30. ročník – č. 3/2021 Volume 30, No. 3/2021

Tunel

č. 3
2021

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

Tunel

TEAMS WORK.

Protože jen týmová práce vede k úspěchu.
Skupina STRABAG pokrývá svou nabídkou celé spektrum služeb ve stavebnictví. Díky know-how a nadšení našich pracovníků jsme připraveni realizovat kompletní stavební projekty přesně podle požadavků našich zákazníků. Věříme v sílu týmu, neboť právě ta nám umožňuje proměňovat představy zadavatelů ve skutečnost – s důrazem na kvalitu, přesnost a hospodárnost.

Spolehnout se na nás můžete při realizaci projektu jakékoliv velikosti. Díky široké síti poboček na území celé České republiky jsme Vám vždy nablízku.

www.strabag.cz

STRABAG
TEAMS WORK.

STRABAG a.s., Kačírkova 982/4, 158 00 Praha 5 - Jinonice, tel. + 420 222 868 111, info.cz@strabag.com

30. ročník – č. 3/2021

Tunel

MK ČR E 7122
ISSN 1211 – 0728

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

Úvodník:
RNDr. Lubomír Klímek, MBA, člen představenstva
a ředitel společnosti GEOtest, a.s. 2

Ing. Ondřej Novák, předseda představenstva STRABAG a.s. 3

Geotechnický průzkum pro tunel Vinohrady v Brně
Ing. Adam Zapletal, GEOtest, a.s. 4

Sledování změn v horninovém prostředí za obrysem výrubu podzemního díla geoelektrickými metodami
doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc., GEOtest, a.s.,
doc. RNDr. Pavel Pospíšil, Ph.D., VŠB TU Ostrava 11

Geotechnický monitoring na stavbě tramvajového tunelu v Brně
Ing. Marek Polák, RNDr. Otakar Pazdírek, GEOtest,
Ing. Ondřej Hort 22

Ražba průzkumné štoly budoucího metra D – úsek OL1
Ing. Ivo Gaja, Vladimír Táborský, STRABAG a.s. 33

Některé otázky moderního inženýrskogeologického a geotechnického průzkumu
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc., doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. 41

Realizace vodovodní shybky pomocí technologie mikrotunelování
Ing. Jan Brabec, HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o.,
Ing. Ladislav Sommer, Ing. Richard Schejbal,
SWECO Hydroprojekt a.s. 55

Fotoreportáž z postupu stavby „Prodloužení tramvajové trati ke Kampusu MU v Brně – Bohunicích“ – zima / léto 2021 66

Fotoreportáž z osazení sošky svaté Barbory na stavbě tramvajového tunelu Žabovřeská v Brně dne 10. června 2021 67

Ze světa podzemních staveb 70

Zprávy z tunelářských konferencí 74

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 75

Z historie podzemních staveb 82

Z činnosti pracovních skupin 86

Volume 30, No. 3/2021

Tunel

MK ČR E 7122
ISSN 1211 – 0728

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., Member of Tunnel Editorial Board 1

RNDr. Lubomír Klímek, MBA, Member of Board of Directors
and Director of GEOtest, a.s. 2

Ing. Ondřej Novák, Chairman of STRABAG a.s. Board of Directors 3

Geotechnical Exploration of the Vinohrady Tunnel in Brno
Ing. Adam Zapletal, GEOtest, a.s. 4

Monitoring of Changes in Ground Environment beyond Underground Excavation Contour Using Geoelectric Methods
doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc., GEOtest, a.s.,
doc. RNDr. Pavel Pospíšil, Ph.D., VŠB TU Ostrava 11

Geotechnical Monitoring on Tram Tunnel Construction in Brno
Ing. Marek Polák, RNDr. Otakar Pazdírek, GEOtest, Ing. Ondřej Hort ... 22

Excavation of Exploratory Gallery for Section OL1 of Future Metro D Line
Ing. Ivo Gaja, Vladimír Táborský, STRABAG a.s. 33

Some Issues of Modern Engineering Geology and Geotechnical Investigation
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc., doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. 41

Construction of Water-Supply Inverted Siphon Using Microtunnelling Technique
Ing. Jan Brabec, HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o.,
Ing. Ladislav Sommer, Ing. Richard Schejbal, SWECO Hydroprojekt a.s. .. 55

Picture Report from Progress of „Extension of Tram Line to Campus of Masaryk University in Brno – Bohunice“ Project – Winter / Summer 2021 66

Picture Report from Istallation of Saint Barbara Statuette on Construction Site of Žabovřeská Tram Tunnel in Brno on 10 June 2021 67

The World of Underground Constructions 70

News from Tunnelling Conferences 74

Current News from the Czech and Slovak Underground Construction 75

From the History of Underground Constructions 82

CzTA Working Groups 86

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOtest, a.s.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
Bc. MSc. Michal Froněk CEng., MICE, DIC – SŽDC s.o.
prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – Fakulta stavební VUT v Brně
Ing. Vlastimil Horák – Amberg Engineering Brno, a.s.
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – STA
Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Ján Kušnír – STA
Ing. Libor Mařík – SAGASTA s.r.o.
Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stavební fakulta
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a.s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Boris Šebesta
Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v.v.i.
Ing. Jiří Šach – Metrostav a.s.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.
Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.
Ing. Linda Vydrová Černá, Ph.D. – HOCHTIEF CZ a. s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL cz, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

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. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria
Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea
Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy
Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria
Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

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

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, tel.: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Odborní redaktoři: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský
Grafické zpracování: Ing. Jiří Šilar DTP, Na Zámyšli 502/3, 150 00 Praha 5
Tisk: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Pohled na spojovací tunel pod ulicí Jihlavskou (foto Ing. Ondřej Hort)

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION

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

OFFICE

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, phone: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Na Zámyšli 502/3, 150 00 Praha 5
Printed: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: View of the connecting tunnel under Jihlavská Street (photo Ing. Onřej Hort)

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

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

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

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. Podéště 1875/17
708 33 Ostrava – Poruba

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

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

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

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

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

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

Inženýring dopravních staveb a.s.
Branická 514/140
Praha 4 – Braník

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

Master Builders Solutions CZ s.r.o.
K Májovu 1244
537 01 Chrudim

METROPROJEKT Praha a. s.
Argentinská 1621/36
170 00 Praha 7

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

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

STRABAG a.s.
Kačírkova 982/4
158 00 Praha 5

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

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

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
Ing. Štefan Choma
prof. Ing. František Klepsatel, CSc. (†)
Ing. Juraj Keleši
Ing. Pavol Kusý, CSc.

Členské organizácie:
Alfa 04 a.s.
Jašíkova 6
821 07 Bratislava

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

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

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

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

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

Doprastav, a.s.
Drieňová 27
826 56 Bratislava

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

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

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

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

GEOstatik a.s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Reming Consult a.s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

Renesco a.s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

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

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

Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava

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 4963/56
821 05 Bratislava

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

TUBAU, a.s.
Pribylinská 12
831 04 Bratislava

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

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

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

Ústav geotechniky SAV
Watsonova 45
043 53 Košice

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

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

Spanilomyslné kolegyně, ctihodní kolegové – čtenáři časopisu TUNEL,

je dobrým zvykem, že každé z čísel časopisu obsahuje v samotném úvodu pár slov některého ze členů redakční rady. Tento prvotní odstavec je zván „Editorial“. Jeho obsah bývá víceméně ustálený (čest výjimkám!). Pověřený člen RR obvykle přechází od stručně komentované aktuální společensko-politicko-ekonomické-etc. situace pomocí tzv. „oslího můstku“ na bezpečnou půdu obsahu aktuálního čísla časopisu. Na závěr statě pak přeje (genderově vyváženě) čtenářkám jako i čtenářům co nejlepší sukces při četbě jejich oblíbeného odborného periodika a úspěchy v profesním i osobním životě. To přinejmenším do dalšího čísla Tunelu. Takže pojďme na to: Zcela aktuálně v mé e-mailové poště přistála (jen mírně nadsazená) „rekapitulace proroctví“, velmi dobře pamatovatelných. Jen stručně, po 10 letech: 1960 – za 10 let dojde ropa! 1970 – do 10 let přijde nová doba ledová! 1980 – do 10 let kyselé deště zničí lesy a úrodu! 1990 – ozónová vrstva vydrží jen 10 let! 2000 – do 10 let zmizí ledovce! 2011 – islámský stát nás všechny zabije! 2020 – to samé s námi udělá koronavirus!

Nechci zlehčovat standardně velmi komplikované problémy, zvláště teď, kdy je za námi opravdu nehezké období, ale i jen z mírného nadhledu je vše poněkud jinak. Přes veškeré nesnáze způsobené oním čínským virem sektor podzemního stavitelství přirozeně pokračuje dál (stejně jako další a další odvětví okolo nás). V tunelařině stačí například i jen jedním okem nahlédnout do posledního zpravodaje ITA/AITES (se zprávami: Čína začíná budovat podzemní laboratoř; Propojení hlavního nádraží s metrem ve Frankfurtu; V Japonsku vzniká nová podzemní mezinárodní vědecká laboratoř částic; Pokračování linky podzemky v Singapuru…). Dokonce i v Brně je již svižným tempem vyražená polovina tramvajového tunelu v Žabovřeskách (a to se stavba lopotně připravovala nekonečných 40 let!). A nyní nahlédněme, již oběma očima, do nového čísla časopisu TUNEL. Tak to byl ten „oslí můstek“. Ale vážně:

Číslo 3/2021 je především zadané dvěma významným českým firmám – jedna z nich je průzkumná a působí na trhu úspěšně již více než 50 let. Jde o GEOtest, a.s. Podnik se prezentuje třemi články. První se věnuje pozoruhodné konstrukci tramvajového tunelu zřizovaného technologií Top-Down v Brně, konkrétně rozsáhlému geotechnickému monitoringu realizovanému v souvislosti s tímto dílem (dl. přes 600 m, ve spraších!). Druhý článek GEOtestu je i nad standard časopisu velmi specializovaný – jde o sofistikované nasazení kombinace geofyzikálních metod pro sledování kvality horninového prostředí za stěnou díla na podzemním výzkumném pracovišti Bukov. Třetí, poměrně stručný příspěvek, přibližuje přípravu – průzkum – pro jednu ze zásadních částí VMO v Brně – tunel Vinohrady. Už úvodní kroky ukazují, že tunel má být umístěný do velmi složité geologie (viz), a to se všemi důsledky. Druhou firmou čísla je nový hráč v realizaci podzemních staveb v ČR – fy STRABAG a. s. Firma se prezentuje článkem o průzkumu pro metro D, provedeném kombinací hluboké (přes 30 m) šachty a téměř 70 m dl. štoly. Uvedené příspěvky jsou doplněné dalšími dvěma. Docenti Rozsypal a Horák ve svém článku, inspirovaném především dlouho trvajícími pracemi na revizi TP76 C, vyzývají k návratu zdravého technického („zárubovského“) přístupu při provádění průzkumů pro potřeby podzemních staveb – ať se tato zásadní činnost nazývá průzkum geotechnický či inženýrskogeologický. Poslední příspěvek od fy HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o. pojednává o nasazení nově pořízeného mikroštítu Herrenknecht 1200 při rekonstrukci vodovodní shybky pod Labem. Následují obvyklé rubriky plné zajímavostí etc. etc. Pro každého (nejen) českého, přinejmenším i slovenského, tuneláře interesantní čtivo. Takže do toho! A editorial tak máme téměř hotový, zbývá jen jeho závěr.

Za doby mých (žel již dávných) studií jeden z nezapomenutelných učitelů (v té nepříliš veselé době i takoví byli) nadsadil, že českého tuneláře může zdolat jen jediná svízel – nedostatek piva. Proto, kolegyně i kolegové, pijte pivo a – pro jistotu – se nechejte také očkovat proti té odporné kovidbreberce. Buďte tak zdrávi, a dělejte především to, co bezesporu dobře umíte – stavte tunely!

Zdařbůh!

Váš VLADISLAV HORÁK,
člen redakční rady časopisu TUNEL

Comely minding female readers, honourable male colleagues – readers of TUNEL journal,

It is a good custom for each issue of this journal to contain several words from one of the members of the editorial board in the very beginning. This first paragraph is called “Editorial”. Its content is more or less stable (honour exceptions!). An authorized member of the editorial board usually passes from a briefly commented current socio-political-economic-etc. situation to the safe ground of the content of the current issue of the journal by means of the so-called “donkey bridge”. At the end of the article, he wishes (in a gender-balanced way) female readers as well as male readers the best possible success in reading their favourite professional periodical and success in professional and personal life, at least until the next issue of TUNEL. So let’s get to it: A very recent, very easily remembered (only slightly exaggerated) “recapitulation of prophecies” has just landed in my e-mail. In short, in 10-year steps: 1960 – in 10 years oil will run out! 1970 – a new ice age will come in 10 years! 1980 – within 10 years acid rain will destroy forests and crops! 1990 – The ozone layer will last only 10 years! 2000 – Glaciers will disappear within 10 years! 2011 – Islamic State will kills us all! 2020 – the coronavirus will do the same to us!

I don’t want to downplay problems very complicated as a standard, especially now that we have a really bad time behind us, but even from a slight overview, everything is a bit different. Despite all the difficulties caused by that Chinese virus, the underground construction sector is naturally continuing (as are other and other industries around us). In the tunnelling industry, for example, it is enough to have one eye on the latest ITA/AITES newsletter (with reports: China starting to build an underground laboratory; Connecting Frankfurt Central Railway Station with the subway; A new underground international particle science laboratory being set up in Japan; Continuation of the subway line in Singapore…) Even in Brno, excavation of half of the tram tunnel in Žabovřesky has already been finished at a brisk pace (and the construction had been under hard preparation for endless 40 years!). And now let’s take a look, already with both eyes, at the new issue of TUNEL journal. So that was the “donkey bridge”. But seriously:

Issue No. 3/2021 is mainly assigned to two major Czech companies – one of them is involved in exploration and has been operating successfully on the market for more than 50 years. It is GEOtest, a.s. The company presents itself by three papers. The first deals with the remarkable construction of a tram tunnel carried out using the Top-Down technique in Brno, specifically with the extensive geotechnical monitoring conducted in connection with this work (over 600 m long, in loess!). The second paper by GEOtest is also highly specialised, above the standard of the journal – it is a sophisticated application of a combination of geophysical methods to monitoring the rock environment quality behind the wall of a gallery at the Bukov underground research facility. The third, relatively brief contribution, describes the preparation – exploration – for one of the essential parts of the Large City Circle Road in Brno – the Vinohrady tunnel. Already the initial steps show that the tunnel will be located in a very complex geology (see), with all the consequences. The second company in this journal issue is a new player in the field of underground construction in the Czech Republic – STRABAG a.s. The company presents itself by a paper on exploration for Metro D, carried out by a combination of an over 30m deep shaft and an almost 70 m long gallery. The above-mentioned contributions are supplemented by other two ones. In their article, doc. Rozsypal and doc. Horák, inspired mainly by long-term work on the review of TP76 C technical specifications, call for a return to a healthy technical (“Prof. Záruba-like”) approach when conducting surveys for underground construction – whether this fundamental activity is called geotechnical investigation or engineering geological survey. The last contribution from HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o. deals with the deployment of the newly acquired Herrenknecht 1200 microtunnel boring machine in the reconstruction of the water supply inverted siphon below the Elbe. The usual sections full of interesting things, etc. etc. follow. Interesting reading not only for every Czech, but also at least a Slovak tunneller. So let’s go ahead. And we have the editorial almost done, only its conclusion remains .

During the time of my studies (unfortunately long ago), one of the unforgettable teachers (such personalities existed even at that not very happy time) exaggerated that only one inconvenience can overcome the Czech tunneller – lack of beer. Therefore, ladies and gentlemen, drink beer and – to be sure – also get vaccinated against that disgusting covid thing. Be healthy, and above all, do what you definitely know – build tunnels!

God speed you!

Yours VLADISLAV HORÁK,
Member of TUNEL Editorial Board

VÁŽENÍ A MILÍ ČTENÁŘI,

velmi si vážím příležitosti mít úvodní slovo ve vydání renomovaného časopisu Tunel za společnost GEOtest, a.s., a připomenout jménem všech spolupracovníků historii i současnost firmy zejména ve vztahu k našim aktivitám v oboru podzemního stavitelství.

Pod značkou GEOtest působíme na trhu více než 50 let. Jsme tradiční, česká firma zaměřená na inženýrské činnosti v aplikované geologii. Se 150 zkušenými zaměstnanci, vlastními laboratořemi, mnoha pobočkami a dceřinými firmami v tuzemsku i zahraničí, patříme k největším geologickým firmám v České republice. I v dnešní zvláštní době, kdy je řada aktivit omezena vládními restrikcemi, se firmě daří a rovněž tak máme štěstí podílet se na několika málo projektech tunelových staveb, které se v současnosti realizují.

Nemá smysl zde vyjmenovávat všechny v minulosti realizované projekty, zmíním se o současnosti. Nedávno jsme dokončili komplexní geotechnický monitoring pro SŽ na nejdelším železničním tunelu Ejpovice s nasazením pokročilých metod a instrumentace monitoringu. Aktuálně se podílíme na přípravě a realizaci tří tunelových staveb, které budou mít velký dopad na řešení dopravní infrastruktury ve městě Brně. Jedná se o tunelové prodloužení tramvajové trati do Univerzitního kampusu v Bohunicích, rozšíření velkého městského okruhu v úseku mezi Pisárky a Žabovřesky včetně přeložky tramvajové trati do tunelu a plánovanou výstavbu dvoukilometrového silničního tunelu pod sídlištěm Vinohrady, který bude rovněž součástí velkého městského okruhu.

Nejdále je výstavba přesýpaného tunelu pro prodloužení tramvajové trati z Osové ke kampusu MU v Brně-Bohunicích. V celé trase jsou hotové konstrukce pro zajištění stěn a dokončuje se konstrukce tubusu tunelu. Kromě sledování konstrukcí tvořících samotný tunel je geotechnický monitoring zaměřen i na okolí stavby.

V rámci stavby I/42 Brno VMO Žabovřeská I, etapa II působí GEOtest, a.s. jako vedoucí sdružení geotechnického monitoringu prováděného pro investora, kterým je ŘSD ČR. V květnu byla zahájena ražba 500 m dlouhého tramvajového tunelu firmou Subterra a.s., která je členem sdružení zhotovitelů úseku I/42.

Tunel Vinohrady v Brně je teprve v projekční fázi a pro aktuálně řešenou variantu trasy tunelu GEOtest, a.s. letos realizoval předběžný geotechnický průzkum. Ten zahrnuje hluboké průzkumné vrty, geofyzikální měření z povrchu i z vrtů, terénní a laboratorní zkoušky. Součástí výstupu je i 3D model horninového prostředí v uvažované trase tunelu se zvláštním zaměřením na průběh povrchu skalního podloží, jehož znalost je jedním z klíčových faktorů ovlivňujících proveditelnost stavebního záměru.

Dá se říci, že se naši specialisté v minulosti podíleli na řešení téměř všech významných stavebních akcí s podílem podzemních staveb, a to jak ve fázích průzkumů, tak i jejich realizace, byla-li jejich součástí i mechanika hornin. Především v oboru polního geotechnického zkušebnictví a mechaniky hornin patříme k několika málo firmám, které si udržely a zdokonalily své know-how. Například speciální velkorozměrové zatěžovací a smykové zkoušky, které aktuálně provádíme na horninách v rozrážce na metru D v Praze.

Součástí rozvoje firmy je i aplikovaný výzkum, který řeší specialisté GEOtestu. Naše ostravské pracoviště zaměřené na geofyzikální metody směruje své aktivity do výzkumné činnosti v oblasti využití podzemních prostor. V podzemí dolu Rožná I. se účastníme rozsáhlých vědecko-výzkumných aktivit zaměřených na detailní poznání horninového prostředí dotčeného hornickou činností. Pro SÚRAO jsme rovněž dodavatelem geochemického a hydrogeologického monitoringu na podzemním výzkumném pracovišti Bukov.

Věříme v budoucí silný rozvoj tuzemského tunelového stavitelství, jehož bychom byli rádi součástí a navázali tak na naši tradiční kompetenci. Závěrem bych chtěl poděkovat našim zaměstnancům za jejich „vášeň“ pro tunelové stavby a zároveň našim obchodním partnerům za spolupráci a důvěru, které si vážíme a která nás zavazuje.

RNDR. LUBOMÍR KLÍMEK, MBA

člen představenstva a ředitel společnosti GEOtest, a.s.

Member of Board of Directors and Director of GEOtest, a.s.

DEAR READERS,

I highly appreciate the opportunity to have an introductory word in this issue of the renowned journal TUNEL on behalf of GEOtest, a.s., and to remind you on behalf of all co-workers the history and present of the company, especially in relation to our activities in the field of underground construction.

We have been operating on the market under the GEOtest brand for more than 50 years. We are a traditional Czech company focused on engineering activities in applied geology. With 150 experienced employees, our own laboratories, many branches and subsidiaries at home and abroad, we are one of the largest geological companies in the Czech Republic. Even in the current special time, when many activities are limited by government restrictions, the company is thriving and we are also lucky to participate in the few tunnel construction projects that are currently being under underway.

