a pevnostních vlastností ostění ze stříkaného betonu vyztužených tuhými ocelovými prvky;
- GA 105/09/0089 Prognóza časoprostorových změn stability důlních prostor technické kulturní památky Důl Jeroným v Čistě;



Obr. 1 Pracovníci a doktorandi katedry geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava (2016)

Fig. 1 Employees and doctoral students of the Department of Geotechnics and Underground Structures of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU Ostrava (2016)

After the origination of the Faculty of Civil Engineering at the VŠB – Technical University of Ostrava in 1997, the Department was transferred from the Faculty of Mining and Geology a part of which it had been until that time, to the newly established Faculty of Civil Engineering and now it bears the name of the Department of Geotechnics and Underground Engineering.

Many important professionals acted at the head of the predecessor of the current department at the Faculty of Mining and Geology (Prof. Kittrich, Prof. Novotný, Prof. Moučka, Prof. Šiška) and members of the Department held important positions in the school and faculty management.

A long time employee of the department and former head and guarantor of the field of study is the renowned expert in the field of underground engineering, Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., who worked in leading positions at the university and faculty levels and, in the position of an emeritus professor, currently very closely collaborates with the Department and the geotechnical practice. Prof. Ing. Jindřich Cigánek, CSc., the future first dean of the Faculty of Civil Engineering, also worked at this Department.

The first head of the Department of Geotechnics and Underground Structures at the newly founded Faculty of Civil Engineering was Prof. Ing. Jiří Horký, CSc.; since 2007, the department has been headed by assistant professor RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. There are currently two professors employed at the department (Prof. Aldorf, Prof. Kaláb), 5 assistant professors, 6 internal doctoral students and 20 external doctoral students and 2 technical-economic workers (see Fig. 1).

In the framework of educational and scientific-research activities, the Department closely collaborates with the Institute of Geonics AS CR, v.v.i. in Ostrava and other domestic and foreign universities and foreign schools, research workplaces and firms.

2. SCIENTIFIC-RESEARCH ACTIVITIES OF DEPARTMENT OF GEOTECHNICS AND UNDERGROUND STRUCTURES

The scientific-research activities of the Department are oriented, first of all, into the following professional fields:

- research into properties and behaviour of ground materials;

- GA103/09/2007 Vliv technické a přírodní seismicity na statickou spolehlivost a životnost staveb;
- TA01020932 Využití tepelné energie zemské kůry pro zřizování obnovitelných zdrojů energie včetně ověření možnosti akumulace tepla;
- Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO. Operační program MŠMT: OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost (OP VK), oblast podpory 2.3 Lidské zdroje ve výzkumu a vývoji;
- CZ.1.07/2.4.00/31.0012 OKTAEDR - partnerství a sítě stavebnictví. OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost;
- CZ.1.07/2.2.00/28.0009 Inovace studijního oboru Geotechnika (OP vzdělávání pro konkurenceschopnost);
- GA 16-08937S Stav napětí a deformace vláknobetonových kompozitů v interakci se zemním prostředím;
- TE01020168 Centrum pro udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI);
- projekt smluvního výzkumu financovaný Státním ústavem pro jadernou bezpečnost – Vývoj hlubinného úložiště;
- NPU MŠMT, Institut čistých technologií těžby a užití nerostných surovin;
- Norway grants NF-CZ08-OV-1-008-01-2014: Project on CO2 storage in the Czech Republic;
- projekt COST TU 1206 Sub-Urban – A European network to improve understanding and use of the ground beneath our cities;
- projekt v rámci výzvy Call of the research programme of the Research Fund for Coal and Steel – 2016: METHANE RECOVERY AND HARNESSING FOR ENERGY AND CHEMICAL USES AT COAL MINE SITES.

Katedra každoročně pořádá ve spolupráci s firmou Minova Bohemia odborný dvoudenní mezinárodní seminář *Zpevnňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí* (v letošním roce se konal již 22. ročník). Dále katedra spolupracuje společně s Českou asociací geofyziků na pořádání každoroční odborné mezinárodní konference *OVA – Nové poznatky a měření v inženýrské geologii, geofyzice a geotechnice* (v loňském roce se konal 24. ročník). Každé dva roky je pak katedra společně s firmou ORGWARE spolupořadatelem mezinárodní konference *Geotechnika* ve Vysokých Tatrách.

Členové katedry pravidelně publikují na tuzemských i zahraničních konferencích a v odborných časopisech a jsou aktivní v přípravných a vědeckých výborech dalších tradičních konferencí jako je Zakládání staveb Brno, Podzemní stavby Praha, Inženýrská geologie, Science in Technology, Exploration and Mining SGEM (Bulharsko) a dalších odborných tuzemských i zahraničních konferencí.

Pracovníci katedry jsou rovněž aktivní v rámci různých profesních a odborných organizací – České tunelářské asociace ITA-AITES, České geotechnické společnosti ČGTS, České společnosti pro bezvýkopové technologie, Mezinárodní společnosti pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství ISSMGE, Mezinárodní společnosti pro mechaniku hornin ISRM, České asociace geofyziků, České asociace inženýrských geologů, České asociace hydrogeologů, Mezinárodní asociace hydrogeologů, Mezinárodní asociace důlních vod.

Katedra spolupracuje s význačnými zahraničními vysokými školami a výzkumnými institucemi v oblasti pedagogické, v oblasti řešení i přípravy vědecko-výzkumných projektů a v oblasti expertní činnosti. Spolupracuje s řadou škol

- advanced methods of foundation of structures, progressive foundation structures, interaction between foundation structures and sub-grade;
- new technologies and materials for the construction of geotechnical and underground workings;
- design, calculation and assessment of geotechnical structures and linings of underground structures;
- mathematical modelling of geotechnical processes and structures, including stochastic modelling;
- modelling of hydrogeological processes and processes associated with heat propagation through ground environment;
- geotechnical monitoring, including measurements of natural seismism, technical seismism and seismism induced by mining;
- energy geotechnics (geotechnical aspects associated with obtaining geophysical energy, energy-related geotechnical structures, storage facilities for energy products, ...);
- environmental geotechnics (assessing stability of slope bodies, rehabilitation of slopes, flood prevention dams, spreading of contaminants, ...).

During the period from 2010, employees and doctoral students of the Department participated and still participate in solving the following research, educational and development projects:

- GA103/09/1438 Research into deformational and strength-related properties of linings from sprayed concrete reinforced with rigid steel elements;
- GA 105/09/0089 Prognosis of time-space changes in stability of mine spaces of the technical cultural monument, the Jeroným Mine in Čistá;
- GA103/09/2007 Influence of technical and natural seismism on structural reliability and longevity of structures;
- TA01020932 The use of thermal energy of earth's crust for establishing renewable energy sources, including the verification of the possibility of accumulation of heat;
- creation and internationalisation of top scientific teams and increasing their excellence at the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TUO. Operational programme MŠMT: OP Education for Competitiveness (OP VK), the area of support 2.3 Human resources in science and development;
- CZ.1.07/2.4.00/31.0012 OKTAEDR - partnership and networks in construction industry. OP Education for Competitiveness;
- CZ.1.07/2.2.00/28.0009 Innovation of the Geotechnics field of study (OP Education for Competitiveness);
- GA 16-08937S State of stress and strain of fibre reinforced composites in interaction with ground environment;
- TE01020168 Centre for sustainable transport infrastructure (CESTI);
- the project of contractual research funded by the State Institute for Nuclear Safety – Development of a deep repository;
- NPU MŠMT, Institute of Clean Technologies for Mining and Utilization of Raw Materials;
- Norway grants NF-CZ08-OV-1-008-01-2014: Project on CO2 storage in the Czech Republic;
- project COST TU 1206 Sub-Urban – A European network to improve understanding and use of the ground beneath our cities;
- project within the framework of the appeal Call of the research programme of the Research Fund for Coal and Steel – 2016: METHANE RECOVERY AND HARNESSING FOR ENERGY AND CHEMICAL USES AT COAL MINE SITES.

Every year the Department in collaboration with Minova Bohemia limited liability company organises a professional 2-day international seminar on *Reinforcing, sealing and anchoring of ground massif and structures* (this year it was already 22nd annual event). In addition

a institucí v Polsku, ve Slovenské republice, Portugalsku, Španělsku, Vietnamu, Číně, Rumunsku, Taiwanu, SRN a Rakousku.

Nedílnou součástí odborné činnosti katedry je rovněž spolupráce s geotechnickými firmami i firmami s obecnějším stavebním zaměřením. Pracovníci katedry se rovněž podílejí na zpracovávání posudků v rámci Znaleckého ústavu FAST VŠB-TUO.

3. ILUSTRACE HLAVNÍCH AKTIVIT A VÝSLEDKŮ VYBRANÝCH PROJEKTŮ ŘEŠENÝCH KATEDROU

Katedra se dlouhodobě zabývá problematikou tunelových staveb v rámci různých výzkumných projektů i v rámci spolupráce s praxí. V této souvislosti lze například zmínit návrh a posuzování tunelového ostění, geotechnický monitoring a inverzní analýzu spojenou s realizací tunelů, analýzu vlivu teplotních změn na statickou činnost a životnost tunelových ostění, analýzu variant členění čelby při ražbách tunelů velkých průřezů, stanovení minimálních podpůrných tlaků na čelbu tunelu při ražbě, posuzování seismických účinků od prací na čelbě tunelu na konstrukci primárního ostění apod.

V posledním období se katedra zapojila v této oblasti do řešení výzkumných úkolů Centra pro udržitelnou dopravní infrastrukturu CESTI.

V tomto příspěvku jsou dále stručně specifikovány vybrané výzkumné projekty katedry a jejich výsledky, detailněji se vybranými výsledky výzkumných aktivit katedry geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava zabývají dva následující příspěvky tohoto čísla časopisu.

Výzkumný projekt CESTI (Centrum pro udržitelnou dopravní infrastrukturu)

Tento výzkumný projekt je zaměřen na technické inovace, hledání a zavádění nových řešení a realizačních metod pro současný a budoucí rozvoj a výstavbu dopravní infrastruktury. V rámci pracovního balíčku WP4: Tunely – pokročilé technologie a efektivní technická řešení se katedra zabývá:

- primárním ocelobetonovým ostěním;
- dvouplášťovou konstrukcí tunelového ostění, součinností primárního ocelobetonového ostění s trvalým a definitivním železobetonovým ostěním;
- dynamickými účinky od projíždějících dopravních prostředků a jejich dopady na konstrukci tunelového ostění (monitoring a modelová analýza);
- ochranou tunelových ostění před účinky podzemních vod, hydroizolací konstrukčních a technologických spár;
- katedra v rámci tohoto projektu rovněž spolupracuje na přípravě TP pro minimalizaci rizik při výstavbě tunelů.

Vývoj hlubinného úložiště

Výzkum katedry je v tomto projektu směřován do následujících oblastí:

- analýza dostupných vstupních dat a stanovení požadavků na kvalitu vstupních dat pro matematické modely s ohledem na zdroj a způsob jejich pořízení;
- vzájemné porovnání zvažovaných úložných konceptů z hlediska šíření kontaminantů a tepla;
- model napěťo-deformačního a stabilitního chování plánovaného úložiště, resp. jeho dílčích podzemních částí (včetně metodiky pro stanovení rozsahu indukovaných zón v okolí podzemních děl);
- doporučení pro technologii realizace podzemních objektů;
- doporučení pro geotechnický monitoring hlubinného úložiště.

on, the Department collaborates jointly with the Czech Association of Geophysicists on organising the annual professional international conference *OVA – New knowledge and measurements in seismology, engineering geology, geophysics and geotechnics* (the 24th annual event was held last year). Together with the company of ORGWARE, the Department is a co-organiser of the international conference *Geotechnics* in the High Tatras.

Members of the Department regularly publish at domestic and foreign conferences and in technical journals and are active in steering and scientific committees of other traditional conferences, such as the conferences Foundations Brno, Underground Construction Prague, Engineering Geology, Science in Technology, Exploration and Mining SGEM (Bulgaria) and other domestic and foreign technical conferences.

Employees of the Department are in addition active within the framework of various professional and technical organisations – the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, the Czech Geotechnical Society of the Czech Geotechnical Society, the Czech Society for Trenchless Technology, the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (the ISSMGE), the International society for rock mechanics (the ISRM), the Czech Association of Geophysicists, the Czech association of Engineering Geologists, the Czech Association of hydrogeologists, the International Association of Hydrogeologists and the International Mine Water Association.

The Department collaborates with prominent foreign universities and research institutions in the field of teaching, in the field of solving and preparation of scientific-research projects in the area of expert activities. It collaborates with numerous schools and institutions in Poland, the Slovak Republic, Portugal, Spain, Vietnam, China, Romania, Taiwan, Germany and Austria.

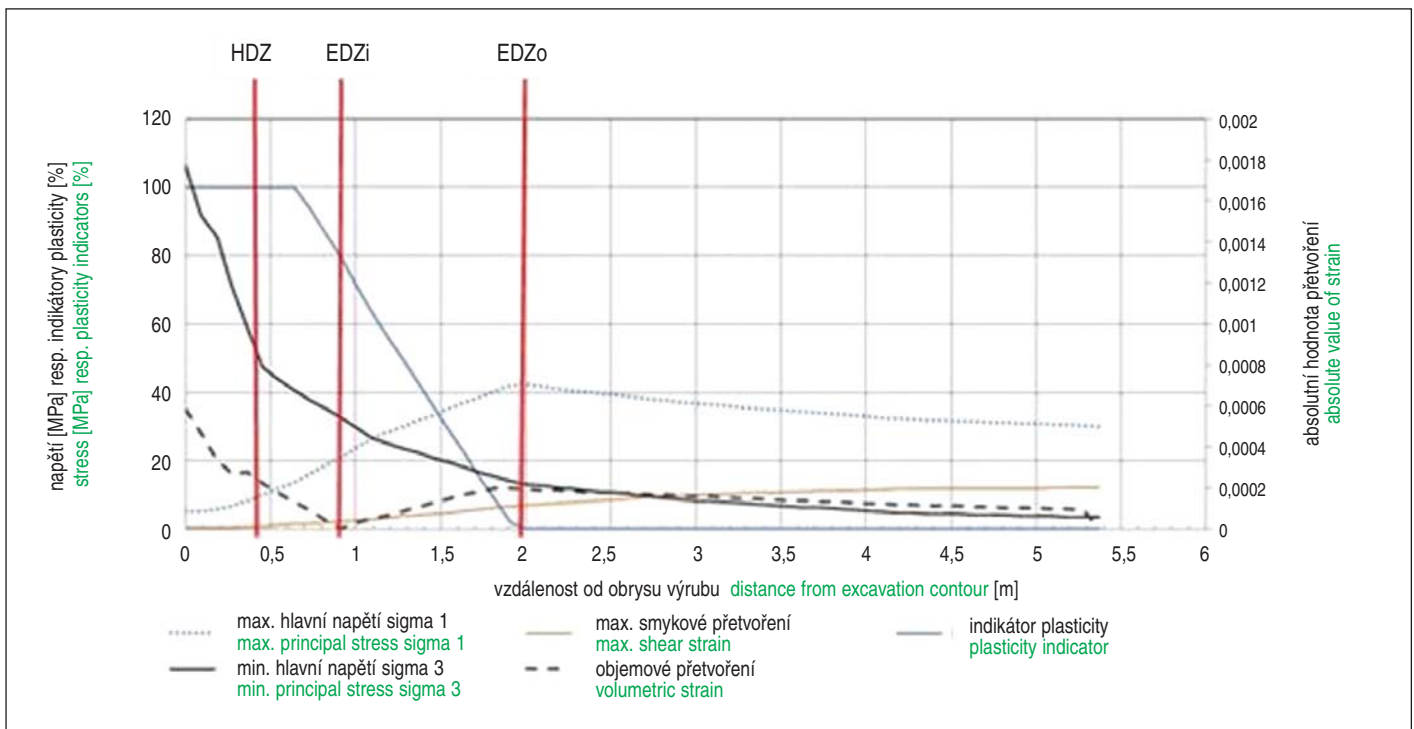
The collaboration with geotechnical firms and firms with more general construction directions is also an inseparable part of the professional activities of the Department. Employees of the Department also participate in processing opinions within the framework of the Expert Institute of the FAST VŠB-TUO.

3. ILLUSTRATION OF MAIN ACTIVITIES AND RESULTS OF SELECTED PROJECTS SOLVED BY THE DEPARTMENT

The Department deals in the long-term with problems of tunnel construction within the framework of various research projects, even within the framework of the collaboration with practice. In this context, it is possible to mention, for example, the design and assessment of the tunnel lining using geotechnical monitoring and the inverse analysis associated with the realisation of tunnels, the analysis of the influence of thermal changes on the static function and longevity of tunnel linings, the analysis of variants of excavation sequences during the excavation of large cross-section tunnels, the determination of minimum support pressures on the tunnel excavation face during the tunnel excavation, assessing the seismic effects induced by operations at the tunnel excavation face on the primary lining structure, etc.

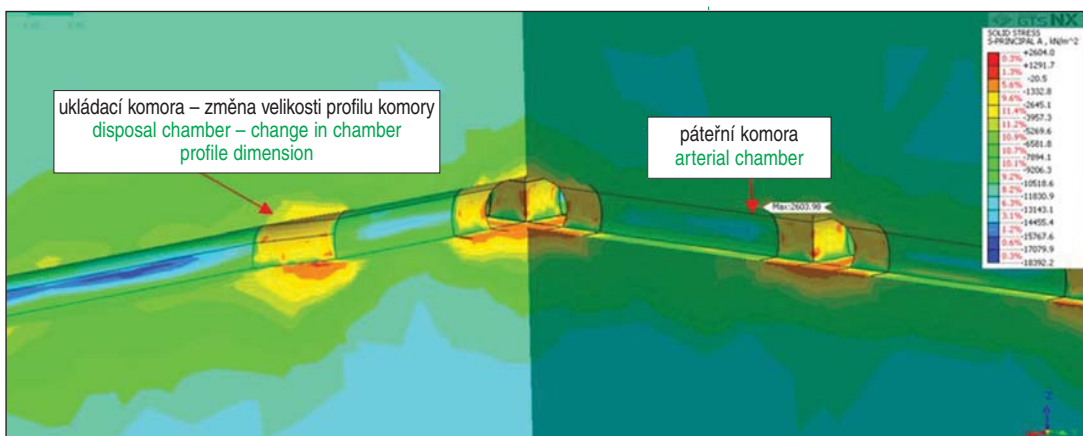
In the last period, the Department engaged itself in this field into solving research tasks of the Centre for sustainable transport infrastructure, the CESTI.

This paper further contains a brief specification of selected significant projects of the Department and its results. The two following papers which are published in this journal issue deal in more detail with selected results of research activities of the Department of Geotechnics and Underground Structures of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU Ostrava.



Obr. 2 Rozsahy zón indukovaných ražbou díla stanovených na základě Diederichsova koncepčního modelu a softwaru Phase pro ukládací chodbu referenčního úložiště

Fig. 2 The extent of zones induced by the underground excavation based on the Diederichs' conceptual model and the Phase software for the disposal gallery of the reference repository



Obr. 3 Výsledky 3D numerického modelu pro vyhodnocení koncentrací napětí v místě křížení páteřní chodby a ukládací komory a v místě změny profilu ukládací komory referenčního úložiště

Fig. 3 Results of the 3D numerical model for assessing stress concentrations in the location of the intersection of the arterial gallery with the disposal chamber and in the location of the change in the cross-section of the disposal chamber of the reference repository

Na obr. 2 je ilustrace výsledků stanovení rozsahu vysoce porušené zóny (HDZ), vnitřní porušené zóny (EDZi) a vnější porušené zóny (EDZo) na základě Diederichsova koncepčního modelu a numerického FEM modelu (software PHASE vyvíjený kanadskou firmou ROCSCIENCE) pro stanovení odpovídajících indukovaných zón v okolí podzemních děl v pevných horninách, které mohou podstatnou měrou ovlivňovat změnu propustnosti v okolí díla.

Na obr. 3 jsou prezentovány výsledky prostorového modelu pro vyhodnocení interakce podzemních děl hlubinného úložiště.

Analýza příčin havárie tunelu Jablunkov

Katedra se podílela v rámci své vědecko-výzkumné činnosti a v rámci spolupráce s praxí pod vedením prof. Aldorfa na analýze příčin havárie tunelu Jablunkov, ke které došlo v listopadu 2009. Havárie byla spojena s rekonstrukcí stávajícího

Research project CESTI (The Centre for Sustainable Transport Infrastructure)

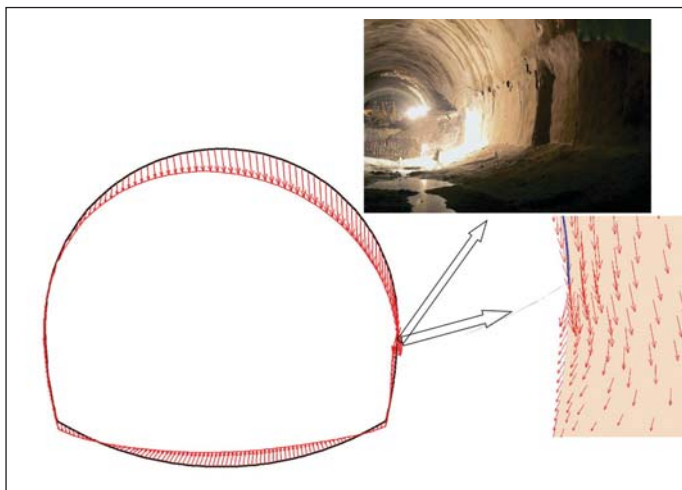
This research project is focused on technical innovation, seeking and introducing new solutions and realisation methods for the current and future development and construction of transport infrastructure, the development and realisation of the transport infrastructure. Within the framework of the WP4 package: Tunnels – advanced technologies and effective technical solutions,

the Department deals with the following problems:

- primary steel reinforced concrete lining;
- double-shell structure of a tunnel lining, the interaction between the primary steel reinforced concrete lining and the permanent and definitive reinforced concrete final lining;
- dynamic effects of passing means of transport and their impacts on the tunnel lining structure (monitoring and model analysis);
- protection of tunnel linings against effects of groundwater; waterproofing of structural and construction joints;
- the Department even collaborates within the framework of this project on the preparation of technical specifications for the minimisation of risks during tunnel construction.

Development of a deep repository

At this project, the research carried out by the Department is directed into the following areas:



Obr. 4 Výsledek numerické simulace provedené v rámci analýzy příčin havárie tunelu Jablunkov

Fig. 4 Result of the numerical simulation carried out within the framework of the analysis of the causes of the Jablunkov tunnel collapse

jednokolejného tunelu na nový dvoukolejný tunel, umožňující průjezdovou rychlost vlaku až 160 km/h.

Součástí realizované analýzy byla rovněž numerická simulace (obr. 4), která zohledňovala, mimo jiné, vliv nadprůměrných dešťových srážek v období před samotným kolapsem a výraznou degradaci pevnostních a přetvárných vlastností horninového prostředí v okolí tunelu.

Výzkum Interakce základové konstrukce s podloží

Výzkum je realizován společně s katedrou konstrukcí na zkušebním standu umístěném na pozemku univerzity (obr. 5).

Plošná deska o plošných rozměrech 2x2 m (dimenze omezena velikostí zkušebního standu) různé tloušťky z variantního materiálu (prostý beton, vláknobeton, vyztužený beton) je krokově namáhána centrickým zatížením. V průběhu zatížení jsou monitorovány vertikální posuny na povrchu desky, napětí v desce, v základové spáře i v určitých hloubkových úrovních v zeminovém prostředí pod deskou. K monitoringu jsou využívány tenzometry, ploché tlakové buňky GEOKON, optická vlákna, hydrostatická nivelace.

V rámci řešení projektu je prováděno rovněž numerické modelování s využitím softwaru MIDAS GTS, numerický model je kalibrován na základě výsledků experimentálních měření.



Obr. 5 Ukázka instrumentace při experimentálním měření interakce základové konstrukce s podloží

Fig. 5 Demonstration of the instrumentation used for the experimental measurement of the interaction between the foundation structure and the sub-base

- the analysis of available input data and the determination of requirements for quality of input data for mathematical models with respect to the data source and method of its acquisition;
- mutual comparison of repository concepts from the aspect of spreading of contaminants and heat;
- the model of the stress-strain and stability behaviour of the planned repository or its partial underground components (including the methodology for the determination of the extent of induced zones in the surroundings of the underground structures);
- recommendations for the technology of the realisation of underground structures;
- recommendations for the geotechnical monitoring of a deep repository.

Fig. 2 presents the illustration of results of the determination of the extent of a highly disturbed zone (HDZ) and an inner disturbed zone (EDZ_i) and an outer disturbed zone (EDZ_o) on the basis of a Diederichs conceptual model and a numerical FEM model (PHASE software developed by the Canadian firm of ROCSCIENCE) for the determination of induced zones in the neighbourhood of underground structures in hard rock, which can significantly influence a change in the permeability in the neighbourhood of the structure.

Fig. 3 presents results of a spatial model for assessing the interaction among underground structures.

Analysis of the causes of the Jablunkov tunnel collapse

The Department participated within the framework of its scientific-research activities and within the framework of the collaboration with practice, under the leadership of Professor Aldorf, in the analysis of the causes of the collapse of the Jablunkov tunnel, which happened in November 2009. The collapse was associated with the reconstruction of the existing single-track tunnel into a new double-track tunnel allowing the train passage velocity of up to 160km/h.

A numerical simulation (see Fig. 4) was also part of the completed analysis. Among other influences it took into account the influence of higher-than-average rainfall during the period before the collapse and the considerable degradation of stress-related and deformational properties of the ground environment in the tunnel surroundings.

Research into the interaction between a foundation structure and bedrock

The research is carried out jointly with the Department of Structures on a testing stand located on a plot of land owned by the university (see Fig. 5).

Planar plates with the dimensions of 2x2m (dimensions limited by the size of the testing stand) and various thicknesses, made of variant materials (unreinforced concrete, fibre reinforced concrete, reinforced concrete) are stepwise stressed by eccentric loads. Vertical displacements on the plate surface, stresses in the plate, in the foundation base and at particular levels of depth in the soil environment under the plate are monitored during the course of the process of exerting the loads. The monitoring is carried out using strain gauges, GEOKON flat pressure cells, optical fibres and hydrostatic levelling.

Numerical modelling using MIDAS GTS software is also carried out within the framework of the solution to the project. The numerical model is calibrated on the basis of results of experimental measurements.