It does not make sense to name all the projects carried out in the past, so I will mention the present. We have recently completed comprehensive geotechnical monitoring for Railway Administration on the longest Ejpovice railway tunnel applying advanced monitoring methods and instrumentation. We are currently participating in the preparation and construction of three tunnels, which will have a major impact on the solution to the transport infrastructure in the city of Brno. These comprise the extension of the tram line tunnel to the university campus in Bohunice, the extension of the large city ring road in the section between Pisárky and Žabovřesky, including the diversion of the tram line to a tunnel and the planned construction of a two-kilometre road tunnel under the Vinohrady housing estate, which will also be part of a large city ring road.

The furthest is the construction of tunnel for the extension of the tram line from Osová to the Masaryk University Campus in Brno-Bohunice, which is being excavated under the roof deck. Structures supporting the walls have been completed along the entire route, and the tunnel tube structure is being completed. In addition to monitoring of the structures forming the tunnel itself, geotechnical monitoring is also focused on the surroundings of the construction.

Within the construction of the I/42 Brno Large City Ring Road Žabovřeská I, stage II, GEOtest, a.s. as the head of the consortium for geotechnical monitoring performed for the project owner, which is the Directorate of Roads and Motorways of the CR. In May, the excavation of a 500m long tram tunnel was started by the company of Subterra a.s., which is a member of the consortium of contractors for section I/42.

The Vinohrady tunnel in Brno is only in the design phase and this year GEOtest, a.s. carried out preliminary geotechnical investigation for the currently solved variant. The investigation includes deep exploratory boreholes, geophysical measurements from the surface and from the boreholes, field and laboratory tests. The output also includes a 3D model of the ground environment along the considered route of the tunnel with a special focus on the course of the bedrock surface, the knowledge of which is one of the key factors influencing the feasibility of the construction intention.

It is possible to say that in the past our specialists participated in the solution for almost all major construction projects with a share of underground structures, both in the phases of surveys and investigations and implementation of their conclusions if they included rock mechanics. Especially in the area of field geotechnical testing and rock mechanics, we are one of the few companies that have maintained and improved their know-how. For example, special large-scale loading and shear tests, which we are currently conducting on the rock in the starting excavation of the metro D line in Prague.

Part of the company development is also applied research, which is solved by GEOtest specialists. Our Ostrava workplace focused on geophysical methods directs its activities to research activities in the field of the use of underground space. In the underground of the Rožná I. mine, we participate in extensive scientific research activities focused on detailed knowledge of rock environment affected by mining activities. For the Radioactive Waste Repository Authority, we are also a supplier of geochemical and hydrogeological monitoring at the Bukov underground research facility.

We believe in the future strong development of domestic tunnel construction, of which we would like to be a part and thus we build on our traditional competence. In conclusion, I would like to thank our employees for their „passion“ for tunnel construction and, at the same time, our business partners for their collaboration and trust, which we value and which bind us.

VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

je mi velkou ctí, že mohu využít těchto pár řádků k tomu, abych představil práci společnosti STRABAG, a to tematicky právě s ohledem na odvětví tunelových staveb.

Historie našeho stavebního koncernu se začala psát v roce 1835 v rakouských Korutanech založením rodinné firmy ve městě Spittal an der Drau. Samotné firemní jméno STRABAG vstoupilo na stavební scénu v roce 1930 a v roce 1986 na vídeňskou burzu. Koncern STRABAG SE ve své spanilé jízdě pokračuje dodnes a v současné době zaměstnává přibližně 75 000 lidí po celém světě.

Tak, jak firma rostla, se rozšiřovalo i její portfolio a specialista na stavbu silnic se postupně stal také lídrem ve výstavbě mostů a železnic, významným hráčem na poli pozemního stavitelství a má i historicky silné tunelářské divize ve Vídni a ve Stuttgartu. Tunely STRABAG stavěl a staví v 60 zemích celého světa.

Z nedávných projektů stojí za zmínku Nordhavnsvej v dánské metropoli Kodani. Tunel o délce 900 m má dva jízdní pruhy v každém směru a byl realizován metodou Cut & Cover. Pracovní postupy na výstavbě tohoto tunelu byly pečlivě plánovány, a to i s ohledem na co nejmenší zátěž pro rezidenty sousední obytné čtvrti a na skutečnost, že část tunelu vede pod železniční tratí.

Mezi současné zajímavé projekty v Rakousku patří například tunel Koralm. Tento železniční tunel o délce 33 km je součástí vysokorychlostní železniční sítě, jež patří do celoevropské železniční sítě. Výstavba dvoutubusového Koralmského tunelu je rozdělena na 3 stavební úseky a jeho dokončení je v plánu v roce 2025. STRABAG se podílí rovněž na výstavbě Brennerského bázového tunelu, který bude po svém dokončení disponovat 55 km železnice procházející pod Brennerským průsmykem. Na jeho finální podobu se můžeme těšit v roce 2028.

Týmy koncernu STRABAG pracují na impozantních tunelových stavbách i daleko za hranicemi Evropy. Tunelové a inženýrské stavební práce na komplexu vodních elektráren v Alto Maipo v Chile jsou jedním z příkladů zaoceánských zakázek, které dávají našemu koncernu příležitost ukázat, co v tomto odvětví umíme.

Ale vraťme se do Česka. V roce 2018 jsme přijali rozhodnutí zajistit si vlastní tunelové kapacity pro český a slovenský trh. S ohledem na omezené množství tunelových staveb, které se zde realizují a budou realizovat, to bylo rozhodnutí odvážné, ale zároveň přirozené. Naší ambicí totiž vždy bylo pokrývat všechna odvětví stavebnictví. A vlastní tuzemské kapacity pro tunelové stavby a speciální zakládání nám chyběly jako poslední díl skládačky. Na základě koncernového know-how a rozsáhlých zahraničních zkušeností jsme tak vstoupili aktivně i do českého podzemí. Do nově vzniklého týmu se nám podařilo získat zkušené odborníky a vyčlenili jsme potřebné investice na strojní vybavení. Za podpory mateřského koncernu jsme tak zahájili činnost za pomoci vlastních kapacit v tomto nesmírně náročném a specifickém odvětví.

Prvním významným projektem našeho českého týmu byla realizace geologického průzkumu pro ražbu nové trasy D pražského metra, v úseku OL1. Účelem tohoto projektu bylo ověření geologických podmínek podloží v geologicky složité oblasti, kterou bude vedena nová trasa metra. Jak tento projekt probíhal, o tom už se pro vás, vážení čtenáři, rozepsali naši kolegové z „podzemí“.

Nyní před námi stojí kompletní rekonstrukce stanice metra Jiřího z Poděbrad, kde mimo jiné prorazíme na povrch cestu výtahu, který bude zajišťovat bezbariérový přístup na nástupiště.

Věřím, že tyto projekty jsou pro STRABAG v Česku dobrým odrazovým můstkem, který nás nasměruje vstříc dalším zajímavým příležitostem. Naši kolegové z českého týmu tunelových staveb odvedli za velmi krátkou dobu obdivuhodný kus práce a všichni se těšíme na další výzvy, které na nás čekají pod povrchem země.

Zdař Bůh!

DEAR TUNEL JOURNAL READERS,

It is a great honour for me to be allowed to use these lines to present the work of STRABAG, thematically with regard to the tunnel construction industry.

The history of our construction group began in 1835 in Carinthia, Austria with the foundation of a family business in Spittal an der Drau. The company name STRABAG itself entered the civil engineering scene in 1930 and in 1986 it entered the Vienna Stock Exchange. The STRABAG SE Group continues its expansion to this day and currently employs approximately 75,000 people worldwide.

As the company grew, so did its portfolio, and the originally road construction specialist gradually became a leader in the construction of bridges and railways, a major player in the field of building, and has historically strong tunnel construction divisions in Vienna and Stuttgart. STRABAG has built and is building tunnels in 60 countries around the world. Of the recent projects, the Nordhavnsvej tunnel in the Danish metropolis of Copenhagen is worth mentioning. The 900m long tunnel has two traffic lanes for each direction. It was built using the Cut & Cover method. The work procedures for the construction of this tunnel have been carefully planned, taking into account the least possible burden on the residents of the neighbouring residential area and the fact that part of the tunnel leads under a railway line.

Among the current interesting projects in Austria, there is, for example, the Koralm tunnel. This 33km long railway tunnel is part of the high-speed rail network, which belongs to the pan-European rail network. The construction of the twin-tube Koralm tunnel is divided into 3 construction sections and its completion is planned for 2025. STRABAG is also involved in the construction of the Brenner Base Tunnel, which, once completed, will comprise 55km of railways running under the Brenner Pass. We can look forward to its final appearance in 2028.

STRABAG Group teams work on impressive tunnelling projects far beyond the borders of Europe. Tunnelling and civil engineering work on the hydroelectric power plant complex in Alto Maipo, Chile is one example of the overseas contracts that give our group the opportunity to show what we can do in this sector.

But let us return to the Czech Republic. In 2018, we adopted the decision to provide our own tunnelling capacities for the Czech and Slovak markets. With respect to the limited number of tunnel construction projects that are and will be carried out here, this decision was bold but at the same time natural. The reason is that our ambition has always been to cover all sectors of the construction industry. And we lacked our own domestic capacities for tunnel construction and special foundation projects as the last part of the puzzle. Based on the Group's know-how and extensive foreign experience, we have actively entered the Czech underground. We managed to get experienced experts into the newly originated team and we set aside the necessary investments in mechanical equipment. With the support of the parent group, we started our activities with the help of our own capacities in this extremely demanding and specific sector.

The first significant project of our Czech team was the geological survey for the OL1 section of the excavation of the new Line D of the Prague metro. The purpose of this project was to verify the geological conditions of the underlier in the geologically complex area through which the new metro line will run. Our colleagues from the "underground" have already written for you, dear readers, about how this project proceeded.

Now we are facing a complete reconstruction of the Jiřího z Poděbrad metro station, where, among other things, we will break through the path for the lift, which will provide barrier-free access to the platform.

I believe that these projects are a good springboard for STRABAG in the Czech Republic, which will direct us towards other interesting opportunities. Our colleagues from the Czech tunnel construction team have carried out an admirable piece of work in a very short time, and we are all looking forward to the further challenges that await us beneath the earth's surface.

God speed you!

ING. ONDŘEJ NOVÁK,
předseda představenstva STRABAG a.s.
Chairman of STRABAG a.s. Board of Directors

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM PRO TUNEL VINOHRADY V BRNĚ
GEOTECHNICAL EXPLORATION OF THE VINOHRADY TUNNEL IN BRNO

ADAM ZAPLETAL

ABSTRAKT

V Brně byly zahájeny dlouho očekávané práce na úseku velkého městského okruhu (VMO) Žabovřeská, jehož součástí je také tramvajový tunel ražený ve skalním masivu pod Wilsonovým lesem. Současně je podle aktuálních informací (květen 2021) očekáváno, že nejpozději koncem června tohoto roku budou zahájeny práce na dalším kritickém úseku VMO Tomkovo náměstí a Rokytova. Realizací těchto složitých staveb bude kompletně dokončena západní a severní část městského okruhu. Pozornost investora (Ředitelství silnic a dálnic ČR, dále jen ŘSD ČR) se proto nyní obrátila na severovýchodní část okruhu a na řešení palčivého problému, kterým je průjezd městskou částí Židenice. Po několika letech tak ožily projekční práce také na přibližně 1600 m dlouhém tunelu Vinohrady, kterým bude převedena doprava od ulice Rokytova, pod sídlištěm Vinohrady, až k ulici Líšeňská. Článek pojednává o výsledcích předběžného průzkumu, který pro tuto stavbu realizovala společnost GEOtest, a.s. v období od září 2020 do června 2021.

ABSTRACT

The long-awaited work on the section of the Great City Ring road (VMO) Žabovřeská was started in Brno, which also includes a tram tunnel excavated in the rock massif below Wilson's Forest. At the same time, according to current information (May 2021), it is expected that work on the next critical section of VMO Tomkovo náměstí and Rokytova will begin at the end of June this year at the latest. The implementation of these complex structures will complete the entire western and northern part of the city ring road. The investor's attention (Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic, hereinafter referred to as ŘSD) has therefore now turned to the north-eastern part of the ring road and to the solution to the burning problem of passing through the Židenice district. After a few years, the design work thus was also revived on the approximately 1600 m long Vinohrady tunnel, which will transfer traffic from Rokytova Street, below the Vinohrady housing estate, to Líšeňská Street. The article deals with the results of a preliminary exploration carried out for this construction by GEOtest, a.s. in the period from September 2020 to June 2021.

ÚVOD

Brněnský VMO je společně s přestavbou železničního uzlu Brno bezesporu nejvýznamnějším územně rozvojovým projektem jihomoravské metropole a jeho úsek VMO Židenice je podle měření intenzity dopravy z roku 2010 jeho nejvytíženější částí. Na ulicích Gajdošova a Svatoplukova byla naměřena intenzita 45 tis. vozidel / 24 h. Pro srovnání na brněnském úseku dálnice D1 byla ve stejném období naměřena intenzita 66 tis. vozidel / 24 h. Není proto překvapením, že na uvedených ulicích vznikají každodenně kolony s až hodinovým zdržením.

Řešením má být odklonění nově budované směrově dělené víceproudé komunikace rychlostního typu od stávající trasy silnice I/42 novou mimoúrovňovou křižovatkou (MÚK) Karlova (křižovatka silnic I/42 a silnice II/374, obr. 1). Trasa nové komunikace bude od této MÚK vedena na estakádě přes jižní okraj seřaďovacího nádraží Maloměřice a přes průmyslové areály na ulici Kulkova. Zde estakáda končí další mimoúrovňovou křižovatkou MÚK Rokytova. Tyto stavby jsou součástí úseku VMO Tomkovo náměstí a Rokytova a podle aktuálních informací (květen 2021) na nich budou nejpozději koncem června 2021 zahájeny stavební práce. Předpokládané uvedení do provozu je v roce 2023.

Za MÚK Rokytova má na novou trasu silnice I/42 v budoucnu navázat tunel Vinohrady se severozápadním portálem přibližně ve staničení km 8,500 a jihovýchodním portálem mezi ulicemi Křtinská a Jedovnická, cca ve staničení km 10,100. Celková délka tunelu tak bude přibližně 1600 m.

V rámci dříve zpracovaných studií a geotechnických průzkumů (GTP) bylo operováno se třemi variantami trasy tunelu, označovanými jako varianta zelená, modrá a červená (obr. 1, převzato z informačních stránek ŘSD ČR). Provedený průzkum, kterému jsou

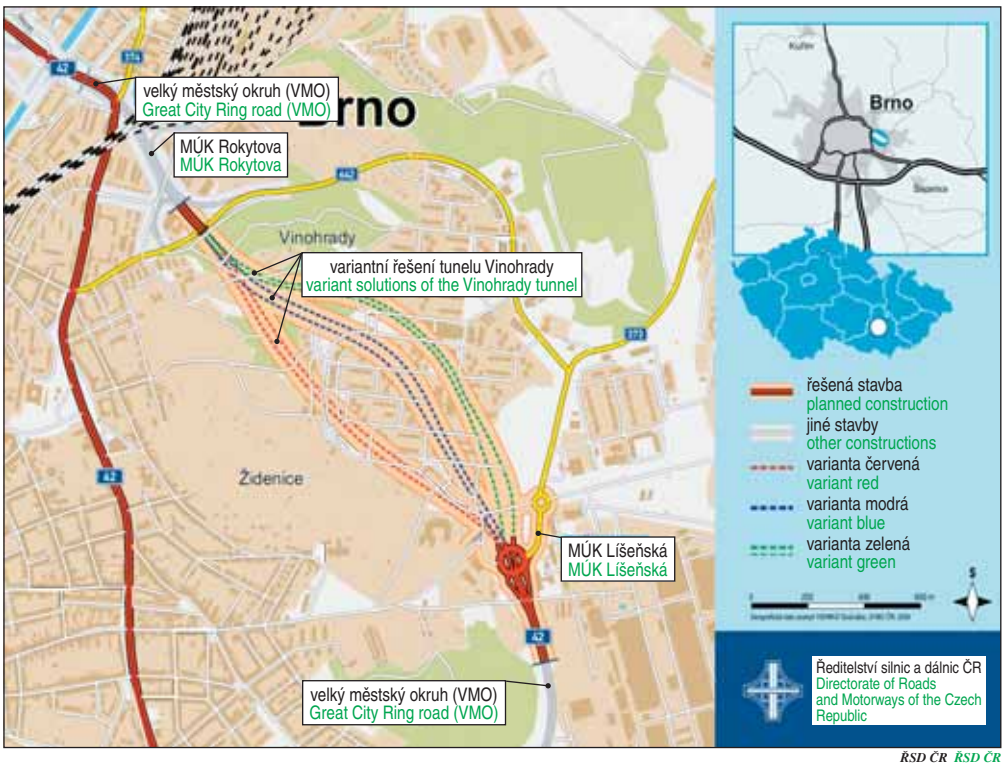
INTRODUCTION

The Brno VMO, together with the reconstruction of the Brno railway junction, is undoubtedly the most important territorial development project of the South Moravian metropolis, and its section VMO Židenice is, according to traffic intensity measurements from 2010, its busiest part. On the streets Gajdošova and Svatoplukova the intensity was measured 45 thousand vehicles / 24 h. For comparison on the Brno section of the D1 motorway, the intensity of 66 thousand vehicles / 24 h was measured in the same period. It is therefore not surprising that traffic jams with up to an hour's delay are formed on the streets every day.

The solution is to divert the newly built directionally divided multi-lane high-speed road from the existing route of road I/42 to the new level crossing (MÚK) Karlova (junction of roads I/42 and road II/374, Fig. 1). The route of the new road will run from this MÚK above ground over the southern edge of the Maloměřice marshalling yard and through the industrial areas on Kulkova Street in the future. Here the flyover ends with another level crossing MÚK Rokytova. These buildings are part of the VMO section Tomkovo náměstí and Rokytova and, according to current information (May 2021), construction work on them will begin at the end of June 2021 at the latest. Expected commissioning is in 2023.

Behind MÚK Rokytova, the Vinohrady tunnel is to be linked to the new route of road I/42 in the future by the Vinohrady tunnel with the north-western portal at approximately km 8,500 and the south-eastern portal between Křtinská and Jedovnická streets, approximately km 10,100. The total length of the tunnel will be approximately 1600m.

As part of previously processed studies and geotechnical explorations (GTP), three variants of the tunnel route were considered,



ŘSD ČR ŘSD ČR

Obr. 1 Nové vedení silnice I/42 a dříve uvažované varianty trasy tunelu Vinohrady
Fig. 1 New route of the road I/42 and previously considered variants of the Vinohrady tunnel route

věnovány další části textu, byl zpracován pro červenou variantu trasy. Ta je podle dostupných informací jediná dále zpracovávána ve stupni dokumentace pro územní rozhodnutí (DÚR). Informační leták na webových stránkách ŘSD ČR k tomu uvádí následující: *„I když existují jistá úskalí ve smyslu geologických a hydrogeologických poměrů, tak se v aktuální dokumentaci počítá s variantou, se kterou uvažuje platný Územní plán města Brna.“*

KOMPLIKACE PŘI REALIZACI PRŮZKUMU

Zahájení prací na doplnění předběžného průzkumu zkomplikovalo hned ve fázi přípravy několik faktorů, z nichž některé jsou běžné a do jisté míry s nimi bylo počítáno již v původním harmonogramu prací, jiné ale běžné nejsou, jako např. omezení úředních hodin na základě vládních opatření proti šíření COVID-19, a s tím spojené prodloužené (neomezené) lhůty na vyřízení úředních dokumentů. Ze získání rozhodnutí o zvláštním užívání komunikace (DIR), které bylo nezbytné pro realizaci většiny průzkumných vrtů, se tak pro zhotovitele průzkumu stalo obtížně řešitelné dilema, kdy musel volit mezi pokutou za neoprávněné užívání komunikace, nebo pokutou za zpožděné zahájení prací a nesplnění závazných termínů vůči investorovi.

Další běžné komplikace, jako vysoká hustota inženýrských sítí v prostoru sídliště Vinohrady, a tím vynucené posuny vrtů, náhrady škod na parkovacích plochách, komunikacích a městské zeleni, či realizace vrtů v obtížně přístupném terénu, byly vzhledem k lokalitě očekáváné a nezpůsobovaly větší problémy.

VYHODNOCENÍ PRŮZKUMU

Kromě standardních a běžných výstupů byl podle požadavků investora v rámci vyhodnocení geotechnického průzkumu, za pomoci specializovaného výpočetního programu (dále SW) Midas GTS NX, sestrojen také inženýrskogeologický 3D model zájmového území. Což je ojedinělé, zejména již ve fázi předběžného průzkumu. K jeho tvorbě byly kromě nově realizovaných vrtů použity

referred to as the green, blue and red variant (Fig. 1, taken from the information pages of ŘSD ČR). The survey, to which other parts of the text are devoted, was prepared for the red variant of the route. According to the available information, this is the only one further processed in the stage of documentation for the zoning decision (DÚR). The information leaflet on the ŘSD ČR website states the following: “*Although there are certain pitfalls in terms of geological and hydrogeological conditions, the current documentation envisages a variant considered by the valid Land-use Plan of the City of Brno.*”

COMPLICATIONS IN THE SURVEY

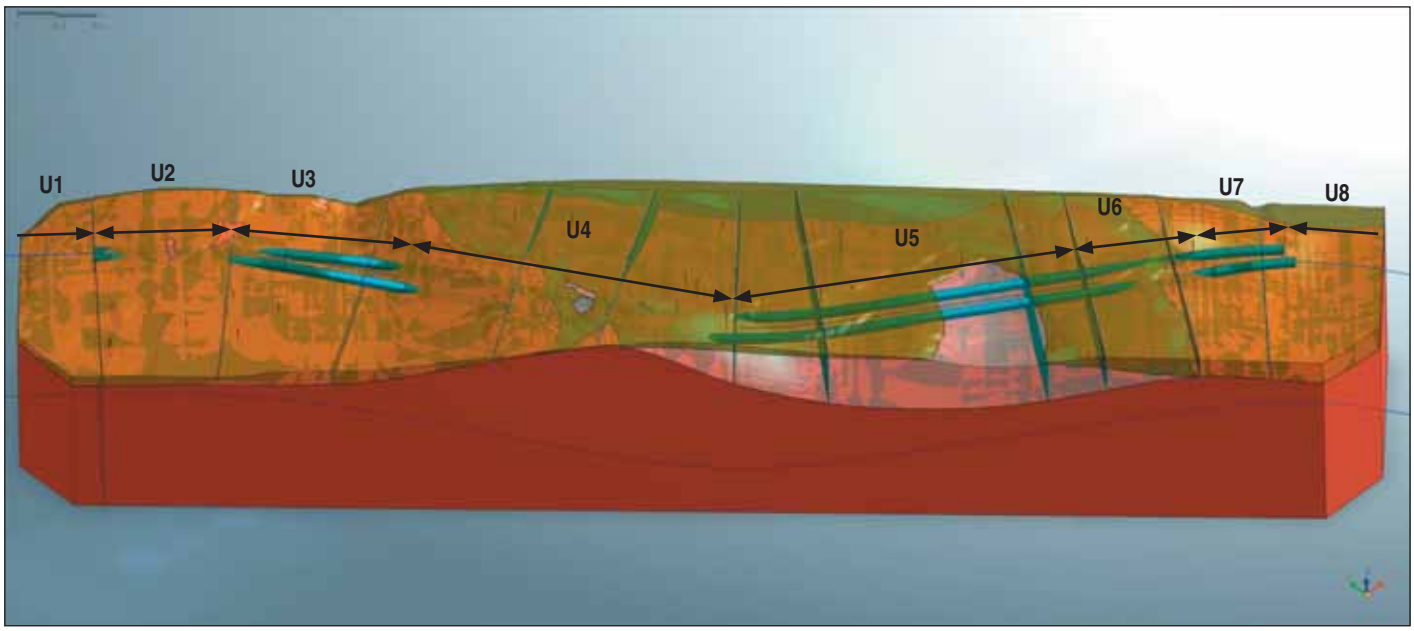
The start of work to supplement the preliminary survey was complicated in the preparation phase by several factors, some of which are common and to some extent already envisaged in the original work schedule, but others are not common, such as restrictions on office hours based on government anti-proliferation measures COVID-19, and the associated extended (unlimited) deadlines for processing official documents. Obtaining a decision on special use of the road (DIR), which was necessary for the construction of most exploratory wells, made the dilemma difficult for the explorer to choose between a fine for unauthorized use of the road or a fine for delayed start of work and failure to meet binding investor’s deadlines.

Other common complications, such as the high density of engineering networks in the residential area of the Vinohrady housing estate, and thus forced relocation of wells, compensation for damage to parking areas, roads and urban greenery, or drilling in difficult terrain, were expected due to the location and did not cause major problems.

SURVEY EVALUATION

In addition to standard and common outputs, an engineering geological 3D model of the area of interest was constructed according to the investor’s requirements within the evaluation of the geotechnical survey, with the help of a specialized computer software (hereinafter SW) Midas GTS NX which is unique, especially in the preliminary survey phase. In addition to newly drilled wells, archival surveys and the results of newly drilled and archived geophysical measurements were also used for its creation.

The motivation for creating a 3D model was the fact that the route of the planned tunnel passes through three fundamentally different geological environments, ie the bedrock formed by rocks of the Brno massif, Neogene sandy sediments and a subsurface layer in which Quaternary soils and Neogene clays are unified. When creating the model, the basic step was the creation of the bedrock relief, for which information from geophysical measurements was significantly applied. The next step was to define the surface of Neogene sandy sediments, which fill an extensive depression in the middle part of the route. The whole model is then covered by a subsurface layer of soils.



Obr. 2 Inženýrskogeologický 3D model zájmové oblasti, pohled ve směru JZ–SV; červeně průběh skalního podloží Brněnského masivu, v pravé části (jihozápadní polovina trasy) patrná výrazná deprese, která je vyplněna neogenními písčitými sedimenty; v povrchové vrstvě (hnědá barva) jsou sloučeny vrstvy kvartérních hlín a neogenních jílů; v levé části je patrný úsek, kde tunelové trouby vystupují na povrch; v tomto úseku bude realizován tunel přesypaný nebo galerie
Fig. 2 Engineering Geology 3D model of the area of interest, view in the SW–NE direction; in red color the bedrock course of the Brno Massif, in the right part (southwestern half of the route) a significant depression is visible, which is filled with Neogene sandy sediments; layers of Quaternary clays and Neogene clays are combined in the surface layer (brown color); in the left part there is a visible section where the tunnel tubes protrude to the surface; a cut and cover tunnel or gallery will be built in this section

také vrty archivních průzkumů a výsledky nově realizovaných i archivních geofyzikálních měření.

Motivací k tvorbě 3D modelu byla skutečnost, že trasa plánovaného tunelu prochází přes tři různá zásadně se odlišující geologická prostředí, tj. skalní podloží tvořené horninami Brněnského masivu, neogenní písčité sedimenty a přípovrchovou vrstvu, ve které jsou sjednoceny kvartérní zeminy a neogenní jíly. Při vytváření modelu tak byla základním krokem tvorba reliéfu skalního podloží, kde se významně uplatnily informace z geofyzikálních měření. Následujícím krokem bylo vymezení povrchu neogenních písčitých sedimentů, které vyplňují rozsáhlou depresi ve střední části trasy. Celý model pak překrývá přípovrchová vrstva zemin.

Tvar terénu byl vygenerován SW Terrain Geometry Maker na základě dat zakoupených od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK). Směrové a výškové vedení trasy tunelových trub odpovídá studii proveditelnosti z března 2021, kterou zhotoviteli průzkumu poskytly projekční firmy AMBERG Engineering Brno, a.s. a PK Ossendorf. Pohled na celý 3D model je na obr. 2.

3D model byl významným přínosem již při samotném vyhodnocení geotechnického průzkumu. Podle předpokládaného způsobu výstavby, a také inženýrskogeologických a geotechnických poměrů, byl tunel rozčleněn na celkem osm úseků, které jsou stručně představeny v následujících podkapitolách. Popis těchto úseků a jejich vymezení je díky prezentovaným náhledům přehlednější a srozumitelnější, než při zobrazení pouze za pomoci rovinných řezů. Pro další zpracování byl 3D model poskytnut objednateli ve formátu Parasolid (version 24), který je možné jednoduše importovat do všech běžně používaných CAD programů, jako jsou AutoCAD, Microstation apod.

Úseky U1, U2 a U3

U1 je severozápadní portálová oblast délky přibližně 80 m, U2 je úsek délky přibližně 200 m s nízkým nadložím, kde se podle aktuální studie proveditelnosti předpokládá hloubení tunelu v otevřeném výkopu nebo postup výstavby metodou želva, U3 je úsek dlouhý přibližně 150–180 m, kde bude výstavba přesypaného

The shape of the terrain was generated by SW Terrain Geometry Maker on the basis of data purchased from the Czech Surveying and Cadastral Office (ČÚZK). The directional and height guidance of the tunnel pipe route corresponds to the feasibility study from March 2021, which was provided to the survey contractor by the design companies AMBERG Engineering Brno, a.s. and PK Ossendorf. The view of the whole 3D model is in Fig. 2.

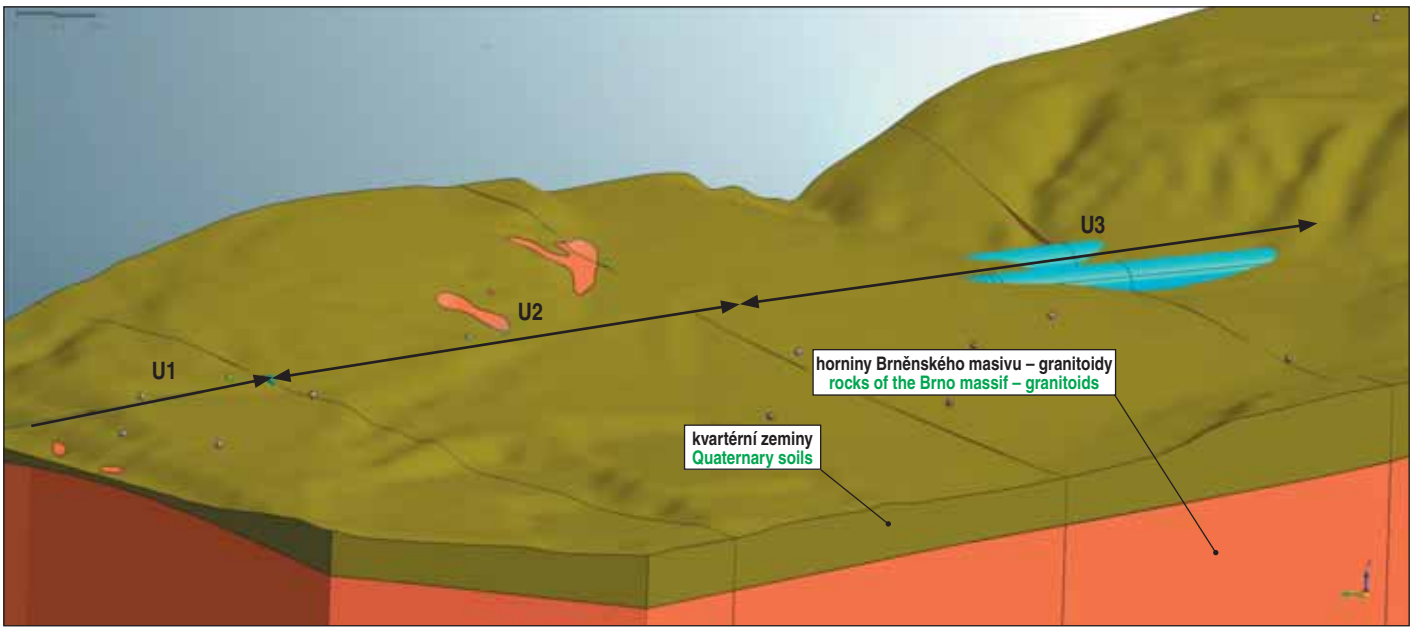
The 3D model was a significant benefit in the actual evaluation of geotechnical survey. According to the expected method of construction, as well as engineering geological and geotechnical conditions, the tunnel was divided into a total of eight sections, which are briefly presented in the following subchapters. Thanks to the presented previews, the description of these sections and their delimitation is clearer and more understandable than when viewed only with the help of planar sections. For further processing, the 3D model was provided to the customer in the Parasolid format (version 24), which can be easily imported into all commonly used CAD programs, such as AutoCAD, Microstation, etc.

Sections U1, U2 and U3

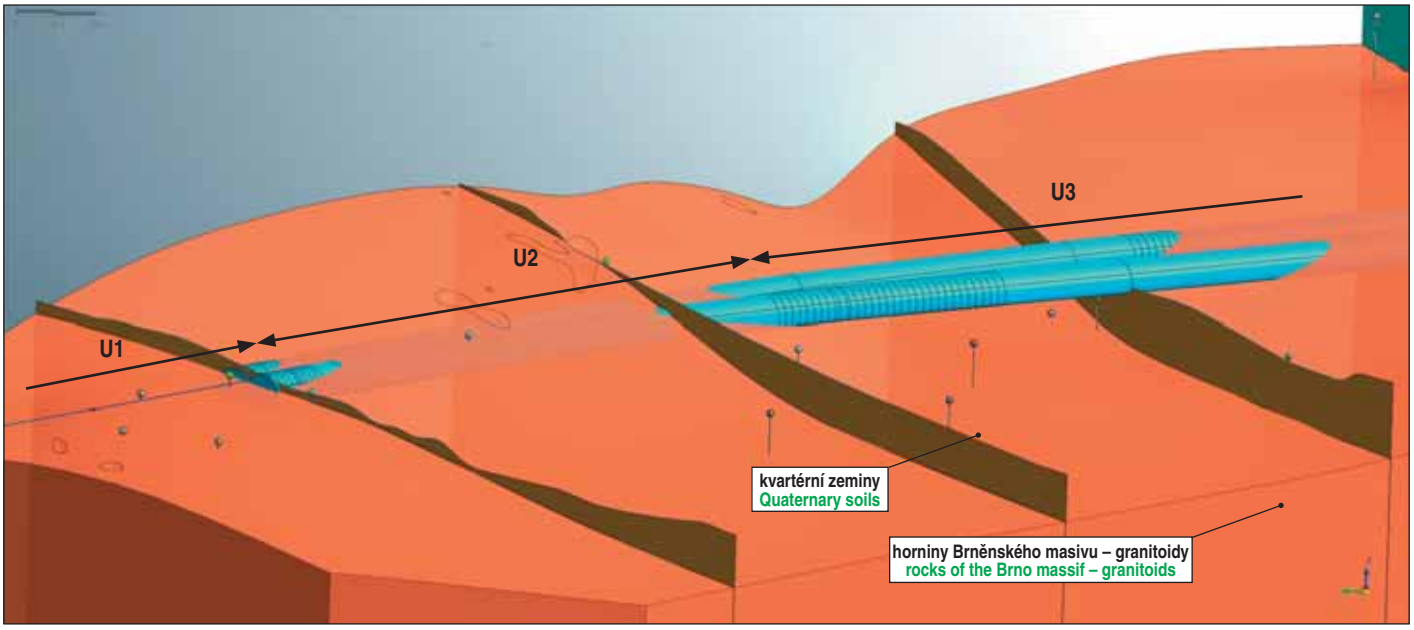
U1 is a north-western portal area approximately 80m long, U2 is a section approximately 200m long with an overburden, where according to the current feasibility study, a cut and cover tunnel excavation in an open pit or an artificial tunnel roof construction is assumed, U3 is a section approximately 150–180m long, where cut and cover construction of a tunnel or a gallery takes place in an open pit or in the field. Sections U1, U2 and U3 are shown in Figures 3 and 4.

Section U4

This is an approximately 400m long section, where the tunnel will be excavated in rocks of the Brno massif (Proterozoic granitoids) with a high overburden, which has a thickness of more than 35m from the tunnel roof. Proterozoic rocks are, in comparison with all other excavated sections, the most favorable for excavation conditions. Even here, however, a simple and



Obr. 3 Pohled SZ–JV na úseky U1, U2 a U3 v geologickém 3D modelu – zobrazen povrch hornin Brněnského masivu, kvartérní pokryv zobrazen pouze v rovinách příčných řezů
Fig. 3 NW–SE view of sections U1, U2 and U3 in geological 3D model – shown the surface of rocks of the Brno massif, the Quartenary cover is shown only in planes of cross-sections



Obr. 4 Pohled SZ–JV na úseky U1, U2 a U3 v geologickém 3D modelu – zobrazen povrch hornin proterozoického stáří, kvartérní pokryv zobrazen pouze v rovinách příčných řezů
Fig. 4 NW–SE view of sections U1, U2 and U3 in geological 3D model – surface of Proterozoic rocks shown, Quaternary cover shown only in cross-sectional planes

tunelu nebo galerie probíhat v otevřeném výkopu nebo na terénu. Úseky U1, U2 a U3 jsou zobrazeny na obr. 3 a 4.

Úsek U4

Jedná se o přibližně 400 m dlouhý úsek, kde bude tunel ražen v horninách Brněnského masivu (proterozoických granitoidech) s vysokým nadložím, které má mocnost více než 35 m od klenby tunelu. Proterozoické horniny jsou, v porovnání se všemi dalšími raženými úseky, pro podmínky ražby nejpříznivější. Ani zde ale nelze předpokládat jednoduchý a bezproblémový postup. Oblast se nalézá na rozhraní dvou významných geologických jednotek, Českého masivu a Západních Karpat. Brněnský masiv, který je součástí Českého masivu, je v této okrajové části tvořen převážně horninami pláště masivu, tj. amfibolity, migmatity s polohami rul a aplitů. Biotitické granodiority byly nově realizovanými vrty zastiženy

trouble-free procedure cannot be expected. The area is located on the border of two important geological units, the Bohemian Massif and the Western Carpathians. The Brno massif, which is part of the Bohemian Massif, in this marginal part is formed mainly by rocks of the massif mantle, ie amphibolites, migmatites with gneiss and aplite positions. Biotite granodiorites were found only locally by newly drilled wells. The information that the massif is made up of such a diverse range of rocks shows that the intensity of rock foliation and its orientation to the face will be highly variable and difficult to predict. The rocks of the massif are variably weathered and cracked with different intensity, when the orientation of the cracks again depends to a certain extent on a specific rock and therefore cannot be predicted over a longer section.

Furthermore, a significant fault zone in the tunnel overburden was found by the newly drilled well J206A, the possible theoretical

pouze lokálně. Z informace, že masiv je tvořen takto pestrou paletou hornin, vyplývá, že intenzita foliace hornin a její orientace vůči čelbě bude silně proměnlivá a obtížně předvídatelná. Horniny masivu jsou proměnlivě navětrané a rozpukané s různou intenzitou, kdy orientace puklin opět do jisté míry závisí na konkrétní hornině a nelze ji proto na delším úseku předvídat.

Dále byla nově realizovaným vrtem J206A zastižena významná poruchová zóna v nadloží tunelu, jejíž možný teoretický průběh je vykreslen v příčném řezu na obr. 5. V neposlední řadě je nově realizovaným hydrogeologickým pozorovacím vrtem HG205 monitorována hladina podzemní vody (HPV), která se i po provedení čerpací zkoušky ve vrtu ustálila přibližně v úrovni 26 m nad niveletou trasy.

Úsek U5

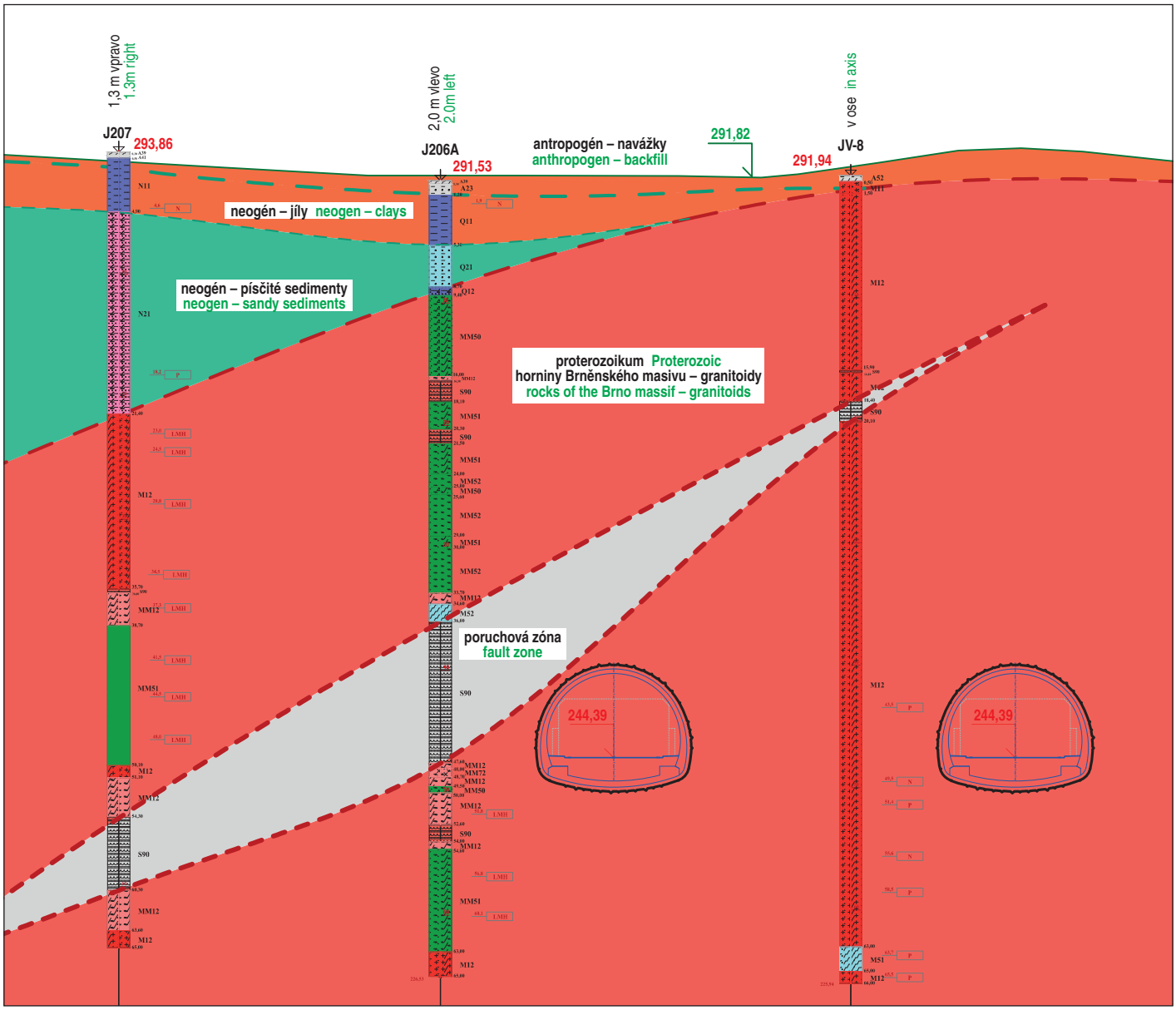
Jde o přibližně 450–490 m dlouhý úsek, kde bude tunel ražen v silně ulehlých, místy až slabě zpevněných neogenních písčitých sedimentech, s mocností nadloží převážně 25–35 m od klenby tunelu. Rizikových faktorů na tomto úseku je celá řada. Jelikož tento text nemá za cíl shrnovat kompletní závěry provedeného průzkumu, a protože v době zpracování článku probíhalo také zpracování rizikové analýzy, bude zde uveden pouze stručný výpis hlavních rizik, bez jejich hlubšího rozebírání a hodnocení.

course of which is plotted in cross section in Fig. 5. Last but not least, the groundwater level (HPV) is monitored by the newly drilled hydrogeological observation well HG205, which stabilized approximately at the level of 26m above the alignment level after the execution of the pumping test in the borehole.