4. TEACHING ACTIVITIES OF THE DEPARTMENT OF GEOTECHNICS AND UNDERGROUND STRUCTURES

The professional teaching activity of the predecessor of the current department was oriented from its origination in 1955 mainly

4. PEDAGOGICKÁ ČINNOST KATEDRY GEOTECHNIKY A PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

Studijní plány bakalářského oboru Geotechnika

1. semestr	2. semestr
Technická informatika	Systémy podpory projektování
Bezpečnost práce ve stavebnictví	Stavební právo
Stavební hmoty I	Stavební hmoty II
Dějiny stavitelství a architektury	Vliv staveb na životní prostředí
Základy stavebního inženýrství	Stavební statika
Matematika I	Prostředí staveb
Deskriptivní geometrie	Matematika II
Cizí jazyk, tělesná výchova	Cizí jazyk a tělesná výchova
	Tvorba technické dokumentace
	Team Building
3. semestr	4. semestr
Geologie	Zatížení stavebních konstrukcí
Pozemní stavitelství I	Mechanika hornin a zemin
Pružnost a plasticita	Pozemní stavitelství II
Soft Skills I	Statika stavebních konstrukcí I
Matematika III	Geodézie ve stavebním inženýrství
Fyzika	Stavebně fyzikální měření
Cizí jazyk, tělesná výchova	Chemie
	Základy tržní ekonomiky,
	Soft Skills II
5. semestr	6. semestr
Počítačová podpora v projektování	Betonové a zděné konstrukce
Prvky betonových konstrukcí	Prvky ocelových a dřevěných konstrukcí
Zakládání staveb	Úprava vlastností hornin a zemin
Trhací práce a rozpojování hornin	Oborová exkurze
Inženýrská geologie a hydrogeologie	Ražení a vyztužování
Statika stavebních konstrukcí II	podzemních a hornických děl
Důlní měřičství	Dopravní stavby
	Počítačová podpora statických výpočtů
	Základy strojírenství a stavební stroje
	Geomechanika
7. semestr	8. semestr
Ocelové a dřevěné konstrukce	Stavební ekonomika a management
Podzemní stavitelství	Geotechnický monitoring
Zakládání ve složitých podmínkách	Geotechnická laboratoř
Projekt I	Geoinformační technologie
Geotechnické stavby	Bakalářská práce
Počítačová podpora navrhování geotechnických konstrukcí	
Hloubení jam a šibíků	
Základy větrání a bezpečnost podzemních děl	

Studijní plány navazujícího třísemestrálního magisterského studia v oboru Geotechnika

1. semestr	2. semestr
Mechanika podzemních konstrukcí	Betonové konstrukce
Technické odstřezy a jejich účinky	Kovové a dřevěné konstrukce
Modelování v geotechnice	Environmentální geotechnika
Hloubení jam a nekonvenční metody výstavby podzemních děl	Podzemní stavitelství
Geohydrodynamika	Statika a dynamika geotechnických staveb
Větrání a bezpečnost v podzemním stavitelství	Průzkumné metody v geotechnice
	Numerické metody

Study plans of the Geotechnics bachelor's field of study

1 st semester	2 nd semester
Computer Engineering	Systems of CAD
Occupational safety in the construction industry	Civil Engineering Code
Building materials I	Building materials II
History of Civil Engineering and Architecture	The influence of building on the environment
An introduction to Civil Engineering	Building Statics
Mathematics I	Building environment
Descriptive Geometry	Mathematics II
Foreign language, Physical Education	Foreign language
	Physical Education
	Creation of technical documentation
	Team Building
3 rd semester	4 th semester
Geology	Actions on building structures
Building Constructions I	Soil and Rock mechanics
Elasticity and Plasticity	Building Constructions II
Soft Skills I	Statics of Building Structures I
Mathematics III	Geodesy in structural Engineering
Physics	Physics for Civil Engineering Laboratory
Foreign language, Physical Education	Chemistry
	Principles of Market Economy, Soft Skills II
5 th semester	6 th semester
CAD (Computer-aided Design) as Support in Designing	Concrete and Masonry Structures
Concrete Structures Elements	Elements of Steel and Timber Structures
Foundation engineering	Rock and Soil Improvement
Blasting and Disintegration of Rock	Specialist Excursion
Engineering Geology and Hydrogeology	Excavation and Supporting of Underground and Mining Constructions
Statics of Building Structures II	Mine Surveying
Traffic Structures	Computer Aided Structural Analysis
	Basics of Mechanical Engineering and Building Machines
	Geomechanics
7 th semester	8 th semester
Steel and Timber Structures	Construction Economics and Management
Underground Engineering	Foundation Engineering in Difficult Conditions
Geotechnical Monitoring	Geoinformation technologies
Geotechnical Laboratory	Bachelor's Thesis
Project I	
Geotechnical Construction	
Computer aided design of geotechnical structures	
Shaft sinking	
Principles of ventilation and underground work safety	

Study plans follow-up three-semester master's study in the field of Geotechnics

1 st semester	2 nd semester
Mechanics of Underground Structures	Concrete Structures
Blasting Works and their Impacts	Steel and Timber Structures
Modelling in Geotechnics	Environmental Geotechnics
Sinking and Unconventional Methods of the Excavation of Underground Construction	Underground Engineering
Geohydrodynamics	Statics and Dynamics of Geotechnical Constructions
Ventilation and Safety of Underground Works	Investigation Methods in Geotechnical Engineering

3. semestr

Zkušebnictví a řízení jakosti staveb
Diplomový projekt
Odborná praxe
Organizace a řízení staveb

Numerical Methods

3rd semester

Testing and Quality Control
Diploma Project
Practice
Organisation and Management of Construction

Odborná pedagogická činnost předchůdkyně současně katedry byla od počátku svého vzniku v roce 1955 orientována hlavně do oblasti výstavby dolů, zejména hlubinných, což souviselo především s rozsáhlou investiční činností v rudném i uhelném hornictví. Disciplíny, jež byly katedrou odborně i pedagogicky pěstovány, se soustředily na oblast trhacích prací, ražení důlních děl, stavebních hmot, hloubení jam, pozemní stavitelství, projektování báňských zařízení, výstavby dolů apod. Postupně v souvislosti s náznaky útlumu hornictví a přípravou významných podzemních staveb (zejména pražské metro od poloviny šedesátých let) začala výraznější orientace práce katedry do oblasti geotechniky a podzemního stavitelství. K velmi výrazné změně pak došlo po roce 1989, kdy prudký útlum hornictví snahu po stavební orientaci oboru ještě posílil. Samostatný studijní obor Geotechnika, garantovaný katedrou geotechniky a podzemního stavitelství, je na Fakultě stavební součástí studijního programu Stavební inženýrství a je akreditován v bakalářské, magisterské i doktorské formě studia.

Studenti mají v průběhu studia k dispozici specializované laboratoře – laboratoř mechaniky zemin, laboratoř geotechnického a seismického monitoringu a počítačovou učebnu se specializovanými geotechnickými softwary a softwary pro modelování hydrogeologických procesů a procesů šíření tepla horninovým prostředím (PLAXIS, MIDAS GTS NX, GEO5, UDEC, PFC, FEFLOW, GMS, WMS, AquiferTest).

Bakalářské studium je čtyřleté, zahrnuje dva společné roky identické pro všechny studenty programu Stavební inženýrství, po druhém ročníku se studenti profilují do jednotlivých oborů. Cílem je vychovat „profesního bakaláře“ s možností jeho širokého uplatnění v praxi na nižších technických funkcích.

Absolvent magisterského studia má možnost dále prohlubovat své znalosti v rámci 4letého doktorského studijního oboru Geotechnika, kde si studenti sestavují svůj individuální studijní plán podle zaměření své disertační práce.

Rozsah studia i obsah studijních plánů oboru Geotechnika umožňuje absolventům, mimo jiné, získat střelmistrovské oprávnění po absolvování deseti směn příslušné odbornosti a absolvent oboru rovněž splňuje podle vyhlášky č. 298/2005 ČBÚ (vyhláška o požadavcích na odbornou kvalifikaci a odbornou způsobilost při hornické činnosti nebo činnosti prováděné hornickým způsobem a o změně některých právních předpisů) požadavky na vykonávání pozice báňského projektanta a technického dozoru pro vedení důlních a podzemních děl.

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,*

*prof. Ing. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,
katedra geotechniky a podzemního stavitelství,
Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava*

*Recenzovali Reviewed: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.,
doc. Dr. Ing. Jan Pruška*

into the area of construction of mines, first of all deep mines, which fact was associated mainly with extensive investment activities in the field of ore and coal mining. The disciplines which were professionally pursued were focused on the field of rock blasting operations, excavation for underground structures, building materials, excavation of pits, underground structural engineering, designing of mine facilities, construction of mines etc. The more considerable orientation of the department's work into the fields of geotechnics and underground structures commenced gradually, in the context of the hints of the checks made on mining and the preparation of significant underground construction projects (first of all the Prague metro from the middle of the 1960s). A very important change took place after 1989, when the checks made rapidly on the mining industry further strengthened the effort focused on the civil engineering orientation of the industry. Geotechnics as an independent field of study guaranteed by the Department of Geotechnics and Underground Structures is part of the Civil Engineering study programme at the Faculty of Civil Engineering and is accredited in the bachelor's, master's and doctoral forms of study.

During the course of their studies, the students have at their disposal specialised laboratories (the soil mechanics laboratory, the geotechnical and seismic monitoring laboratory) and an IT classroom with specialised geotechnical software packages and software packages for modelling hydrogeological processes and processes of heat propagation through ground environment (PLAXIS, MIDAS GTS NX, GEO5, UDEC, PFC, FEFLOW, GMS, WMS, AquiferTest).

The bachelor's study takes four years. It comprises two common years identical for all students of the Civil Engineering programme; after the second year, the students profile themselves into individual fields of study. The objective is to educate a "professional bachelor" with the possibility of wider use in practice in lower technical positions.

Master's study graduates have the opportunity to further deepen their knowledge within the framework of a 4-year Geotechnics doctoral field of study, where students develop their individual plans following the focuses of their doctoral theses.

The scope of study and contents of the study plans in the Geotechnika field of study allows the graduates, among other options, to obtain a shotfirer licence after attending 10 shifts in the particular subject. A graduate from this field of study in addition meets requirements for the position of a mine designer and technical supervisor for managing mine and underground construction works according to the Decree of the Czech Bureau of Mines No. 298/2005 Coll. (the Decree on the requirements for professional qualification and professional eligibility for mining or activities involving mining and amendment of certain legal regulations).

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,*

*prof. Ing. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,
katedra geotechniky a podzemního stavitelství,
Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava*

ANALÝZA KOEFICIENTŮ PŘENOSU PROSTŘEDÍ NA TŘECH MĚLCE RAŽENÝCH TUNELECH

ANALYSIS OF COEFFICIENTS OF VIBRATION TRANSMISSION THROUGH GROUND ENVIRONMENT CARRIED OUT ON THREE SHALLOW DRIVEN TUNNEL CONSTRUCTION SITES

MARTIN STOLÁRIK, ZDENĚK KALÁB, MIROSLAV PINKA

ABSTRAKT

V příspěvku je představena analýza koeficientů přenosu prostředí K , které byly získány jak na základě vlastních experimentálních seizmických měření odezvy trhavé práce (tunely Jablunkov a Slivenec), tak na základě souboru dat z běžného seizmického monitoringu (tunel Klimkovice). Všechny tunely byly realizovány Novou rakouskou tunelovací metodou za použití trhavých prací. Vlastní měření byla realizována uvnitř mělce pod povrchem vedeného podzemního díla a to v malé vzdálenosti od zdroje vibrací (první metry až desítky metrů), tedy v tzv. blízké zóně. Běžný seizmický monitoring byl prováděn na povrchu ve vzdálenosti do 100 metrů od zdroje dynamického namáhání. Za základ interpretace měření byla zvolena analýza příslušného Langeforsova vztahu podle ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva. Na základě této normy byly do grafu vyneseny koeficienty K v závislosti na vzdálenosti od zdroje dynamického namáhání a tyto normové koeficienty byly konfrontovány se spočítanými konkrétními koeficienty přenosu prostředí K pro všechny tři sledované tunelové stavby.

ABSTRACT

The paper introduces the analysis of coefficients K of vibration transmission through ground environment which were obtained both on the basis of authors' own experimental seismic measurements of the response to blasting operations (the Jablunkov and Slivenec tunnels) and on the basis of a data file gathered during common seismic monitoring (the Klimkovice tunnel). All of the tunnels were realised using the New Austrian Tunnelling Method with rock blasting. The measurements themselves were conducted inside underground workings located shallow under the terrain surface, at a small distance from the source of vibration (initial metres to tens of metres), in the so-called "near zone". Common seismic monitoring was carried out on the terrain surface, at the distance of 100m from the source of dynamic stresses. The analysis of the relevant Langefors's relationship conducted in accordance with CSN 73 0040 standard "Loads on Technical Structures by Technical Seismicity" was applied as the basis for the interpretation of measurements. Coefficients K relative to the distance from the source of dynamic stresses were plotted on a graph on the basis of the above-mentioned standard. The standard coefficients were compared with the concrete coefficients K calculated for all of the three monitored tunnel construction sites.

ÚVOD

Výbuch nálože trhavin generuje krátký, ale intenzivní impuls. Rozsah maximálních vyvolaných amplitud pohybu po odstřelu nálože je 1 až 200 μm (tj. cca 0,2 až 50 mm.s^{-1} nebo 0,02 až 1 m.s^{-2}). Jeho spektrum je spojitě, je závislé na vlastnostech rozpojovaného materiálu, vlastnostech trhavin a technologii trhavých prací a obsahuje frekvence od nižších hodnot až po velmi vysoké hodnoty – zpravidla 1 až 300 Hz. Frekvenční spektrum seizmického záznamu trhavé práce je dále významnou měrou ovlivněno prostředím, kterým se vlny šíří; s rostoucí vzdáleností jsou v horninovém masivu složky vyšších frekvencí rychleji tlumeny. Isaac [1] představil orientační graf závislosti frekvenčního rozsahu seizmického signálu na vzdálenosti od trhavé práce. Z něho vyplývá, že zvláště v malých vzdálenostech od místa odstřelu je nezbytné, aby seizmický kanál měl co nejširší frekvenční rozsah (především do vyšších frekvencí), pokud má být k dispozici nezkrácený záznam seizmického projevu. Frekvenční spektrum seizmických signálů vyvolaných blízkou trhavou prací ve skalních a poloskalních horninách může obsahovat frekvence až 250 Hz. Vyšší frekvence v záznamu mohou být navíc ovlivněny rezonancí struktur horninového masivu, jejichž rozměry jsou srovnatelné s délkou vlny. To vše způsobuje, že vztah mezi velikostí maximální rychlosti kmitání, hmotností dílčí nálože a vzdáleností lze stanovit pouze přibližně s využitím statistických metod. Skutečné maximální vyvolané hodnoty rychlosti kmitání je nutno stanovit monitorováním a v řadě příkladů z odborné literatury vykazují naměřené hodnoty značný rozptyl [2, 3].

INTRODUCTION

An explosion of an explosive charge generates a short but intense impulse. The maximum and minimum amplitudes generated after blasting a charge range from 1 to 200 μm (i.e. approximately 0.2 to 50 mm.s^{-1} or 0.02 to 1 m.s^{-2}). The scope spectrum is continual, depending on the properties of the material being disintegrated, the properties of the explosive and the blasting technology. It contains frequencies ranging from lower values up to very high values – usually 1 to 300 Hz. The frequency spectrum of a seismic record of a blasting event is further significantly affected by the environment which the waves propagate themselves through; higher frequency components are attenuated in a ground massif more rapidly with a growing distance. Isaac [1] introduced an orientation graph of the dependence of the frequency scope of a seismic signal on the distance from the blasting operation. It follows from the graph that it is necessary, especially in the cases of small distances from the blasting location, that, if we wish to have an undistorted record of the seismic manifestation available, the seismic channel frequency scope has to be as wide as possible (first of all ranging to higher frequencies). The frequency spectrum of seismic signals generated by a nearby blasting operation in hard rock or weak rock can contain frequencies up to 250 Hz. Higher frequencies in the record can be, in addition, affected by the resonance of rock mass structures the dimensions of which are comparable with the length of waves. All of that causes that the above-mentioned relationship between the maximum vibration velocity, the

Zatížení stavebních konstrukcí se nejčastěji posuzuje podle maximální amplitudy rychlosti kmitání částic V_{max} a frekvence převládajících kmitů. Existuje snaha sestavit obecný vztah, který umožní predikovat tuto rychlost v závislosti na celkové velikosti nálože (nebo velikosti nálože odpálené v jednom časovém stupni) Q a vzdálenosti l . Pro stanovení maximálních hodnot rychlosti kmitání ve vzdálené zóně se používá empirický vztah, tzv. Langeforsův [4, 5, 6]. Tento vztah se často uvádí ve tvaru:

$$V_{max} = K \cdot Q^m \cdot l^{-n}, \quad (1)$$

kde V_{max} – maximální rychlost kmitání [mm/s];

Q – hmotnost nálože [kg];

l – vzdálenost od místa provádění trhač práce [m];

K, m a n jsou empirické parametry.

V mnoha publikacích jsou uvedeny empirické vztahy podobné Langeforsovu vztahu, které optimálně vyhovují pro dané lokality a podmínky provádění trhač práce. Všechny jsou však založeny na znalosti empiricky získaných konstant, které jsou pro dané stanoviště charakteristické a lze je získat pouze parametrickým měřením. Tento vztah může být velmi dobře definovaný, pro složité geologické poměry však mívá velmi nízkou korelaci [7, 8]. Že reálné naměřené hodnoty vykazují značný rozptyl, ukazuje i obr. 1 dokladující Langeforsův vztah ve tvaru:

$$v = K (\sqrt{Q}/l)^n. \quad (2)$$

ČSN 73 0040 uvádí informativní hodnoty konstanty přenosu K pro podloží ze skalních a poloskalních hornin a ostatních hornin mimo horniny ve zvodnělém prostředí v závislosti na vzdálenosti od místa odstřelu (tab. 1). Tato orientační tabulka se používá pro odhad maximální amplitudy rychlosti kmitání za pomoci Langeforsova vztahu (ČSN 73 0040 uvažuje empirické parametry $m=0,5$ a $n=1$):

$$V_{max} = K \frac{\sqrt{Q}}{l}. \quad (3)$$

Tyto hodnoty jsou vhodné zvláště pro trhač práce velkého rozsahu v povrchových lomech a pro vzdálenosti ve stovkách metrů od místa odstřelu. Dále v příspěvku bude na příkladech z měření ukázáno, jak může být konstanta přenosu variabilní ve vzdálenosti do sta metrů u trhačích prací, při kterých celková nálož nepřesahuje 100 kilogramů.

PŘÍKLADY Z KONKRÉTNÍCH STAVEB

Železniční tunel Jablunkov

Zájmové území protíná úzké údolí Jablunkovského průsmyku. Průsmyk je z jedné strany sevřen hřbety Moravskoslezských Beskyd, ze strany druhé hřbety Slezských a Slovenských Beskyd. Geologicky se širší okolí nachází ve Vnějších Západních Karpatech, tvořených převážně sedimenty flyšového charakteru (střídání jílovců, prachovců, pískovců a slepenců), které jsou zastoupeny slezskou a račanskou jednotkou. Obě tyto jednotky tvoří samostatné příkrovy, nasunuté přes sebe tzv. magurským nasunutím. Linie magurského nasunutí probíhá na východním úbočí Jablunkovského průsmyku (podél nového silničního tahu E75, Jablunkov – Čadca). Složitá příkrovová stavba je doprovázena zlomovou tektonikou. Z inženýrsko-geologického hlediska je flyšový komplex typickým sesuvným územím. Vlastní trasa tunelu se nachází ve svrchní části slezské jednotky paleogenního stáří, tvořené převážně jílovcí s rohovcovitými a pískovcovitými polohami. Tunely byly raženy v nejméně příznivých geotechnických podmínkách,

weight of the partial charge and the distance can be determined only approximately using statistical methods. The real maximum values of the velocity of the generated vibration have to be determined by monitoring. In numerous cases published in professional literature, the measured values exhibit significant scatter [2, 3].

The loads acting on technical structures are frequently assessed according to the maximum amplitude of the velocity of the vibration of particles V_{max} and the frequency of prevalent oscillations. There is a tendency to compile a general relationship allowing for the prediction of this velocity in dependence on the overall blasting charge weight Q (or the weight of the charge fired during one delay step) and the distance l . The maximum values of the vibration velocity in a remote zone are determined using the so-called Langefors's empirical relationship [4, 5, 6]. This relationship is often presented in the following form:

$$V_{max} = K \cdot Q^m \cdot l^{-n}, \quad (1)$$

where V_{max} – maximum vibration velocity [mm/s];

Q – weight of charge [kg];

l – distance from the blasting operation location [m];

K, m and n are empirical parameters.

Many publications present empirical relationships similar to Langefors's relationship, which optimally satisfy the particular locations and conditions for the execution of blasting. Nevertheless, all of them are based on the knowledge of the empirically obtained constants which are characteristic of the particular location and can be obtained only by parametric measurements. This relationship can be very well defined, but the degree of its correlation in complicated geological conditions is usually very low [7, 8]. The fact that the actually measured values exhibit significant scatter is even presented in Fig. 1, which documents Langefors's relationship in the form:

$$v = K (\sqrt{Q}/l)^n. \quad (2)$$

The CSN 73 0040 standard presents informative values of the vibration transmission constant K for the sub-grade formed by hard rock and weak rock and other ground types, with the exception of ground in a water-bearing environment, depending on the distance from the blasting location (see Table 1). This guidance table is used for assessing the maximum amplitude of vibration velocity using Langefors's relationship (the CSN 73 0040 standard assumes empirical parameters $m=0.5$ and $n=1$):

$$V_{max} = K \frac{\sqrt{Q}}{l}. \quad (3)$$

Those values are suitable especially for large-scale blasting operations in open cast mines and for distances from the blasting locations measured in hundreds of metres. In addition, it will be presented in the paper on examples from the measurements designed to determine how the transmission constant can be variable at one hundred metres distance in the case of blasting operations where the total weight of the blasting charge does not exceed 100 kilograms.

EXAMPLES FROM PARTICULAR CONSTRUCTION SITES

The Jablunkov rail tunnel

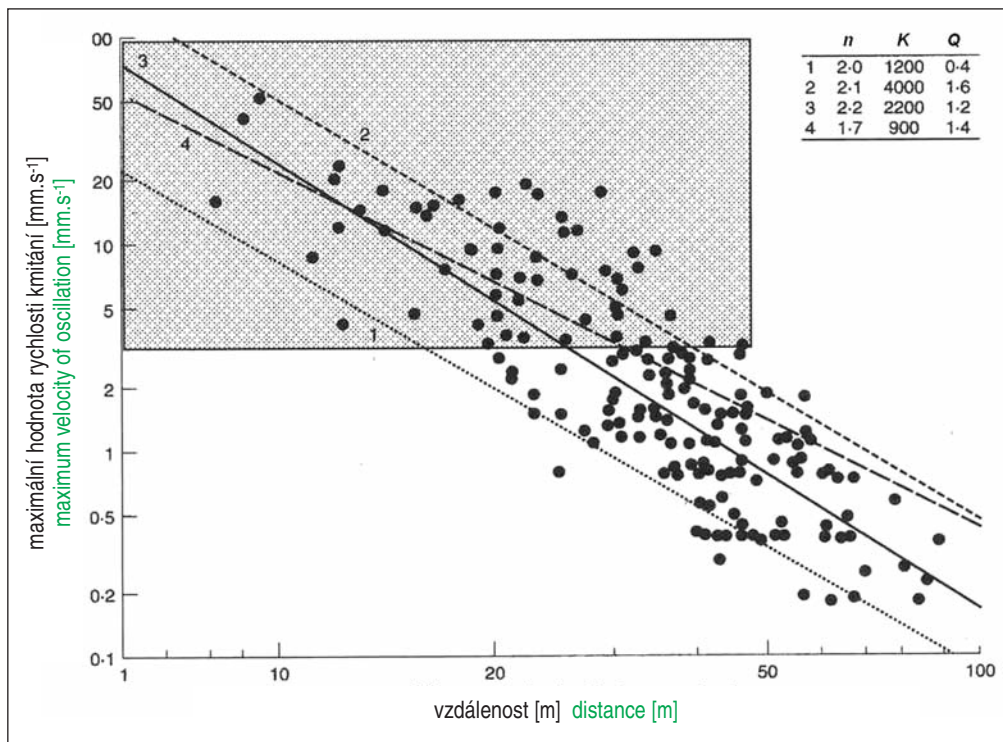
The area of interest is crossed by the narrow valley of the Jablunkov Pass. The pass is bordered by the ridges of Moravian Beskids on one side and ridges of Silesian and Slovakian Beskids on the other side. Geologically, the wider surroundings is located in the Outer Western Carpathians formed mainly by flysh character sediments (alternation of claystone, siltstone,

v souvrství drobně cyklického flyše, s převahou vápnatých jílovců, s velmi nízkou, až extrémně nízkou pevností (podle ČSN P 73 1005 třídy R5-R6). Během rekonstrukce tunelu byly zastiženy laminované tmavošedé jílovce, drobně provrásněné, částečně zbřidličnatělé až podrcené. Jílovce obsahovaly tenké, nepravidelné vložky prachovců až písčivců (mocnost do 5 cm). Převažovala vrstevnatost se středním úklonem k jihovýchodu, zbřidličnatost je strmého úklonu s převládajícím směrem východ – západ. Kvartérní pokryv byl převážně budován diluviálními sedimenty, které dosahovaly mocnosti cca 0,8–3,2 m (ojediněle až 6,1 m). Diluvia měla většinou charakter jílu písčitého až jílu se střední plasticitou, většinou tuhé, místy měkké nebo pevné konzistence. Vzhledem ke konfiguraci terénu stékalo z přilehlých svahů do oblasti průsmyku několik drobných vodotečí, které zavodňovaly oblast tunelového nadloží. Hladina podzemní vody byla v hloubce 0,25–6 m pod terénem. Během ražby nebyly zastiženy výraznější přítoky vody, výrub byl suchý až vlhký. Veškerá experimentální seizmická měření byla prováděna před mimořádnou událostí v listopadu 2009.

Seizmické měření odezvy trhačí práce bylo realizováno na železobetonové protiklenbě rekonstruovaného tunelu při provádění trhačích prací na jádře. Všechna 15 měření probíhalo v blízké zóně, tj. v tomto případě ve vzdálenostech od 10 m do 39 m od zdroje vibrací. Ve všech případech se jednalo o trhačí práce s celkovou náloží do 18 kg (mezní náloží na jeden časový stupeň byl 1 kg). Vývrty byly vrtány z počvy horní lávky a záběr byl kolem 3 m. Všechna měření byla prováděna seizmickou aparaturou Gaia2T se senzorem ViGeo2.

Silniční tunel Slivenec

Tunel se nachází z geologického hlediska ve velmi zajímavé a pestré oblasti. Geomorfologicky se jedná o kraj pražské plošiny s jihovýchodně orientovaným svahem vltavského údolí, s převýšením až 130 m. Ražené tunely jsou situovány v jihovýchodním



Obr. 1 Velikost maximální amplitudy rychlosti kmitání generovaných při trhačích pracích v závislosti na vzdálenosti (vysvětlení v textu, podle [9])

Fig. 1 The size of the maximum amplitude of the velocity of oscillation generated during blasting operations, in dependence on the distance (explanation is contained in the text, according to [9])

sandstone and conglomerates), represented by the Silesian and Račany Units. The two units form independent overthrust faults, the so-called Magura Overthrust. The Magura overthrust line runs along the eastern slope of the Jablunkov Pass (along the new E75 trunk road between Jablunkov and Čadca). The complex overthrust structure is accompanied by fault tectonics. From the aspect of engineering geology, the flysch complex is a typical slide area. The tunnel route itself is located in the upper part of the Palaeogenic Silesian Unit formed by sandstone beds. The tunnels were driven under least favourable geological conditions, through a finely cyclic flysch formation consisting of very low to extremely low strength calcareous claystone (R3-R6 class according to the ČSN 73 6133 standard). Laminated dark-grey claystone, thinly folded, partially cleaved up to crushed, was encountered during the course of the tunnel excavation. The claystone contained thin, irregular siltstone to sandstone interbeds (up to 5cm thick). A medium dipping bedding trend toward the south-east prevailed; the foliation dips steeply with the prevalent E – W trend. The Quaternary cover was mostly built up

by diluvial sediments with the thickness reaching ca 0.8 to 3.2m (sporadically up to 6.1m). The diluvia had mostly the character of sandy clay up to medium plasticity clay, mostly with stiff, locally soft or solid consistency. With respect to the terrain configuration, several small streams flew down adjacent slopes to the mountain pass area. They supplied water to the tunnel overburden. The water table was located at the depth of 0.25 to 6m under the terrain

Tab. 1 Informační hodnoty konstanty přenosu K [$\text{kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] (podle ČSN 73 0040)

Table 1 Informative values of transmission constants K [$\text{kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] (according to the ČSN 73 0040)

vzdálenost l [m] distance l [m]	konstanta přenosu K transmission constant K	
	podloží ze skalních a poloskalních hornin se střední až velmi malou hustotou diskontinuit hard rock and weak rock sub-grade with medium to very small joint spacing	ostatní horniny mimo horniny ve zvodněném prostředí other ground types, excepting ground in water-bearing environment
10	350	250
50	250	150
200	150	120
500 a více 500 and greater	120	100

křídle pražského synklinoria středočeského paleozoika, tradičně označovaného jako barrandien. Ražené tunelové trouby byly vedeny v ordovických a silurských horninách, které byly tektonicky porušené a prostoupené zlomovými a vrásovými poruchami. Jednalo se v úvodní části především o vápnité břidlice, doplněné četnými vložkami vápenců, a posléze i bazaltové tufy. Druhá polovina ražeb probíhala střídavě v břidlicích, pískovcích, případně tufech. Z hydrogeologického hlediska lze konstatovat, že ražba tunelů po provedené průzkumné štole probíhala již převážně v suchém horninovém prostředí. Při ražbě byly dokumentovány pouze místy slabé průsaky podzemních vod ve spodní klenbě jednotlivých částí tunelu. Tektonické poruchy ani žilné struktury nebyly zdrojem podzemní vody.