Section U5

It is an approximately 450–490m long section, where the tunnel will be excavated in highly dense, sometimes even weakly cemented Neogene sandy sediments, with an overburden thickness mainly 25–35m from the tunnel roof. There are a number of risk factors in this area. As this text is not intended to summarize the complete conclusions of the exploration, and as a risk analysis was being prepared at the time of writing, only a brief listing of the main risks will be provided, without further analysis and evaluation.

The tunneling conditions will correspond to excavation in low-strength soils and rocks. Determination of geotechnical parameters of sandy sediments is quite problematic, because intact samples cannot be taken out of them; in laboratory conditions it is not possible to reliably simulate the natural high density of these sediments, etc. The tunnel route in this section is taken under the Vinohrady residential area, not directly under the buildings, but



Obr. 5 Možný teoretický průběh poruchové zóny v nadloží tunelu
Fig. 5 Possible theoretical course of the fault zone in the tunnel overburden

Podmínky tunelování budou odpovídat ražbě v zeminách a horninách malé pevnosti. Stanovení geotechnických parametrů písčitých sedimentů je značně problematické, protože z nich nelze odebrat neporušené vzorky, v laboratorních podmínkách nelze spolehlivě simulovat přirozenou vysokou ulehlost těchto sedimentů atd. Trasa tunelu je v tomto úseku vedena pod sídlištěm Vinohrady, nevede přímo pod domy, ale predikovaná poklesová kotlina ukazuje, že stavba ovlivní inženýrské sítě a zástavbu v této oblasti včetně 12patrového panelového domu. Současný průzkum nepotvrdil dřívější obavy z možného zvodnění písčitých sedimentů při jejich bázi. Podle realizovaných měření se úroveň HPV pohybuje přibližně 10 m pod povrchem horninového masivu. Nelze ovšem vyloučit přítomnost vody v přechodových úsecích mezi úseky U4 a U5, kde bude ražba přecházet z prostředí skalního masivu do neogenních písků. Nelze také opomenou, že nad úsekem U5 je podle registru svahových nestabilit České geologické služby zmapována rozsáhlá dočasně uklidněná svahová nestabilita se smykovou plochou v jílech spodního badenu. Na obr. 6 je pohled ve směru JJZ–SSV na úsek U4 a začátek úseku U5 v inženýrskogeologickém modelu. Z uvedeného je zřejmé, že tento úsek představuje z hlediska projekčního návrhu technického řešení i následné realizace největší výzvu.

Úseky U6–U8

U6 je přibližně 110–130 m dlouhý úsek s relativně nízkým nadložím 2–3 průměry tunelu, kde bude ražba probíhat v přípovrchové zóně horninového masivu, přičemž prostor kaloty a klenby tunelu bude tvořen neogenními písky a kvartérními uloženinami. U7 je úsek dlouhý přibližně 100 m a ražba zde bude probíhat v kvartérních eolických sedimentech – spraších a sprašových hlínách. U8 je přibližně 160–180 m dlouhá jihovýchodní portálová oblast u MÚK Jedovnická.

Rovněž realizaci těchto úseků je možné označit za obtížně proveditelnou. Bude zahrnovat ražbu v zeminách s nízkým nadložím, naopak v úseku U6 lze zejména v oblasti počvy předpokládat horniny pevnosti až R2 a současně v přístropí neogenní písky a kvartérní zeminy.

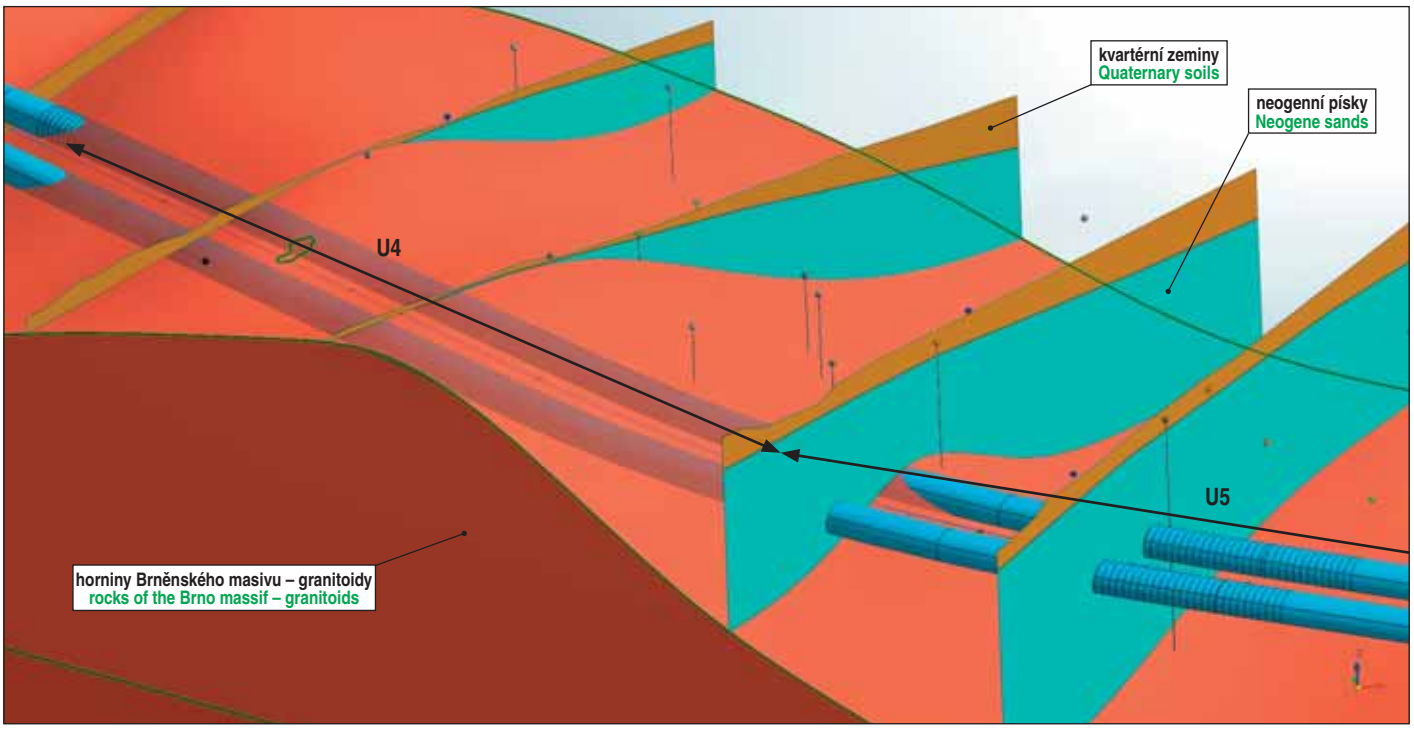
the predicted settlement trough shows that the construction will affect utilities and housing development in this area, including a 12-storey panel house. The current exploration did not confirm previous concerns about possible water-bearing of sandy sediments at their base. According to the performed measurements, the HPV level is approximately 10m below the ground surface. However, the presence of water in the transition sections between sections U4 and U5 cannot be ruled out, where the excavation will pass from the environment of the rock massif to the Neogene sands. It cannot be overlooked that above the section U5, according to the register of slope instabilities of the Czech Geological Survey, an extensive temporarily calmed slope instability with a shear surface in the clays of the Lower Badenian boundary is mapped. Fig. 6 is a view in the direction SSW–NNE of the section U4 and the beginning of the section U5 in the engineering geological model. From the above it is clear that this section represents the biggest challenge in terms of design of technical solutions and subsequent implementation.

Sections U6–U8

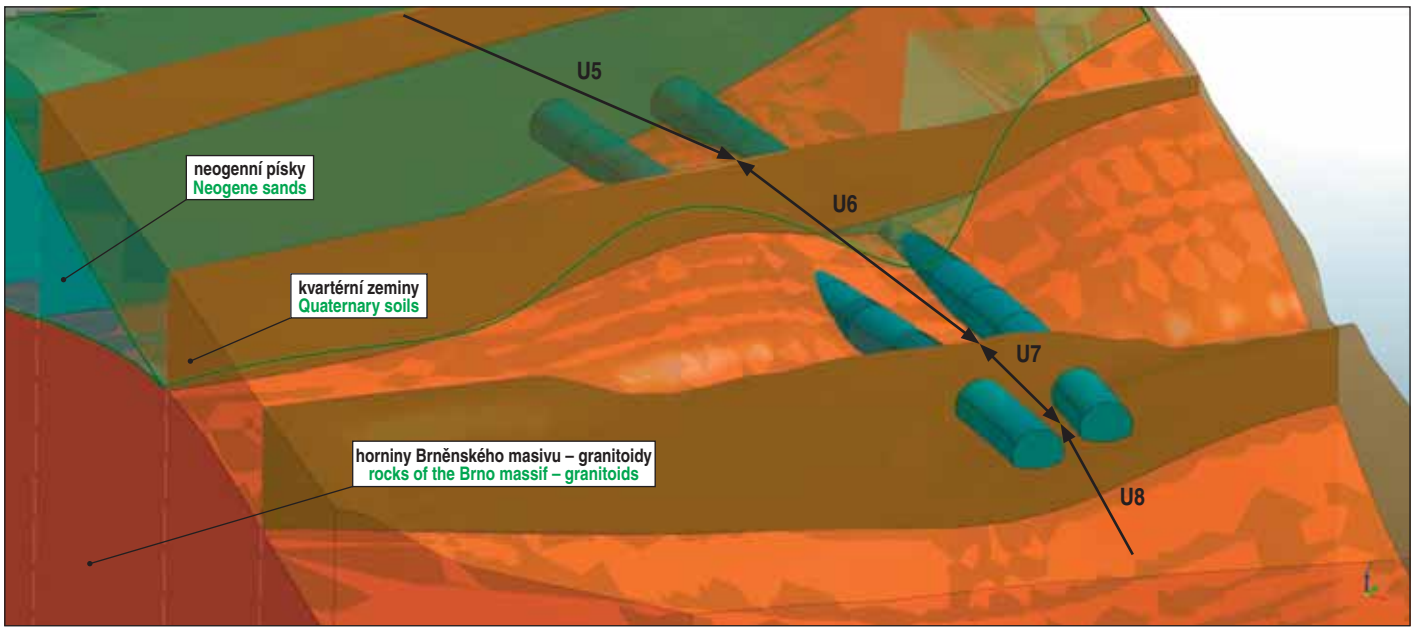
U6 is an approximately 110–130m long section with a relatively low overburden 2–3 tunnel diameters, where the excavation will take place in the subsurface zone of the ground massif, while the area of the heading and the roof of the tunnel will be formed by Neogene sands and Quaternary deposits. U7 is a section approximately 100m long and excavation will take place in Quaternary Aeolian sediments – loess and loess clays. U8 is an approximately 160–180m long south-eastern portal area near MÚK Jedovnická.

These tunnel sections can also be described as difficult to implement. It will include excavation in soils with low overburden; on the contrary, in the section U6 especially in the tunnel invert it is possible to expect rocks of strength up to R2, and at the same time Neogene sands and Quaternary soils in the tunnel roof.

The view of these sections in the engineering geological model is in Fig. 7.



Obr. 6 Pohled ve směru JJZ–SSV na úsek U4 vlevo a začátek úseku U5 vpravo; neogenní písčité sedimenty dosahují ve střední části úseku U5 mocnosti přes 80 m
Fig. 6 View in the south-south-east direction of section U4 on the left and the beginning of section U5 on the right; Neogene sandy sediments reach a thickness of over 80m in the middle part of the U5 section



Obr. 7 Pohled ve směru JV–SZ na úseky U6, U7 a U8
Fig. 7 View in the SE–NW direction of sections U6, U7 and U8

Pohled na tyto úseky v inženýrskogeologickém modelu je na obr. 7.

ZÁVĚRY PRŮZKUMU

Je možné konstatovat, že budoucího zhotovitele stavby čeká úkol vskutku nelehký. S výjimkou úvodních tří úseků, které budou problematické zejména ve fázi přípravy stavby, při řešení majetkových vztahů, záborů pozemků apod., jsou všechny ostatní úseky více či méně technicky náročné a nesou i specifická a často významná rizika.

Nejnáročnější bude realizace téměř půlkilometrového úseku U5 v prostředí neogenních písčitých sedimentů, ve kterých je už samotná volba vhodné technologie ražby jistým otazníkem. Navíc s sebou tento úsek nese další nemalá rizika v podobě dočasně uklidněné svahové nestability, husté inženýrské sítě, zástavby, a také trvajících nejistot ve stanovení geotechnických parametrů písčitých sedimentů, které není možné spolehlivě eliminovat běžnými metodami geotechnického průzkumu.

Jedním ze závěrů je proto také doporučení, aby bylo v rámci dalšího stupně geotechnického průzkumu realizováno průzkumné podzemní dílo. Zpracovatel průzkumu, společnost GEOtest, a.s. je přesvědčen, že pouze tak bude možné posoudit a ověřit realizovatelnost tunelu v úsecích U4, U5 a U6. Jako nejvýhodnější byla doporučena realizace průzkumné štoly procházející úseky U4 až U7. Varianta několika vertikálních šachet s rozrážkami se jeví jako obtížně realizovatelná vzhledem k výšce nadloží a nedostatku pracovního prostoru v oblasti husté zástavby sídliště Vinohrady.

Ing. ADAM ZAPLETAL,
zapletal@geotest.cz, GEOtest, a.s.

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

CONCLUSIONS OF THE SURVEY

It is possible to state that the future contractor faces a really difficult task. With the exception of the first three sections, which will be problematic especially in the phase of construction preparation, in solving property relations, land acquisition, etc., all other sections are more or less technically demanding and also carry specific and often significant risks.

The most demanding will be the implementation of the almost half-kilometer section U5 in the environment of Neogene sandy sediments, in which the very choice of a suitable excavation technology is a question mark. In addition, this section carries with it considerable risks in the form of temporarily calmed slope instability, dense engineering utility network, housing development as well as persistent uncertainties in determining the geotechnical parameters of sandy sediments, which cannot be reliably eliminated by conventional methods of geotechnical investigation.

Therefore, one of the conclusions is also a recommendation that a civil engineering-exploration work be carried out within the next stage of the geotechnical survey. The exploration executor, GEOtest, a.s. is convinced that only in this way it will be possible to assess and verify the feasibility of the tunnel in sections U4, U5 and U6. The implementation of an exploration gallery passing through sections U4 to U7 was recommended as the most advantageous. The alternative of several vertical shafts with tunnel excavation startups seems to be difficult to implement due to the height of the overburden and the lack of working space in the dense development of the Vinohrady housing estate.

Ing. ADAM ZAPLETAL,
zapletal@geotest.cz, GEOtest, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] VLČEK, P. a kol. *I/42 Brno, VMO Vinohrady, doplnění předběžného geotechnického průzkumu*. MS, archiv, Brno, 2021, GEOtest, a.s.
[2] *Studie proveditelnosti „Silnice I/42 Brno VMO – tunel Vinohrady“*. AMBERG Engineering Brno, a.s., 3/2021
[3] http://www.mestsky-okruh-brno.cz/ (14. 5. 2021)

SLEDOVÁNÍ ZMĚN V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ ZA OBRYSEM VÝRUBU PODZEMNÍHO DÍLA GEOELEKTRICKÝMI METODAMI
MONITORING OF CHANGES IN ROCK ENVIRONMENT BEYOND UNDERGROUND EXCAVATION CONTOUR USING GEOELECTRIC METHODS

PAVEL BLÁHA, PAVEL POSPÍŠIL

ABSTRAKT

Článek se zabývá aplikací vybraných geofyzikálních (geoelektrických) metod v rámci průzkumu kvality horninového prostředí v okolí výrubu podzemních děl. Zejména se soustřeďuje na sledování změn horninového masivu za boky podzemního díla s cílem dokumentovat detailně křehké a plastické deformace. Pilotní práce byly realizovány v prostoru Podzemního výzkumného pracoviště (PVP) Bukov, konkrétně ve zkušebních komorách ZK-1 a ZK-2. Zkušební komory byly raženy pomocí trhacích prací metodou hladkého výlomu na obrysu tak, aby došlo k minimálnímu narušení skalního masivu za boky podzemního díla. Prezentované výsledky jsou součástí dosud neukončeného projektu „Rozvoj geotechnických a geofyzikálních metod pro získání 2D a 3D obrazu geologické stavby" dotovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. Uvedený projekt zkoumá použití širokého komplexu geofyzikálních metod pro rozsáhlé báňské a inženýrské stavby. Z tohoto širokého komplexu jsou prezentovány výsledky geologického a vrtného radaru a elektrické odporové tomografie. Ta nebyla zpracovávána klasickými interpretačními programy, ale její výsledky byly převedeny na vertikální elektrické sondování a symetrické odporové profilování. Důvodem byla snaha popsat co nejlépe horninové prostředí těsně za boky podzemního díla. Pilotní výsledky potvrdily oprávněnost použití takto volených geofyzikálních metod.

ABSTRACT

The article deals with the application of selected geophysical (geoelectric) methods in the investigation of quality of rock environment in the vicinity of underground excavation. In particular, it focuses on monitoring changes in the rock mass beyond the excavation sides in order to document in detail the brittle and plastic deformations. The pilot operations were carried out in the area of the Bukov Underground Research Facility (URF), specifically in the test chambers ZK-1 and ZK-2. The test chambers were excavated using the contour blasting technique so that there was minimal disturbance to the rock mass behind the excavation side walls. The presented results are part of the, until now unfinished project "Development of geotechnical and geophysical methods for obtaining 2D and 3D images of geological structures" funded by the Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic. The project examines the use of a wide range of geophysical methods for large mining and civil engineering construction projects. From this wide complex, the results of ground penetrating and borehole radar and electrical resistivity tomography (ERT) are presented in this paper. It was not processed by classical interpretation programs, but its results were converted into vertical electrical sounding and symmetric resistivity profiling. The reason was the effort to describe the ground environment just behind the sides of the underground working. The pilot results confirmed the legitimacy of using geophysical methods selected in this way.

ÚVOD

Identifikace a sledování křehkého porušení a změn ve skalním masivu při ražbě podzemního díla je aktuálním tématem řady odborných publikací. Výzkum je zaměřen zejména na využití nedestruktivních průzkumných metod a jejich korelaci s výsledky přímého průzkumu. Výsledky publikované v tomto článku jsou dílčími výstupy výzkumného úkolu zaměřeného na analýzu horninového prostředí ve vybraných podzemních prostorách PVP Bukov pomocí nedestruktivních metod geofyzikálního měření, konkrétně pomocí Ground Penetrating Radar (GPR), Borehole Penetrating Radar (BHR) a elektrické odporové tomografie (ERT). Cílem výzkumných prací bylo ověření kvality horninového prostředí ve vybraných místech pod počvou a za boky důlních chodeb, zejména s důrazem na vymezení tektonicky porušených míst. Uvedená problematika souvisí zejména s identifikací diskontinuit přirozeného i antropogenního původu.

KONCEPČNÍ MODEL HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ V ZÁJMOVÉ OBLASTI

Horninový komplex, v němž je situováno PVP Bukov, náleží do metamorfní jednotky strážeckého moldanubika. Území moldanubika je charakterizováno převahou biotitických a amfibol-

INTRODUCTION

Identification and monitoring of brittle failure and changes in the rock mass during the underground excavation is a current topic in a number of professional publications. The research is mainly focused on the use of non-destructive investigation methods and their correlation with the results of direct investigation. The results published in this paper are partial outputs of a research task focused on the analysis of rock environment in selected underground spaces of the Bukov URF using non-destructive methods of geophysical measurements, namely the Ground Penetrating Radar (GPR), the Borehole Penetrating Radar (BHR) and Electrical Resistivity Tomography (ERT). The objective of the research work was to verify the quality of the rock environment in selected places under the excavation bottom and behind the side walls of mine galleries, especially with emphasis on the definition of tectonically faulted places. This issue is mainly related to the identification of discontinuities of natural and anthropogenic origin.

CONCEPTUAL MODEL OF ROCK ENVIRONMENT IN THE AREA OF INTEREST

The rock complex in which the Bukov URF is located belongs to the Strážec Moldanubic Formation metamorphic unit. The

biotitických pararul postižených různým stupněm migmatitizace. Převažují středně zrnité stromatitické, biotitické migmatity. Tyto horniny uzavírají tělesa amfibolitů, granulitů, serpentinitů až peridotitů [4].

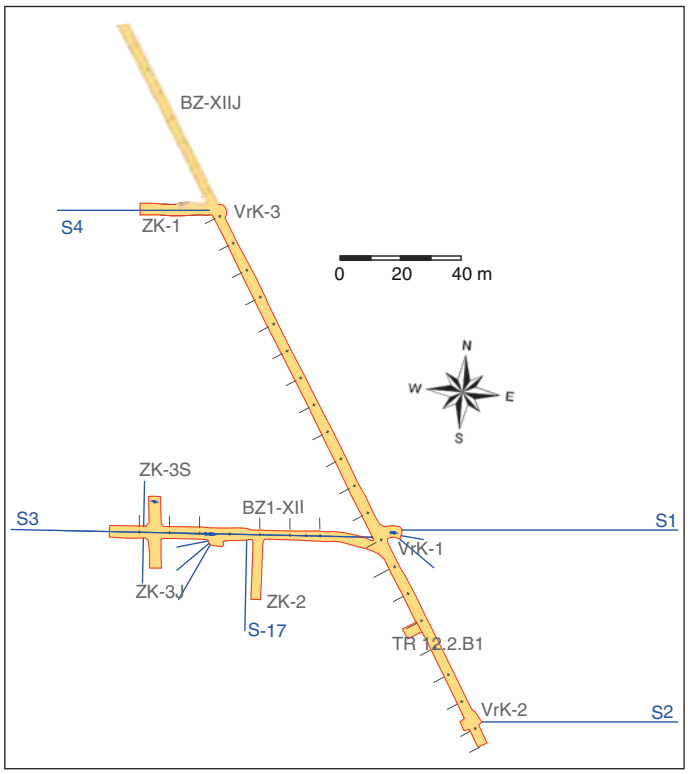
Mramory vystupují hlavně v tělese, které se táhne od Dolní Rožínky k Bukovu. Na výchozech dominuje dolomitický mramor, který je tvořen hlavně kalcitem a dolomitem. Migmatitizovaný amfibolit vystupuje na mapě území v podobě poměrně výrazných pruhů po obou stranách hlavního granulitového tělesa.

Ze strukturního pohledu je pro oblast stráženckého moldanubika charakteristická superpozice několika regionálních metamorfních staveb, jedná se o polyfázově deformované horniny. Relativně nejstarší foliace mají ve střední části jednotky převážně strmou orientaci průběhu přibližně SSV–JJZ. Tyto foliace se směrem k jižnímu i severnímu okraji stáčejí do přibližně směrů SZ–JV a byly různou měrou převrásněny a střižně refoliovány do nových foliačních ploch, které upadají pod mírnými až středními úhly k SV, JZ až JJV. Tyto nové foliace jsou doprovázeny výskytem lineací, které upadají pod mírnými úhly k SZ nebo JV [10]. Kromě přirozeně vyvinutých diskontinuit se v horninovém masivu vytvářejí i antropogenní diskontinuity vlivem ražby důlního díla.

MĚŘENÍ GEOLOGICKÝM RADAREM (GPR)

Metodika měření a interpretace byla zvolena tak, aby co nejlépe zdokumentovala tektonicky postižená místa. Pro analýzu byl zvolen komplexní přístup vycházející z hodnocení horninového prostředí a jeho vývoje v čase. V rámci přípravy analýzy byly shromážděny dostupné relevantní údaje o horninovém prostředí v zájmové oblasti (obr. 1).

Pro vyhledávání míst změn v horninovém masivu lze aplikovat principiálně takové geofyzikální metody, kdy měřená veličina je závislá na měřitelném odlišení fyzikálního projevu hledaného objektu (tektonické poruchy). Složitost horninového prostředí (samotné geologické poměry, různý fyzikální projev podzemních



Obr. 1 Situace báňských děl v PVP Bukov
Fig. 1 Location of galleries in the Bukov URF

territory of the Moldanubic Formation is characterised by predominance of biotite and amphibole-biotite paragneisses affected by varying degrees of migmatisation. Medium-grained stromatite, biotite migmatite predominates. These rock types enclose the bodies of amphibolite, granulite, serpentinite and peridotite [4].

Marble rises up mainly in bodies which stretch from Dolní Rožínka towards Bukov. The outcrops are dominated by dolomitic marble, which is formed mainly by calcite and dolomite. Migmatised amphibolite outcrops on the map of the area in the form of relatively distinctive stripes on both sidewalls of the main granulite body.

From the structural point of view, the area of the Stráže Moldanubic Formation is characterised by a superposition of several regional metamorphic structures, the rock is deformed polyphasedly. The relatively oldest foliations in the central part of the unit have a predominantly steep orientation approximately NNE–SSW. These foliations turn towards the southern and northern edges, trending NW–SE. They were refolded and sheer refoliated to various degrees into new foliation surfaces that dip at mild to moderate angles NE, SW to SSE. These new foliations are accompanied by the occurrence of lineations dipping under slight angles NW or SE [10]. In addition to naturally developed discontinuities, anthropogenic discontinuities are also formed in the rock mass due to the mine excavation.

GROUND PENETRATING RADAR MESUREMENT (GPR)

The measurement and interpretation methodology were chosen to best document the tectonically affected locations. A comprehensive approach based on the assessment of the rock environment and its development with time was chosen for the analysis. The available relevant data on the rock environment in the area of interest was collected within the framework of the preparation of the analysis (see Fig. 1).

To search for places of changes in the rock mass, it is in principle possible to apply such geophysical methods where the measured quantity depends on the measurable difference in the physical manifestation of the sought object (tectonic faults). The complexity of the rock environment (geological conditions themselves, different physical manifestations of underground spaces and rock mass, sometimes even a limited area of exploration, in some cases intense fault fields) makes the application of geophysical methods often quite complex and difficult. The same applies to the interpretation of such geophysical measurements.

The measurements carried out using the GPR method were performed successively on a total of six profiles in the ZK-2 chamber. The first P1 profile was led on the chamber bottom. The second profile P2 was situated on the right sidewall, 0.5m above the bottom and the third profile P3 was led at a height of 1.5m above the bottom, also on the right sidewall of the chamber. The P4 profile was led on the left sidewall of the ZK-2 at a height of 1.5m across a 10m long macroscopically visible tectonic fault. Profiles P5 and P6 were vertical at a distance of 8m from the mouth of ZK-2. In the profile P5 on the left sidewall of the chamber and in the profile P6 on the right sidewall, the measurement proceeded from the bottom. All profiles were also measured in reverse direction for standby and inspection purposes. The character of the surface of the rock mass in the locations of the profiles was unmodified; it was a common excavation within the framework of underground excavation, only the bottom of the chamber was improved with small-size crushed aggregate.

prostor a horninové hmoty, někdy i plošně omezená oblast průzkumu, v některých případech intenzivní poruchová pole) způsobuje, že aplikace geofyzikálních metod je často dosti složitá a obtížná. Totéž platí o interpretaci takovýchto geofyzikálních měření.

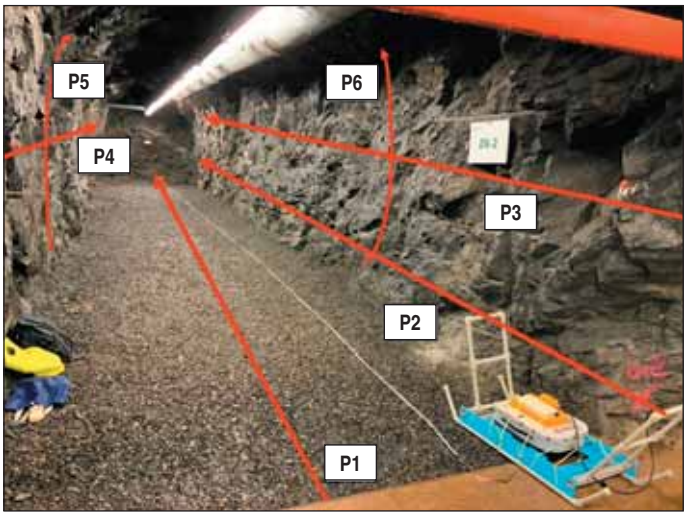
Měření realizované metodou GPR bylo provedeno postupně celkem na šesti profilech v komoře ZK-2. První profil P1 byl veden po počvě komory. Druhý profil P2 byl situován na pravém boku 0,5 m nad počvou a třetí profil P3 byl veden ve výšce 1,5 m nad počvou, také na pravém boku komory. Profil P4 byl veden na levém boku ZK-2 ve výšce 1,5 m přes makroskopicky viditelnou tektonickou poruchu v délce 10 m. Profily P5 a P6 byly svislé ve vzdálenosti 8 m od ústí ZK-2. V profilu P5 na levém boku komory a v profilu P6 na pravém boku měření probíhala směrem od počvy. Všechny profily byly pro účely zálohy a pro kontrolu prováděny i reverzně. Charakter povrchu horninového masivu v místech profilů byl neupravený, jednalo se o běžný výlom v rámci ražby podzemního díla, pouze počva komory byla upravena drobným drceným kamenivem.

K měření GPR tektonického porušení horninového masivu byl použit radar švédské výroby RAMAC/GPR firmy Mala GeoScience AB. Komplex označovaný jako aparatura GPR se skládá z následujících částí: operační modul ProEx, monitor (resp. počítač) Monitor XV11, stíněné antény o frekvencích 100 MHz, 250 MHz a 500 MHz. Interpretace geofyzikálného odrazu byla provedena softwarem RadExplorer 1.42.

Výsledky pilotního měření tektonického porušení horninového masivu GPR aparaturou Mala GeoScience AB byly operativně zobrazeny přímo v terénu na monitoru aparatury. Zobrazení geofyzikálního obrazu přímo v terénu však není v mnoha případech rozhodující. Je zapotřebí provést interpretaci pomocí například výše zmíněného software RadExplorer, což byl případ tohoto měření. GPR profily byly předběžně interpretovány již v terénu na terénním monitoru. Jednotlivé profily byly vytyčeny zpracovateli průzkumu přímo v terénu s číselným označením P1 až P6 (obr. 2).

Z výsledků měření vyplynulo, že použití aparatury se 100 MHz stíněnou anténou bylo vhodné pouze pro měření v horizontální poloze na počvě zkušební komory. Na profilech byla prokazatelně identifikována heterogenita hmot a tektonicky porušená místa.

Mnohem lepší výsledky přinesly profily měřené soupravou s anténními systémy stíněných antén s frekvencí 250 MHz



Obr. 2 Pozice GPR profilů v ZK-2 (P1–P6, vpravo dole nosič radarové antény)
Fig. 2 Location of GPR profiles in ZK-2 (P1–P6, bottom right carrier of radar antenna)

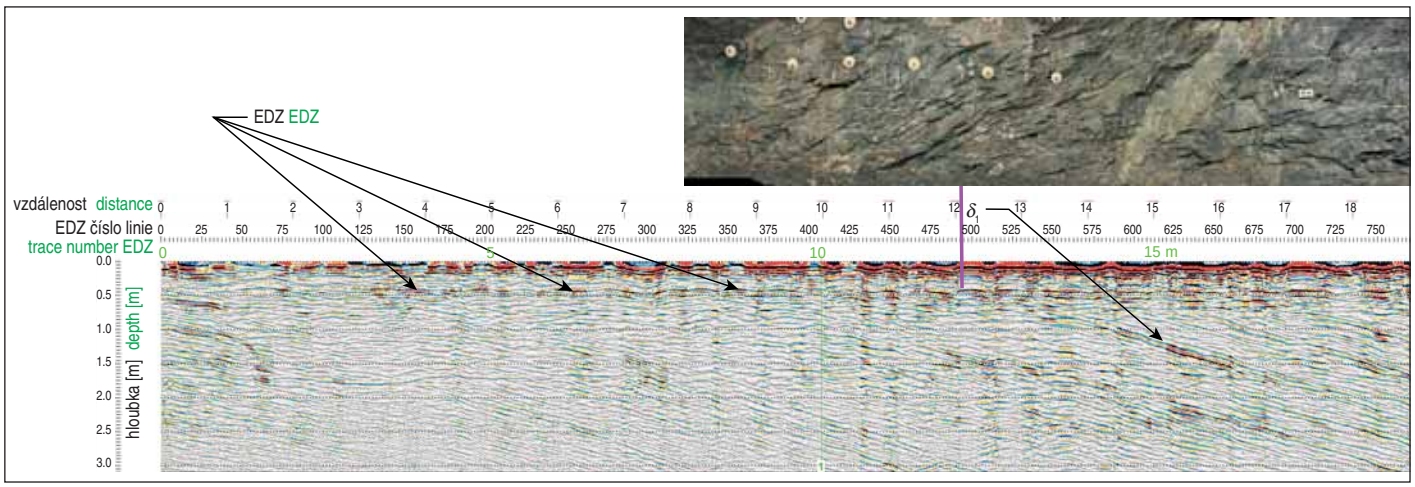
The GPR measurements of tectonic faulting of rock mass were conducted using Swedish-made radar RAMAC/GPR produced by Mala GeoScience AB. The complex, branded as GPR apparatus, consists of the following parts: ProEx operating modulus, Monitor XV11 monitor (respectively computer), shielded antenna with frequencies 100MHz, 250MHz and 500MHz. It was interpreted by RadExplorer 1.42 software.

The results of the pilot GPR measurement of tectonic faulting of the rock mass using the Mala GeoScience AB apparatus were operatively displayed directly in the field on the apparatus monitor. However, in many cases, the display of a geophysical image directly in the field is not decisive. It is necessary to perform interpretation using, for example, the above-mentioned RadExplorer software, which was the case of this measurement. GPR profiles were preliminarily interpreted in the field on a field monitor. The individual profiles were set out by the survey processors directly in the field with the numbering P1 to P6 (see Fig. 2).

It followed from the measurement results that the use of apparatus with a 100MHz shielded antenna was only suitable for measurements in a horizontal position at the bottom of the test chamber. Heterogeneity of masses and tectonically faulted locations were demonstrably identified on the profiles.

Much better results were obtained by profiles measured by a set with antenna systems of shielded antennae with a frequency of 250MHz and 500MHz. The profiles were 18 to 18.75m long (depending on the possibility of handling the antenna). A tectonically fractured environment can be observed on all profiles. Based on the interpretation of the measured profiles, especially P2 and P3, led on the right sidewall of ZK-2 at a height of 0.5m and 1.5m above the bottom, it is possible to preliminarily consider the separation of the rock mass damaged zone, probably the Excavation Damaged Zone (EDZ) (a zone of the rock mass fractured by excavation) to be approximately 0.5m below the rock mass surface. The results are clearly documented by Fig. 3. A radargram in profile P3 (right sidewall of ZK-2, height 1.5m above the bottom) is in question. It was obtained using a set with a shielded antenna 500MHz. There is a clearly visible zone on the radargram limited to the base at a depth of 0.5m, representing the probable EDZ. It runs along the entire length of the radargram. The radargram also clearly documents a significant tectonic fault δ_1 starting on the right sidewall of ZK-2 at chainage metres 10 to 11, up to the surface. This tectonic fault, which "runs" into the rock mass, is clearly reflected on the radargram (indicated by a black arrow). Reflexes can be locally observed on the radargram at a depth of about 1.7m to 2.5m. For better correlation, a real image of the right sidewall of the ZK-2 chamber, oriented identically to the radargram, capturing the side from the eighth to the nineteenth chainage meter was inserted in the upper part of Fig. 3.

The GPR measurement in ZK-2 was also conducted as a pilot trial in the vertical direction (see Fig. 4) using an assembly with a shielded antenna 500MHz. Fig. 4 presents a radargram characterising the vertical profile by the left side of ZK-2 at a distance of 8m from the connection to the corridor BZ1-XII. On the interpreted radargram, four interfaces were singled out, representing probably fault zones / surfaces in the rock massif, marked A to D. Interface A running from the bottom to the crown of ZK-2 at a depth of 0.5m also represents the probable base of the EDZ. Interface B is tectonic, running first to a height of about 1.5 m above the bottom vertically and then obliquely approaching the sidewall of the ZK-2 to a depth of 0.5m. Interface C connects



Obr. 3 ZK-2 profil P3 a foto pravého boku
Fig. 3 ZK-2 profile P3 and image of the right wall

a 500 MHz. Profily měly délku 18 až 18,75 m (podle možnosti manipulace s anténou). Na všech profilech je možno pozorovat tektonicky porušené prostředí. Na základě interpretace měřených profilů zejména P2 a P3, vedených na pravém boku ZK-2 ve výšce 0,5 m a 1,5 m nad počvou, je možno předběžně uvažovat i o vyčlenění zóny porušení horninového masivu, pravděpodobně EDZ zóny (Excavation Damage Zone – zóna poškození masivu v důsledku provedení výrubu) cca 0,5 m pod povrchem horninového masivu. Tyto výsledky jasně dokumentuje obr. 3. Jedná se o radargram v profilu P3 (pravý bok ZK-2, výška 1,5 m nad počvou), získaný za použití sestavy se stíněnou anténou 500 MHz. Na radargramu je jasně zřetelná zóna omezená na bázi v hloubce 0,5 m, reprezentující pravděpodobnou zónu EDZ, a to v celé délce radargramu. Zcela jasně je také v radargramu dokumentováno výrazné tektonické porušení δ_1 vycházející na pravém boku ZK-2 v metráži 10 až 11 na povrch. Tato tektonická porucha, která „zabíhá“ do horninového masivu, má zřetelnou reflexi na radargramu (označeno černou šipkou). Lokálně lze na radargramu pozorovat reflexy v hloubce cca 1,7 m až 2,5 m. Pro lepší korelaci byl do obr. 3 v horní části vložen reálný obraz pravého boku komory ZK-2, orientovaný shodně s radargramem, zachycující bok od osmého do devatenáctého metru.

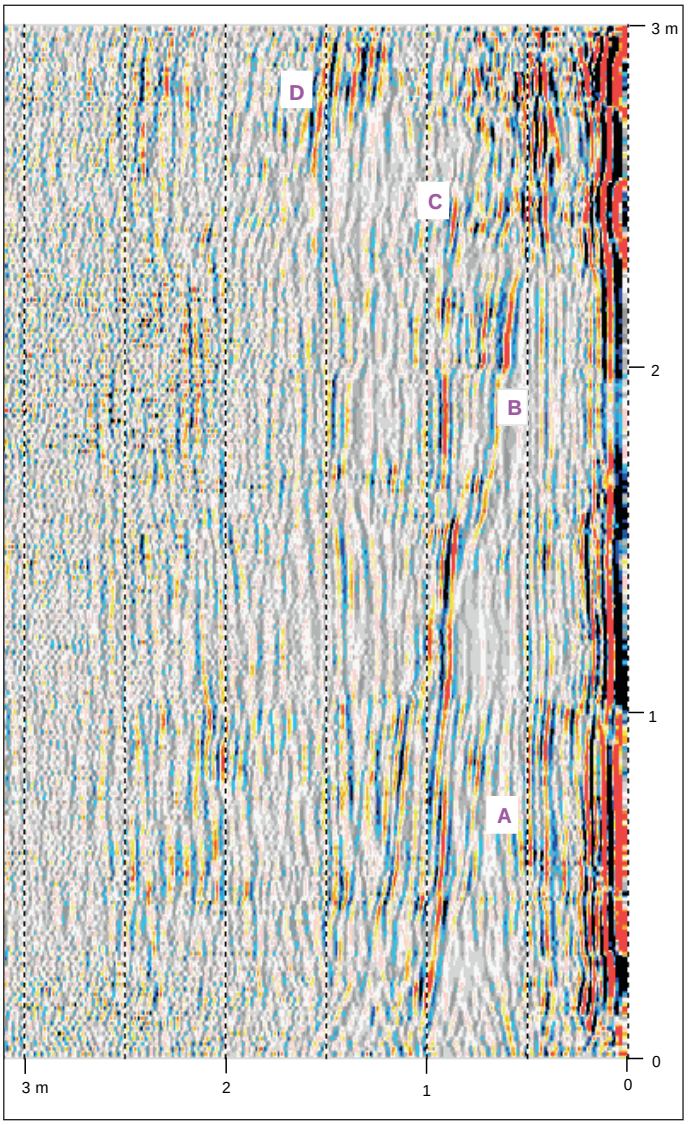
Měření GPR v ZK-2 bylo pilotně provedeno také ve vertikálním směru (obr. 4) sestavou se stíněnou anténou 500 MHz. Na obr. 4 je radargram charakterizující vertikální profil levým bokem ZK-2 ve vzdálenosti 8 m od ústí do chodby BZ1-XII. Na interpretovaném radargramu byla vyčleněna čtyři rozhraní reprezentující pravděpodobně poruchové zóny/plochy ve skalním masivu, označené A až D. Rozhraní A probíhající od počvy až ke stropu ZK-2 v hloubce 0,5 m reprezentuje také pravděpodobnou bázi zóny EDZ. Rozhraní B je tektonické, probíhající nejprve do výšky cca 1,5 m nad počvou vertikálně a pak se šikmo přibližuje boku ZK-2 do hloubky 0,5 m. Rozhraní C navazuje na B ve výšce cca 1,5 m nad počvou, ale pak probíhá ke stropu komory v hloubkách 0,9 až 0,8 m. Rozhraní D je lokální, reprezentující porušení skalního masivu při stropu komory v metráži 2,5 až 3 a v hloubce 1,2 až 1,5 m od boku díla.