Seismické experimentální měření bylo realizováno v třípruhové tunelové troubě při provádění trhačské práce na jádře po vyražení kaloty. Ražba v tomto místě procházela kosovským souvrstvím tvořeným jílovitými a jílovitopísčitými břidlicemi ve střídání s křemennými pískovci a prachovci. Nadloží je v tomto úseku ražby mocné 50–57 m. Hornina je bez stop alterace, zbarvení horniny je původní, rovnoměrné a výrub byl zcela suchý. Hustota diskontinuit je zde velká (D4 – vzdálenost diskontinuit 60–200 mm). Tektonické poruchy se zde nevyskytují. Celkem bylo provedeno sedm měření ve vzdálenosti od 47 m do 102 m od čelby. Ve všech případech se jednalo o trhačské práce s celkovou náloží 126 kg a mezní náloží na jeden časový stupeň 3,9 kg. Při těchto měřeních byly použity opět seismické aparatury Gaia2T se senzory ViGeo2 a LE-3D. Senzory byly usazeny volně na počvě. Počva byla v místě měření pouze částečně seškrábnutá a zbytky rubaniny byly částečně zhučněny pojezdem těžké kolové nákladní techniky používané pro odtěžení rubaniny.

Silniční tunel Klimkovice

Kromě realizace vlastních seismických měření byl také zpracován rozsáhlý soubor seismických dat obsahující naměřené maximální amplitudy rychlosti kmitání a některé parametry trhačských prací, který poskytla firma INSET s.r.o. Ta v průběhu celé výstavby tunelu Klimkovice prováděla seismický monitoring technické seismicity vyvolané trhačskými pracemi za použití seismické aparatury National Instruments AT-MIO-64E-3 a provedla hodnocení seismického zatížení okolí tunelu. Senzory byly mimo jiné instalovány i na objektu rodinného domku č. p. 798.

Celá lokalita tunelu je tvořena sedimentárními horninami neproduktivního karbonu-kulmu. Nejčastějším petrografickým typem jsou jílovité sedimenty – jílovce a prachovce. Zpravidla jsou tmavě šedé barvy, tenké destičkovitě vrstevnaté, místy i masivní. Velmi častý je výskyt flyšových souvrstev, tvořených jílovitými a písčitými horninami – drobovými pískovci a drobami. Barva hornin je šedá, kdy hruběji zrnité horniny jsou vždy světlejší. Nejméně četné jsou písčité sedimenty – droby a drobové pískovce. Tyto jsou většinou nezřetelně vrstevnaté až masivní. Velmi často obsahují drobné laminy jílu, které ukazují na jejich vrstevnatost. Kvartérní pokryv v lokalitě tunelu je převážně tvořen deluviálními sedimenty jílovitopísčitých hlín s příměsí úlomků matečných hornin. Obsah a velikost úlomků s hloubkou narůstají, kdy nejhlubší vrstvy pokryvů nabývají až charakteru hlinitých štěrků s ostrohrannými úlomky a sutí. Celková mocnost kolísá v dosti širokém rozmezí cca od 0,90 m do 11,40 m i více. V některých místech je téměř nerozpoznatelné rozhraní mezi kvartérním pokryvem a zvětralým skalním podložím.

ANALÝZA KOEFICIENTŮ PŘENOSU PROSTŘEDÍ

Sarsby [9], vycházející ze vztahu (1), uvádí koeficienty přenosu prostředí K v rozmezí 900–4000 $[\text{kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$ pro hmotnost

surface. No more significant water inflows were encountered during the course of the tunnel excavation; the tunnel was dry to moist. All experimental seismic measurements were conducted before the September 2009 extraordinary event.

The seismic measurement of the response to blasting was realised on the reinforced concrete invert of the tunnel being reconstructed, during the execution of blasting operations in the bench. All 15 measurements were conducted in the near zone, i.e., in this case, at the distances from the source of vibration ranging from 10m to 39m. In all cases the total charge weight was lower than 15kg (the limit charge weight per one delay step was 1kg). The blast holes were drilled from the bottom of the upper bench and the excavation pull length was about 3m. All measurements were conducted using the Gaia2T seismic apparatus with a ViGeo2 sensor.

The Silvenec road tunnel

The tunnel is located in an area very interesting and varied in terms of geology. As far as geomorphology is concerned, the area forms the edge of the Prague plateau with the Vltava River slope dipping toward the southeast, with the difference in elevation amounting to 130m. The mined tunnels are located in the southeastern wing of the Prague Synclinorium of the Central Bohemian Palaeozoic formation traditionally called the Barrandian. The mined tunnel tubes run through Ordovician and Silurian rock types, which were tectonically faulted and pervaded with faulting and folding failures. In the initial section there was mainly calcareous shale with numerous limestone intercalations, later even basalt tuffs. The second half of the tunnel excavation passed alternately through shale, sandstone or, as the case might be, through tuff. From the hydrogeological point of view it is possible to state after the completion of the exploratory gallery that the tunnels were driven mostly through a dry rock environment. Only weak local seepage of groundwater was documented in the invert of individual sections of the tunnel during the course of the tunnel excavation. Neither tectonic faults nor vein structures were the sources of groundwater.

The seismic experimental measurement was realised in the triple-lane tunnel tube during the execution of blasting in the bench, after the completion of the excavation of the top heading. In the particular location, the tunnel excavation passed through the Kosov formation, consisting of clayey and clayey-sandy shale alternating with quartzose sandstone and siltstone. In this tunnel excavation section, the overburden is 50-57m thick. The rock manifests no traces of alteration, its colouring is original and uniform; the excavation was completely dry. The spacing of joints in this location is great (D4 – the discontinuity spacing varying between 60mm and 200mm). Tectonic failures do not occur here. Seven measurements were conducted in total, at the distance from the excavation face ranging from 47m to 102m. In all cases the blasting operations were performed using the total weight of charges of 126kg and the limit weight per one delay step of 3.9kg. The Gaia2T seismic apparatuses with ViGeo2 and LE-3D sensors were again used for the measurements. The sensors were placed freely on the excavation bottom. The bottom in the location of the measurement was only partially scraped off and remaining muck was partially compacted by trips of the heavy wheeled trucks used for the removal of muck.

The Klimkovice road tunnel

An extensive data file containing the measured maximum amplitudes of vibrations and some parameters of blasting operations provided by INSET limited liability company was compiled in addition to the seismic measurements themselves. The company carried out seismic monitoring of technical seismicity

mezní nálože na jeden časový stupeň 0,4–1,6 kg, při vzdálenosti do 100 metrů, s variabilním koeficientem n pohybujícím se v rozmezí 1,7–2,2. Konkrétní koeficienty K ke dvěma tunelovým stavbám zmiňuje Pandula [10]. Pro tunel Bôrik uvádí koeficienty přenosu prostředí v rozmezí 60–290, při hmotnosti nálože 15–32 kg, pro vzdálenosti do 270 metrů a pro tunel Bánská Bystrica v rozmezí 35–130 při hmotnosti mezní nálože 3,125 kg pro vzdálenosti do 22 metrů. Oba tunely jsou raženy v dolomitech, resp. vápencích. Pandula vychází ze vztahu (2), v němž je koeficient n roven jedné. Ze stejné úpravy vztahu (2) vychází také norma ČSN 73 0040.

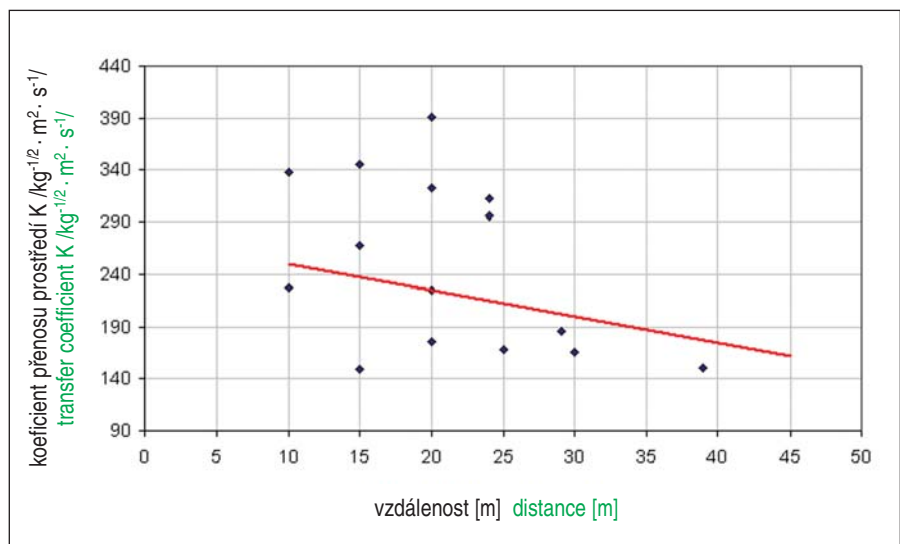
Pro zpracování celého souboru dat byla zvolena zjednodušená metodika, při níž jsou odečteny maximální hodnoty amplitud rychlosti kmitání na jednotlivých složkách (vertikální, horizontální radiální a horizontální transverzální) a následně je dopočítáno číselné maximum, čímž se sice zanáší chyba, ale je to na straně bezpečné:

$$v = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{0,5}. \quad (4)$$

Z dopočítaných prostorových složek maximálních amplitud rychlosti kmitání byly následně spočítány konstanty přenosu prostředí K ze vztahu (3).

Na základě normy ČSN 73 0040 byly do grafu vyneseny teoretické koeficienty K (interpolováno po přímkě) v závislosti na vzdálenosti od zdroje dynamického namáhání (červená čára). Tyto normové koeficienty byly konfrontovány se spočítanými konkrétními koeficienty přenosu prostředí K pro všechny tři sledované tunelové stavby (graf 1, 2, 3).

Jak již bylo řečeno, norma zohledňuje zobecněné vztahy. Nezohledňuje však konkrétní parametry trhací práce, lokální geologii apod., proto reálné koeficienty přenosu prostředí K v uvedených případech nekorespondují s normovými. Je třeba také vzít v úvahu, že měření v malých vzdálenostech ovlivňuje mnohem více faktorů, než při měření ve vzdálenostech větších

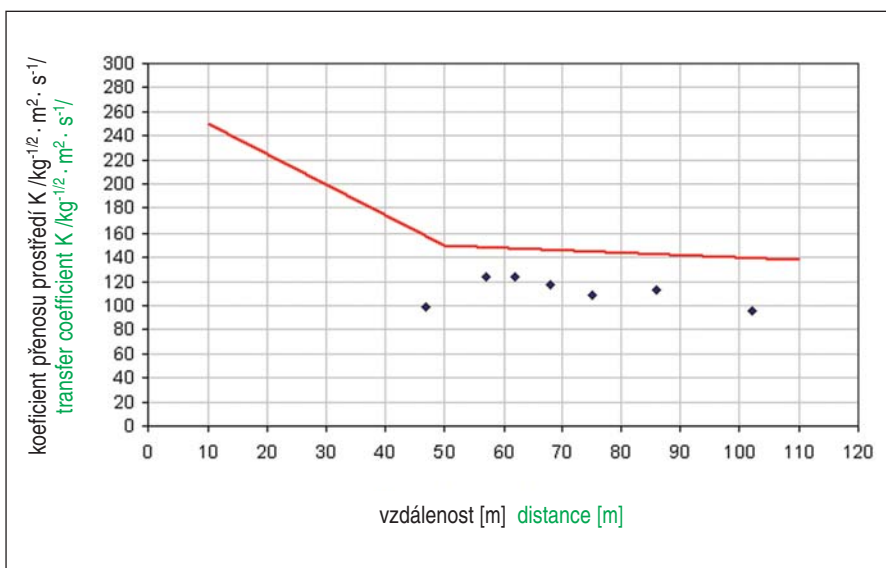


Graf 1 Závislost koeficientu přenosu prostředí K na vzdálenosti od zdroje dynamického namáhání pro tunel Jablunkov – konfrontace s ČSN 73 0040 (červená čára)

Graph 1 Dependence of the coefficient K of the transmission through a ground environment on the distance from the source of dynamical stressing for the Jablunkov tunnel – comparison with the ČSN 73 0040 standard (the red line)

induced by blasting operations using the National Instruments AT-MIO-64E-3 apparatus during the course of the whole construction of the Klimkovice tunnel and carried out the assessment of the seismic loading on the tunnel surroundings. The sensors were installed, among other points, even on the building of the family house No. 798.

The whole tunnel locality is formed by sedimentary rock types of the non-productive Carboniferous period – the culm. The most frequent petrographic type is represented by clayey sediments – claystone and siltstone. They are usually dark grey, thinly tabularly bedded, locally even massive. The occurrence of flysch strata formed by clayey and sandy rock types – greywacke sandstone and greywacke – is very frequent. The rock colour is grey, more coarse-grained rock types are always lighter. The least frequent rock types are represented by sandy sediments – greywacke and greywacke sandstone. The rock is mostly indistinctly bedded up to massive. It very frequently contains tiny clay laminae indicating the bedding character. The Quaternary cover in the tunnel location is mostly formed by deluvial sediments of clayey sandy loams with addition of fragments of parent rock. The content and size of the fragments grow with increasing depth, where the deepest overlying layers assume the character of up to loamy gravel with sharp-edged fragments and debris. The total thickness varies within a rather wide range of ca 0.90m to 11.40m, sometimes even more. In some locations the interface between the Quaternary cover and the weathered bedrock is nearly unrecognisable.



Graf 2 Závislost koeficientu přenosu prostředí K na vzdálenosti od zdroje dynamického namáhání pro tunel Slivenec – konfrontace s ČSN 73 0040 (červená čára)

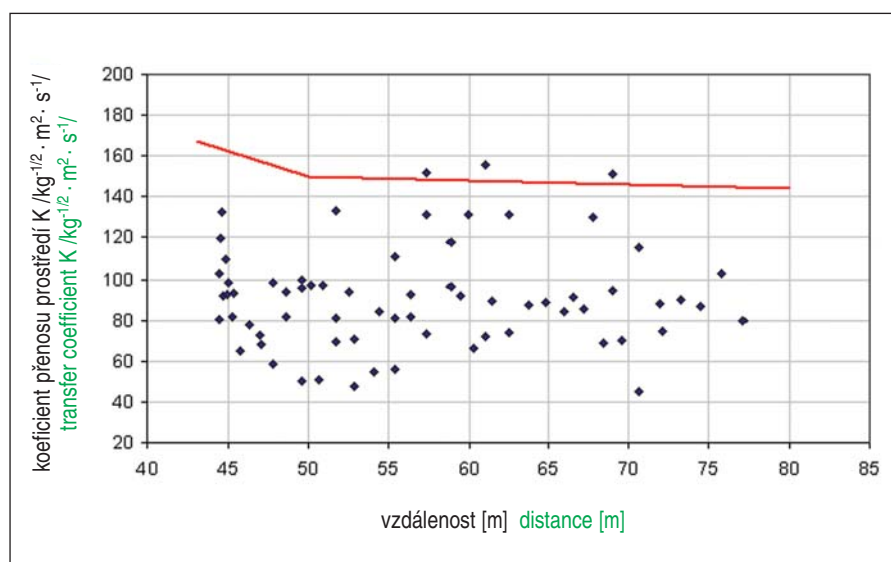
Graph 2 Dependence of the coefficient K of the transmission through a ground environment on the distance from the source of dynamical stressing for the Slivenec tunnel – comparison with the ČSN 73 0040 standard (the red line)

ANALYSIS OF COEFFICIENTS OF VIBRATION TRANSMISSION THROUGH GROUND ENVIRONMENT

Sarsby [9], proceeding from the relations-hip (1), mentions the coefficients K of vibration transmission through a ground environment ranging from 900 to 4000 [$\text{kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] for the limit charge weight per one a delay

Tab. 2 Přehled krajních hodnot konstanty přenosu K pro sledované tunely
Table 2 Overview of extreme values of the transmission constants K determined

	Jablunkov		Slivenec		Klimkovice	
	K1	K2	K1	K2	K1	K2
	337,81	150,26	98,89	95,55	88,19	97,18
$V_{\max}$ [mm.s ⁻¹]	33,78	3,85	4,16	1,85	1,9	1,5
L [m]	10	39	47	102	71,9	50,18
Q [kg]	1		3,9		2,4	0,6



Graf 3 Závislost koeficientu přenosu prostředí K na vzdálenosti od zdroje dynamického namáhání pro tunel Klimkovice – konfrontace s ČSN 73 0040 (červená čára)

Graph 3 Dependence of the coefficient K of the transmission through a ground environment on the distance from the source of dynamical stressing for the Klimkovice tunnel – comparison with the CSN 73 0040 standard (the red line)

(jak již bylo uvedeno výše), pro které je tato norma primárně koncipována.

ZÁVĚR

V příspěvku byla představena analýza koeficientu přenosu prostředí K . Reálné koeficienty K byly získány na základě experimentálních měření v blízké zóně na dvou tunelových stavbách v ČR a datový soubor byl doplněn daty z rutinního seizmického monitoringu na třetí tunelové stavbě. Za základ interpretace měření byla zvolena analýza příslušného Langeforsova vztahu podle ČSN 73 0040 – *Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva*. Koeficient přenosu prostředí K (závisí mimo jiné na podmínkách odstřelu, vlastnostech přenosového prostředí, druhu tržaviny, ...) nabývá ve sledovaném souboru dat hodnot z velmi širokého intervalu (X_0 – X_{00} kg^{-1/2}.m².s⁻¹). Pro každý představený případ byly tedy vypočteny dvě hodnoty konstant přenosu K , a to pro nejmenší (K_1) a největší (K_2) redukovanou vzdálenost $L/Q^{0.5}$ [m.kg^{-0.5}] (při maximální amplitudě rychlosti kmitání v dané redukované vzdálenosti) (tab. 2).

Graf 4 dokladuje poznatek, že pro vzdálenosti pod 50 m (tedy blízkou zónu) mají koeficienty přenosu prostředí K velký rozptyl a tato závislost není dobře definovatelná. Koeficienty K jsou v grafu konfrontovány s empirickými hodnotami koeficientů přenosu prostředí podle ČSN 73 0040 (červená čára) a jak je uvedeno výše, teoretické hodnoty nekorespondují s hodnotami reálnými.

step of 0.4 – 1.6kg, located at the distance up to 100 metres, with the variable coefficient n ranging from 1.7 to 2.2. Concrete coefficients K relating to two tunnel construction projects are mentioned by Pandula [10]. Regarding the Bôrik tunnel, he mentions coefficients of transmission ranging from 60 to 290 for the limit charge weight of 15 – 32kg and for the distance of up to 270m.

Regarding the Banská Bystrica tunnel, the coefficients vary between 35–130 for the limit weight charge of 3.125kg and for the distance of up to 22 metres. The two tunnels were driven through dolomite or limestone. Pandula proceeds from the relationship (2), where the coefficient n is equal to one. The CSN 73 0040 standard is also based on the same modification of relationship (2).

The simplified methodology which was selected for processing the whole data file reads the maximum values of amplitudes of the velocity of vibration for individual components (vertical, horizontal radial and horizontal transversal) and the numeric maximum is calculated subsequently; this fact introduces an error into the calculation, but it is on the safe side:

$$v = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{0.5}. \quad (4)$$

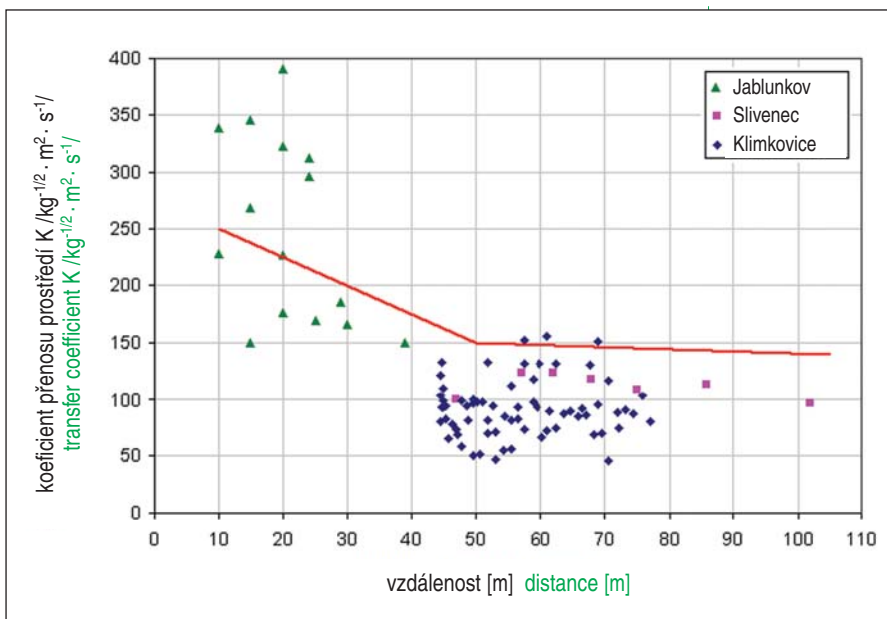
The coefficients K for the transmission through the environment were subsequently calculated from the relationship (3) using the additionally calculated spatial components of the maximum amplitudes of the vibration velocity.

Theoretical coefficients K depending on the distance from the source of dynamical stressing were plotted (linearly interpolated) in the graph on the basis of the CSN 73 0040 standard (the red line). These standard coefficients were compared with the particular coefficients of transmission through ground environment calculated for all three monitored tunnel construction (see Graphs 1, 2, 3).

As mentioned above, the standard takes into consideration general relationships. But it does not take into consideration particular parameters of blasting operations, local geology etc. For that reason, in the above mentioned cases, the real coefficients K of transmission through the ground environment do not correspond to the standard ones. It is also necessary to take into consideration the fact that measurements carried out at small distances are influenced by many more factors than in the cases of measurements conducted at greater distances (as mentioned above), for which this standard is primarily devised.

CONCLUSION

The paper has introduced an analysis of coefficients K of vibration transmission through a ground environment. The real coefficients K were obtained on the basis of experimental measurements in a near zone at two tunnel construction sites in the Czech Republic and the data file was complemented by data obtained by routine seismic monitoring of a third tunnel construction site. The analysis of the relevant Langefors's relationship



Graf 4 Empirické závislosti koeficientu přenosu prostředí K na vzdálenosti pro data ze tří sledovaných tunelů – konfrontace s ČSN 73 0040 (červená čára)

Graph 4 Empirical dependences of the coefficient K of the transmission through a ground environment on the distance for the data obtained from the three monitored tunnel construction sites – comparison with the CSN 73 0040 standard (the red line)

Poděkování: Příspěvek byl zpracován za podpory programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.

prof. RNDr. ZDENĚK KALÁB, CSc.,

zdenek.kalab@vsb.cz,

Ing. MARTIN STOLÁRIK, Ph.D.,

martin.stolarik@vsb.cz,

Ing. MIROSLAV PINKA, miroslav.pinka@vsb.cz,

VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

Recenzovali Reviewed: doc. RNDr. Blažej Pandula, CSc.,

Ing. Jaromír Augusta, Ph.D.

according to the CSN 73 0040 standard on *Loads on Technical Structures by Technical Seismicity* was chosen as the basis of the interpretation of measurements. In the monitored data file, the coefficient K of the transmission through an environment (depending among other effects on the conditions of the blasting event, properties of the transmission environment, the kind of the explosive, ...) assumes values varying within a very wide interval ($X0-X00 \text{ kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). For that reason, two values of the transmission coefficient K were calculated, one for the smallest distance ($K1$) and one for the greatest reduced distance $L/Q^{0.5} [\text{m} \cdot \text{kg}^{-0.5}]$ ($K2$) (at the maximum amplitude of the oscillation at the particular reduced distance) (see Table 2).

Graph 4 documents the finding that the scatter of coefficients K of vibration transmission through a ground environment is great for distances under 50m (i.e. the near zone) and this dependence is not well definable. In the graph, the coefficients K are compared with empirical values of the coefficients of transmission through a ground environment determined according to the CSN

73 0040 standard (the red line); as mentioned above, the theoretical values do not correspond to the real values.

Acknowledgements: The paper was processed with the support provided by the Competence Centre Programme of the Technology Agency of the Czech Republic (TACR) within the framework of the project The Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI), project number TE01020168.

prof. RNDr. ZDENĚK KALÁB, CSc., zdenek.kalab@vsb.cz,

Ing. MARTIN STOLÁRIK, Ph.D., martin.stolarik@vsb.cz,

Ing. MIROSLAV PINKA, miroslav.pinka@vsb.cz,

VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ISAAC, I. D. Effects of constructional vibrations upon an urban environment. In: Earthquake, blast and impacts: Measurements and effects of vibrafon. Elsevier Applied Science, 1991, 442-462
- [2] OZER, U. Environmental impacts of ground vibration induced by blasting at different rock units on the Kadikoy-Kartal metro tunnel. Amsterdam, Engineering Geology, 2008, č. 100, s. 82-90
- [3] NATEGHI, R., KIANI, M., GHOLIPOURI, O. Control negative effects of blasting waves on concrete of the structures by analyzing of parameters of ground vibrafon. Amsterdam, Tunnelling and Underground Space Technology, 2009, č. 24, s. 608-616
- [4] BONGIOVANNI, G. Experimental studies of vibrations caused by blasting for tunnel excavations. In: Earthquake, blast and impacts: Measurements and effects of vibrafon. Elsevier Applied Science, 1991, 201-210
- [5] PANDULA, B. a KONDELA, J. Metodologie seizmiky trhavých prací. Báňská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce – ZSVTS, 2010, 156 s.
- [6] DOJČÁR, O., HORKÝ, J., KOŘÍNEK, R. Trhacia technika. Ostrava: MONTANEX, a. s., 1996, 421 s.
- [7] HOLUB, K. Vibrace vyvolané trhavými pracemi a jejich účinky na podzemní díla, povrchovou zástavbu a na obyvatelstvo. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), řada stavební, roč. VI, č. 2/2006, s. 113-123
- [8] PANDULA, B., BOCAN, J., KONDELA, J. a SASVÁRI, T. Seizmika komorového odstrelu. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), řada stavební, roč. VII, č.2/2007, s. 239-251
- [9] SARSBY, R. Environmental Geotechnics. London: Thomas Telford Limited, 2000
- [10] KALÁB, Z., PANDULA, B., STOLÁRIK, M., KONDELA, J. Examples of Law of Seismic Wave Attenuation. Metalurgija, 2013, Vol. 52, Issue 3, 387-390

STATICKÉ ŘEŠENÍ DVOUPLÁŠŤOVÉHO TUNELOVÉHO OSTĚNÍ STRUCTURAL DESIGN OF DOUBLE-SHELL TUNNEL LININGS

KAREL VOJTASÍK, MAREK MOHYLA, EVA HRUBEŠOVÁ, LUKÁŠ ĎURIŠ

ABSTRAKT

Soudobá tunelová ostění podzemních děl realizovaných Novou rakouskou tunelovací metodou jsou dvouplášťovou strukturou, která je vytvářena dvěma samostatnými stavebně-technologickými procesy. Výsledkem jsou dvě stabilizační konstrukce, vnější primární a vnitřní sekundární ostění. Ostění navzájem zpravidla odděluje tenká izolační vrstva z plastu, která brání průsakům podzemních vod do sekundárního ostění. Obě ostění se od sebe odlišují konstrukcí průřezů, technologií provedení, vazbou na horninové prostředí, pracovní-deformační charakteristikou a dobou nástupu k statické činnosti. Článek uvádí principy statického řešení tunelového dvouplášťového ostění, které berou zřetel na jmenované stavebně-technologické a konstrukční rozdíly ostění a zahrnují rovněž součinnost s přetvářejícím se horninovým prostředím. Statické řešení spočívá v kombinaci analytických a numerických výpočtů.

ABSTRACT

Contemporary linings of underground structures realised using the New Austrian Tunnelling Method are double-shell structures formed by two independent construction technological processes. They lead to two stabilisation structures, external primary and internal secondary linings. The linings are usually separated from each other by a thin plastic waterproofing layer preventing groundwater from seeping into the secondary lining. The two linings differ from each other by the structure of cross-sections, the technology of work, the linkage to the ground environment the working-deformation characteristics and the duration of the process of gaining the structural capacity. The paper presents principles of structural designing of double-shell tunnel linings taking into consideration the above-mentioned construction technological and structural differences between the linings and, in addition, comprises the interaction with the deforming ground environment. The structural design lies in the combination of analytical and numerical calculations.

ÚVOD

Problematika mechaniky podzemních konstrukcí a stability podzemních a důlních děl je stěžejním tématem, dlouhodobě rozvíjeným na katedře geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava především zásluhou osobností profesorů Kittricha a Aldorfa. Kombinovaná ostění důlních a podzemních děl se dostala na program činnosti v sedmdesátých letech minulého století. V té době se na katedře řešil návrh ostění pro vertikální jámy kruhového profilu o hrubém průměru 9 m, umístěné v obtížných geomechanických podmínkách, které dosahovaly hloubek až 1000 m pod povrch terénu. Zajištění stability horninového prostředí v uvedených podmínkách bylo možné jen za použití kombinované konstrukce jámového ostění. To bylo sestaveno z prstenců betonových tvárnic, betonu a ocelových tubingů. Pro statické řešení prstencové konstrukce byla vyvinuta a posléze aplikována analytická metoda homogenizace heterogenního průřezu ostění, založená na teorii spolupracujících prstenců, kterou vypracoval profesor Bulyčev [1]. Následným podnětem pro další rozvoj metody statického řešení kombinovaných ostění bylo zahájení výstavby liniových podzemních děl podle zásad Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Ostění u NRTM tvoří dvě samostatné stabilizační konstrukce, primární a sekundární ostění. Tento příspěvek analyzuje nejběžnější konstrukci primárního ostění, tvořenou z ocelových rámců z příhradových prutů, zastříkaných vrstvami stříkaného betonu (dále jen primární ostění). Primární ostění charakterizují proměnlivá pracovní deformační charakteristika, krátký čas výstavby, okamžitá únosnost, která s časem roste a možnost provedení konstrukčních změn během jeho výstavby s ohledem na aktuální

INTRODUCTION

Problems of the mechanics of underground structures and stability of underground and mine workings are the pivotal theme which has been developed in the long term at the Department of Geotechnics and Underground Structural Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB - Technical University of Ostrava, first of all thanks to professors Kittrich and Aldorf. Combined linings of mine and underground workings got to the programme of activities during the 1970s. At that time the department solved the design of linings for circular profile vertical shafts with the gross diameter of 9m, located in difficult geological conditions, reaching the depths of up to 100m under the terrain surface. Ensuring the stability of ground environment under such difficult conditions was possible only when the combined structure of the shaft lining was used. It was assembled from rings of moulded concrete blocks, concrete and steel segments. An analytical method of the homogenisation of a heterogenic lining cross-section based on the theory of interacting rings devised by Professor Bulycev [1] was developed and subsequently applied for the purpose of the structural design. The subsequent impulse for further developing of the structural method of designing combined linings lied in the commencement of the construction of linear underground structures in accordance with the principles of the New Austrian Tunnelling Method (NATM). At the NATM, the lining is formed by two independent structures, the primary lining and secondary lining. This paper analyses most common primary lining structures consisting of steel lattice arches (girders) with shotcrete layers sprayed on them (hereafter referred to as a primary lining).

geotechnické podmínky. Sekundární ostění vyžaduje delší dobu výstavby, po dosažení zrání betonu má konstantní únosnost a během výstavby nelze měnit jeho konstrukční parametry. Vývoj řešení kombinovaného ostění, tvořeného dvěma konstrukčními soustavami, se soustředil na objektivní zachycení okolností vyplývajících z NRTM. Těmito okolnostmi jsou uzavřený tvar konstrukce ostění, kterým je nejčastěji tvar oblouku (nikoliv tvar kruhu, jak tomu bylo u jam) a proměnlivá tuhost primárního ostění. Zatížení je pak dáno vzájemnou interakcí primárního ostění s horninovým prostředím a mění se s vývojem tuhosti primárního ostění.

PŘEDPOKLADY A PRINCIPY STATICKÉHO ŘEŠENÍ DVOUPLÁŠŤOVÉHO OSTĚNÍ

Primární ostění je formou pažicí konstrukce, jejímž hlavním úkolem je dočasná stabilizace horninového prostředí a zajištění prostoru výrubu podzemního díla po celou dobu potřebnou k vykonání všech stavebních fází výstavby tunelu až do okamžiku zahájení statické činnosti sekundárního tunelového ostění, což zpravidla činí několik měsíců. Vnější plášť – primární ostění zahajuje proces stabilizace horninového prostředí. Stabilizační reakce (pracovně-deformační charakteristika) ostění je proměnlivá, vyvíjí se v čase a je pro ni charakteristický proces postupného nárůstu tuhosti konstrukce. Růst tuhosti je ukončen zpravidla provedením protiklenby. Ta se staví s časovým odstupem, řádově dny až týdny, vzhledem k obloukové konstrukci zajišťující klenbu a boky díla, jež je postavena krátce po realizaci výrubu. Výstavbou protiklenby je ukončena stavba konstrukce vnějšího pláště ostění. Stabilizační reakce primárního ostění je aktivována ihned po zastříkání rámové konstrukce z ocelových prutů (příhradových), zajišťující klenbu a boky výrubu. Reakce se postupně vyvíjí v úzké interakci s přetvářejícím se horninovým prostředím (obr. 1) a následnými operacemi výstavby ostění.

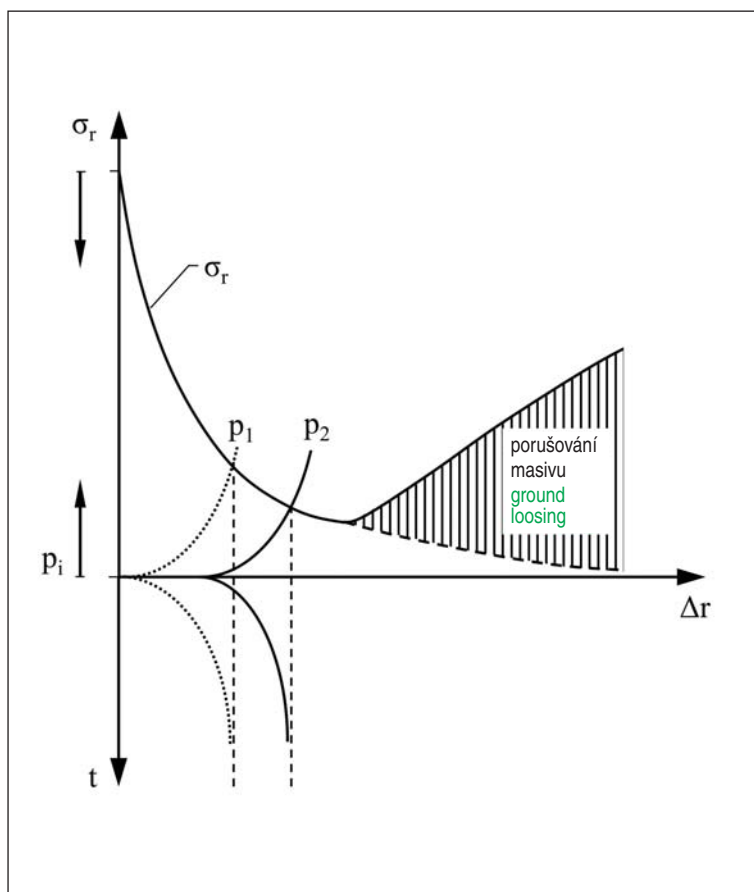
Po stavebním dokončení vnějšího pláště velikost stabilizační reakce odpovídá hodnotě nezbytné k stabilizaci horninového prostředí, tj. k zastavení a ukončení jeho dalšího přetváření. Tento závěr platí pro úspěšnou stabilizaci horninového prostředí. Sekundární ostění je možné provést jen pro stabilizovanou soustavu výrub – horninové prostředí. Statická činnost sekundárního ostění není aktivována ihned po jeho stavebním dokončení, neboť horninové prostředí, stabilizované primárním ostěním, to zatím nevyžaduje. Úloha sekundárního ostění spočívá v trvalém zajištění „totální“ stability horninového prostředí, má tedy zabránit dalšímu vývoji porušení horninového prostředí. Tuto podmínku nelze trvale zajistit činností primárního ostění. Tato část dvouplášťové konstrukce není ochráněna před vlivem agresivního působení podzemních vod. Jejich působení vede k pozvolné degradaci primárního ostění a omezené době jeho životnosti. Fyzická součinnost primárního a sekundárního ostění má pouze přechodný charakter, časově omezený na počáteční období činnosti ostění. Potřebná reakce ke stabilizaci horninového prostředí bude s časem postupně transponována z primárního ostění na sekundární ostění. Sekundární ostění musí mít jak dostatečnou únosnost k vytvoření stabilizační reakce, tak i tuhost, která zaručí, že deformace konstrukce nepřekročí hodnoty požadované mezí použitelnosti. Skutečnou součinnost primárního a sekundárního

The primary lining is characterised by a variable working-deformation character, short duration of the construction, load bearing capacity immediately increasing with time and the possibility of carrying out structural changes during its construction taking into consideration current geotechnical conditions. The secondary lining requires a longer construction time; when the concrete curing period is finished, its load-bearing capacity is constant and the structural parameters can no more be changed during the tunnel construction period. The development of the combined lining design, consisting of two structural systems, was concentrated on the objective description of circumstances following from the NATM. These circumstances comprise the closed geometry of the lining structure, most frequently having the shape of a vault (not circular as in the case of shafts) and the variable rigidity of the primary lining. The load is then given by the interaction between the primary lining and the ground environment. It changes with the development of the primary lining rigidity.

ASSUMPTIONS AND PRINCIPLES OF THE STRUCTURAL DESIGN OF A DOUBLE-SHELL LINING

A primary lining is a form of a bracing structure the main task of which is temporary stabilising the ground environment and supporting the excavated space of the underground working throughout the time necessary for the realisation of all tunnel construction phases up to the moment of the commencement of the static action of the secondary tunnel lining, which usually takes several months. The external shell, the primary lining, starts the process of the ground environment stabilisation. The stabilisation response (the working deformation characteristics) of the lining is variable; it develops with time and is characterised by the process of rapidly building up of the structural rigidity. The growth in rigidity is usually terminated by the construction of the tunnel invert. The invert is constructed with a time lag in the order of up to weeks, with respect to the work on the arched structure supporting the upper vault and the excavation sides, which is carried out shortly after the realisation of the excavation. The completion of the invert means the end of the construction of the external shell of the lining. The stabilisation response of the primary lining is activated immediately after the steel frames (lattice girders) supporting the upper vault and sides of the excavation are covered with sprayed concrete (shotcrete). The response develops gradually in a close interaction with the deforming ground environment (see Fig. 1) and subsequent lining construction operations.

When the external shell is structurally complete, the magnitude of the stabilisation response corresponds to the value necessary for the stabilisation of the ground environment, i.e. for stopping and terminating further deformations. This conclusion is applicable in the case of the successful ground environment stabilisation. The secondary lining can be carried out only if the excavation – ground environment system is stable. The structural role of the secondary lining is not activated immediately after the structural completion because, for the time being, the ground environment stabilised by the primary lining does not need it. The role of the secondary lining lies in permanent ensuring the “total” stability of the ground environment, which means that it is required to prevent the ground environment from further disturbing. This



Obr. 1 Pracovně deformační charakteristika součinnosti horninového prostředí s konstrukcí tunelového ostění (σ_r – radiální napětí, p_i – reakce ostění, Δr – radiální posun, t – čas)

Fig. 1 The working-deformation characteristics of the interaction between ground environment and the tunnel lining structure (σ_r – radial stress, p_i – lining response, Δr – radial displacement, t – time)

ostění je nutno vidět v efektivním propojení dvou na sebe navazujících stabilizačních činností primárního a sekundárního ostění, která mají zajistit stabilitu horninového prostředí obklopujícího podzemního díla a jsou navzájem provázány chováním horninového prostředí. Během výstavby díla statická činnost primárního ostění ovlivňuje vývoj napěťo-deformačního stavu v horninovém prostředí. Tuhá pracovně-deformační charakteristika primárního ostění implikuje vyšší hodnoty zatížení působící na ostění a v důsledku i únosnější konstrukci primárního ostění, a tedy i únosnější konstrukci sekundárního ostění. Stabilizace horninového prostředí minimální reakcí primárního ostění vytváří podmínky pro vznik minimálního zatížení a umožňuje použít ostění s nižší únosností. Proměnlivý řízený a kontrolovaný vývoj pracovní charakteristiky primárního ostění umožňuje naplnění postulátu NRTM o aktivní interakci ostění a horninového prostředí a dosažení optimálních podmínek pro trvalou činnost konstrukce ostění, zatíženého minimální hodnotou zatížení. Porozumění a objektivní exaktní vyjádření součinnosti jsou základem návrhu postupu výstavby a volby parametrů primárního ostění. Cílem je vytvořit optimální podmínky, tj. minimalizovat zatížení a poskytnout spolehlivé informace pro návrh parametrů sekundárního ostění. Sekundární ostění je dimenzováno na hodnotu zatížení odvozenou nikoliv z primárního stavu napětí v horninovém prostředí před zahájením výstavby, ale hodnotu odvozenou ze stabilizační reakce, která je nezbytná ke stabilizaci horninového

condition cannot be permanently ensured by the action of the primary lining. This part of the double-shell structure is not protected against the aggressive action of groundwater. Its action leads to the slow degradation of the primary lining and reduction of its life length. The physical interaction between the primary and secondary linings has only a temporary character, the duration of which is restricted to the initial period of the action of the lining. The required response to the stabilisation of the ground environment will be gradually turned over from the primary lining to the secondary lining. The secondary lining has to have both the load-bearing capacity sufficient for developing the stabilisation response and the rigidity guaranteeing that deformations of the structure will not exceed the values required by the serviceability limit state. The real interaction between the primary lining and the secondary lining has to be seen in the effective interconnection of two successive stabilisation activities of the primary and secondary linings, which are designed to provide the stability of the ground environment surrounding the underground structure and are interconnected with each other by the ground environment behaviour. The structural (static) action of the primary lining influences the development of the stress-strain state of the ground environment. The rigid working-deformation characteristics of the primary lining imply higher values of the load acting on the lining and, as a result, even the higher load-bearing capacity of the secondary lining. The stabilisation of the ground environment attended by a minimum response of the primary lining creates conditions for the origination of minimum loading and allows for using a lower load-bearing capacity lining. The variable controlled and

monitored development of the working-deformation characteristics of the primary lining allows for fulfilling the NATM postulate regarding the active interaction between the lining and the ground environment and for achieving optimum conditions for the continuing action of the lining structure exposed to a minimum loading value. The understanding and the objective exact expression of the interaction are the bases of the design of the construction procedure and the selection of the primary lining parameters. The objective is to create optimum conditions, i.e. to minimise the loads and provide reliable information for designing the secondary lining parameters. The secondary lining dimensions should be designed for the loading value which is derived from the primary state of stress in the ground environment before the commencement of excavation operations. Instead, it is designed for the value derived from parameters of the stabilisation response which is necessary for the stabilisation of the ground environment. The parameters of the secondary lining are proposed and the dimensions designed in accordance with the principles of construction and structural mechanics of unreinforced concrete structures or reinforced concrete structures.

ANALYTICAL METHOD

The analytical variant of the solution to the combined lining (multi-shell lining) is based on the theory of interacting rings and homogenisation of a heterogeneous cross-section of the lining. The algorithm of homogenisation is based on the

prostředí. Návrh a dimenzování parametrů sekundárního ostění se provede podle principů stavební mechaniky konstrukcí z prostého betonu nebo železobetonové konstrukce.

ANALYTICKÁ METODA

Analytická varianta řešení kombinovaného ostění (víceplášťového ostění) je založena na teorii spolupracujících prstenců a homogenizaci heterogenního průřezu ostění. Algoritmus homogenizace vychází z analytického modelu pro výpočet napětídeformačního stavu ve vícevrstevném kruhovém prstenci, který byl formulován Bulyčevem. Tento analytický model využívá pro stanovení napětí s_q , s_r , t_{rq} teorii analytických funkcí komplexní proměnné, teorii komplexních potenciálů φ , ψ a funkce Kolosova.

$$\sigma_\theta - \sigma_r + 2i\tau_{r\theta} = 2e^{2i\theta}[z\varphi''(z) + \psi'(z)]$$

$$\sigma_\theta + \sigma_r = 2[\varphi'(z) + \overline{\varphi'(\bar{z})}] = 4\text{Re}[\varphi'(z)]$$

Základní předpoklad řešení je, že se vnější zatížení (normálové i smykové) prstence přenáší jednotlivými vrstvami pomocí tzv. přenosových koeficientů, které jsou odvozeny z podmínky spojitosti deformací na jednotlivých kontaktech prstenců. Přenosové koeficienty jsou funkcemi tloušťky prstenců a přetvárných charakteristik materiálů vrstev (Poissonovo číslo, modul pružnosti). Dále jsou vypočteny přerozdělovací koeficienty tangenciálních napětí. Tyto slouží k přepočtu stavů napětí v homogenizovaném průřezu na stav napětí v jednotlivých prstencích a materiálech, ze kterých jsou prstence vytvořeny. Úplný výklad metody, včetně ilustračního příkladu, byl publikován v [2]. Statické řešení primárního ostění analytickou metodou homogenizace spočívá ve výpočtu hodnoty modulu pružnosti průřezu primárního ostění (E_{HOMO}) a přerozdělovacích koeficientů tangenciálních napětí pro základní stavební stavy průřezu primárního ostění (schéma na obr. 2) pro velikost vnějšího zatížení primárního ostění:

- rámová konstrukce z ocelových příhradových prutů a první vrstva stříkaného betonu (SB), která není tuhá a tedy se nepodílí na stabilizační reakci;
- započtení první vrstvy SB;
- zesílení průřezu druhou vrstvou SB, modul pružnosti obou vrstev SB je různý;
- modul pružnosti obou vrstev SB je stejný a jeho hodnota reprezentuje stav po dokončení tuhnutí betonu.

Obr. 3 uvádí graf průběhů rozložení napětí v homogenizovaném průřezu a stavy napětí v betonu a oceli heterogenního průřezu primárního ostění, vypočtené s využitím přerozdělovacích koeficientů tangenciálních napětí.

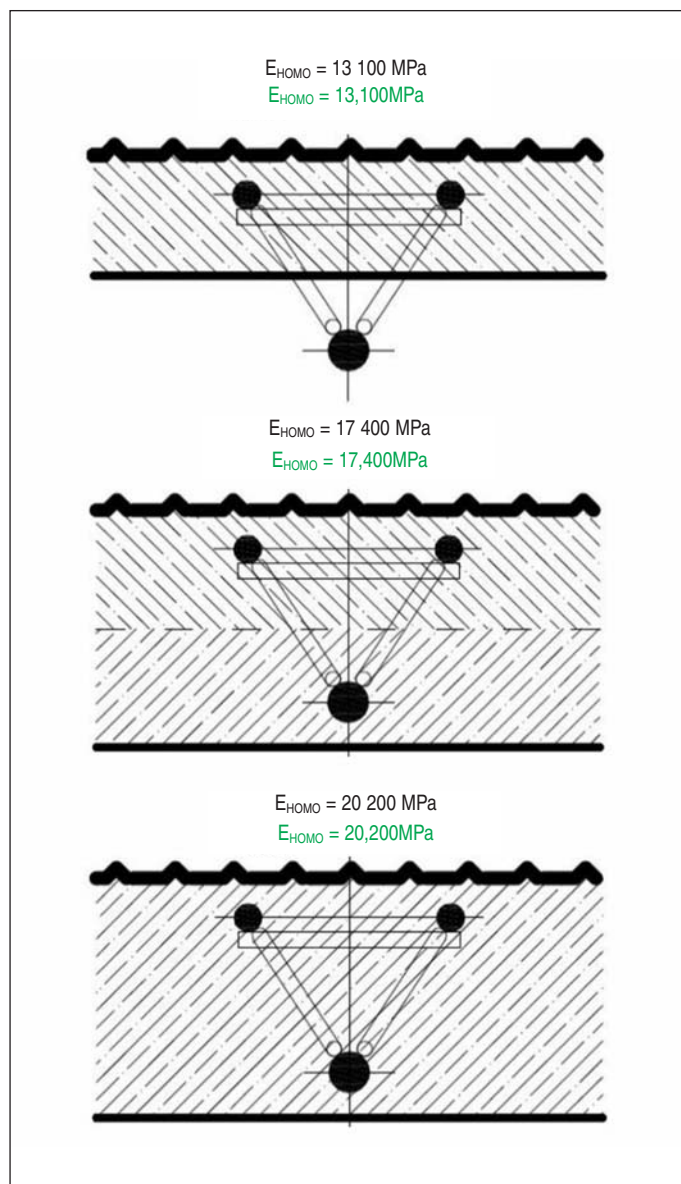
Statické řešení kombinovaného ostění analytickou metodou je uskutečnitelné pro osově symetrické tvary děl a konstantní geometrické a mechanické parametry prstenců po celém obvodu díla. Metoda je vhodná pro řešení stabilizace bez možnosti fázování výstavby a změny mechanických parametrů během výstavby. Nelze je uplatnit, jestliže jsou vstupní parametry proměnlivé, kdy proces stabilizace horninového prostředí tvoří posloupnost na sebe navazujících konstrukčních stavů. Tyto situace je možno řešit numerickými metodami.

analytical model for the calculation of the stress-strain state in a multi-layer circular ring formulated by Bulyčev. For the determination of stresses s_q , s_r , t_{rq} , this analytical model uses the theory of analytical functions of one complex variable, the theory of complex potentials φ , ψ and Kolosov functions.

$$\sigma_\theta - \sigma_r + 2i\tau_{r\theta} = 2e^{2i\theta}[z\varphi''(z) + \psi'(z)]$$

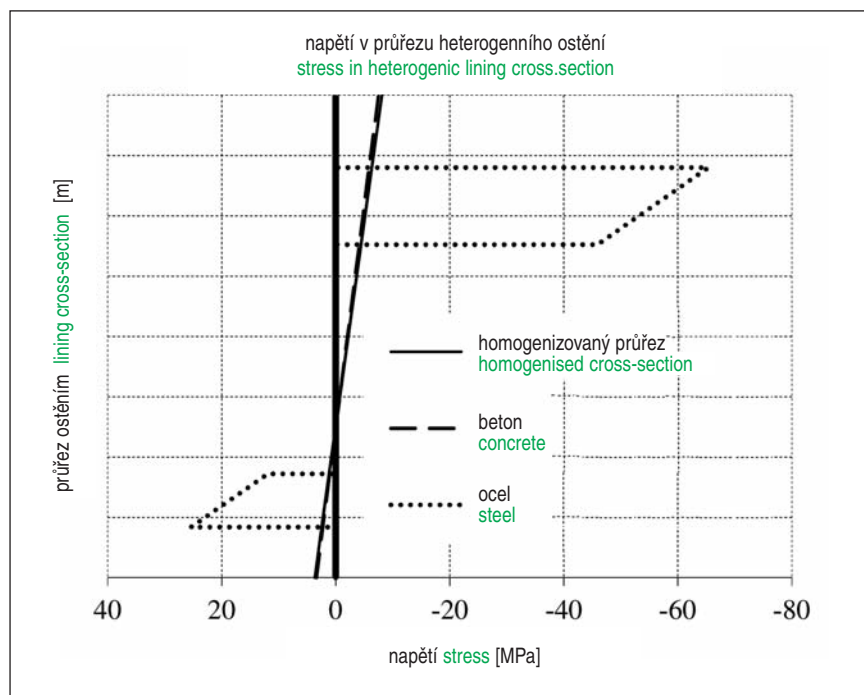
$$\sigma_\theta + \sigma_r = 2[\varphi'(z) + \overline{\varphi'(\bar{z})}] = 4\text{Re}[\varphi'(z)]$$

The fundamental assumption of the solution is that the rings transmit external loading (normal as well as shear) through individual layers by means of the so-called transmission coefficients, which are derived from the condition of continuous deformations on individual contacts between rings. The transmission coefficients are functions of the thickness of the rings and stress-strain properties of the materials forming the layers (Poisson's ratio, modulus of elasticity). Further calculated are redistribution coefficients of tangential stresses. They are used for the recalculation of states



Obr. 2 Etapy výstavby průřezu primárního ostění ze dvou vrstev stříkaného betonu a ocelových příhradových oblouků

Fig. 2 Stages of construction of the primary lining cross-section consisting of two layers of sprayed concrete and steel lattice girders



Obr. 3 Průběh rozložení napětí v homogenizovaném a heterogenním průřezu primárního ostění
Fig. 3 The stress distribution pattern in homogenised and heterogeneous primary lining cross-section

ANALYTICKO-NUMERICKÁ METODA

Analyticko-numerická metoda statického řešení primárního ostění implementuje model homogenizovaného heterogenního prstencového průřezu primárního ostění (E_{HOMO}) a přerozdělovací koeficienty tangenciálních napětí, jež jsou výstupem analytické metody, do dílčích statických řešení stavebních fází primárního ostění, která jsou provedena numerickými výpočtovými modely (obr. 3). Dílčí a konečné výsledky napětí v prvcích, které modelují konstrukci ostění (model homogenizovaného heterogenního prstencového průřezu primárního ostění) v numerických modelech, jsou následně přepočítány podle analytické metody zpět na napětí v betonu a oceli heterogenního průřezu primárního ostění. Výsledky analytické a analyticko-numerické metody byly ověřovány numerickým modelem, který zachoval geometrickou i materiálovou stavbu průřezu primárního ostění (obr. 4).