MĚŘENÍ VRTNÝM RADAREM (BHR)

Reflexní měření

Vrt S1 byl proměřen reflexním systémem. Výrobce antén uvádí, že anténní systémy jsou směrové [6]. Z tohoto důvody

to B at a height of about 1.5m above the bottom, but then runs to the crown of the chamber at depths of 0.9 to 0.8m. Interface D is local, representing the damage to the rock mass at the crown of the chamber in the length of 2.5 to 3m and in the depth of 1.2 to 1.5m from the sidewall of the working.



Obr. 4 ZK-2 svislý profil P5 (A–D reflexní plochy GPR signálu)
Fig. 4 ZK-2 vertical profile P5 (A–D reflex planes of GPR signal)

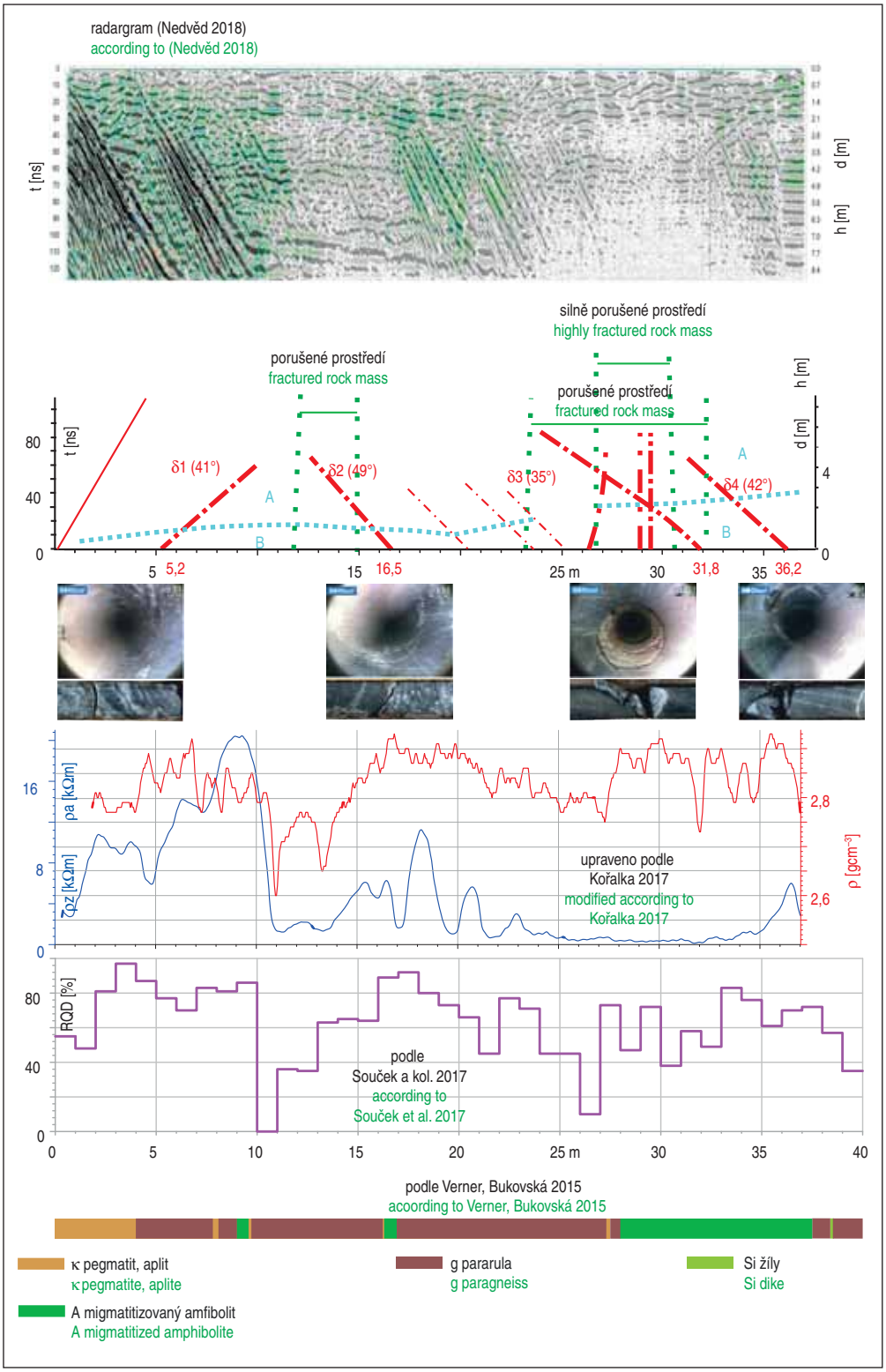
bylo k zapouštění anténního systému do vrtu použito hranolové soutyčí. Čtvercový průřez soutyčí umožnil „cílený“ směr vysílání elektromagnetického vlnění. Zkušenosti z používání tohoto systému ukazují, že směrové vysílání elektromagnetického systému není zcela ideální. Z dosavadní praxe však vyplývá, že v jednom směru je systém pouze „propustnější“ [6], o úplném směrovém vysílání tedy nelze hovořit. Z tohoto důvodu se měření provádí ve čtyřech směrech otočených vzájemně o 90° s cílem zajistit přibližnou prostorovou orientaci vyhledávaných struktur podle nejintenzivnějšího anomálního projevu v daném směru.

BOREHOLE PENETRATING RADAR (BHR) MEASUREMENT

Reflection measurements

Borehole S1 was measured by a reflection system. The antenna manufacturer states that the antenna systems are directional [6]. For this reason, a prismatic rod was used to install the antenna system to the borehole. The square cross-section of the rod allowed for “targeted” directing of electromagnetic wave transmission. The experience from the use of this system shows that the directional transmission by an electromagnetic system is not entirely ideal. However, it follows from the current practice that in one direction the system is only “more permeable” [6], so it is not possible to speak about full directional transmission. For this reason, the measurements are carried out in four directions rotated by 90° from each other in order to ensure the approximate spatial orientation of the searched structures according to the most intense anomalous manifestation in the given direction.

The assessment of the radargrams in this case was complicated by flooding of the useful signal by reflections from the sidewall of the cross adit and their subsequent repeated propagation along the probe cable (upper record in Fig. 5). A surprising finding is the fact that the radargrams do not show typical hyperbolic reflections from the discontinuity surfaces running at a general angle to the borehole axis. There is a certain indication of a failure at chainage 16m, where this indication is defined in the upward, left and right directions. Assessing the radar measurements in borehole S1 was conducted in an effort to ensure the greatest possible objectivity of the interpretation. For this reason, the records of all four directions were interpreted independently by three experts. First, the results of individual interpreters were assessed on the records for individual directions. The results showed that there is no significant difference in the results for individual interpreters and in individual directions of measurement. The next step of the complete processing was to determine the mean values of the directions and “depths” of the individual structural elements (Fig. 5 – second picture from the top). In total, four significant zones of rock mass failure (δ_1 to δ_4) and six secondary zones were identified in borehole S1.



Obr. 5 Vrtný radar reflexně, vrt S1
Fig. 5 Reflex borehole radar, borehole S1

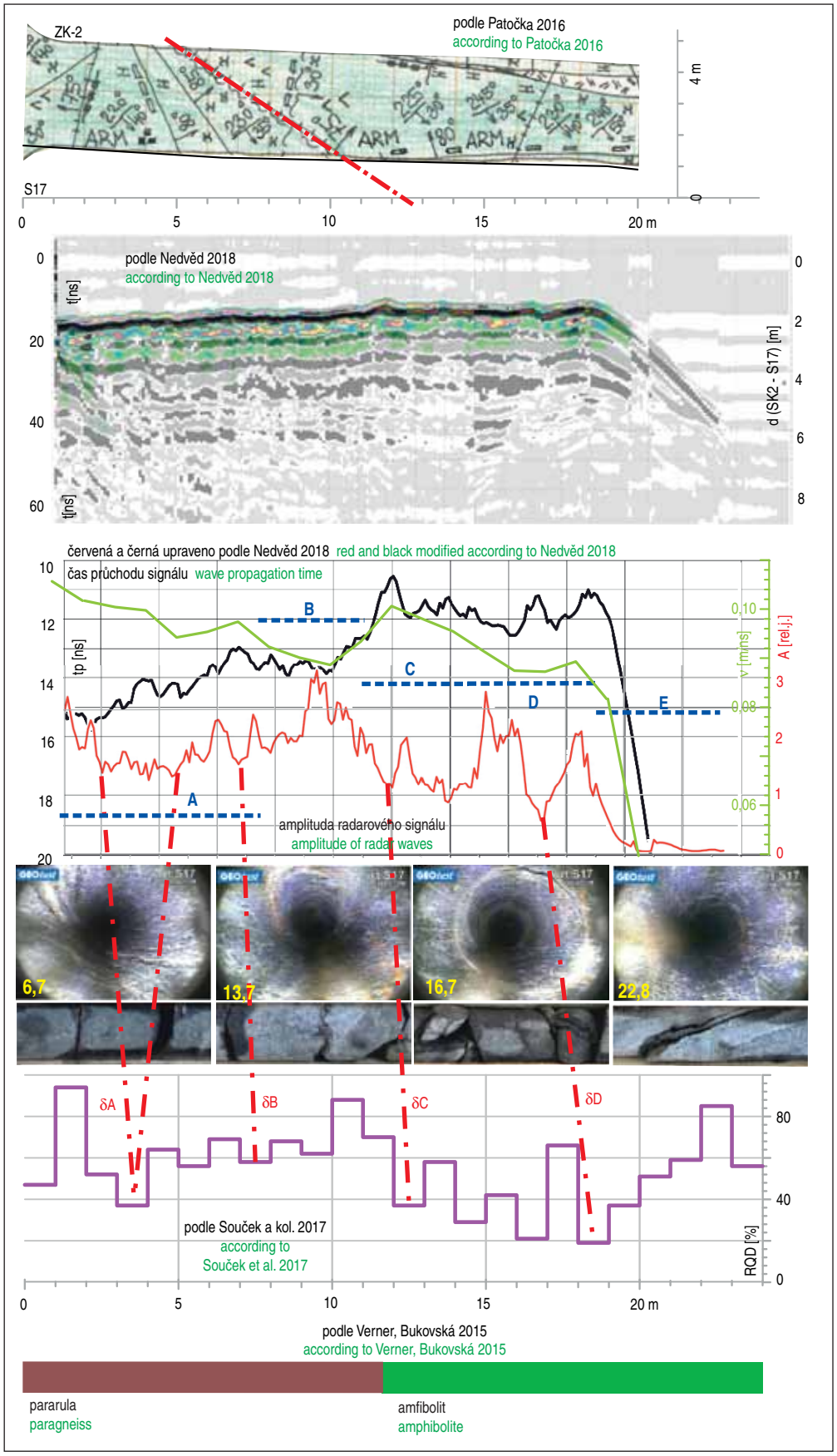
Vyhodnocování radargramů bylo v tomto případě komplikováno zahlcením užitečného signálu odrazy od boku překopu a jejich následným opakovaným šířením po kabelu sondy (horní záznam na obr. 5). Překvapujícím poznáním je skutečnost, že na radargramech nejsou typické odrazy ve tvaru hyperboly od ploch diskontinuit jdoucích pod obecným úhlem k ose vrtu. Určitý náznak je u poruchy v 16 metrech, kde je tato indikace definována ve směrech nahoru, vlevo a vpravo. Vyhodnocování radarových měření ve vrtu S1 bylo vedeno snahou zajistit co největší objektivitu interpretace. Z tohoto důvodu byly záznamy všech čtyř směrů interpretovány nezávisle třemi experty. Nejdříve byly na záznamech v jednotlivých směrech vyhodnoceny výsledky jednotlivých interpretátorů. Výsledky ukázaly, že neexistuje žádný výrazný rozdíl ve výsledcích u jednotlivých interpretátorů i v jednotlivých směrech měření. Dalším krokem úplného zpracování bylo stanovení středních hodnot směrů a „hloubek“ jednotlivých strukturních prvků (obr. 5 – druhý obrázek od shora). Celkem se podařilo ve vrtu S1 určit čtyři významné zóny porušení horninového masivu (δ_1 až δ_4) a šest pásem podružných.

První odraz v 5,2 metru by podle geologické dokumentace vrtu mohl být spojován s hranicí mezi pegmatitem a pararulou. Tento odraz nemá ekvivalent na křivkách RQD a ani na karotážních křivkách. Druhý odraz (16,5 m) lze spojovat s existencí vložky migmatitizovaného amfibolitu. Toto rozhraní se projevuje skokovým zvýšením RQD z 65 na 93 %. Spolu s RQD se od této metráže zvyšuje i objemová hmotnost hornin zjištěná karotážně, a to až na 2,85 gcm^{-3}. Třetí zóna leží uvnitř pásma amfibolitů. V této metráži lze najít relativní snížení RQD na 65 % a zaznamenat pokles objemové hmotnosti na cca 2,76 gcm^{-3}. Poslední zóna s největší pravděpodobností souvisí s rozhraním mezi migmatitizovaným amfibolitem a pararulou. Jak vypadají zjištěná hlavní pásma, je patrné na fotografiích vrtného jádra a záznamech z videodokumentace vrtů.

Radarové prozařování

Terénní měření na PVP Bukov bylo realizováno ve spolupráci s fir-

According to the geological logging of the borehole, the first reflection at 5.2 meters could be associated with the boundary between pegmatite and paragneiss. This reflection has no equivalent on the RQD curves or on the logging curves. The second



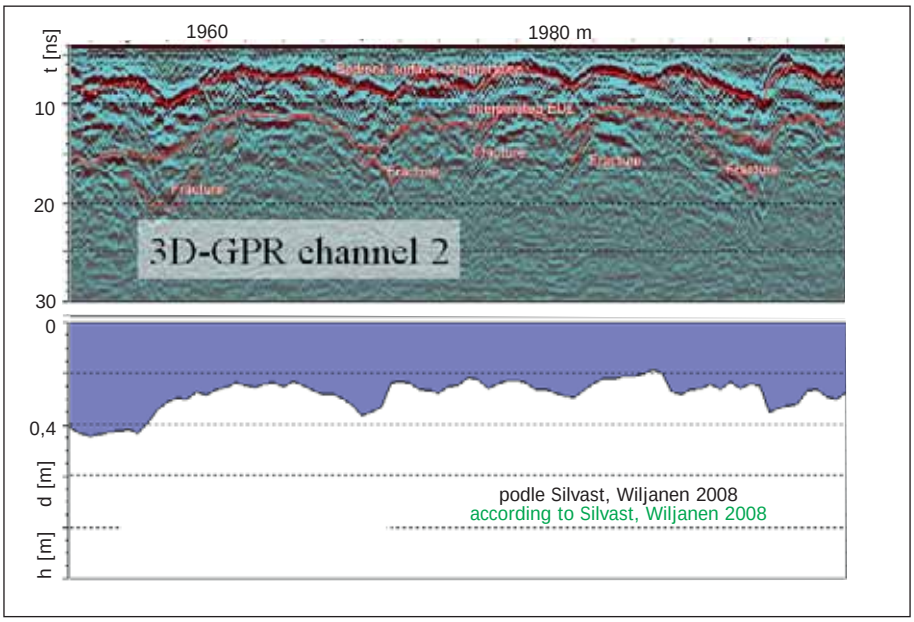
Obr. 6 Vrtný radar prozařování S17-ZK-2
Fig 6 Borehole radar – radiography S17-ZK-2

mou SG Geotechnika a.s.. Měření byla provedena aparaturou SIR-20, která je výrobkem americké firmy GSSI. Jedná se o plně digitální aparaturu se záznamem na připojený počítač – notebook, s vrtnými anténními systémy TUBEWAVE-100 MHz švédského výrobce Radarteam Sweden AB [6].

Jednou z možných aplikací radarových měření ve vrtech je radarové prozařování na obr. 6 (crosshole measurement). V tomto případě je vysílací anténa v jednom vrtu, přijímací pak ve druhém vrtu. Zde byla přijímací anténa umísťována ne ve druhém vrtu, ale na boku zkušební komory ZK-2. V tomto případě se vyhodnocuje čas příchozího signálu při souběžném pohybu obou antén. Při tomto způsobu měření se definují vlastnosti prostředí mezi osami měření celkově a nelze přesně určit geometrické umístění případné nehomogenity. V tomto případě šlo o prostor mezi vrtem S17 a západním bokem zkušební komory ZK-2. Tento způsob měření dává pouze informaci o přítomnosti nehomogenit v prozařovaném prostředí a není možné spolehlivě určit jejich pozici. Výstupem jsou změny času průchodu vlny mezi anténami a velikost amplitudy „prozářeného“ signálu. Měření bylo provedeno souběžným posunem obou anténních systémů po 10 cm. Na obr. 6 je vyobrazen radarový záznam registrovaného radarového impulzu. Na grafu pod ním jsou časy průchodu vyslaného impulzu na staničení vrtu a velikost amplitudy „prozářeného“ signálu v relativních jednotkách.

Ze vzdálenosti vrtu od západního boku komory a času průchodu elektromagnetické vlny byly vypočteny rychlosti elektromagnetických vln v tom kterém místě. Hodnoty času byly průměrovány v úseku cca jeden metr a vzdálenosti byly určeny ze záznamu laserového skenování, které provedli pracovníci Ústavu geoniky AVČR. Vypočítané rychlosti jsou v grafech zobrazeny zeleně.

Výsledky radarových měření rozdělují prozářený horninový masiv do pěti bloků. První (A) sahá od nuly do cca 7,5 metru, druhý (B) se vymezuje mezi 7,5–11,0 m, třetí (C) lze najít mezi 11,0 až 14,5 m, čtvrtý (D) od 14,5 do 18,5 m a poslední (E) sahá od 18,5 m do konce měření, tj do 22,5 m. V bloku A se rychlosti elektromagnetického záření pohybuji okolo 0,100 m/ns, v bloku B 0,091 m/ns a v bloku C 0,097 m/ns, v bloku D 0,090 m/ns



Obr. 7 GPR profil s interpretovanou zónou EDZ
Fig. 7 GPR profile with interpreted EDZ zone

reflection (16.5m) can be associated with the existence of an interbed of migmatised amphibolite. This interface is manifested by a step decrease in RQD from 65 to 93%. Together with RQD, the volume weight of rock determined by logging also increases from this chainage, up to 2.85g.cm^{-3}. The third zone lies within the amphibolite zone. In this chainage, a relative reduction of RQD to 65% can be found and a decrease in bulk density to about 2.76g.cm^{-3} can be noted. The last zone is most likely related to the interface between migmatised amphibolite and paragneiss. What the main bands look like is evident in the photographs of the drill core and the records from the video documentation of the boreholes.

Radar measurement

Field measurements at the Bukov URF were carried out in collaboration with SG Geotechnika a.s. too. The measurements were carried out using the SIR-20 apparatus, which is a product of the American company GSSI. It is a fully digital apparatus with recording on a connected computer – notebook, with drilling antenna systems TUBEWAVE-100MHz produced by Sweden-based Radarteam Sweden AB [6].

One of the possible applications of radar measurements in wells is cross-hole measurement in Fig. 6. In this case, the transmitting antenna is in one borehole, the receiving antenna in the other borehole. Here, the receiving antenna was installed not in the second borehole, but on the side of the ZK-2 test chamber. In this case, the time of the incoming signal is assessed during the concurrent movement of both antennae. In this method of measurement, the properties of the environment between the measurement axes are defined in general and it is not possible to precisely determine the geometric position of any possible inhomogeneity. In this case, the space between the borehole S17 and the west sidewall of the test chamber ZK-2 was in question. This method of measurement only gives information about the presence of inhomogeneities in the examined environment and it is not possible to reliably determine their positions. The output specifies changes in the time of the wave propagation between the antennas and the magnitude of the amplitude of the “radiated-through” signal. The measurement was carried out by both antenna systems shifting simultaneously by 10cm steps. Fig. 6 shows a radar record of a registered radar impulse. The graph below it shows the propagation times of the transmitted impulse to the borehole chainage and the magnitude of the amplitude of the “radiated-through” signal in relative units.

The velocities of the electromagnetic waves at the particular place were calculated from the distance of the borehole from the western sidewall of the chamber and the time of propagation of the electromagnetic wave. The time values were averaged in the section about one meter long and the distances were determined from the laser scanning record conducted by the staff of the Institute of Geonics ASCR. The calculated velocities are shown in green in the graphs.