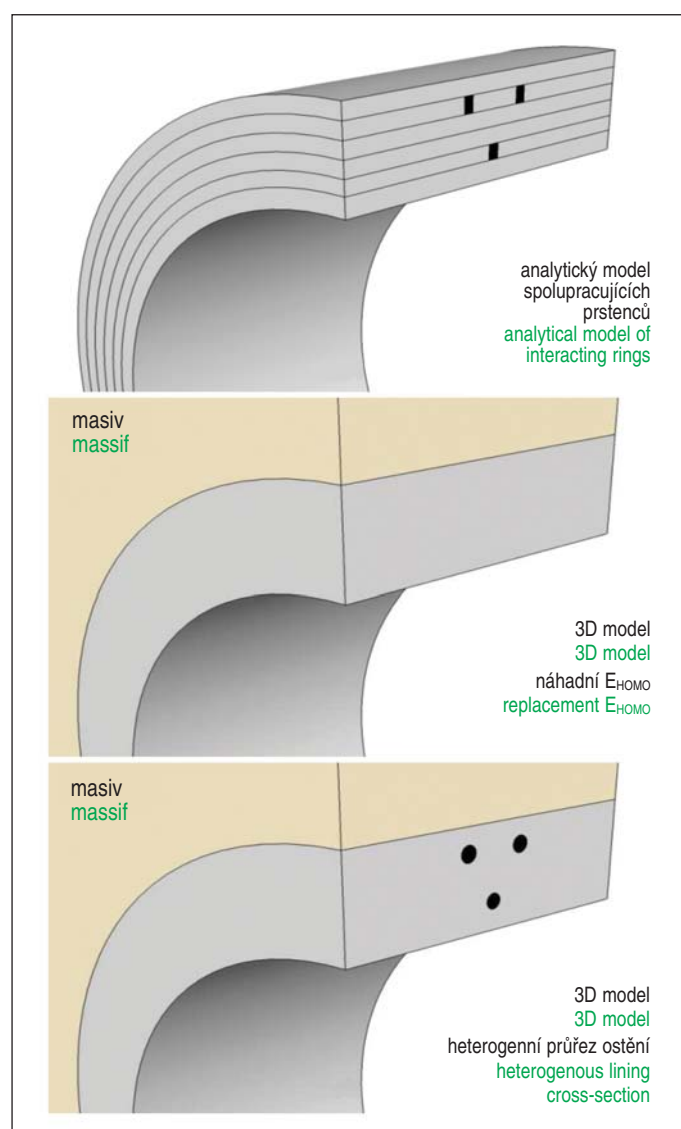
Ukázka výsledků statického řešení primárního ostění analyticko-numerickou a numerickou metodou jsou prezentovány v diagramech na obr. 5. Diagramy uvádějí průběhy napětí v průřezu primárního ostění pro obě formy modelování průřezu, homogenizovaný i heterogenní průřez na řezu, umístěném na boku konstrukce ostění.

Výsledky vypočtených hodnot napětí v betonu primárního ostění pro obě metody jsou identické. U ocelových prvků se hodnoty napětí liší, nicméně rozdíly jsou malé a nečiní více než 5%.

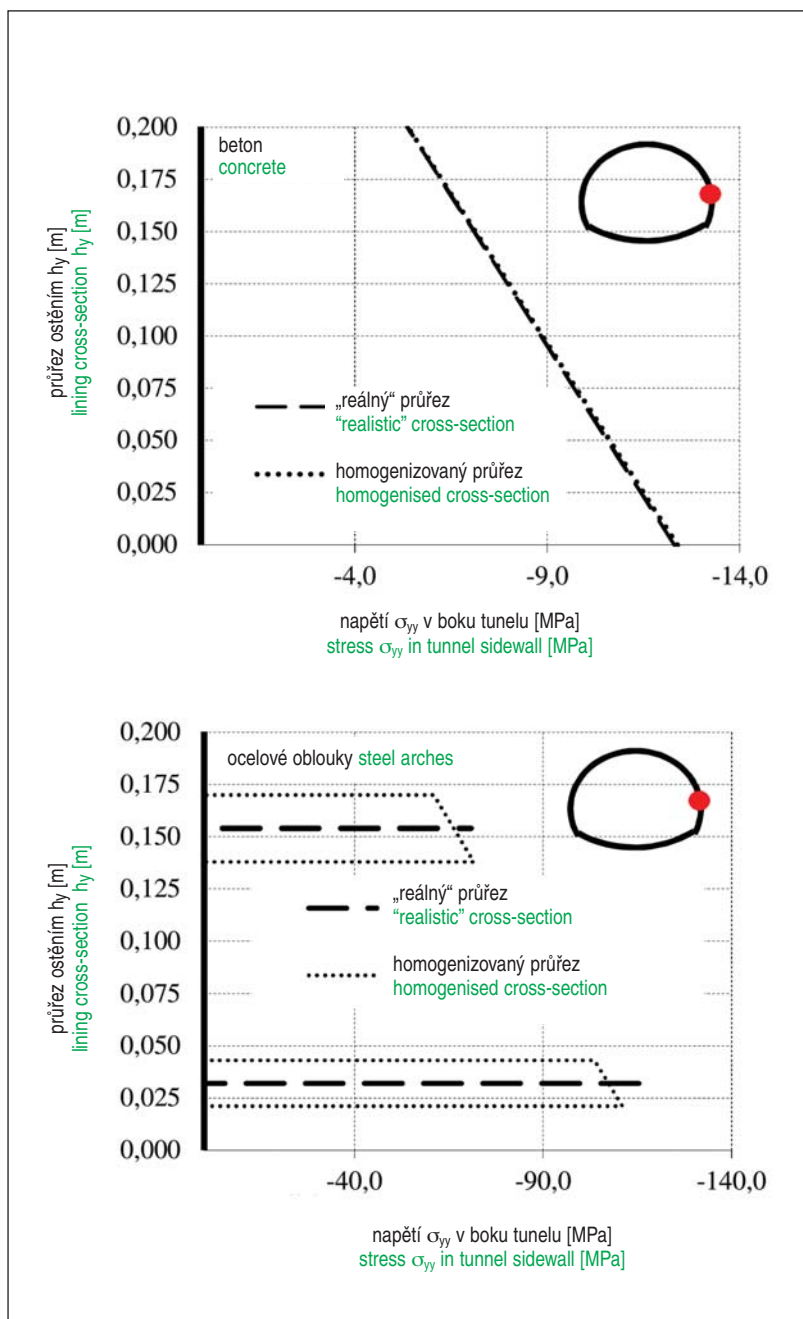
Užití pouhého numerického výpočtu může činit provedení statického řešení primárního ostění analyticko-numerickou metodou nepotřebným. Nicméně je zde jedna okolnost, která znesnadňuje jeho širší rozšíření. Touto okolností je příprava výpočetního modelu, kterou komplikuje diskretizace konstrukce průřezu primárního ostění. Na homogenizovaném materiálu je diskretizace bezproblémová, umožňuje vytvářet model v neomezené délce úseku primárního ostění s různými

of stress in the homogenised cross-section to the state of stresses in individual rings and materials from which the rings are formed. The complete explication of the method, including an illustrating example, was published in [2]. The structural design of a primary lining using the analytical method of homogenisation lies in the calculation of the value of the modulus of elasticity of the primary lining cross-sections (see the chart in Fig. 2) for the fundamental structural states of the primary lining and the magnitude of the external loads acting on it:

- a frame structure from steel lattice girders and the first layer of sprayed concrete (SC) which is not rigid and therefore does not participate in the stabilisation response;
- incorporation of the first SC layer into calculation
- reinforcement of the cross-section by the second SC layer; moduli of elasticity of the two SC layers are different;



Obr. 4 Schéma výpočetních modelů
Fig. 4 A chart of calculation models



Obr. 5 Srovnání metod výpočtu napětí analyticko-numerickou a numerickou metodou
Fig. 5 Comparison of stress calculation methods using analytical-numerical and numerical methods

variantami členění čelby díla a hodnotami tuhosti průřezu primárního ostění.

Obr. 6 uvádí část analyticko-numerického modelu primárního ostění tunelu oválného tvaru, na kterém byla provedena výpočtová analýza vývoje napětí během jednotlivých stavebních etap a stabilizačních fází primárního ostění.

Diagramy na obr. 7 uvádí výsledky vypočtených hodnot průběhů napětí v průřezích primárního ostění v bodě A. Z diagramů plyne, že stav napětí se vyvíjí v závislosti na vzdálenosti od čelby díla a nakonec se stabilizuje na stálé hodnotě. Výsledky ze stabilizovaného stavu lze využít k odvození očekávaného budoucího zatížení sekundárního ostění.

Tabulkový diagram na obr. 8 shrnuje vývoj hodnot modulu pružnosti homogenizovaných průřezů (E_{HOMO}) v konstrukčních páslech primárního ostění během stavebních fází provedení primárního ostění tunelu.

- modulus of elasticity of the two SC layers is identical and its value represents the condition after the end of concrete setting time.

Fig. 3 presents a graph of the distribution of stress in a homogenised cross-section and states of stress in the concrete and steel of the homogenised primary lining cross-section, which are calculated using the redistribution coefficients of tangential stresses.

The structural design of the combined lining is viable for axially symmetric geometries of underground workings and geometrical and mechanical parameters of the rings constant throughout the circumference of the underground working. The method is suitable for designing the stabilisation without the possibility of phasing the construction work and without changes in mechanical properties during the course of the construction. It cannot be applied when the input parameters are variable, when the process of stabilisation of the ground environment forms a sequence of successive structural states. These situations can be solved using numerical methods.

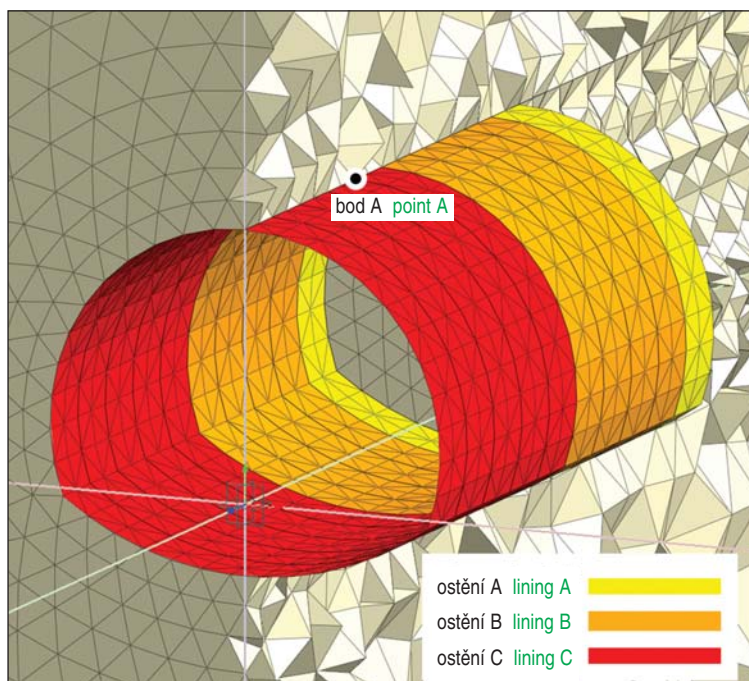
ANALYTICAL-NUMERICAL METHOD

The analytical-numerical method of the primary lining structural design implements the model of the homogenised heterogeneous circular cross-section of the primary lining (E_{HOMO}) and the redistribution coefficients of tangential stresses which are the output of the analytical method into partial structural solutions to the primary lining phases which are carried out using numerical calculation models (see Fig. 3). The partial and final results of the stresses in the elements modelling the lining structure (the model of a homogenised heterogeneous circular cross-section) in numerical models are subsequently recalculated in accordance with the analytical method back to the stress in concrete and steel of the heterogeneous cross-section of the primary lining. The results of the analytical and analytical-numerical methods were verified by a numerical model which maintained the geometrical and material structure of the primary lining cross-section (see Fig. 4).

Examples of the results of the structural design of the primary lining using the analytical-numerical and numerical methods are presented in diagrams in Fig. 5. The diagrams present histories of stress in the primary lining cross-section for both forms of the cross-section modelling, homogenised and heterogeneous on the cross-section, located on the side of the lining structure.

The results of the calculated values of stress in the primary lining concrete are identical. In the cases of steel elements, the values of stress differ; nevertheless, the differences are small, not exceeding 5%.

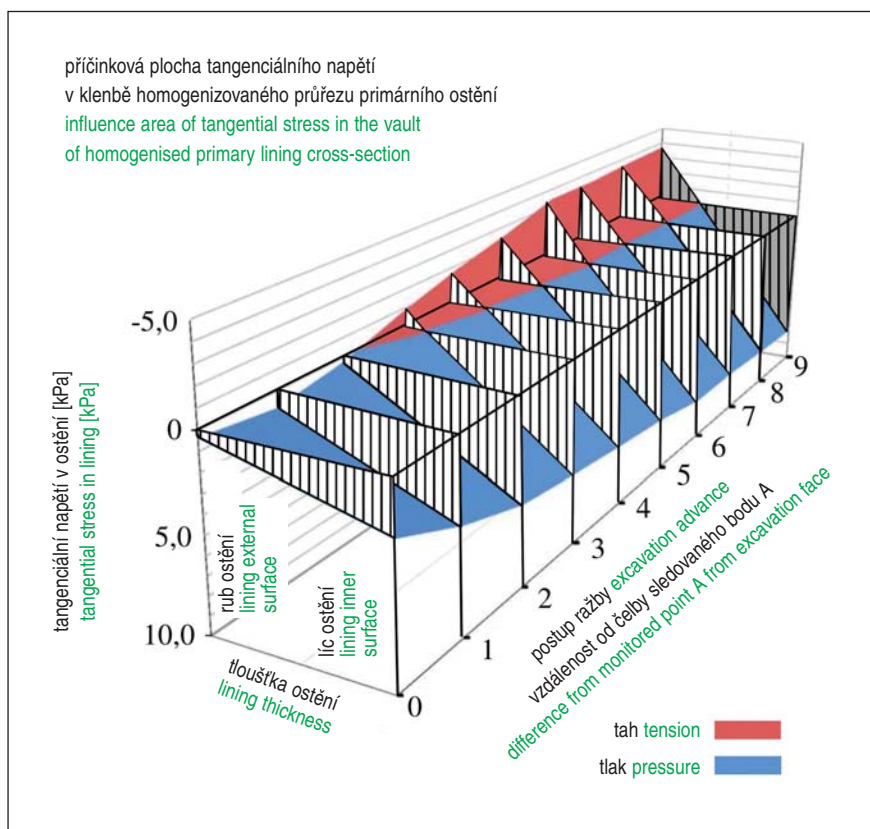
The application of a numerical calculation only may render the execution of the structure of the primary lining cross-sectional design using the analytical-numerical method unnecessary. Nevertheless, there is one circumstance here which



Obr. 6 Výřez z 3D modelu výrubu a zajištění tunelu primárním ostěním
Fig. 6 A detail of the 3D model of tunnel excavation and support with primary lining

Kombinace analytického modelu průřezu primárního ostění s numerickými metodami rozšiřuje statické řešení ostění o možnosti:

- individualizovat objektivní geomechanické okolnosti;
- provádět variantní výpočty pro fakultativní technologické okolnosti realizace a parametry primárního ostění;



Obr. 7 Vývoj napětí v průřezu primárního ostění v klenbě tunelu v bodě A v závislosti na vzdálenosti od čelby
Fig. 7 The development of stresses in the primary lining cross-section in the tunnel vault in point A depending on the distance from the excavation face

makes its wider spreading more difficult. This circumstance lies in the preparation of the calculation model, which is complicated by the discretisation structure. In the case of the homogenised material, the discretisation is problem free, allowing for developing a model for an unlimited length of the primary lining section with various variants of the face excavation sequences and various values of the primary lining cross-section rigidity.

Fig. 6 presents the part of the analytical-numerical model of the oval primary tunnel lining which the calculation analysis of the development of stresses was carried on during the course of individual construction stages and stabilisation phases of the primary lining.

Diagrams in Fig. 7 present the results of the calculated values of the history of stress in primary lining cross-sections in point A. It follows from the diagrams that the state of stress develops in dependence on the distance from the excavation face and finally stabilises itself at a permanent value. The results from the stabilised state can be used for deriving the expected future loads acting on the secondary lining.

The table diagram in Fig. 8 summarises the development of the moduli of elasticity of homogenised cross-sections (E_{HOMO}) in construction blocks of the primary lining during the course of construction phases of the work on the primary tunnel lining.

The combination of the analytic model of the primary lining cross-section with numerical methods extends the structural design by adding the following options:

- Individualisation of objective geomechanical circumstances;
- Carrying out variant calculations for facultative technological options of the realisation and parameters of the primary lining;
- Monitoring of the behaviour (strain) of the primary lining and the ground environment.

The analytical-numerical method allows for assessing the load-bearing capacity of the primary lining on the basis of internal forces in the primary lining structure and designing the primary lining structure and parameters taking into consideration the conditions given by the particular ground environment. The analytical-numerical method even allows for deriving the value of the loads acting on the primary lining from the final stress-strain state in the primary lining.

CONCLUSION

Double-shell linings acting under the NATM conditions were examined by calculations carrying out structural designs adopting three approaches – analytical, analytical-numerical and 3D analytical. The above-mentioned problems were solved by the university department through two institutional projects. One of them, the GA103/09/1438 project titled “The research into deformational

- sledovat chování (přetváření) primárního ostění a horninového prostředí.

Analyticko-numerická metoda umožňuje provedení posouzení únosnosti primárního ostění na základě vnitřních sil v konstrukci primárního ostění a navrhnout konstrukci a parametry primárního ostění s ohledem na podmínky dané horninovým prostředím. Z konečného napěťodeformačního stavu v primárním ostění analyticko-numerická metoda umožňuje rovněž odvodit hodnoty zatížení sekundárního ostění.

ZÁVĚR

Dvouplášťové ostění, pracující v podmínkách NRTM, bylo zkoumáno výpočty, které prováděly statická řešení třemi přístupy – analyticky, analyticko-numericky a 3D numericky. Uvedenou problematiku katedra řešila dvěma institucionálními projekty, z nichž jeden byl zaměřen přímo na primární ostění, jednalo se o projekt GA103/09/1438 Výzkum přetvárných a pevnostních vlastností ostění ze stříkaného betonu vyztužených tuhými ocelovými prvky. Druhý projekt GA103/98/0135 Výzkum a vývoj metod inverzní analýzy geomechanických jevů v podzemních dílech se zabýval přímými optimalizačními postupy inverzní analýzy pro objektivizaci charakteristik horninového prostředí s využitím dříve uvedených analytických metod. V současné době katedra pokračuje v badatelské práci a v rámci projektu TE01020168 Centra pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI) dále rozvíjí problematiku návrhu tunelových ostění. Řešitelům se zatím nenaskytla příležitost verifikovat výsledky řešení uvedených metod provedením měření na skutečných konstrukcích.

PODĚKOVÁNÍ

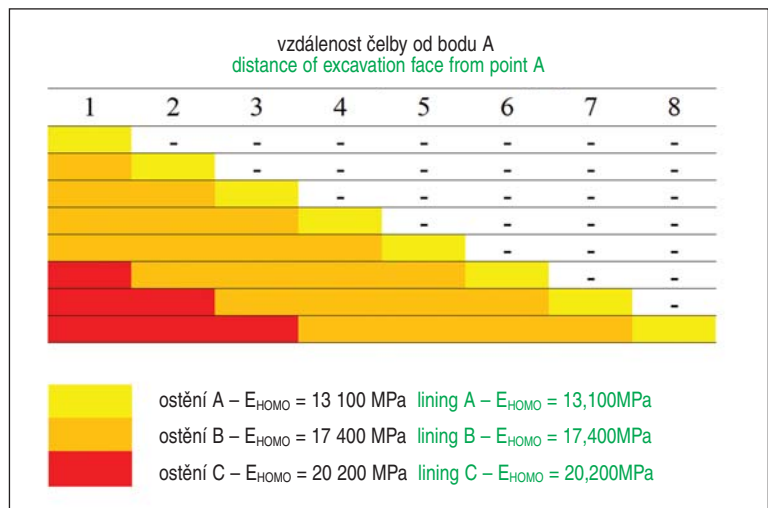
Příspěvek byl zpracován za podpory programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.

doc. Ing. KAREL VOJTASÍK, CSc.,
karel.vojtasik@vsb.cz,

Ing. MAREK MOHYLA, marek.mohyla@vsb.cz,
doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,

Ing. LUKÁŠ ĎURIŠ, Ph.D., lukas.duris@vsb.cz,
VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební

Recenzovali Reviewed: Ing. Jaromír Zlámal,
doc. Dr. Ing. Jan Pruška



Obr. 8 Diagram vývoje hodnot modulů pružnosti homogenizovaných průřezů primárního ostění (E_{HOMO})

Fig. 8 Diagram of the development of the moduli of elasticity of homogenised primary lining cross-sections (E_{HOMO})

and strength-related properties of sprayed concrete linings reinforced with rigid steel elements” was focused directly on primary linings. The other project, GA103/98/0135 titled “The research and development of methods of the inversion analysis of geomechanical phenomena in underground excavation structures” dealt with direct optimisation procedures for the inversion analysis for the objectivisation of ground environment characteristics using the above-mentioned analytical methods. At present, the department continues to carry out research activities within the framework of the TE01020168 project of the Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI) and further develops the problematics of the tunnel lining design. The solvers have not yet been given the opportunity for verifying the results of the solutions to the above-mentioned methods by conducting measurements on real structures.

ACKNOWLEDGEMENTS

The paper was processed with the support provided by the Competence Centre Programme of the Technology Agency of the Czech Republic (TAČR) within the framework of the project The Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI), project number TE01020168.

doc. Ing. KAREL VOJTASÍK, CSc.,
karel.vojtasik@vsb.cz,

Ing. MAREK MOHYLA, marek.mohyla@vsb.cz,
doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,

Ing. LUKÁŠ ĎURIŠ, Ph.D., lukas.duris@vsb.cz,
VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BULYČEV, N. C. *Mechanika podzemních sooruzenij*. Moskva: NEDRA, 1982, s. 271
- [2] VOJTASÍK, K., HRUBEŠOVÁ, E., MOHYLA, M., STAŇKOVÁ, J. Určení přetvárných vlastností a stavu napětí v průřezu ocelobetonového ostění. *Tunel*, 2010, roč. 19, č. 4, s. 68-74

FOTOREPORTÁŽ Z EXKURZÍ STUDENTŮ OBORU GEOTECHNIKA FAST VŠB-TU OSTRAVA A Z JEJÍ DALŠÍ ČINNOSTI

PICTURE REPORT FROM EXCURSIONS FOR STUDENTS OF THE GEOTECHNICS FIELD OF STUDY AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OF THE VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA AND OTHER ACTIVITIES OF THE UNIVERSITY



Obr. 1 Exkurze studentů v hlubinném Dole Zabrze (Polsko)
Fig. 1 Student excursion to the Zabrze deep mine (Poland)



Obr. 2 Historický cínový důl Jeroným
Fig. 2 Historic tin mine Jeroným



Obr. 3 Finišer v tunelu Götschka (Rakousko)
Fig. 3 Roadway paver in the Götschka tunnel (Austria)



Obr. 4 Exkurze na Dole Rožná
Fig. 4 Excursion to the Rožná Mine



Obr. 5 Seismická měření v tunelu Jablunkov
Fig. 5 Seismic measurements in the Jablunkov tunnel



Obr. 6 Exkurze do tunelu Sudoměřice
Fig. 6 Excursion to the Sudoměřice tunnel



Komplexní příprava a organizace staveb

K Ryšánce 1668/16,
147 54, Praha 4

tel.: +420 226 066 111
id: 4kifr54

mailbox@pragoprojekt.cz
www.pragoprojekt.cz

Silnice a dálnice
Mosty
Rekonstrukce dopravních staveb
Pozemní stavby
Podzemní stavby
Městská doprava
Technická asistence
Inženýrská činnost
Řízení staveb
Životní prostředí
Energetika a telekomunikace
Průzkumné práce
Dodávka trakčních stožárů
Reprografické práce
Software
Normy
Předpisy

Vývoj software



RoadPAC

Programový systém RoadPAC je výkonný systém pro automatizované projektování silnic a dálnic.

Umožňuje komplexní návrh silniční trasy a silničního tělesa včetně výpočtu kubatur zemních prací, konstrukčních vrstev vozovek a výpočtu vytyčovacích prvků.



KanVOD

Programový systém Kanvod je výkonný systém pro automatizované projektování kanalizačních stok, vodovodů a dalších podzemních liniových objektů.

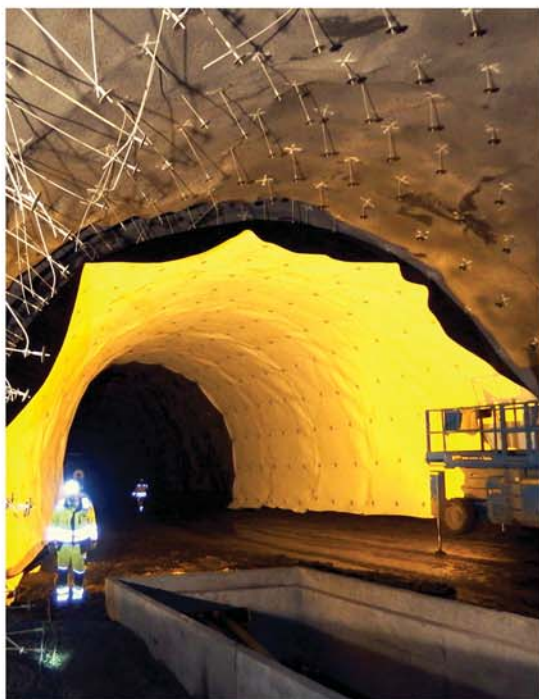
Umožňuje modelovat stoku, vodovod či jiné potrubí a vytvářet grafické přílohy těchto liniových objektů.

Podporovány jsou grafické systémy AutoCAD, BricsCAD a ZWCAD.

www.roadpac.cz

www.kanvod.cz

renesco®



Renesco a.s. zriaďuje hydroizolácie v podzemí i na povrchu a realizuje stavebné projekty od plánovania až po vývoj špeciálnych postupov a systémov.

📍 Panenská 13
811 03 Bratislava
☎ +421 2 5921 4000
🏠 +421 2 5921 4001

✉ info@renesco.com
🌐 www.renesco.com


JUTA

JUTA a.s.
Dukelská 417
544 15 Dvůr Králové nad Labem
tel.: 499 314 270, email: but@juta.cz
www.juta.cz



Tunelové fólie a geotextilie od českého výrobce

JUNIFOL T, JUNIFOL FT, JUNIFOL NT

- polyetylenové izolační fólie se světlou signální vrstvou
- pro ražené i hloubené tunely
- pro různá hydrofyzikální namáhání
- s hladkým nebo texturovaným povrchem
- tloušťky 1,2 až 3,2 mm, šířky až 8,0 m
- zahraniční certifikáty, osvědčení

geoNETEX A PP 500 (800, 1000) B2, geoNETEX ZTV/RIL

- netkané geotextilie z polypropylenových vláken
- snížená hořlavost, maximální šířka rolí 6,5 m
- zahraniční certifikáty, osvědčení


BBC ŠOUN s.r.o.
www.bbcsoun.cz

- JÁDROVÉ VRTÁNÍ DIAMANTOVÝMI KORUNKAMI DO Ø 900 mm
- HLUBINNÉ VRTÁNÍ SE ZARUČENÝM VÝNOSEM JÁDRA
- ŘEZÁNÍ DIAMANTOVÝMI KOTOUČOVÝMI A LANOVÝMI PILAMI
- ŘEZÁNÍ POJÍZDNÝMI ŘEZAČKAMI DO HLOUBKY 500 mm
- KOTVENÍ CHEMICKÝMI A MECHANICKÝMI KOTVAMI HILTI
- KOTVENÍ KOLEJNIC S VYUŽITÍM KOLEJOVÉHO VRTACÍHO VOZÍKU


606 821 017
724 313 394

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

■ **Mimořádné problémy první ražby tunelovacím strojem na Krétě**

V březnu 2015 byla zahájena na Krétě ražba tunelu délky 3,5 km s vnitřním průměrem 4,35 m, který má sloužit zásobování vodou měst Heraklion a Agios. Voda bude proudit ocelovým potrubím pr. 1800 mm, které bude do tunelu vloženo. Pro ražbu byl poprvé na Krétě zvolen tunelovací stroj s řeznou hlavou průměru 4,93 m, za kterým se montuje segmentové ostění. Závěs za štítem a pásový dopravník rubaniny byly speciálně zkonstruovány pro dovrchní ražbu se sklonem 15 %. Prorážka byla plánována na únor 2016, ale nepodařilo se ji uskutečnit ani do konce roku 2016.

Hlavní příčinou je zastižení podstatně odlišných geotechnických podmínek od těch, které byly popsány v zadávací dokumentaci.

Po zarážce, která proběhla v pevné hornině, měla ražba pokračovat v příznivém prostředí homogenního jemně vrstevnatého vápence. Místo toho se po několika metrech stroj překvapivě dostal do prostoru tvořeného starým skalním zřícením, které na strmém svahu pokrytém vegetací nebylo při průzkumu rozpoznáno. Nesoudržný balvanitý materiál byl příčinou nadvýlomů, poškození stroje a obtíží s jeho řízením. Než se pomocí různých opatření překonalo cca 40 m v tomto prostředí, uplynulo pět měsíců (plynulá ražba byla obnovena koncem srpna 2015).

Ve staničení 1404 m štít uvízl v poruchové zóně při přechodu z vápenců do křemitých fylitů, i když nadloží bylo jen 180 m. Stroj byl uvolněn ruční ražbou s ostěním tvořeným svorníky, ocelovými oblouky a stříkaným betonem vyztuženým ocelovou sítí. Ražba byla prováděna z otvoru šířky 60 cm, který vznikl stažením zadní teleskopické části štítu.

Pro další ražbu byly osazeny nové obrysové pracovní nástroje, čímž byl ražený profil zvětšen na 4,96 m. K překonání poruchy byla důležitá rychlá nepřerušovaná ražba s minimálním postupem 15 m/den při aplikaci mazací injektáže.

Dalším problémem byl výskyt jedovatého plynu – sirovodíku, kterým byla nasycena dolomitická hornina od staničení 1538 až 1622. Zjistilo se, že povolená koncentrace plynu v ovzduší tunelu je překročena více než třikrát. Muselo se zintenzivnit větrání, pracovníci v tunelu používali plynové masky a prováděla se častá měření ovzduší, což dohromady znamenalo velké zpomalení ražby na délce přes 80 m.

Ve staničení 2317 m při ražbě ve vápencích byl v červenci 2016 zastižen mimořádně rozsáhlý krasový jeskynní systém, přičemž zadávací dokumentace předpokládala na základě průzkumu krasové jevy šířky maximálně 1 m. Vyplnění kaveren nebylo možné jednak z důvodu obrovské kubatury a také proto, že jeskyněmi tekla v období dešťů voda.

Provedená opatření pro zajištění další ražby byla:

- vyražení přístupové štoly vedle štítu;
- kotvení stropu ve výšce cca 10 m nad dnem jeskyně;
- injektáž podloží v trase ražby;
- vytvoření stabilního násypu na nakloněném dně jeskyně z drobného štěrku, opěra ve směru spádu dna byla vytvořena ze stupňovitě uložených gabionů;
- vybetonování kolébky pro projetí štítu a následné obetonování vnějšího líce smontovaného segmentového ostění.

Vybudoval se také trvalý vstup do krasové kaverny z hotového tunelu.

Lze konstatovat, že první nasazení tunelovacího stroje na Krétě provází opravdu velký výskyt nepředpokládaných problémů.

■ **Stavba vysokorychlostní trati Janov – Milán nabírá na tempu**

V rámci rýnsko-alpského železničního koridoru, který propojí námořní přístavy u Severního moře s přístavem Janov u moře Středozemního, se již intenzivně pracuje na vysokorychlostním propojení Janova s Milánem. Úsek od Janova se nazývá Terzo Valico dei Giovi, je asi 53 km dlouhý a u Tortony se napojuje na stávající trať do Milána.

Současné železniční propojení mezi Janovem a Tortonou má základ v původní trati Passo dei Giovi, která byla postavena okolo roku 1850 a později byla v některých místech upravena s cílem snížit sklon trati a zvětšit poloměry oblouků.

Hlavní tunelářské práce na novém úseku jsou:

- 716 m dlouhý dvoukolejný tunel Compasso, který je již vyražen pod Janovem;
- dva propojující jednokolejné tunely Voltri (2000 m a 2500 m dlouhé);
- tunel Valico dlouhý 27 110 m, který je tvořen dvojicí jednokolejných tunelů a navazuje na tunel Compasso;
- tunel Serravalle dlouhý 7094 m (také dvojice jednokolejných tunelů);
- čtyři přístupové tunely celkové délky 7200 m do tunelu Valico, z nich dva jsou již dokončené a dokončení dalších dvou bylo plánováno na březen 2017.

Z hlavních tunelů bylo začátkem roku 2017 vyraženo přibližně 10 km.

Pokud jde o technologie ražby hlavních tunelů, tak asi 2/3 délky tunelu Valico ve směru od Janova a všechny přístupové tunely budou raženy na plný profil (pr. přibližně 9 m; metoda ADECO). Počítá se s průměrným měsíčním postupem 40 m na jednu čelbu. Na zbývající část budou od severu nasazeny dva zeminové štíty Herrenknecht o pr. 9,77 m. Celý tunel Serravalle bude ražen také zeminovými štíty od téhož výrobce, ale jejich průměr bude 9,73 m. Pro ražbu EPBS se uvažuje měsíční průměrný výkon jednoho stroje 165 m/měs. a špičkový výkon až 300 m/měs.

Podle výsledků průzkumu se očekává, že asi na 30 % délky tunelu Valico zastihne ražba velmi složité geotechnické podmínky, v nevelké míře se předpokládá i výskyt hornin obsahujících asbest.

■ **Pokračování výstavby tunelu Rohtang v Himálaji v severní Indii**

Možná by neškodilo občas se podívat, kde ve světě působí čeští geotechnici, což se týká i 8,8 km dlouhého silničního tunelu Rohtang v indickém Himálaji. Tunel se razí metodou Drill and Blast z jižního i severního portálu. Staveniště se nachází v nejsevernějším výběžku Indie mezi Tibetem a Pákistánem, blízko území Kašmíru poblíž městečka Manali. Nadmořská výška stavby je více než 3000 m n. m., což znamená hlavně v zimním období hodně drsné klimatické podmínky.

O ražbě tunelu Rohtang byl přednesen příspěvek na konferenci Podzemní stavby Praha 2016, ve kterém byl zmíněn zatím největší problém ražeb, kterým byla poruchová zóna Seri Nala zastižená ve směru od jižního portálu ve staničení zhruba 2+000 až 2+460. Porucha, která byla vyplněna mixem rozdrčených zemin a říčních oblázků až balvanů s velkými přítoky vody o vydatnosti až 100 l/sec, byla překonána na konci roku 2015.

Rok 2016 znamenal zatím nejúspěšnější období ve výstavbě tunelu – zhotovitel ze směru od jižního portálu postoupil v ražbě kaloty o 1685,55 m, přičemž maximální postup 217,1 m byl dosažen v měsíci dubnu. Razilo se převážně v křemencích a křemenných fylitech. V podobných horninách, vykazujících ovšem podstatně horší parametry, se razilo i ze severu, kde od poloviny května 2016 do konce listopadu téhož roku se postoupilo v kalotě o 564,4 m, takže celkový postup ve zmiňovaném roce činil 2249,95 m, což je doposud nejlepší roční výkon.

Ten byl dosažen přes veškeré obtíže, které vyplývají z ražby pod velmi vysokým nadložím (v loni až 1700 m). Například v biotitických břidlicích jejich tlačivost způsobovala velké deformace primárního ostění. Naopak v pevných křemenných fylitech či magmatických rulách se často projevoval „Rock Bursting“ a „Rock Spalling“ – tzn. odprysky a odlupování hornin projevující se občas výraznými zvuky.

Na tuto stavbu se začátkem března 2017, po rok a půl dlouhé přestávce, vrátil Ing. Radek Bernard, který mezitím stihl v loňském roce od března do prosince pracovat na supervizi tunelů vysokorychlostní železnice v Číně. Další působení na

tunelu Rohtang mu opět nabídla rakouská společnost D2 Consult International GmbH, takže od svého současného nástupu zde řídí celý projekt ze strany supervize (FIDIC – Engineer). Měl by, mimo jiné, dozorovat vyrazení zbývajících 1040 m kaloty převážně ve fylitech s vložkami křemenných žil, případně částečně ve fylitických křemencích, přičemž prořážka je plánována na říjen až listopad 2017.

*(zpracováno podle podkladů dodaných
Ing. Radkem Bernardem)*

■ Zkouška dopravy tanků tunelem pod kanálem La Manche

Britové v závěru roku 2016 provedli zkoušky, které měly prokázat předpoklad, že vojenské tanky lze dopravovat po železnici tunelem pod kanálem La Manche. Do Francie bylo úspěšně převezeno pět tanků. Ministerstvo obrany Spojeného království vydalo prohlášení, že zkoušky byly dlouhodobě plánovány a nesouvisí se současným zvýšeným napětím v Evropě.

■ Podmořský tunel pro kabely ve Velké Británii

V souvislosti s plánovanou výstavbou nové jaderné elektrárny 3,4 GW se připravuje 22 km dlouhý tunel pod mořskou zátokou Morecambe. Tunel by měl mít pr. 5 m a budou v něm uloženy dva vysokonapěťové kabely pro 400 kV. Z bezpečnostních důvodů a pro zajištění potřebné kapacity větrání bude uprostřed zátoky nasypán umělý ostrůvek a z něj vybudována šachta napojená na tunel.

*Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ,
mila_novotny@volny.cz*

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

22. ROČNÍK MEZINÁRODNÍHO SEMINÁŘE ZPEVNĚVÁNÍ, TĚSNĚNÍ A KOTVENÍ HORNINOVÉHO MASIVU A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ V OSTRAVĚ 22ND ANNUAL SEMINAR ON STABILISATION, SEALING AND ANCHORING OF GROUND MASS AND CIVIL ENGINEERING STRUCTURES IN OSTRAVA

This year's traditional international seminar on Stabilisation, sealing and anchoring of ground mass and civil engineering structures was held in the lecture hall of the VŠB – Technical University of Ostrava on 16th and 17th February 2017. The seminar was attended by ca 130 guests from 4 countries. The total of 28 papers was read during the course of the seminar. They were related first of all to applications of sealing and reinforcing materials, anchoring and other stabilisation elements used in mine and underground construction engineering, in ensuring the stability of ground slopes and rock walls, as well as in the field of foundation structures.

Letošní ročník tradičního mezinárodního semináře Zpevnění, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí se konal v aule Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě ve dnech 16.–17. 2. 2017. V úvodu přivítali cca 130 účastníků ze 4 zemí odborní garanti semináře, dále děkan Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava, generální sekretář České tunelářské asociace ITA-AITES a zástupce Českého báňského úřadu. Celkem zaznělo v průběhu semináře 28 příspěvků týkajících se především aplikací těsnicích

a zpevňujících materiálů a dále kotevních a dalších stabilizačních prvků v hornickém stavitelství, podzemním stavitelství, při zajištění stability zemních svahů a skalních stěn i v oblasti základových konstrukcí.

Neobvyklému konstrukčnímu způsobu zajištění stability portálu tunelu Považský Chlmec s využitím želvy vetknuté do pažící konstrukce byl věnován příspěvek autorů z firmy HOCHTIEF CZ a. s. Pozornost jistě zasloužil i příspěvek autorů z firmy Minova Bohemia s.r.o. a Minova International Ltd., který představil možnosti využití dynamických a poddajných horninových svorníků nejen pro využití v hlubinném hornictví, ale i pro výstavbu tunelů ve složitých podmínkách. Kolektiv autorů z firmy Metrostav a.s. prezentoval problematiku aplikace plnoprofilové membránové PE izolace proti průsakům v islandskému tunelu Norðfjörður. Využitím injektážní hmoty CarboPur WF při řešení eliminace přítoků vody zastižených při ražbě podzemních děl nově rozšiřovaného tepelného napaječe Libeň – Holešovice v Praze se zabývali autoři z firmy Minova Bohemia s.r.o. Tato firma v rámci dalšího příspěvku představila nový produkt SuperEkoflex, který je vzhledem ke svému vysokému stupni napětí vhodný

především pro vyplňování volných prostor v podzemí. Použití bazaltových sítí pro opravu drenážní štol vodního díla Morávka prezentovali autoři z firmy AMBERG Engineering Brno, a.s. Úspěšnou realizaci vztlakoměrných vrtů na hrázi akumulární nádrže Homole (součást přečerpávací vodní elektrárny Štěchovice II) s využitím hloubkového vrtání jádrovými vrtačkami v hloubkách přes 15 m a injektážních hmot, včetně nestékové pryskyřice Carbothix, představili ve svém příspěvku autoři z firmy Minova Bohemia s.r.o. a firmy BBC Šoun s.r.o. Příspěvek kolektivu autorů z firem Subterra a.s. a Valbek, spol. s r.o. se zabýval, mimo jiné, nasazením nové generace moderních geodetických prostředků od firmy AMBERG Engineering Brno, a.s. při rekonstrukci tunelu v Teplicích nad Metují.

S principy, využitím a výhodami Building Information Modeling (BIM) v oblasti podzemního stavitelství seznámil účastníky semináře příspěvek autorů z firmy HOCHTIEF CZ a. s.

Firma SG-Geoinženýring s. r. o. prezentovala v rámci letošního ročníku semináře využití vodní suspenze elektrárenského popílku a cementu k sanaci podloží skladovací haly proti termické aktivitě důlního odvalu situovaného v blízkosti základových patek objektu.

Sanací základové desky v podmínkách vysoké hladiny podzemní vody s využitím systému dodatečně vlepených trnů kolem sloupů injektovaných směsí GEOFLEX a CARBOPUR WFA se zabýval příspěvek Ing. Dušičky z firmy LATNER s. r. o. Praktické zkušenosti s využitím geobuněk pro vyztužení zemních těles prezentoval na příkladech pěti staveb kolektiv autorů z firem Unigeo a.s., EDUGEOTECH s.r.o. a Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava. Využitím systému DYNAMAG pro měření statického i dynamického namáhání předpjatých železobetonových konstrukcí, včetně opěrných zdí a zemních kotev, se zabývali autoři z firmy INSET s.r.o.

Aplikaci lanových kotev pro stabilizaci opěrné zdi na slovenské dálnici D1 se věnoval příspěvek autorů z firmy Uranpres spol. s r.o. O aplikaci trvalých pramencových kotev na třech objektech dálnice D8 v ČR (zářez v úseku Řehlovice, pilotová stěna v úseku Dobkovičky, mostní opěry na estakádě Prackovice) referovali autoři příspěvku z firmy Minova Bohemia s.r.o.

Příspěvky zástupců firmy Swietelsky a firmy Maccaferri Central Europe s. r. o. se zabývaly problematikou stabilizace skalních stěn.

Zkušenosti s první aplikací nové dobývací metody chodba – pilř v podmínkách OKR prezentoval společný příspěvek autorů OKD a. s. a Minova Bohemia s.r.o. Účastníky jistě zaujal i příspěvek týkající se kotvení tlačné stolice pro realizaci vyprošťovacího potrubí pro případný zával při zavedení metody chodbicování v podmínkách Severočeských dolů – pro účely kotvení byly využity samozavrtávací kotevní tyče injektované nenapěňovací hmotou GEOFLEX. Na příspěvek z minulého ročníku semináře, týkajícího se likvidace jámy v bývalém dobývacím prostoru Zbýšov, navázal Ing. Kříž, Ph.D. z firmy DIAMO, který prezentoval práce spojené s budováním nových ohlubňových povalů na povrchu dalších již dříve likvidovaných jam v tomto dobývacím prostoru. S výsledky monitoringu chování frikčních svorníků v podmínkách severočeských uhelných dolů, zejména s ohledem na dlouhodobou pevnost ukotvení svorníkových tyčí, seznámil účastníky semináře doc. Šňupárek z Ústavu geoniky AV ČR, který zpracoval příspěvek společně s Ing. Starzycznym z firmy DSI Underground Multitex s. r. o. Řešením výchozí porážky v nízkých slojích OKD, dobývaných mechanizovanou výztuží, se zabýval kolektiv autorů z firem OKD a.s. a Minova Bohemia s.r.o.

Součástí semináře byly i příspěvky účastníků z polské univerzity v Gliwicích. Příspěvky byly zaměřeny na problematiku laboratorního testování propustnosti směsi jemnozrnné zeminy a fluidního popílku, problematiku monitoringu infiltrace dešťových srážek do podloží dopravních staveb a monitoringu negativních důsledků této nežádoucí infiltrace a dále byly prezentovány výsledky laboratorních zkoušek aplikace polyuretanových a organicko-minerálních adheziv pro těsnění a zpevňování porušených hornin a betonových materiálů.

doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,

Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 1/2017

TUNNEL AFTERNOON 1/2017

The first of this year's Tunnel Afternoon events was held on 8th March 2017. It joined two circuits of lectures, so its title was *The Radlice Radial Road and Rock Blasting*. The Tunnel Afternoon was opened by Ing. Ivan Hrdina, the chairman of the Czech Tunnelling Association of the ITA-AITES. Six lectures in total were prepared for the afternoon – four on the Radlice Radial Road and two on the topic of rock blasting. The Tunnel Afternoon was attended by an audience of approximately 100 people. The individual presentations can be found on the CzTA web pages www.ita-aites.cz

První letošní Tunelářské odpoledne, které se konalo 8. března 2017, se od předchozích lišilo tím, že spojovalo dva okruhy přednášek – jeho název byl *Radlická radiála a Trhací práce*. Tunelářské odpoledne zahájil předseda České tunelářské asociace ITA-AITES Ing. Ivan Hrdina.

První část koordinoval Ing. Miroslav Kolečkář. Byly připraveny čtyři přednášky. Jako první seznámil Ing. Aleš Merta (PUDIS a.s.) přítomné s *Celkovou koncepcí Radlické radiály a současným stavem přípravy*. Zmínil historii projektu, průběh investorské přípravy, charakteristiku stavby i novou koncepci. Svou přednášku shrnul přehledem časových milníků, kdy je teoretické zahájení stavby reálné nejdříve v roce 2019.

Ing. Lukáš Grünwald (SATRA, spol. s r.o.) pokračoval s přednáškou *Ražený tunel Radlice*. Uvedl základní technické parametry tunelu Radlice, podélný řez, situaci, vzorové příčné řezy a předpoklady jeho výstavby – je velká pravděpodobnost zastižení krasových jevů.

Ing. Jan Panuška (Subterra a.s.) měl třetí přednášku v pořadí na téma *Realizace průzkumné štoly*. Štola se začala razit v roce 2014, do listopadu 2015 jí bylo vyraženo 850 m a je situována v budoucí severní tunelové troubě. Dále bylo

rozhodnuto o pokračování – bylo vyraženo dalších 180 m, které směřovaly do prostoru budoucí jižní tunelové trouby, práce probíhaly do začátku roku 2017.

Jako poslední před přestávkou vystoupil RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. (PUDIS a.s.) s tématem *Výsledky průzkumných prací*. Popsal prováděný inženýrsko-geologický průzkum a připomněl i mimořádnou událost při ražbě stoky „P“ v roce 1981, kdy došlo k průvalu zvodnělých zemin výplně 100 m hluboké krasové deprese. Obavy z výskytu dalších krasových jevů jsou jedním z důvodů provádění průzkumné štoly.

Po přestávce začala druhá neméně zajímavá část Tunelářského odpoledne na téma *Trhací práce*, kterou měl na starosti doc. Dr. Ing. Jan Pruška (FSv ČVUT). V první polovině pan Ondřej Čermák (Austin Detonator s.r.o.) představil *Průmyslové rozbušky v podzemním stavitelství*. Mezi

hlavní výrobky společnosti patří náložkové trhavy, různé druhy rozbušek apod. Dále uvedl použití některých výrobků na konkrétním příkladu výstavby železničního tunelu v Oslu.

Jak poslední vystoupil pan Vladimír Pravda (Metrostav a.s.) s příspěvkem *Trhací práce nejen v podzemním stavitelství*. Posluchači si mohli udělat představu o postupu při trhacích pracích a díky promítnutým videím se přesvědčili, jaké přesnosti jsou schopni dosahovat lidé pracující s trhavinami (ať při výstavbě, nebo při demolicích).

Celkem se Tunelářského odpoledne zúčastnilo přibližně 100 posluchačů. Jednotlivé prezentace jsou umístěny na webových stránkách CzTA www.ita-aites.cz.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
CzTA ITA-AITES, z. s.

ZINTENZIVNĚNÍ SPOLUPRÁCE MEZI OBORY PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ A ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ ENHANCED COOPERATION BETWEEN UNDERGROUND CONSTRUCTIONS AND URBAN PLANNING PROFESSIONS

The Young Professionals' Think Deep Programme (YPTDP) organised by ISOCARP, ITACUS, Think Deep UK and City of Glasgow on "Rethinking the Clyde Waterfront", was held in Glasgow, United Kingdom, from 23rd to 28th October 2016. The event was an inspiring experience and remarkable example of what a cross disciplinary design approach can bring to our cities. Professionals in urban planning, architecture, tunnelling, geology, civil and geotechnical engineering came together with city officials to research, discuss and design multiple solutions for the brownfields redevelopment.

Z důvodu rostoucí populace je stále větší snaha využít podzemí měst ve větší míře, například jako parkovací prostory nebo jako podzemní dopravní tepny (např. tunel Blanka v Praze). Tento odliv automobilů mimo zastavěné plochy má, i přes vysoké finanční náklady a náročnou technologii výstavby, velké výhody. Lze zmínit zlepšení čistoty vzduchu, změnu využití ploch, které jsou nyní používány jako parkovací a odstavné, na parky či jiná místa, kde by místní obyvatelé

mohli aktivně trávit čas. Pro naplnění těchto vizí v dlouhodobých i krátkodobých plánech, nebo inovativních vizí pro metropole po celém světě, je nutné zajistit úzkou spolupráci mezi profesionály z oboru územního plánování s experty na podzemní stavby. Aby se potřeba této spolupráce dostala do širšího povědomí mladých inženýrů a profesionálů, vznikají workshopy, které spojují lidi z celého světa a snaží se zviditelnit potřebu této kooperace.

Příkladem je YPTDP workshop v Glasgow, který proběhl 23.–28. října 2016 a byl prvním takovým společným počinem organizací ISOCARP (International Society of City and Regional Planners) a ITACUS (International Tunneling and Underground Space Association) tohoto druhu. Myšlenka na pravidelné pořádání akcí tohoto typu, kdy se sejdou mladí profesionálové z různých oborů, vzešla z programu YPPP (Young Planning Professionals Programme). Konkrétně workshop v Glasgow byl zaměřen na revitalizaci břehů řeky Clyde. Současná městská rada si uvědomuje nutnost přiblížit zpátky tuto část města lidem, aby ji využívali a zároveň se zpřístupnily již vybudované atrakce na místě bývalých doků (např. Dopravní muzeum navržené slavnou architektkou Zahou Hadid), v nynější době těžko dostupné. Proto se na týden sešlo 25 mladých profesionálů do 35 let – urbanistů, architektů, geotechniků, tunelářů jak z Velké Británie, tak i ze zámoří, nad kterými dohlíželi zkušení mentoři, univerzitní profesori a i profesionálové se zkušenostmi z významných staveb (obr. 1). Výstupem, předloženým městské radě jakožto objednateli, se stal obsáhlý report s pěti možnými variantami rozvoje brownfieldů kolem řeky Clyde. Studie přispěla především k hluboké analýze vzájemných vztahů mezi městským plánováním a podzemním stavitelstvím.



Obr. 1 Účastníci workshopu v Glasgowě

Fig. 1 Participants of the workshop in Glasgow

CEng., CMgr., MSc. PETR SALÁK

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Od zahájení ražeb severní tunelové trouby Ejpovických tunelů v září 2016 tyto překonaly již polovinu své vzdálenosti. V současné době (začátek dubna 2017) se tunelovací stroj Herrenknecht S-799 v severní tunelové troubě nachází v geologicky komplikované části s nízkým nadložím. Do této chvíle dosahované denní postupy stroje potvrzují účinnost nabížených zkušeností z ražeb jižní tunelové trouby a efektivitu předstihových opatření v podobě podzemních monolitických stěn určených pro bezpečné provádění prací na řezné hlavě a rovněž pro zvýšení bezpečnosti ražbou ovlivněného okolí.

Čilý stavební ruch je v současnosti i v jižní tunelové troubě. Probíhá zde ražba prvních propojek, které jsou raženy v prostředí grafitických břidlic. Na rozdíl od traťových tunelů je v tomto případě prováděna ražba metodou konvenční podle zásad NRTM. Pozvolna se dokončuje také betonáž dna tunelu spolu s betonovou deskou jako základu budoucího železničního spodku. Dokončují se i lokálně specifikované sanační práce tunelového ostění. V průběhu dubna budou již rovněž započaty práce na instalaci technologie v tomto případě na osazování závěsů pro trakční vedení.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

KOLEKTOR HLÁVKŮV MOST

Výstavbu kolektoru provádí sdružení firem Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a. s.

Zadavatelem stavby je Magistrát hl. m. Prahy. Jedná se o výstavbu raženého kolektoru s použitím trhacích prací a mechanického rozpojování, hloubeného kolektoru s kruhovým profilem do 8 m, výstavbu technických a kabelových komor a odbočné větve na ostrově Štvanice. Tento nový kolektor bude propojen se stávajícími kolektory na nábreží L. Svobody, resp. na severním předmostí Hlávkova mostu. Délka ražených úseků (hlavní trasa i komory) bude představovat cca 413 m, celková hloubka čtyř šachet je přibližně 130 m.

Projekt, jeho specifika a význam byly popsány v čísle časopisu Tunel 1/2017. Stejně tak v něm byly popsány aktuálně provedené práce. Od té doby výstavba kolektoru postoupila do další fáze. Důležitým bodem bylo vysvěcení a osazení sochy svaté Barbory dne 22. 3. 2017 za účasti zástupce investora Magistrátu hl. města Prahy radní Jany Plamínkové. Do současné doby, tj. přelom 3. a 4. měsíce 2017, byly dosud provedeny dále popsané práce.

Na těšnovském předmostí bylo vyraženo 30 m kaloty a opěří hlavní kolektorové trasy směrem od šachty J101 k šachtě J102. Společně s tím byla šachta J101 prohloubena na své definitivní dno. Tímto byly ražby od šachty J101 v hlavní trase ukončeny a nyní budou zahájeny práce na ražbě technické komory TK101, nad kterou byl předem zajištěn proplachovací kanál Těšnov – Libeň.