The results of radar measurements divide the radiated-through rock mass into five blocks. The first one (A) ranges from zero to about 7.5 meters, the second one (B) is defined between 7.5–11.0m, the third one (C) can be found between 11.0 and 14.5m, the fourth one (D) from 14.5 to 18.5m and the

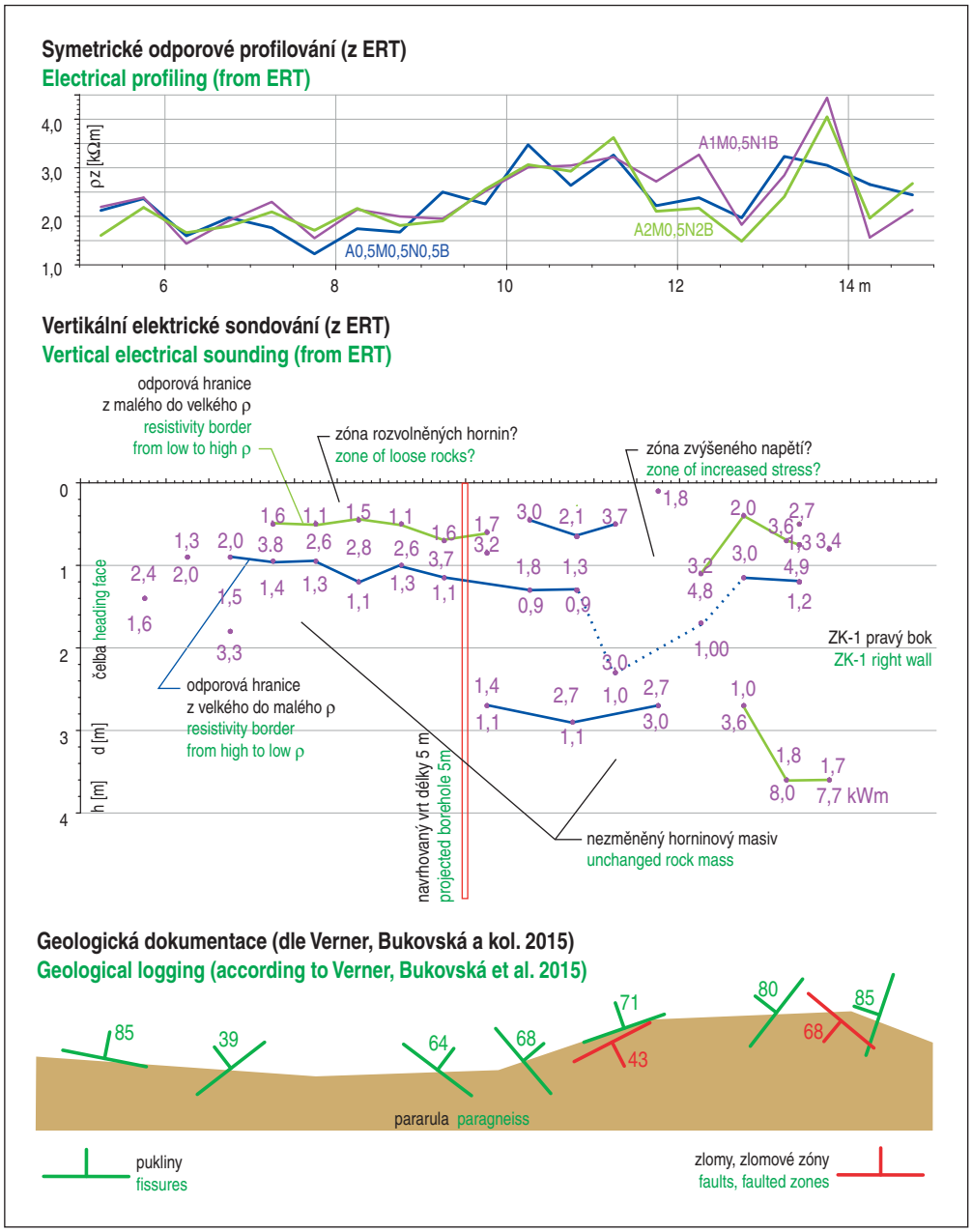
a v posledním prudce klesají na 0,074 m/ns. Dále již nejdou rychlosti určit, protože se vzdálenost mezi vysílací a přijímací anténou snižuje a kvalita přijatého signálu ve výrazně porušeném masivu prudce klesá. Podle radarového prozařování vycházejí bloky A a C jako nejkvalitnější, bloky B a D jako porušené a blok E jako silně porušený.

Mimo dělení do bloků se z radarového prozařování podařilo určit čtyři linie výrazného porušení horninového masivu. Na obrázku jsou tyto linie vyznačeny červenou čerchovanou čarou. První, označená jako δA, se směrem od vrtu S17 k boku komory ZK-2 rozdvojuje. Ve vrtu S17 se tato linie projevuje výrazným poklesem RQD až na 38 %. Je možné, že souvisí s puklinami zapadajícími pod úhlem 75° a 80° ve staničení cca 2,1 resp. 4,5 metru. Druhá linie δB má RQD vyšší (58 %), ale na radarovém prozařování se projevuje výrazným poklesem amplitudy signálu. Snížení amplitudy lze vysvětlit větším rozptylem elektromagnetického pulzu na puklinovém systému. Druhým možným vysvětlením je výraznější zvodnění poruchy oproti okolnímu horninovému

last one (E) extends from 18.5 m to the end of the measurement, i.e. up to 22.5m. In block A, the velocities of electromagnetic radiation vary around 0.100m/ns, in block B 0.091m/ns and in block C 0.097m/ns, in block D 0.090m/ns and in the last one they fall sharply to 0.074m/ns. Further the velocities can no longer be determined because the distance between the transmitting and receiving antennas increases and the quality of the received signal in the significantly disturbed rock mass decreases sharply. According to the radar measurement, blocks A and C appear to be of the highest quality, blocks B and D to be fractured and block E to be severely fractured.

In addition to the division into blocks, four lines of significant faulting of the rock mass were determined by the radar measurement. In the picture, these lines are marked with a red dashed line. The first, marked δA, bifurcates from borehole S17 to the sidewall of chamber ZK-2. In borehole S17, this line is reflected in a significant decrease in RQD up to 38 %. It is possible that it is related to the fractures dipping at an angle of 75° and 80° in chainages about 2.1 and 4.5 metres, respectively. The second line δB has a higher RQD (58 %), but on radar radiation-through it manifests itself by a significant decrease in signal amplitude. The decrease in amplitude can be explained by the greater scattering of the electromagnetic pulse on the system of fissures. The other possible explanation is a more significant saturation of the fault with water compared to the surrounding rock mass. The third and fourth faults are characterised by a significant decrease in the RQD and the amplitude of the passed electromagnetic wave. The shifting of the anomaly in the individual parts is given by the oblique course of the fault. This applies especially to the third fault, which appears to correspond to a "mylonitised" structure with the presence of tectonic clay with increased moisture.

The results of the pilot GPR measurements are in agreement with the measurements at the Finnish repository under construction in the Onkalo locality (see Fig. 7). Both the pulse radar and step frequency 3D radar were used there for the measurement. The results of Finnish measurements show the thickness of the EDZ most often in the value of 25cm. However, it is clear from the course of the interface that there are places with a greater depth of damage (presented in blue in the picture) exceeding 40cm. From the radargram (upper part of Fig. 7) it is evident that there are also locations with an even greater depth of



Obr. 8 Výsledky VES a SOP získaných z ERT měření v ZK-1
Fig. 8 Results of VES and SRP obtained from ERT measurements in ZK-1

masivu. Třetí i čtvrtá porucha se vyznačují výrazným poklesem RQD i amplitudy prošlé elektromagnetické vlny. Posun anomálie v jednotlivých dílech je dán šikmým průběhem poruchy. To platí zejména o třetí poruše, která zřejmě odpovídá „mylonitizované“ struktuře s přítomností tektonického jílu se zvýšenou vlhkostí.

Výsledky pilotního měření GPR jsou ve shodě s měřeními na budovaném finském úložišti v lokalitě Onkalo (obr. 7). Tam byly pro měření použity aparatury jak pulzního radaru, tak i krokově frekvenčního 3D radaru. Výsledky finských měření ukazují mocnost EDZ nejčastěji v hodnotě 25 cm. Z průběhu rozhraní je však patrné, že existují místa s větší hloubkou porušení (v obr. 7 modře znázorněná) přesahující 40 cm. Z radargramu (horní část obr. 7) je patrné, že existují i místa s ještě větší hloubkou porušení (v obr. 7 označené jako fracture), kde hloubka porušení dosahuje 80 i více cm.

ODPOROVÉ METODY (VES + SOP)

K pokusnému měření vertikálního elektrického sondování (VES) byla na PVP Bukov zvolena zkušební komora ZK-1, konkrétně její pravý bok. Důvodem byla skutečnost, že na boku byla ve dvou profilech opakovaně měřena elektrická odporová tomografie (ERT) a ultrazvukové měření ve formě měření přímé a lomené vlny. Zkušební práce VES proběhly v klasickém způsobu měření, tj. s konstantním krokem v logaritmickém měřítku s deseti rozestupy AB/2 na dekádu. K měření byla použita aparatura ARES II firmy GF Instruments. Při měření ve zkušební komoře ZK-1 je potřebné počítat se změnou geometrie měření, tj. z přechodu měření poloprostorových (2π) na měření celoprostorová (4π). Naměřené hodnoty zdánlivých měrných odporů bylo proto nutné na tento vliv opravit. Při délkách uspořádání větších než rozměr díla je potřebné zavést opravný koeficient, který zohlední šíření proudu ve větším prostoru, než je poloprostor. K opravám byl použit graf opravného koeficientu [2].

V první etapě zkušebních prací bylo změřeno pět bodů VES, a to tak, že dvě VES byla na boku komory 1,8 m nad počvou, dvě na boku 1,2 m nad počvou a jedno na počvě. Výsledky měření a jejich interpretace ukázaly, že křivky VES jsou obdobného typu, a že na nich lze určit geoelektrická rozhraní do hloubky 3 až 5 m.

Velká hustota měřených bodů zdánlivého měrného odporu při měření elektrické odporové tomografie dává možnost jejich zpracování jiným způsobem, než je klasické použití digitálních 2D programů, např. RES2DINV [5]. Přeorganizováním dat z výstupního souboru geoelektrických aparatur (ARESII či Terrametr LS) umožní ze standardně naměřených dat ERT získat křivky VES. Při transformaci měření ERT na křivky VES je možné použít pouze konstantní krok postupu elektrod AB v normálním měřítku. Protože část měření na PVP Bukov byla realizována s krokem 0,5 m, byly křivky VES prokresleny s tímto krokem. To dává křivky dobře prokreslené (přes standard) v hodnotách AB/2 přes 2,5 m, naopak málo prokreslenou část křivky VES do 1,5 metru.

Křivky VES není možné získat v celé délce profilu ERT (obr. 8). To je dáno předpisem měření elektrické odporové tomografie, kdy zůstávají nedostatečně proměřené počáteční a koncové části proměřovaného úseku. Pro účely měření, tj. pro popsání horninového masivu do hloubky cca čtyř metrů, je možné křivky VES získat v úseku cca 6 až 14 m z proměřovaného profilu ERT

damage (in Fig. 7 marked as fracture), where the depth of damage reaches 80 or more cm.

RESISTIVITY METHODS (VES + SOP)

For experimental vertical electrical sounding (VES), the ZK-1 test chamber was chosen at the Bukov URF, specifically its right sidewall. The reason was the fact that the electrical resistivity tomography (ERT) and ultrasonic measurement in the form of straight and refracted wave measurements were repeatedly carried out on the sidewall in two profiles. The VES testing took place using the classical method of measurement, i.e. with a constant step on a logarithmic scale with ten AB/2 intervals per decade. ARES II apparatus produced by GF Instruments was used for the measurement. When measuring in the ZK-1 test chamber, it is necessary to take into account the change in the measurement geometry, i.e. the change from the transition of half-space (2π) measurements to full-space (4π) measurements. The measured values of apparent specific resistivities therefore had to be corrected for this effect. For the lengths of the arrangement greater than the dimension of the excavation, it is necessary to introduce a correction coefficient that takes into account the current propagation in a larger space than the half-space. A correction coefficient graph [2] was used for the corrections.

In the first stage of the test work, five VES points were measured, so that two VES points were on the sidewall of the chamber 1.8m above the bottom, two on the side 1.2m above the bottom and one on the bottom. The results of measurements and their interpretation showed that the VES curves are of a similar type and that geoelectric interfaces to a depth of 3 to 5m can be determined on them.

The high density of measured points of apparent specific resistivity in the electrical resistivity tomography measurement gives the possibility of processing them in a different way than the classical use of digital 2D programs, e.g. RES2DINV [5]. By reorganizing the data from the output set of geoelectric apparatuses (ARESII or Terrameter LS), it will be possible to obtain VES curves from ERT data measured in a standard way. When transforming ERT measurements into VES curves, it is only possible to use a constant step of the AB electrodes advance on a normal scale. Because a part of the measurements at the Bukov URF were carried out with a step of 0.5m, the VES curves were plotted with this step. This gives well plotted curves (over the standard) with AB/2 values over 2.5m, on the contrary, less-detailed plotted part of the VES curve is given up to the height of 1.5m.

VES curves cannot be obtained along the entire length of the ERT profile (see Fig. 8). This is due to the principle of electrical resistivity tomography measurements, where the initial and final parts of the measured section remain insufficiently measured. For measurement purposes, i.e. to describe the rock mass to a depth of about four meters, it is possible to obtain VES curves in the section about 6 to 14m long from 19 metres long ERT measured profile. This, of course, applies only if the electrode spacing is at least 0.5m. If changes in apparent specific resistivity are observed on individual VES curves from the ERT, it is obvious at first glance that the curves are not as smooth as the VES curves measured in ideal conditions, e.g. when measuring on an open terrain with a loamy cover. Nevertheless, it can be stated that the VES curves maintain similarity when moving from one VES position to another.

dlouhého 19 metrů. To ovšem platí pouze při rozestupu elektrod minimálně 0,5 m. Jestliže jsou sledovány změny zdánlivého měrného odporu na jednotlivých křivkách VES z ERT, je na první pohled patrné, že křivky nejsou tak hladké, jako křivky VES měřené v ideálních podmínkách, např. při měření na volném terénu s hlinitým pokryvem. Přesto však je možné prohlásit, že křivky VES při přechodu z jedné pozice VES ke druhé zachovávají podobnost.

Ve střední části obr. 8 jsou výsledky interpretace VES z ERT na pravém boku na dolních profilech zkušební komory ZK-1. Tato měření umožnila určit podél profilu tři typy rozhraní. První je charakteristické přechodem z malého do velkého měrného odporu. Tento typ rozhraní se nachází v hloubkách od 0,4 do 1,1 metru. Druhý typ rozhraní má opačný charakter (velký × malý měrný odpor) a lze jej najít v hloubkách 0,4 až 1,3 m, výjimečně hlouběji. Poslední typ rozhraní leží v hloubkách přes 2,5 m, výjimečně už od 1,5 m.

První vrstva je s největší pravděpodobností tvořena horninami, které byly bezprostředně ovlivněny trhacími pracemi. Půjde o horniny s četným výskytem puklin, často i otevřených. Mimo blízkost „průsaků“ podzemní vody bude vlhkost hornin této vrstvy nízká. Naopak druhá vrstva je vrstvou hornin se zvýšeným napětím. Vlhkost této vrstvy je nízká a pukliny jsou sevřené. Poslední vrstva je již antropogenně neovlivněný horninový masiv a rozhraní v ní bude s největší pravděpodobností odpovídat změnám v litologickém složení horniny nebo jejímu stavu.

První výsledky měření VES přímo na skalním masivu ukázaly, že tuto metodu je možné použít při zkoumání horninového masivu v důlních dílech. Interpretace je specifická a vyžaduje zkušeného geofyzika, nicméně se jeví pravděpodobným, že tímto způsobem bude možné popisovat změny v horninovém masivu za boky důlního díla. Tím bude umožněno přispět k poznání EDZ zóny v okolí báňských děl. Je proto nezbytné metodu VES dále testovat na výzkumných podzemních pracovištích.

Zajímavou se ukazuje možnost použití VES získaných z měření ERT k popisu horninového masivu nedaleko za boky důlního díla. Jejich aplikace na bocích zkušební komory ukázala, že tímto způsobem lze získat detailní údaje o stavu horninového masivu těsně za boky důlních děl. Pro širší hodnocení použitelnosti tohoto způsobu geofyzikálního měření je plánováno změřit jeden až dva profily elektrickou odporovou tomografií se vzdáleností elektrod 0,25 metru.

ZÁVĚR

Pilotní měření GPR, vrtným radarem a ERT přineslo po interpretaci nadějné výsledky pro hodnocení horninového prostředí na počvě a bocích zkušebních komor ZK-1 a ZK-2. Jedná se zejména o hodnocení porušení masivu, kdy byly anténami různých frekvencí identifikovány diskontinuity do hloubek daných typem použité antény. Měření by bylo vhodné opakovat s použitím stíněných antén s vyšší frekvencí 700 MHz až 1 GHz. Toto měření by lépe charakterizovalo porušení v mělké zóně horninového masivu, a tím by bylo možno přesněji stanovit i hloubku EDZ zóny.

Prezentované výsledky odporových měření ukazují na zajímavou možnost, jak určovat hloubky a rozhraní a měrné odpory kvazihomogenních celků za bokem důlního díla. Tzn., že je takto možno, pomocí odporových metod, zjišťovat např. rozsah EDZ zóny za obrysem výrubu podzemního díla.

The middle part of Fig. 8 presents the results of the VES interpretation from the ERT on the right side on the lower profiles of the ZK-1 test chamber. These measurements allowed for identifying three types of interfaces along the profile. The first is characterized by the transition from low to high specific resistivity. This type of interface is located at depths from 0.4 to 1.1 metres. The second type of interface has the opposite character (large × small specific resistivity) and can be found at depths of 0.4 to 1.3m, exceptionally deeper. The last type of interface lies at depths of over 2.5m, exceptionally already from 1.5m.

The first layer is most likely formed by rock directly affected by blasting. It will be rock with numerous discontinuities, often open ones. Apart from the proximity of groundwater “leaks”, the moisture content of this rock layer will be low. On the contrary, the second layer is a layer of rock with increased stress. The moisture content of this layer is low and the discontinuities are closed. The last layer is already an anthropogenically unaffected rock mass and the interface in it will most likely correspond to changes in the lithological composition of the rock or its condition.

The first results of vertical electrical sounding measurements directly on the rock mass showed that this method can be used in the investigation of the rock mass in mine workings. The interpretation is specific and requires an experienced geophysical engineer, however, it seems likely that in this way it will be possible to describe changes in the rock mass behind the mine working sides. This will allow for contributing to the knowledge of the EDZ in the vicinity of mining workings. It is therefore necessary to further test the VES method at underground research facilities.

The possibility of using the VES obtained from ERT measurements to describe the rock mass near the sides of the mine workings is interesting. Their application on the sides of the test chamber showed that in this way it is possible to obtain detailed data on the condition of the rock mass just behind the sides of the mine workings. For a broader evaluation of the applicability of this geophysical measurement method, it is planned to measure one to two profiles by electrical resistivity tomography with the electrode spacing of 0.25 metres.

CONCLUSION

After interpretation, pilot measurements of GPR, cross-borehole radar and ERT yielded promising results for the assessment of the rock environment on the bottom and sides of test chambers ZK-1 and ZK-2. This is especially the evaluation of damage to rock mass, when antennas of different frequencies were used to identify discontinuities to the depths given by the type of the antenna used. It would be good to repeat the measurement using shielded antennas with a higher frequency of 700MHz to 1GHz. This measurement would better characterise the fracturing in the shallow zone of the rock mass, and thus it would be possible to determine more accurately the depth of the EDZ.

The presented resistivity measurement results show an interesting possibility how to determine the depths and interfaces and specific resistivities of quasi-homogeneous units behind the sidewall of the mine working. It means that it is possible, in this way, to use resistivity measurement methods to determine, for example, the extent of an EDZ behind the contour of the underground working.

However, to obtain the presented results, commonly used systems of processed resistivity measurements are not enough,

K získání prezentovaných výsledků však nestačí běžně používané systémy zpracovaných odporových měření, ale je nutné využít velké množství dat, která dává elektrická odporová tomografie. Pokud se má tato metoda použít pro uváděné účely, je potřebné upravit metodiku jejího měření, zejména zmenšit vzájemnou vzdálenost elektrod.

Závěrem je nutno konstatovat, že výsledky měření jsou vždy do určité míry ovlivněny konkrétním tvarem a materiálem hledaného objektu/diskontinuity. Dále je měření ovlivněno trajektorií zvoleného profilu. Odrazy elektromagnetického vlnění budou záviset i na fyzikální charakteristice zastižených hornin a také na případné dodatečné výplni těchto objektů (materiál v různé mocnosti na počvě každého objektu, výplň diskontinuity atd.).