Na ostrově Štvanice bylo na šachtě J102 vyraženo 16 m hlavní kolektorové trasy v kalotě směrem k šachtě J102 a 10 m k šachtě J103. Následně byla do šachty spuštěna

THE CZECH REPUBLIC

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

Since the commencement of driving the northern tunnel tube of the Ejpovice tunnels in September 2016, the completed excavation length has exceeded a half. At the moment (at the beginning of April 2017) the Herrenknecht S-799 tunnel boring machine in the northern tunnel tube is located in a geologically complicated section with a low overburden. The until now achieved daily advance rates confirm the effectiveness of the experience gathered during the course of driving the southern tunnel tube and effectiveness of the measures implemented in advance of the excavation in the form of cast-in-situ diaphragm walls designed to allow safe working on the cutterhead and to improve the safety of the tunnel surroundings affected by the underground excavation.

Busy construction activities are currently proceeding in the southern tunnel tube. Initial cross passages are being driven through the environment formed by graphitic shale. In contrast with the running tunnels, the excavation of the cross passages is carried out using the principles of the conventional NATM. The concreting of the tunnel bottom and the slab foundation of the future track bed is gradually being finished. Even the locally specified rehabilitation work on the tunnel lining is being completed. Even the work on the installation of tunnel equipment, in our case the installation of droppers for the catenary system will commence during April.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

HLÁVKŮV BRIDGE UTILITY TUNNEL

The construction of this utility tunnel is carried out by a consortium of companies consisting of Subterra a. s. and HOCHTIEF CZ a. s.

The Prague City Hall is the project owner. The works contract is concluded for the construction of a mined utility tunnel using rock blasting and mechanical disintegration, a cut-and-cover utility tunnel with a circular cross-section diameter up to 8m, the construction of service and cable chambers and the tunnel branch on Štvanice Island. The new utility tunnel will be interconnected with utility tunnels existing on the Ludvíka Svobody Embankment and on the northern head of Hlávkův Bridge, respectively. The length of the mined sections (the main route and chambers) will amount to ca 413m, the total depth of four shafts is approximately 130m.

The project, its specifics and importance were described in the previous journal issue, TUNEL No. 1/2017. The currently completed work operations were also described in it. Since that time the utility tunnel construction has advanced to the next phase. The consecration and installation of a statuette of St. Barbara on 22nd March 2017 was another important point. The event was attended by Ms Jana Plamínková, a councillor representing the project owner, the Prague City Hall. The following work items have been finished so far, i.e. the end of March and beginning of April. 2017:

kompletní strojní sestava pro ražbu úseku z šachty J102 do šachty J103. Ražba je prováděna mechanickým rozpojováním s použitím důlní frézy Alpine AM50. V současnosti je vyraženo 35 m. Dále u šachty J103 byla kompletně doražena komora TK103, šachta prohloubena a nyní se zde dokončuje ražba žumpovní jímky, do které je celý kolektor vypádován. Na hloubené odbočné větvi vedoucí od šachty J103 směrem k tenisovému stadionu byly dokončeny betonáže podkladních betonů. Odbočná větev je rozdělena na tři dilatační úseky, k dnešnímu dni jsou dokončeny dva úseky izolací dna a stěn, dva úseky betonáže dna a jeden úsek betonáže stěn.

Na holešovické straně byly zahájeny práce spojené se šachtou J104, kde byly provedeny práce speciálního zakládání spočívající ve zhotovení 31 sloupů tryskové injektáže. V současné době jsou zahajovány práce na hloubení šachty.

**Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a.s.,**

**Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.**

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na stavbe úseku diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité súčasťou stavby sú aj tunely Poľana (898 m) a Svrčinovec (445 m), ktoré sa realizujú ako jednorúrovňové s obojsmernou prevádzkou a samostatnou únikovou štôľňou.

Tunel Poľana je 898 m dlhý jednorúrovňový tunel na diaľničnom úseku D3 Svrčinovec – Skalité (obr. 1).

S razením sa začalo 31. 7. 2014 a razilo sa najskôr len zo západného portálu. V dôsledku nepriaznivých geologických podmienok a spomalenia razenia sa v rámci akceleračných opatrení neskôr začalo raziť aj z východného portálu. Tunel bol slávnostne prerazený 7. 9. 2015.

Tunel Svrčinovec je 420 m dlhý jednorúrovňový tunel situovaný na začiatku diaľničného úseku D3 Svrčinovec – Skalité tesne za križovatkou Svrčinovec, s razením sa začalo 30. 10. 2014 a razilo sa zo západného portálu. Tunel bol slávnostne prerazený 23. 6. 2015.

Obidva tunely sú momentálne po stavebnej a technologickej stránke ukončené a prebiehajú funkčné skúšky systému. Sú pripravené na preberanie konania a na spustenie do prevádzky.

Výstavbu úseku zabezpečuje združenie štyroch spoločností: Váhostav – SK, a.s., Doprastav, a.s., Strabag, a.s., a Metrostav SK, a.s.

TUNELY OVČIARSKO A ŽILINA

Na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka s dĺžkou 13,2 km sa nachádzajú dva diaľničné dvojúrovňové tunely: Ovčiarско a Žilina.

Tunel Ovčiarско s dĺžkou 2367 m sa začal raziť 12. 9. 2014.

Severná tunelová rúra – realizuje sa sekundárne ostenie tunela. Ku dňu 4. 4. 2017 je vybetónovaných 140 blokov hornej klenby z celkového počtu 184 blokov, čo predstavuje cca 76 % zrealizovaných prác.

Južná tunelová rúra – prebieha realizácia sekundárneho ostenia, ktorá sa začala 29. 9. 2016. Ku dňu 4. 4. 2017 je vybetónovaných 66 blokov, z celkového počtu 187 blokov, t.j. 35 % zo sekundárneho ostenia hornej klenby (obr. 2).

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojúrovňový tunel realizovaný na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. S razením tunela sa začalo 5. 11. 2014. Priamym zhotoviteľom tunela je

Thirty metres of the top heading and bench excavation of the main utility tunnel route in the direction from shaft J101 toward shaft J102 were finished on the Těšnov bridgehead. Concurrently, the depth of the shaft J101 excavation reached the definitive bottom. It means that the underground excavation from shaft J101 on the main route has been finished and the work on the service chamber TK101 excavation will commence (the flushing sewer between Těšnov and Libeň running above the chamber was stabilised in advance).

On Štvanice Island, the excavation of 16m of the main utility tunnel route was finished in the top heading in the direction of shaft J102 and 10m toward shaft J103. The complete mechanical set for the excavation of the section from shaft J102 to shaft J103 was subsequently lowered down the shaft. The excavation is carried out using mechanical disintegration with Alpine AM50 mine roadheader. Until now, 35m of the excavation have been completed. In addition, the excavation of chamber TK103 at shaft J103 has been completely finished, the shaft has been deepened and the excavation of the cesspool, to which the gradient of the entire utility tunnel is directed, is under completion. The casting of blinding concrete has been finished on the cut-and-cover branch leading from shaft J103 in the direction of the tennis stadium. The utility tunnel branch is divided into three expansion sections; as of today, two sections of the waterproofing bottom and walls, two sections of concreting the bottom and one section of concreting the walls have been finished.

On the Holešovice side, the work associated with shaft J104 commenced. Specialist foundation work lying in the installation of 31 jet grouted columns was finished. At the moment the shaft sinking operations are being commenced.

**Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a.s.,**

**Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.**

THE SLOVAK REPUBLIC POĽANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

There are the Poľana tunnel (898 m) and Svrčinovec tunnel (445m) on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway. Both tunnels are single-tube structures for bi-directional traffic, each with an independent escape gallery.

The Poľana is an 898m long, single-tube tunnel on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway.

The tunnel excavation commenced on 31st July 2014. In the beginning the tunnel was driven only from the western portal. Later, within the framework of acceleration measures, the excavation started even from the eastern portal with respect to unfavourable geological conditions and reduced excavation advance rates. The tunnel was ceremonially broken through on 7th September 2015.

The Svrčinovec tunnel is a 420m long, single-tube structure for bi-directional traffic. It is located at the beginning of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway, just behind the Svrčinovec interchange. The tunnel excavation started from the western portal on 30th October. The breakthrough ceremony took place on 23rd June 2015.

Both tunnels are currently structurally and technologically finished and functional tests of the system are underway. They are prepared for handing over to the client and opening to traffic.



Obr. 1 Tunel Polná – východný portál
Fig. 1 Polná tunnel – eastern portal

spoločnosť Doprastav, a.s. Bratislava a Metrostav a.s. Obe tunelové rúry boli razené v náročných hydrogeologických podmienkach.

Južná tunelová rúra – momentálne sa realizuje sekundárne ostenie tak spodnej, ako aj hornej klenby. Ku dňu 4. 4. 2017 je vybetónovaných 11 blokov sekundárneho ostenia hornej klenby v časti razeného tunela. Celkový počet blokov hornej klenby v JTR v razenej časti tunela je 54 blokov, čo predstavuje rozpracovanosť cca 20 %. Zároveň prebieha príprava portálových častí hornej klenby zo západného portálu.

Severná tunelová rúra – prerážka tunelovej rúry bola v staníc 518,695 m a slávnostne bola prerazená dňa 9. 2. 2017. Momentálne prebieha profilovanie tunela a príprava na realizáciu sekundárneho ostenia (obr. 3).

Výstavbu úseku zabezpečuje združenie štyroch spoločností: Doprastav, a.s., Strabag, a.s., Váhostav – SK, a.s. a Metrostav SK, a.s.

TUNEL ČEBRAŤ

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová je dvojúrovňový tunel Čebrať (1994 m).

V uplynulých mesiacoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, ktoré si vyžadujú rozsiahle zmeny v technickom riešení. Z tohto dôvodu sú v súčasnosti ešte stále práce na tomto tuneli pozastavené.



Obr. 3 Tunel Žilina – osadenie dna šachty s napojením drenážnych rúr
Fig. 3 Žilina tunnel – installation of a manhole bottom with connections for drainage tubes



Obr. 2 Tunel Ovčiarisko – armatúra zosilnenej spodnej klenby STR
Fig. 2 Ovčiarisko tunnel – steel reinforcement of the thickened NTT invert

The construction of the motorway section is provided by a consortium of four companies: Váhostav – SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., and Metrostav SK, a.s.

OVČIARSKO AND ŽILINA TUNNELS

Two twin-tube motorway tunnels, the Ovčiarisko and the Žilina, are located on the 13.2km long Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway.

The 2367m long Ovčiarisko tunnel excavation commenced on 12th September 2014.

Concreting of the secondary lining is underway in the northern tunnel tube. As of 4th April 2017, the concreting of 140 blocks of the upper vault of the total number of 184 blocks (representing ca 76% of the total number) has been finished.

In the southern tunnel tube, the realisation of the secondary lining is underway. It commenced on 29th September 2016. As of 4th April 2017, 66 concrete casting blocks of the total number of 187 have been finished, representing 35% of the secondary lining of the upper vault.

The Žilina tunnel is a 687m long twin-tube structure under construction on the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. The tunnel excavation operations commenced on 5th September 2014. The direct contract for the tunnel construction was concluded with Doprastav, a. s., Bratislava and Metrostav a.s. Both tunnel tubes were driven through complicated hydrogeological conditions.

In the southern tunnel tube, the secondary lining of both the invert and the upper vault is being realised. As of 4th April 2017, 11 casting blocks of the secondary lining of the upper vault have been finished in the mined tunnel section. The total number of the upper vault lining blocks in the STT, in the mined section of the tunnel, amounts to 54, which means that ca 20% of the blocks have been finished. The preparation of the portal parts of the upper vault concurrently proceeds from the western portal.

In the northern tunnel tube, the ceremonial breakthrough of the tunnel tube at chainage metre 518.695 took place on 9th February 2017. At the moment the tunnel circumference is being profiled and the realisation of the secondary lining is under preparation.

The construction of the motorway section is provided by a consortium of four companies: Doprastav, a.s., Strabag, a. s., Váhostav – SK, a. s. and Metrostav SK, a.s.

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a.s., a Váhostav – SK, a.s.

TUNEL POVAŽSKÝ CHLMEC

Dvojrúrový diaľničný tunel Považský Chlmec (južná tunelová rúra 2186,5 m, severná tunelová rúra 2249 m) je súčasťou diaľničného úseku, ktorý tvorí juhozápadný obchvat mesta Žilina D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).

K 13. 4. 2017 bola na oboch tunelových portáloch ukončená hrubá stavba prevádzkovo-technologických objektov a prebiehala v nich montáž káblových roštov a zdvojených podláh. Na východnom portáli bol vybetónovaný mohutný betónový základ pre gabiónové oporné múry s projektovanou výškou 10 m. V severnej tunelovej rúre je ukončená betonáž vozovky vrátane škárorezu, v južnej tunelovej rúre sa momentálne betónuje vozovka v smere od východného portálu k západnému. Paralelne so stavebnými prácami prebieha aj montáž technologického vybavenia tunela. Ide o zatáňovanie káblov do káblovodov a montáž svietidiel vo vrchole klenby tunela. Na obr. 4 je zobrazený finišer pri betonáži vozovky v južnej tunelovej rúre v oblasti východného portálu.

Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a.s., Hochtief a.s. a Stavby mostov Slovakia, a.s.



Obr. 4 Tunel Považský Chlmec – betonáž vozovky

Fig. 4 Považský Chlmec – concreting the roadway

ČEBRAŤ TUNNEL

The twin-tube Čebrať tunnel (1994m) is part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway section.

Extensive problems with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and at the following motorway section, requiring extensive changes in the technical solution, were diagnosed during the past months. For this reason the work on this tunnel is currently still suspended.

The contractor for the construction is a consortium consisting of the companies of OHL ŽS, a.s., and Váhostav – SK, a. s.

POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

The Považský Chlmec twin-tube tunnel (the southern tunnel tube 2186.5m long, the northern tunnel tube 2249m long) is part of the D3 motorway section forming the south-western bypass of the town of Žilina between municipal districts of Žilina Strážov and Žilina Brodno.

As of 13th April 2017, the fabric of the service-technological structures at both tunnel portals has been finished and the installation of cable racks and access floors has been underway inside the structures. A massive concrete foundation block for gabion retaining walls with the design height of 10m has been carried out at the eastern portal. Concreting of the roadway including cutting of joints has been finished in the northern tunnel tube, whilst the roadway is currently being concreted in the southern tunnel tube in the direction from the eastern portal toward the western portal. The installation of the tunnel equipment also proceeds in parallel with the construction work. The operations comprise the pulling of cables into cable ducts and the installation of luminaires at the crown of the tunnel arch. The Fig. 4 shows the paver during the process of concreting the roadway in the area of the eastern portal of the southern tunnel tube.

The contractor for the construction is a consortium consisting of Eurovia a. s., HOCHTIEF CZ a. s. and Stavby mostov Slovakia, a. s.

VIŠŇOVÉ TUNNEL

The excavation of the 7537m long Višňové tunnel, the longest Slovakian motorway tunnel, which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, commenced in April 2015.

In the spring months 2017, the excavation of the longest Slovakian motorway tunnel, the 7537m long Višňové motorway tunnel, proceeds from both portals in both tunnel tubes.

TUNEL VIŠŇOVÉ

Razenie najdlhšieho slovenského diaľničného tunela Višňové (7537 m), ktorý je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala sa začalo v apríli 2015.

V jarných mesiacoch roku 2017 pokračuje razenie najdlhšieho slovenského diaľničného tunela Višňové (7537 m) od oboch portálov v oboch tunelových rúrach. Začiatkom apríla 2017 je od západného portálu vyrazených 1820 m severnej tunelovej rúry a 1674 m južnej tunelovej rúry. Od východného portálu je vyrazených 2383 m severnej tunelovej rúry a 2148 m južnej tunelovej rúry. Celkovo je teda začiatkom apríla 2017 vyrazených 8026 m, čo predstavuje viac než polovicu celkovej dĺžky razených tunelových rúr. Metóda razenia je plnoprofilové razenie podľa prístupu ADECO – RS. Súčasne s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečnych prepojení. Na konci marca bolo prerazených 10 týchto prepojení z celkového počtu 29. Prebieha tiež betonáž sekundárneho ostenia od oboch portálov, pričom je ukončených približne 850 m tunelových rúr. Pokračuje aj hĺbenie vetracej šachty, pričom v apríli 2017 je vyhlbených viac než 30 m, čo predstavuje približne tretinu jej hĺbky.

Tunel Višňové je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, ktorého zhotoviteľom je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a.s.

Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,
NDS, a. s.,

Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.

TUNELY NA MODERNIZOVANEJ ŽELEZNIČNEJ TRATI TUNELY DIEL A MILOCHOV

Tunel Diel prechádza masívom vrchu Diel, ktorý tvorí centrálnu časť meandru Váhu. Tunel je dlhý 1081,7 metrov. Bude razený v masíve popod kúpele Nimnica. Západný portál je

situovaný na okraji obce Nimnica, východný portál bude zrealizovaný v území lesa nad cestou druhej triedy II/507, ktorá vedie z Púchova so Považskej Bystrice po pravom brehu priehrady. Tunel Diel bude mať únikovú štôľňu, ktorá bude ústiť do priestoru východného portálu.

V súčasnosti sa na západnom portáli hĺbi portálová stavebná jama. Boli zrealizované pilótové steny po stranách, ktoré sa postupne odkopávajú, betónujú sa roznášacie prahy na viacerých úrovniach a cez ne sa inštalujú predpäté lanové horninové kotvy. Na čelnej stene stabilizovanej striekaným betónom a oceľovými sieťami sa zhotovujú mimo profil budúceho tunela roznášacie ŽB prahy (obr. 5), cez ktoré sú vedené lanové kotvy a v priestore budúceho tunelového profilu sa vrtá mikropilótový dáždnik. Po uberaní jednotlivých úrovní sa čelba bude ďalej zaistiť sklolaminátovými a oceľovými svorníkmi.

Na preklenutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochov – mestskej časti Milochov mesta Považská Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochov. Projektovaná dĺžka tunela je 1861 metrov. Tunel bude mať



Obr. 5 Zabezpečenie čelnej steny na západnom portáli tunela Diel
Fig. 5 Stabilisation of the front end wall at the western portal of the Diel tunnel

Until the beginning of April 2017 the excavation of 1820m from the western portal had been finished in the northern tunnel tube and 1674m in the southern tunnel tube. From the eastern portal, 2383m and 2148m of the excavation of the northern tunnel tube and the southern tunnel tube, respectively. It means that 8026m of the tunnel excavation had been finished until the beginning of April 2017, representing more of a half of the total length of the mined tunnel tubes. The ADECO-RS approach is applied to the full-face excavation method. The cross passages are being driven concurrently with driving the tunnel tubes. Until the end of March, 10 cross passages of the total number of 29 had been broken through. The concreting of the secondary lining from both portals is also underway; the secondary lining has been finished in approximately 850m of the tunnel tubes. Sinking of the ventilation shaft continues. Over 30m of the shaft have been sunk until the end of April 2017. This depth represents approximately one third of the total depth.

The Višňové tunnel is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway. The contractor for the construction of this section is a consortium consisting of Salini Impregilo S. p. A and Dúha, a. s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,
NDS, a. s.,*

*Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a.s.*

TUNNELS ON THE MODERNISED RAILWAY LINE DIEL AND MILOCHOV TUNNELS

The Diel tunnel passes through the massif of Diel Hill, forming the central part of the Váh River meander. The tunnel is 1081.7m long. It will be driven through the massif under Nimnica Spa. The western portal is located on the outskirts of the village of Nimnica, whilst the eastern portal will be realised in the area of a wood located above the secondary road II/507 leading on the right bank of a water reservoir from Púchov to Považská Bystrica. The Diel tunnel will have an escape gallery, which will end in the space of the eastern portal.

The construction pit for the western portal is currently being excavated. Pile walls were realised along both excavation sides. They are being gradually dug away; walers are carried out in several tiers and pre-tensioned cable anchors are being installed through them. Reinforced concrete walers are being carried out on the front end wall stabilised with shotcrete and steel mesh, outside the future tunnel profile (Fig. 5), and cable anchors are installed through them. Boreholes for canopy tube pre-support are being carried out in the space of the future tunnel profile. Concurrently with excavating the individual levels, the excavation face will be further stabilised with fibreglass and steel rockbolts.

The new Milochov tunnel is designed for passing under the bottom of Stavná Hill, south of Horný Milochov municipal district of the town of Považská Bystrica. The tunnel design length is 1861 metres. The tunnel will have one escape gallery. The tunnel western portal will be realised in a wood environment located above a tertiary road

jednu únikovou štôľňu. Západný portál tunela bude realizovaný v lesnom prostredí nad cestou tretej triedy spájajúcej Dolný Milochov s Horným. V oblasti portálu prebehli odlesňovacie práce. Východný portál je situovaný do obce Horný Milochov, kde boli asanované rodinné domy a čaká sa na preložky inžinierskych sietí, aby bolo možné začať s hĺbením portálovej jamy.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – Subterra – EŽ Praha. Tunel Diel bude realizovať spoločnosť TUBAU, a.s. a tunel Milochov spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

*Ing. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,
REHING CONSULT a.s.*

connecting Dolný Milochov with Horný Milochov. The area of the portal was deforested. The eastern portal is located in the municipality of Horný Milochov, where family houses were redeveloped and utility diversions are waited for so that it is possible to start to excavate the portal construction pit.

The entire construction is realised by the Nimnica consortium consisting of Doprastav – TSS Grade – Subterra – EŽ Praha. The Diel tunnel will be realised by TUBAU, a. s., and the Milochov tunnel will be constructed by Subterra, a.s. The general designer for the project owner, the Railways of the Slovak Republic, is REMING CONSULT a. s.

*Ing. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,
REHING CONSULT a.s.*

OMLUVA

V časopise Tunel č. 1/2017 byla v rubrice Aktuality z podzemních staveb v České republice a Slovenské republice na str. 93–94 uveřejněna aktualita „Tunel – Karl-Friedrich-Strasse v Karlsruhe – ražba tunelu v přetlaku“. Jako autor této aktuality je nesprávně uveden Ing. Jiří Patzák ze společnosti Subterra a.s., Divize 1. Ve skutečnosti je však jejím autorem Ing. Karel Milichovský, MBA ze společnosti Metrostav a.s., tehdy v době zpracování aktuality ještě zaměstnanec Subterra a.s. Tímto se oběma pánům za tuto neúmyslnou záměnu omlouvám.

Ing. Jan Vintera, Subterra a.s., člen redakční rady časopisu Tunel

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSC. PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSC.

Rodák a milovník jižních Čech, se narodil 19. června 1947.

Po absolvování Českého vysokého učení technického a krátké praxi v Chiraně Modřany nastoupil jako výzkumný pracovník ve Vojenském výzkumném ústavu. Za jeho spolupůsobení bylo vyvinuto několik vysoko hodnocených akustických zařízení úspěšně patentovaných. Ve druhé polovině osmdesátých let se začal věnovat projektování a výstavbě regulačních a automatizačních zařízení, což jej přivedlo postupně k základům řízení dopravy, která v té době zaznamenala především v oblasti silniční dopravy překotný rozvoj. Stejně tak výstavba prvního velkého silničního tunelu v hlavním městě Praze a vývojové práce systému řízení technologických a bezpečnostních prvků byly základem pro rozvoj a ověření teoretických prací základů telematiky, za jejíhož spoluzakladatele musíme pana profesora Příbyla považovat. Jeho další práce, reprezentace České republiky na zahraničních setkáních, aktivní účast na evropském i světovém standardizačním procesu, na významném boji o bezpečnost tunelových staveb, péče o nastupující generace, celosvětová přednášková činnost jsou dokladem širšího jeho teoretického i filozofického působení. Pan profesor je oblíbený nejen pro své znalosti, ale i pro svůj laskavý přístup, snahu pomoci všem, kteří pomoc potřebují. Prostě je „srdač“.

Zvláštní pozornost si zaslouží nekonečná práce pro České vysoké učení technické. Účast v kolektivu profesorů, docentů



As a native and lover of South Bohemia he was born on 19th June 1947.

After graduating from the Czech Technical University in Prague and passing a short practice in Chirana Modřany, he entered the Military Research Institute in the position of a research worker. Several highly rated acoustic appliances were developed and successfully patented under his collaboration. In the second half of the 1980s he began to devote himself to designing and constructing control and automation equipment. It gradually brought him to the basics of the traffic control, which at that time experienced rapid development first of all in the field of road transportation. The development of the first large road tunnel in Prague, the capital of the Czech Republic, and the development work on the system of technology and safety control elements were also the basis for the development and verification of theoretical pieces of work in the field of the basics of telematics. Professor Příbyl has to be considered a co-founder of this scientific branch. The other pieces of his work, the representation of the Czech Republic at meetings abroad, the active participation in the European and worldwide standardisation process, the significant fight for the safety in tunnels, the care of emerging generations and global lecturing activities are the proof of the scope of his theoretical and philosophical activities. Professor Příbyl is popular not only for his knowledge, but also for his kind attitude, effort to help all who need it. Simply he is a “heart enthusiast”.

Special attention is deserved by the endless work for the Czech Technical University. The participation in the collective of professors, docents and teachers is not only a dream come true for him but also good luck for the Czech Technical University

a pedagogů je jeho splněný sen, ale také štěstí pro ČVUT a všechny, kteří s ním spolupracují a jeho jakýchkoliv přednášek se účastnili. K dobrému jménu ČVUT v zahraničí také přispěl významnou přednáškovou činností v zahraničí.

Pane profesore, Pavle, kamaráde, přejeme Ti, aby byl dostatek dobrého vína, aby Ti fungovaly sekačky, auto a jiné nástroje. Ale především hodně zdraví, vizí.

Kolektiv redakce časopisu Tunel, jejímž jsi byl dlouhá léta platným členem

and all who collaborate with him and attend any of his lectures. He also contributed to the good name of the Czech Technical University abroad by his lecturing activities at international events.

Dear professor, Pavel, our friend, we wish you enough good wine, functioning mowers, car and other equipment. But above all, good health and lots of visions.

The collective of the TUNEL journal editorial board a long standing valid member of which you used to be

ROZLOUČENÍ LAST FAREWELL

VZPOMÍNKA NA ING. BOHUMÍRA ŠTÁSTNÉHO, CSC. COMMEMORATING ING. BOHUMÍR ŠTÁSTNÝ, CSC.

Dvacátého sedmého února 2017 opustil tento svět a naši tune-lářskou komunitu významný odborník v oboru podzemních staveb, český otec metody obvodového vrubu s předklenbou, sportovec, frankofil a vzácný člověk Ing. Bohumír Štátný, CSc.

Ing. Štátný se narodil 4. listopadu 1931 v Jimramově. Po maturitě na svitavském gymnáziu vystudoval Stavení fakultu Vysokého učení technického v Brně. Potom dlouhá léta působil jako pedagog – stavební inženýr – na Vojenské akademii v Brně. Po společenském zemětřesení na přelomu 60. a 70. let minulého století byl nucen Vojenskou akademii opustit. Až do devadesátých let minulého století pracoval v brněnském pracovišti Výzkumného ústavu inženýrských staveb Bratislava (VÚIS).

Během svého působení ve VÚIS byl členem řešitelských týmů mnoha výzkumných úkolů, vzhledem ke své erudici a rozhledu v oboru se účastnil i normotvorné činnosti. Byl spoluautorem základních státních norem v oboru podzemního stavitelství a to ČSN 737501 Navrhování konstrukcí ražených podzemních objektů a ČSN 737508 Železniční tunely. V osmdesátých letech významně přispěl k řešení výzkumného úkolu „Zavádění moderních metod do výstavby podzemních staveb v Československu“. Byl odpovědný za dílčí úkol, ve kterém byly posuzovány metody ražení v poloskalních horninách a zeminách. Zde Ing. Štátný objevil pro Československo dosud neznámou metodu ražby – Metodu Perforex. Základní myšlenkou metody je provedení primárního ostění pomocí speciálního vrubovacího stroje dříve než vlastní výrub podzemního díla. Metoda jej zaujala již koncem 70. let minulého století, nadchl se pro ni, cílevědomě se snažil ji propagovat v tuzemském odborném prostředí a hledal pro ni uplatnění v našich podmínkách. Vymyslel její český název – „Metoda obvodového vrubu s předklenbou“. Bohaté vědomosti o ní načerpal během studijní cesty ve Francii v roce 1986 na stavbě TGV Atlantique, kde byly ražby tunelů prováděny právě metodou Perforex. Seznámil se zde s odborníky tehdejší společnosti Perforex, s nimiž zůstal trvale v odborném i osobním kontaktu, který časem přerostl v přátelství.

Přání Ing. Štátného aplikovat metodu obvodového vrubu s předklenbou v odpovídajících geotechnických podmínkách v Československu se splnilo až na počátku nového tisíciletí. Metoda byla úspěšně použita při novostavbě Tunelu Březno



Ing. Bohumír Štátný, CSc., a renowned expert in the field of underground structural engineering, the Czech father of the Mechanical Pre-cutting Method, a sportsman, a Francophile and a precious man, left this world and our tunnelling community on the 27th February 2017.

Ing. Štátný was born on the 4th November 1931 in Jimramov. After graduating from the high school in Svitavy, he studied and finished the studies at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Brno. Then he worked for many years in the position of a teacher – civil engineer – at the Military Academy in Brno. After the social earthquake at the end of the 1960s he was forced to leave the academy. He worked at the Brno workplace of the Research Institute of Civil Engineering (VÚIS) in Bratislava until the 1990s.

During his work at the VÚIS, he was a member of teams solving numerous research tasks. With respect to his erudition and wide knowledge in the field of civil engineering, he even participated in normative activities. He was a co-author of fundamental state standards in the field of underground construction, namely ČSN 73 7501 Design of structures for mined underground structures and ČSN 73 7508 Railway tunnels. During the 1980s he significantly contributed to solving the research task titled „The introduction of modern methods into the development of underground construction in Czechoslovakia“. He was responsible for a partial task dealing with methods of assessing underground excavation through weak rock and soil. In this case Ing. Štátný discovered for Czechoslovakia the till that time unknown Perforex Method. The basic idea of the method lies in carrying out a primary lining by means of a special horizontal pre-trenching rig prior to the excavation of the underground space. The method captured him already at the end of the 1970s. He became enthused by it, purposefully tried to promote it in the domestic professional environment and looked for its application in Czechoslovakian conditions. He came up with its Czech name - „Metoda obvodového vrubu s předklenbou“ (the Mechanical Pre-cutting Method). He gathered rich knowledge of this method during the course of his study tour in France in 1986 at the TGV Atlantique project construction site, where tunnels were driven using the Perforex Method. There he met experts of the company of Perforex existing at that time and stayed with them in contact. The relationship grew up in friendship over time.

Ing. Štátný's wish to apply the Mechanical Pre-cutting Method in adequate geotechnical conditions in Czechoslovakia was met only at the beginning of the new millennium. The method was successfully applied to driving the new Březno tunnel through clayey soil and claystone. He participated intensively in the con-

v jílovitých zeminách a jílovcích. Intenzivně se na stavbě podílel jako odborný konzultant investora i projektanta. I když se tunel, nikoliv z důvodů technických, nýbrž obchodních, po závalu v roce 2003 nepodařilo touto metodou dokončit, zůstal nadále činný v oboru podzemních staveb a to nemoci navzdory do posledních chvil svého života.

Ti z nás, kdo Ing. Šťastného znali, nezapomenou na jeho přátelskou, srdečnou povahu, vždy usměvavou tvář, vřelé a gentlemanské jednání. Rád sportoval a kutil na své chalupě v Jimramově. Byl velmi vzdělaným, kulturním člověkem a frankofilem. Své francouzské přátele ohromoval recitací děl francouzských básníků z paměti.

Na přání manželky Zuzany vyřizujeme touto cestou velké díky za projevy soustrastí, které dostala, neboť není v jejích silách všem odpovět.

Zdař Bůh Míro.

Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D., Ing. ROMAN SMIDA

struction in the position of an expert consultant for the project owner and the consulting engineer. Despite the fact that, for business and not technical reasons, the tunnel could not be finished using this method after a collapse in 2003, he remained, despite an illness, active in the field of underground construction engineering to the last moments of his life.

Those of us who knew Ing. Šťastný will not forget his friendly and cordial nature, the always smiling face, ardent and gentlemanly manners. He liked to sport and potter around his cottage in Jimramov. He was a highly educated and cultural man and a Francophile. He used to astonish his French friends by reciting works of French poets by heart.

On request of his wife, Zuzana, we convey her great thanks for condolences she received because it is not in her power to answer all of them.

God speed you, Míra.

Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D., Ing. ROMAN SMIDA

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELEM MONT BLANC PICTURE POSTCARDS SHOWING MONT BLANC TUNNEL

We have already introduced two picture postcards showing the Mont Blanc tunnel leading under the Europe's highest mountain, Mont Blanc, in TUNEL journal issue No. 4/2001. In this part of our series we are adding other five picture postcards commemorating this important transport-related project. Still at the beginning of the 20th century, overcoming the Mont Blanc massif from France to Italy on foot took three days. This time was reduced to approximately 12 minutes of driving after opening the tunnel under the mountain to traffic. The Mont Blanc tunnel (Tunnel sous du Mont-Blanc in French, Il traforo del Monte Bianco in Italian), was ceremonially opened on 16th July 1965. It connects the town of Courmayeur in Italian valley with the town of Chamonix-Mont Blanc in France. The single-tube, bidirectional tunnel is 11.611km long. It was the world's longest tunnel for motor vehicles for thirteen years, until 1978, and is still in seventh place in this particular segment of underground structures. After bringing the tunnel into service, it was considered to be the safest for crossing the Alps. It was so until 24th March 1999, when a big mass disaster unfortunately happened inside the tunnel. Because of the coincidence of many chances, the disaster balance was harrowing – 39 dead. After the tragedy, the tunnel was closed for three years, during which it was extensively reconstructed and the rescue units were completely reorganised.

V časopisu TUNEL č. 4/2014 jsme v našem seriálu již představili dvě pohlednice s dálničním tunelem Mont Blanc, vedným pod stejnojmennou nejvyšší horou Evropy. V tomto dílu k tomu připojujeme dalších pět pohlednic připomínajících tuto významnou dopravní stavbu.

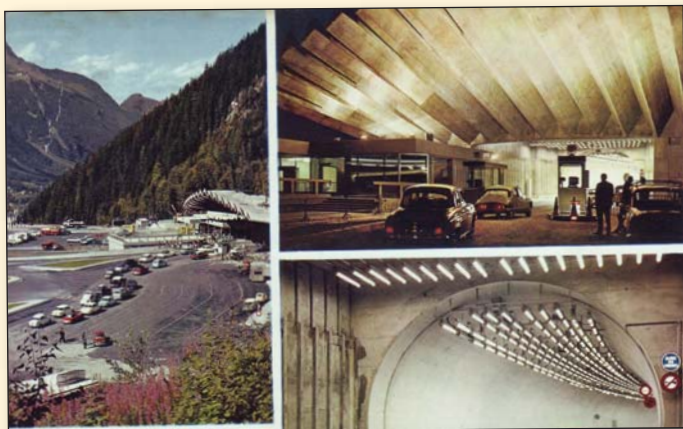
Ještě na začátku XX. století trvalo pěší překonání masivu Mont Blancu z Francie do Itálie tři dny chůze, po otevření horského tunelu se tato cesta zkrátila na asi 12 minut jízdy autem pod nejvyšší evropskou horou.

Montblanský tunel (francouzsky Tunnel sous du Mont-Blanc, italsky Il traforo del Monte Bianco), slavnostně otevřený 16. 7. 1965, spojuje Courmayeur v italském údolí d'Aosta s francouzským městem Chamonix-Mont Blanc. Je dlouhý 11,611 km, jednotroubový, obousměrný. Třináct let, až do roku 1978, byl nejdelším tunelem pro motorová vozidla na světě a ještě dnes se nachází v tomto segmentu podzemních staveb na sedmém místě.

Tunel byl po svém zprovoznění považován za nejbezpečnější přechod Alp, a to až do 24. 3. 1999. Toho dne, jak je známo, došlo v tunelu k hromadnému neštěstí, které vstoupilo do dějin dopravních staveb. Tragédie byla již mnohokrát popsána, nicméně pro připomenutí a stručnou rekapitulaci:

Belgický kamion Volvo vezoucí margarín a mouku (v době nehody asi rok starý, nicméně již s nájazdem přes 100 000 km) zahořel v motorovém prostoru. Pravděpodobně došlo k nasátí odhozeného nedopalku cigarety a následnému vznícení vzduchového filtru. Řidič nákladáku, jedoucí z Francie, v tunelu zastavil a rychle kamion opustil. Zastavily rovněž další nákladní i osobní automobily. Ačkoli nebyl náklad vozidla považován za rizikový, ukázalo se naopak, že jde o velmi nebezpečnou hořlavinu. Tunelem se začal šířit hustý kouř. Řidiči jedoucí z italské strany z tunelu vycouvali. Řidiči jedoucí ze strany francouzské, vzhledem k nedostatku kyslíku v zakouřeném prostoru, již nemohli svá vozidla nastartovat a uvízli v pasti.

Tunel měl dvě odloučená záchranná a řídicí pracoviště, která však spolu nekomunikovala. Zásah prováděly pouze francouzské záchranné sbory, italské o neštěstí nevěděly. Došlo



Obr. 1 4518 – Mont Blanc tunel mezi Chamonix – Mont Blanc (Francie) a Entrèves – Courmayeur (Itálie). Nejdelší silniční tunel na světě. Délka tunelu: 11 km 600. Šířka: 2 pruhy 3 m 50. Výška klenby: 6 m. Provoz řízený radary. Okénka:

- Plocha před tunelem a vstup do tunelu (ze strany Francie).
- Vstup do tunelu (ze strany Francie).
- Tunel (ze strany Francie).

1965–70? Éditions FAEGEER Genève. [sbírka autorů]

Fig. 1 The 4518 long Mont Blanc tunnel between Chamonix and Mont Blanc (France) and Entrèves – Courmayeur (Italy). The world's longest road tunnel. Tunnel length: 11.6km. Width: 2 traffic lanes 3.5m. Vault height: 6m. Radar controlled traffic. Windows:

- The area in front of the tunnel and the tunnel entrance (from the side of France).
- Tunnel entrance (from the side of France).
- Tunnel (from the side of France).

1965–70? Éditions FAEGEER Genève. [authors' collection]

k pochybení pracovníka obsluhujícího ventilaci. Místo odsávání naopak do tunelu vhněl čerstvý vzduch, čímž došlo k živění ohně a šíření kouře.

Hasiči nedokázali vyjet k požáru, poněvadž i jim, vzhledem k nedostatku kyslíku, zhasínaly motory aut. Postupovali proto pěšky, vybaveni dýchacími přístroji a s ohledem na nulovou viditelnost pouze podél zdí. Řada hasičů při požáru zahynula, šest z nich se jako zázrakem zachránilo ve výklenku číslo 17,



Obr. 3 Courmayeur – Entrèves 1381 m. Nový tunel Mont Blanc – délky 11 600 m. 1965–70? 633 – Ediz. SACAT – Torino – Publifoto. [sbírka autorů] Jeden z úvodních nouzových zálivů při italské straně. Údaj 1381 m se vztahuje k nadmořské výšce. Z dnešního pohledu je pozoruhodná kvalita povrchu betonu sekundárního ostění. Stejně tak je zajímavý charakter dobového vozového parku.

Fig. 3 Courmayeur – Entrèves 1381m. The new Mont Blanc tunnel – 11,600m long. 1965–70? 633 – Ediz. SACAT – Torino – Publifoto. [author's collection]

One of the initial emergency lay-bys on the Italian side. The figure 1381m is related to the altitude. From today's perspective notable is the quality of surface of the concrete secondary lining. The character of the contemporary vehicle fleet is equally interesting.



Obr. 2 Chamonix – Mont Blanc (1 050 m). Tunel Mont Blanc (1 381 m) spojující Chamonix (Francie) s Entrèves – Courmayeur (Itálie). Vstup do tunelu Mont Blanc na francouzské straně. Délka: 11 600 m, nejdelší na světě. Šířka: 2 jízdní pruhy 3,50 m. Výška nad vozovkou: 6 m. Provoz řízený radarem. 1965–70? Éditions Lutetia, 4, rue des Charpentiers, 67 Strasbourg. [sbírka autorů]

Na pohlednici je vidět nočně osvětlená působivá konstrukce vysunutého krakorcového přikrytí vjezdového portálu na francouzské straně.

Fig. 2 Chamonix – Mont Blanc (1050m). The Mont Blanc tunnel (1381m) connecting Chamonix (France) with Entrèves – Courmayeur (Italy). The Mont Blanc tunnel entrance on the French side. Length: 11,600m, the world's longest tunnel. Width: 2 traffic lanes 3.50m. Height above roadway: 6m. Radar controlled traffic. 1965–70? Éditions Lutetia, 4, rue des Charpentiers, 67 Strasbourg. [authors' collection]

The picture postcard shows the impressive structure of the extended cantilever cover of the entrance portal on the French side under night illumination.

kde zůstali uvězněni asi 7 hodin. Konečný účet za neštěstí byl otřesný – 39 mrtvých.

Po tragédii byl tunel uzavřen tři roky, během kterých došlo k jeho rozsáhlé rekonstrukci a k zásadní reorganizaci záchranných složek. Obnova tunelu přišla na 350 mil. eur, investovaných zejména do výstavby únikových východů a do důsledného vylepšení varovného a evakuačního systému.

Plány na rozšíření tunelu o druhou troubu však dlouhodobě narážejí jak na nedostatek financí, tak na odpor místních obyvatel. [1, 2, upraveno]

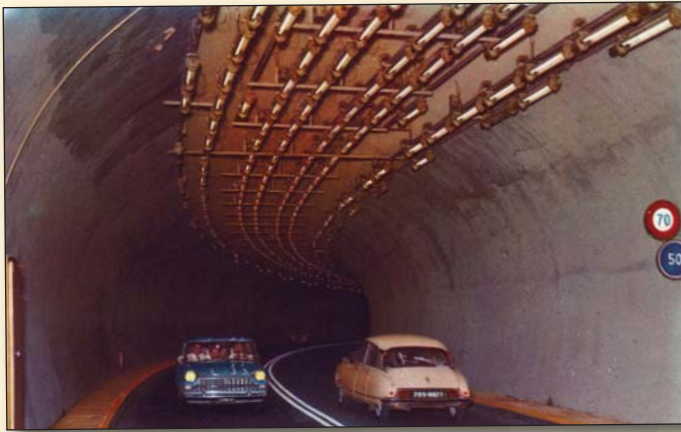


Obr. 4 Courmayeur – Entrèves (m 1381). Tunel Mont Blanc – délka 11 600 m. 1965–70? 652 – Ediz. SACAT – Torino. [sbírka autorů]

Obdobně jako na obr. 3 jde o jeden z úvodních nouzových zálivů při italské straně. Údaj 1381 m se váže k nadmořské výšce. Z dnešního pohledu je opět pozoruhodná kvalita povrchu sekundárního ostění.

Fig. 4 Courmayeur – Entrèves (1381m). The Mont Blanc tunnel – 11,600m long. 1965–70? 652 – Ediz. SACAT – Torino. [authors' collection]

Similarly to Fig. 3, this is one of the initial emergency lay-bys on the Italian side. The figure 1381m is related to the altitude. The character of the surface of the secondary lining is again interesting.



Obr. 5 Tunel Mont Blanc – Courmayeur Chamonix. Délka: 11 600 m. Výška: 5,98 m. Šířka: 8,60 m. Maximální výška skály nad tunelem: 2 480 m. 1966 [sbírka autorů]

Na pohlednici je zajímavé (vedle dobového vozového parku) i komplikované osvětlení tunelu a výrazně patrné zavlhnutí ostění v přístropí.

Fig. 5 The Mont Blanc tunnel – Courmayeur Chamonix. Length: 11,600m. Height: 5.98m. Width: 8.60m. Maximum height of the rock above the tunnel: 2,480m. 1966 [authors' collection]

The complicated tunnel illumination and the distinctly visible dampening patch on the tunnel lining in the vault crown shown in the picture postcard is also interesting (apart from the contemporary vehicle fleet).

Tunel Mont Blanc v číslech:

Délka:	11 611 m
Šířka:	8,6 m (dva jízdní pruhy po 3,50 m)
Výška:	4,35 m
Nejvyšší bod v tunelu:	1 395,5 m n. m.
Výška nadloží:	více než 2 km
Množství automobilů/den:	přes 5 000
Mýtné (jen za tunel):	8 €
Dopravní omezení:	rychlost mezi 50 a 70 km/h, jen se zapnutým rádiem a vzdáleností mezi vozidly nejméně 150 m

Pohlednice s původními portály i s náhledy do tunelu jsou na obr. 1 až 5.

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.,
Ing. MARTIN ZÁVACKÝ

Poděkování: Příspěvek byl vypracován s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/3.0097, v rámci činnosti regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ a programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.

LITERATURA / REFERENCES

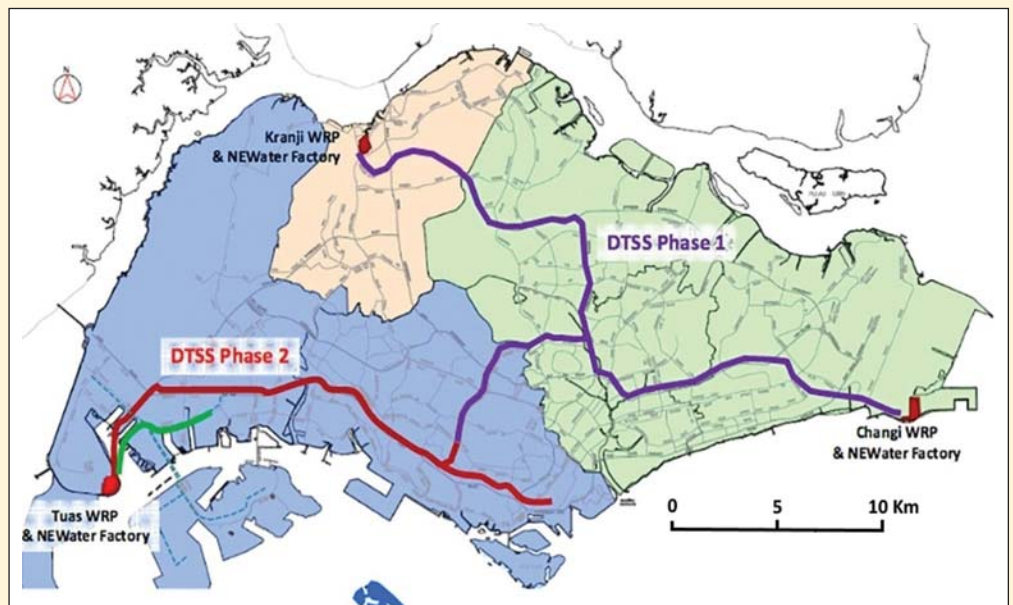
- [1] Tunel Mont Blanc [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/Montblanc%C3%BD_tunel> upraveno
- [2] Tunel-pod-Mont-Blancem-slaví-50-let-od-otevření [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné na internetu <http://auto.idnes.cz/tunel-pod-mont-blancem-slavi-50-let-od-otevreni-fop-/automoto.aspx?c=A150720_153113_automoto_hig> upraveno

Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA / CZTA WORKING GROUPS

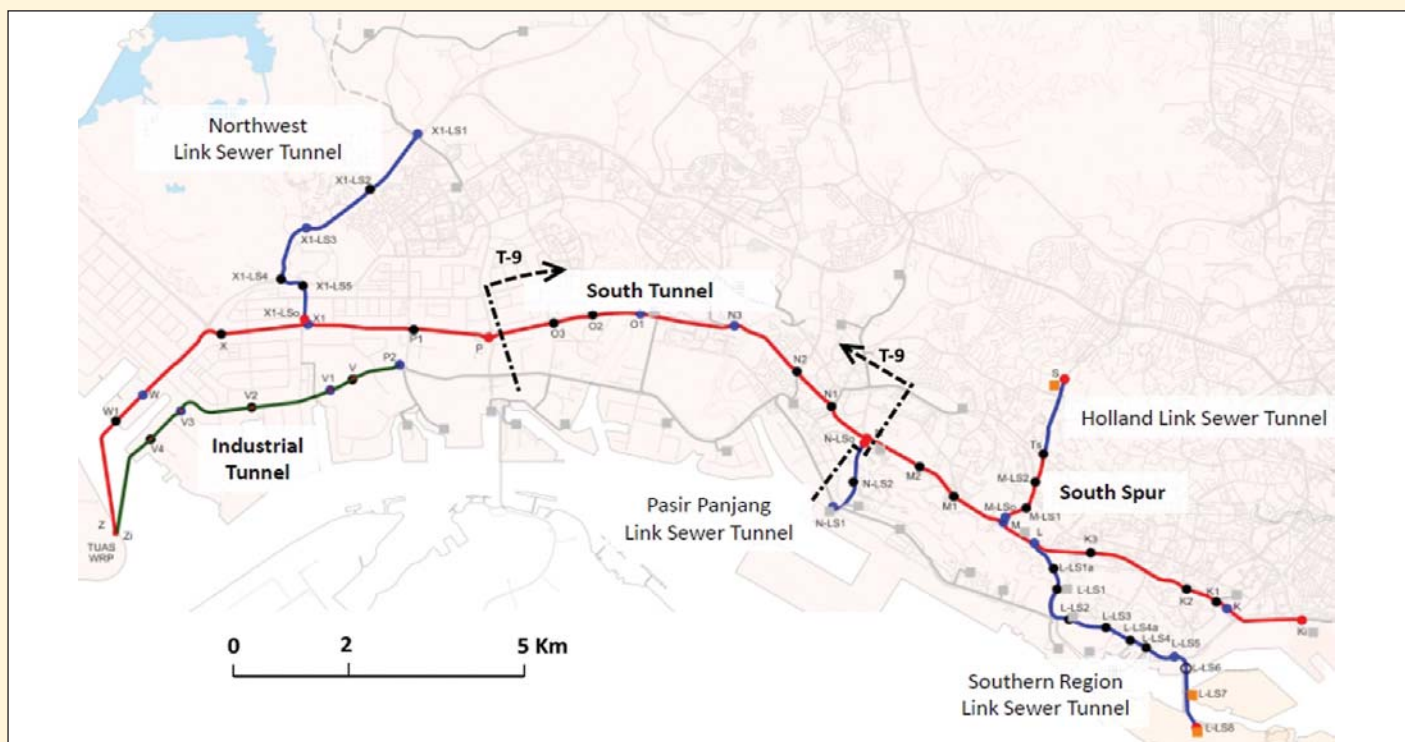
INFORMACE PRACOVNÍ SKUPINY MECHANIZOVANÉHO TUNELOVÁNÍ O TENDRU HLUBOKÉ KANALIZACE (DTSS2) V SINGAPURU INFORMATION OF CZTA WORKING GROUP MECHANIZED TUNNELING ON THE DEEP TUNNEL SEWAGE SYSTEM (DTSS2) TENDER IN SINGAPORE

The second phase of the deep tunnel sewage system in Singapore (DTSS2) extends the existing sewage system to the western and southern part of the city. New 50km of the TBM tunnels will collect used water from municipal and industrial sources to the new Water Reclamation Plant with total treatment capacity of 800,000 cubic metres per day.

The project is divided into five design-build contracts T7 to T11. Mott MacDonald (Singapore office) is involved in within several joint ventures. In a case of success the Czech office will participate on the tunnel and shaft design.



Obr. 1 Schéma DTSS
Fig. 1 DTSS scheme



Obr. 2 Situace kontraktu T09

Fig. 2 Contract T09 layout

Druhá fáze projektu hluboké kanalizace v Singapuru (DTSS2) spočívá v doplnění současného systému, provozovaného od roku 2008, o nových 50 km TBM tunelů páteřní kanalizace v západní a jižní části města, obr. 1, které odvedou splaškové vody do nové čistírny odpadních vod s kapacitou až 800 000 kubických metrů vody denně.

Zakázka je rozdělena do pěti balíčků T7-T11 a je vypsána jako Design & Build. V rámci různých sdružení se společnost Mott MacDonald (konkrétně pobočka Singapur) účastní jako projektant čtyř z těchto pěti nabídkových řízení. Česká pobočka by se v případě úspěchu účastnila projektování šachet a tunelů.

Kontrakt T09

Pro představení rozsahu projektu se zaměříme na jeden z kontraktů. Část T09 zahrnuje 8 km TBM tunelů páteřní



Obr. 3 3D model komplexní šachty

Fig. 3 Gate shaft 3D model

kanalizace vnitřního profilu 6 m, jednu přístupovou šachtu (O2), šest komplexních šachet (O3, N2, N1, N, O1, N3), z nichž poslední tři jmenované jsou zároveň šachty pro start a příjem tunelovacích strojů, obr. 2.

Pod nejasným názvem komplexní šachta se skrývá složitý systém hlavní a spadišťové šachty, propojovací štol a komory. Celkem se pro každou komplexní šachtu jedná o konstrukci dvou dočasných a dvou trvalých šachet, dvou štol a tří komor, obr. 3. U každé z těchto šachet je na povrchu technologický objekt.

Šachty budou vyhloubeny před projetím tunelovacích strojů a budou sloužit jako prostor k jeho údržbě. Pro ražbu tunelů jsou uvažovány celkem tři tunelovací stroje. S největší pravděpodobností se bude jednat o konvertibilní (Mixshield) nebo zeminové štíty (EPBM). Ty byly rovněž použity při výstavbě první fáze projektu.

Do segmentového ostění tunelů bude následně betonováno sekundární ostění odolné vůči korozi a erozi.

Geologie

Geologické podmínky na jihu ostrova jsou charakterizovány vápenci, pískovci a jílovcy Jurongovy formace v nižších polohách a písčité, jílovité hlíny ve vyšších polohách. Ražba tunelů tak bude pravděpodobně probíhat ve smíšených horninových a zeminových podmínkách. Výstavba šachet bude ve složitých zeminových podmínkách pod hladinou podzemní vody.

Po zprovoznění druhé fáze v roce 2025 umožní systém hluboké kanalizace naplňovat dlouhodobý cíl, kterým je do roku 2060 pokrýt až 55 % spotřeby vody v Singapuru vodou recyklovanou.

Ing. PETR MAKÁSEK, Ph.D.,
 petr.makasek@mottmac.com,
 Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

Rekonstrukce Teplického tunelu na trati Trutnov – Teplice nad Metují
Reconstruction of the Teplice tunnel on the Trutnov – Teplice nad Metují railway

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

We are a reliable partner
under the ground, on the railways
and above the ground, active in both
the Czech Republic and abroad.

SUBTERRA 

www.subterra.cz

Nedržíme se při zemi
Never stuck on the ground



Umění spolupráce

Kvalita, přesnost a důslednost v každém detailu. Společná koordinovaná práce lidí desítek oborů a profesí. Schopnost řešit náročná zadání a odvaha hledat nová řešení. Je tohle umění? Možná ne. Jen to dobře umíme.