Poděkování

Prezentované výsledky jsou výsledkem prací na projektu MPO „Rozvoj geotechnických a geofyzikálních metod pro získání 2D a 3D obrazu geologické stavby“. Bez státní dotace tohoto projektu by uvedené geofyzikální práce nebylo možné realizovat. Za to patří MPO naše uznání a dík. Metoda vrtného radaru byla aplikována ve vrtech v dole Rožná I, a to zejména v Podzemním výzkumném pracovišti Bukov, jež vybudovala a provozuje SÚRAO. Realizace jakýchkoliv činností v prostorách hlubinného dolu je poměrně nákladná, složitá a vyžaduje souhru mnoha profesí a činností (zázemí, technická podpora atd.). Díky součinnosti se SÚRAO, které v maximální možné míře podporuje výzkumné aktivity v PVP formou technické podpory a poskytováním servisu, se podařilo plánovaná měření a veškeré ostatní aktivity velmi dobře zvládnout. Za to patří SÚRAO naše uznání a dík.

doc. RNDr. PAVEL BLÁHA, DrSc.,
blaha@geotest.cz, GEOtest, a.s.
doc. RNDr. PAVEL POSPÍŠIL, PhD.,
pavel.pospisil@vsb.cz, VŠB TU Ostrava

Recenzoval Reviewed: doc. RNDr. Jaroslav Kněz, CSc.

but it is necessary to use a large amount of data provided by electrical resistivity tomography. If this method is to be used for the stated purposes, it is necessary to adjust the methodology of the measurement, in particular to reduce the mutual distance of the electrodes.

In conclusion, it is necessary to state that the measurement results are always influenced to some extent by the specific shape and material of the searched object/discontinuity. Furthermore, the measurement is affected by the trajectory of the selected profile. The reflections of electromagnetic waves will also depend on the physical characteristics of the encountered rock and also on any possible additional filling of these objects (various thickness material on the bottom of each object, filling of discontinuity, etc.).

Acknowledgements

The presented results are the result of the work on the Ministry of Industry and Trade project “Development of geotechnical and geophysical methods for obtaining 2D and 3D images of geological structures”. Without the state subsidy of this project, the mentioned geophysical operations would not be possible. For this, the MIT deserves our recognition and thanks. The cross-borehole radar method was applied in boreholes in the Rožná I mine, especially in the Bukov Underground Research Facility, which was built and operated by the Radioactive Waste Repository Authority (SÚRAO). Any activity in an underground mine is relatively expensive, complex and requires the interplay of many professions and activities (background, technical support, etc.). Thanks to the cooperation with SÚRAO, which supports research activities in the URF in the form of technical support and the provision of service as much as possible, the planned measurements and all other activities were managed very well. For that, SÚRAO deserves our recognition and thanks.

doc. RNDr. PAVEL BLÁHA, DrSc.,
blaha@geotest.cz, GEOtest, a.s.
doc. RNDr. PAVEL POSPÍŠIL, PhD.,
pavel.pospisil@vsb.cz, VŠB TU Ostrava

LITERATURA / REFERENCES

[1] BUKOVSKÁ, Z., VERNER, K., EDS. *Komplexní geologická charakterizace prostorů PVP Bukov. Závěrečná zpráva*, SÚRAO, TZ 191/2017, Praha, MS.
[2] CHMELEVSKOJ, V. K. Metody podzemnoj elektrorazvedki, *Geofizičeskije issledovanija*, Sb. 1, Moskva, 1964.
[3] KOŘALKA, S. Závěrečná zpráva o průběhu výstavby PVP Bukov. Díl B: Textové přílohy, příloha č. I *Karotážní měření a televizní prohlídka v horizontálním vrtu Bj-1*. – SÚRAO, Praha, 2014, MS.
[4] KŘÍBEK, B., HRAZDÍRA, P., SIXTA, V., ŠIKL, J., MIKŠOVSKÝ, M., VENERA, Z., SOBOTKA, M. *Strukturní, hydrogeologické a geochemické zhodnocení horninového prostředí ložiska Rožná s ohledem na uložení odkališťích vod* – ČGÚ, 1997, Praha.
[5] LOKE, M. H. *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*, 2012, User’s manual.
[6] NEDVĚD, J. *Georadarové měření ve vrtech v PVP Bukov*, SG Geotechnika, Praha, 2018, s. 15. MS.
[7] PATOČKA, M. *Prvotní geologicko-geofyzikální dokumentace ZK2-J, UD Dolní Rožínka*. Dolní Rožínka, 2016, MS.
[8] SOUČEK, K., VAVRO, M., STAŠ, L., KALÁB, Z., KONÍČEK, P., GEORGIOVSKÁ, L., KALÁB, T., KONEČNÝ, P., KOLCUN, A., KRÁLOVÁ, L., KUBINA, L., LEDNICKÁ, M., MALÍK, J., MARTINEC, P., PTÁČEK, J., VAVRO, L., WACLAWIK, P., ZAJÍCOVÁ, V. 2018. *Komplexní geologická charakterizace prostorů PVP Bukov – část II Geotechnická charakterizace. Závěrečná zpráva.* SÚRAO, TZ 221/2018, Praha, MS.
[9] SILVAST, M., WILJANEN, B. *ONKALO EDZ-Measurements Using Ground Penetrating Radar (GPR) Method,* POSIVA, Olkiluoto, 2008, 1–33.
[10] VERNER, K., BUKOVSKÁ, Z., EDS. *Komplexní geologická charakterizace prostorů PVP Bukov – roční etapová zpráva 2015*, SÚRAO, TZ 1/2015, Praha, MS.

GEOTECHNICKÝ MONITORING NA STAVBĚ TRAMVAJOVÉHO TUNELU V BRNĚ
GEOTECHNICAL MONITORING ON TRAM TUNNEL CONSTRUCTION IN BRNO

MAREK POLÁK, OTAKAR PAZDÍREK, ONDŘEJ HORT

ABSTRAKT

Článek poskytuje čtenáři základní údaje a geotechnický pohled na probíhající stavbu prodloužení tramvajové trati (TT) do areálu Fakultní nemocnice a Univerzitního kampusu v Brně-Bohunicích. Z celkových 0,9 km prodloužení trati je přes 600 m vedeno v tunelech, kdy výrazně přes polovinu délky tvoří tunel těžený pod zastropenými podzemními stěnami. Zbývající část představují tunely budované v otevřených stavebních jámách. Stavba byla naplno zahájena na jaře loňského roku a intenzivně postupuje k očekávanému zprovoznění na konci roku 2022. Navzdory celkově nestandardnímu období je pro stavbu charakteristický relativně velmi rychlý postup výstavby. V českém prostředí dopravních staveb je vcelku neobvyklá i organizace výstavby podle smluvních podmínek žluté knihy FIDIC. Článek se věnuje především několika zajímavějším geotechnickým aspektům tunelové části projektu a geotechnickému monitoringu.

ABSTRACT

The article provides the readers with basic data and a geotechnical view of the ongoing construction of the extension of the tram line (TL) to the premises of the University Hospital and the University Campus in Brno-Bohunice. Of the total length of 0.9km of the line extension, over 600m is led through tunnels, where significantly over half of the length is formed by a tunnel excavated under a roof deck supported by retaining walls. The remaining part consists of cut-and-cover tunnels. The construction started in full swing in the spring of last year and is progressing intensely towards the expected commissioning at the end of 2022. Despite the generally non-standard period, the construction is characterised by a relatively very fast progress. In the Czech environment of transport construction projects, the organization of construction according to the FIDIC Yellow Book contractual conditions is quite unusual. The article deals mainly with several more interesting geotechnical aspects of the tunnelled part of the project and geotechnical monitoring.

ÚVOD

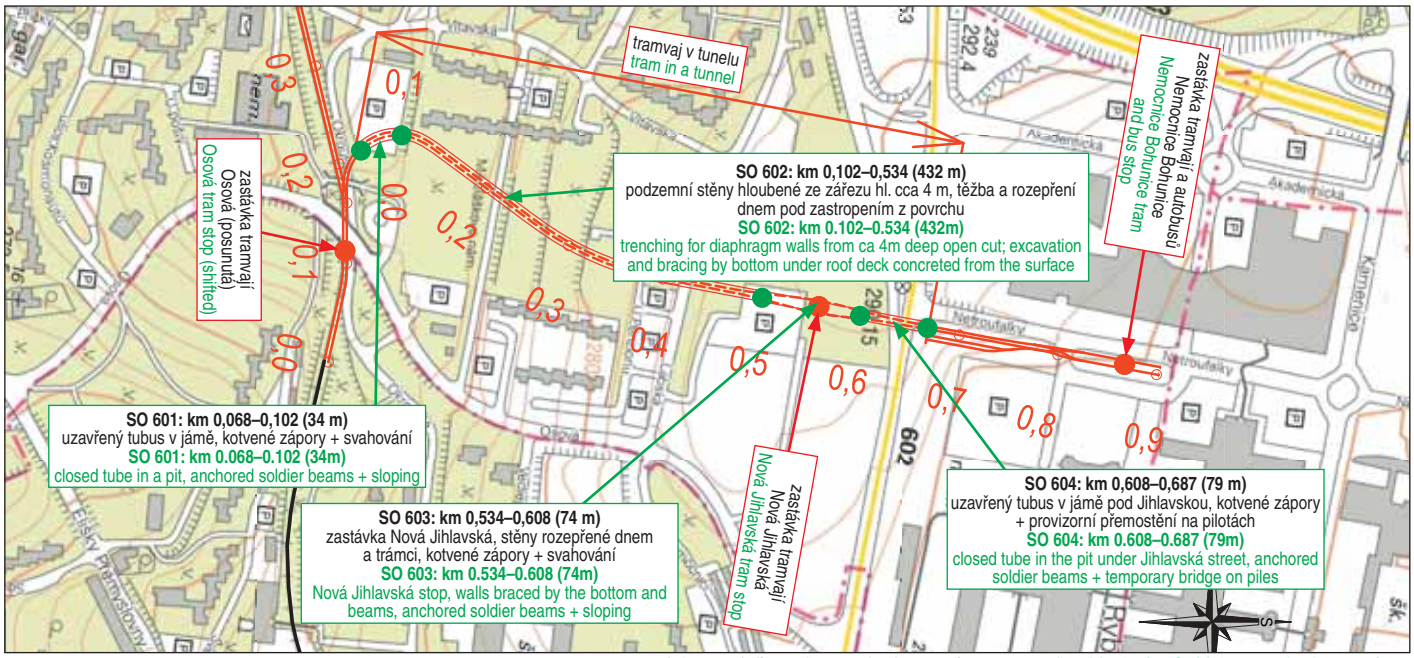
Protože stavba „Prodloužení TT z Osové ke Kampusu Masarykovy univerzity v Bohunicích“ (dále jen stavba) nebyla v časopisu Tunel doposud představena, bude čtenář na úvod seznámen se základními údaji.

Stavba je novou větví stávající tramvajové linky, která obsluhuje brněnské sídliště Bohunice. Budovaná větev tramvaje se od

INTRODUCTION

As the project “Extension of TL from Osová to the Masaryk University Campus in Bohunice” (hereinafter referred to as the project) has not been presented in the TUNEL journal yet, readers will be informed about the basic data in the beginning.

The project comprises a new branch of the existing tram line, which serves the Brno residential area Bohunice. The tram line



zdroj: upravený výkres z DSP; METROPROJEKT Praha a. s. *source: adjusted drawing from final design; METROPROJEKT Praha a.s.*

Obr. 1 Situace širších vztahů a hlavní tunelové objekty
Fig. 1 Situation of wider relationships and main tunnel structures

stávající trati odpojuje ve stanici Osová a míří severním směrem k oblasti plánované výstavby mezi ulicemi Jihlavská a Labská (zastávka Nová Jihlavská) a pokračuje pod ulicí Jihlavská do prostoru mezi Fakultní Nemocnici Brno – Bohunice, Univerzitní kampus Masarykovy univerzity a obchodní centrum Campus Square, kde bude konečná zastávka Nemocnice Bohunice. Tato zastávka doplní stávající uzel hromadné dopravy a posílí obsluhu této frekventované oblasti. Základní schéma vedení trati a rozdělení tunelových objektů je uvedeno na obr. 1.

Zadavatelem a stavebníkem projektu „Prodloužení tramvajové tratě z Osové ke Kampusu MU v Bohunicích“ je Statutární město Brno a Dopravní podnik města Brna, a.s. Stavba byla veřejnou zakázkou zadána ve smyslu smluvních podmínek FIDIC YELLOW BOOK (upravují vztah mezi stavebníkem a zhotovitelem stavby, zhotovitel zpracovává projekt a podle něj stavbu realizuje). Předmětem díla zhotovitele je tedy nejen výstavba, ale také projekční a inženýrská činnost („vyprojektuj a postav“). Zadávací dokumentací byla Dokumentace pro územní rozhodnutí (DÚR) doplněná o požadavky stavebníka.

Za zhotovitele byla vybrána společnost „Tramvajová trať Kampus – Firesta + Metrostav“, kde vedoucím sdružení je FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s., společníkem Metrostav a.s. Správce stavby pro objednatele provádí Společnost správce stavby pro TT Kampus (INFRAM a.s. jako správce společnosti; Dopravoprojekt Brno a.s., INVIN s.r.o. a Brněnské komunikace a.s. podle smluvních podmínek FIDIC WHITE BOOK, které upravují vztah mezi stavebníkem a jeho konzultantem). Projektantem zhotovitele je ve stupních Základní návrh, DSP i RDS METROPROJEKT Praha a.s.

Geotechnický monitoring pro zhotovitele provádí sdružení „TT Kampus GTM“ tvořené firmami GEOtest, a.s., GEOSTAR spol. s r.o. a INSET s.r.o.

Přípravné práce stavby byly zahájeny na konci roku 2019. Stavební povolení bylo vydáno na jaře 2020. S předpokládaným uvedením do zkušebního provozu na konci roku 2022 je tedy stavba v době psaní článku zhruba v polovině. Práce probíhají prakticky od počátku v celé trase. Výjimkou je pouze oblast rekonstrukce a úpravy stávající trati se zahájením až výlukou od května 2021. Podstatná část trasy nové větve je vedena ve čtyřech tunelových objektech SO 601, SO 602, SO 603 a SO 604.

Tunely jsou dvojkolejné, obousměrné, pouze se rozšiřují pro ostrovní nástupiště ve stanici Nová Jihlavská. Schéma vedení trasy a rozdělení tunelových objektů je na obr. 1. Článek dále seznamuje čtenáře právě s tunelovými objekty, a to hlavně z pohledu geotechnického monitoringu.

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Společnost GEOtest, a.s., jeden ze zhotovitelů geotechnického monitoringu, provedla již v roce 2018 podrobný geotechnický průzkum pro uvažovaný stavební záměr. Z něj vyplynulo, že celá trasa tunelu je vedena v prostředí soudržných zemin, kdy při povrchu se nachází souvrství sprašových hlín mocnosti 4–8 m. Jedná se o zeminy se střední plasticitou třídy F6, tuhé až pevné konzistence. Ve sprašovém souvrství i v jeho podloží byly zastiženy až 2 m mocné vrstvy fosilních půd, které z hlediska složení a geotechnických vlastností tvoří přechod mezi sprašovými hlínami v nadloží a neogenními jíly v podloží. Předkvartérní podklad je pak tvořen neogenními jíly třídy F8 s vysokou až velmi vysokou plasticitou, převážně pevné konzistence. I přes podobné zrnitostní složení a další charakteristiky se jedná o dva miocénní typy, kdy jeden typ reprezentuje stratigrafický stupeň Karpat a druhý typ stratigrafický stupeň Ottnang. Lokálně se v těchto jílech vyskytují čočky, laminy a proplástky písku. Na tyto vrstvy je vázán i výskyt podzemní vody.

under construction branches from the existing line at Osová station and heads north towards the area between Jihlavská and Labská Streets (Nová Jihlavská station) planned for future development and continues under Jihlavská Street to the area between the Brno – Bohunice University Hospital, the Masaryk University Campus and the Campus Square shopping centre, where Bohunice Hospital will be the terminal station. This station will complement the existing mass transit hub and strengthen the service for this busy area. The basic scheme of the line and the division of the tunnel structures is shown in Fig. 1.

The contracting authority and the owner of the project “Extension of the tram line from Osová to the MU Campus in Bohunice” are the Statutory City of Brno and the Brno Public Transport Company Inc. The contract was awarded by means of public procurement in accordance with the FIDIC YELLOW BOOK contractual conditions (they regulate the relationships between the builder and the construction contractor, the contractor processes and the design and carries out the construction according to it). The subject of the contractor’s work is therefore not only construction, but also design and engineering activities (“design and build”). The tender design package consisted of the design documents for issuance of zoning and planning decision, supplemented by the requirements of the builder.

The consortium named “Tram line Kampus – Firesta + Metrostav” with the FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, staby a.s. in the position of the consortium leader and Metrostav a.s. as the partner, was awarded the contract. The Company of the Construction Administrator for TL Kampus (INFRAM a. s. in the position of the company administrator; Dopravoprojekt Brno a.s., INVIN s.r.o. and Brněnské komunikace a.s. according to the FIDIC WHITE BOOK terms and conditions, which regulate the relationship between the builder and his consultant). The designer for the contractor in the Basic design, Final Design and Detailed Design stages is METROPROJEKT Praha a.s.

Geotechnical monitoring for the contractor is carried out by consortium “TL Kampus GTM” formed by GEOtest, a.s., GEOSTAR spol. s r. o. and INSET s.r.o.

Preparatory work on the construction began at the end of 2019. The construction permit was issued in the spring of 2020. With the expected handing over for trial running at the end of 2022, the construction is about halfway through at the time of writing the paper. The work proceeds practically from the beginning along the entire route. The only exception is the area of reconstruction and modification of the existing track, starting in May by closing of the line to traffic. A substantial part of the route of the new branch is led through four tunnel structures SO 601, SO 602, SO 603 and SO 604.

The double-track tunnels are bidirectional, with the cross-section width enlarged only for the intermediate platform in Nová Jičínská station. The diagram of the route and division of tunnel structures is shown in Fig. 1. The paper further informs readers with the tunnel structures, mainly from the geotechnical monitoring point of view.

ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS

GEOtest, a. s., one of the contractors for geotechnical monitoring, conducted detailed geotechnical investigation for the construction intention in 2018. It followed from the investigation that the entire tunnel route runs through the environment formed by cohesive soils, where 4–8m thick series of loessial layers are found at the surface. These soils are classified as F6, with medium plasticity and stiff to hard consistency. Up to 2m thick layers of fossil loam were encountered in the loessial series of layers and their basement. In

Tab. 1 Přehled prvků monitoringu použitých na jednotlivých stavebních objektech

SO 601	vertikální inklinometrie	1 vrt do hloubky 20 m
	měření napětí v kotvách	5 dynamometrů
	geodetická měření deformací záporového pažení	5 bodů na hlavách kotev
SO 602	geodetické měření deformací tunelového ostění (konvergence)	6 profilů, každý osazen 6 body
	vertikální inklinometrie	7 vrtů do hloubky 25 m sdružené do dvojic po obou stranách stavební jámy
SO603 SO604	vertikální inklinometrie	6 vrtů do hloubky 25 m sdružené do dvojic po obou stranách stavební jámy
	měření napětí v kotvách	18 dynamometrů
	geodetická měření deformací záporového pažení	21 bodů na hlavách kotev a přírubách pažení
SO 205	vertikální inklinometrie	1 vrt do hloubky 20 m
	měření napětí v kotvách	14 dynamometrů
	geodetická měření deformací záporového pažení	22 bodů na hlavách kotev

Table 1 Overview of the monitoring elements applied to individual tunnel structures

SO 601	vertical inclinometry	1 borehole to 20m depth
	measuring stress on anchors	5 dynamometers
	surveyor measuring of deformations of soldier beam and lagging sheeting	5 points on anchor heads
SO 602	surveyor measuring of tunnel lining deformations (convergences)	6 profiles, each with 6 points
	vertical inclinometry	7 boreholes to 25m depth, coupled to pairs on both sides of the construction pit
SO603 SO604	vertical inclinometry	6 boreholes to 25m depth, coupled to pairs on both sides of the construction pit
	measuring on anchors	18 dynamometers
	surveyor measuring of deformations of soldier beam and lagging sheeting	21 points on anchor heads and flanges of the sheeting
SO 205	vertical inclinometry	1 borehole to 20m depth
	measuring stress on anchors	14 dynamometers
	surveyor measuring of deformations of soldier beam and lagging sheeting	22 points on anchor heads

GEOTECHNICKÝ MONITORING

Z níže uvedených rozdílů v technologii výstavby jednotlivých úseků tunelu vyplynul i návrh metod geotechnického monitoringu, které tak byly pro každý úsek stanoveny individuálně. Tab. 1 podává přehled prvků monitoringu použitých na jednotlivých stavebních objektech.

Vertikální inklinometrie byla prováděna ve vrtech, aby byly sledovány deformace horninového prostředí v širším okolí tunelu (také s přihlédnutím k tomu, že podzemní stěny byly prováděny z odkopu hl. cca 6 m, tj. inklinometry sledovaly reakci horninového prostředí na provádění těchto odkopů).

Monitoring byl dále doplněn o:

- geologické sledování svahů stavební jámy a čeleb;
- měření hladin podzemní vody v osmi pozorovacích vrtech, včetně sledování kvality podzemní vody;
- geodetická a náklonoměrná měření objektů v blízkosti stavební jámy, u nichž statický výpočet stanovil jisté riziko ovlivnění; celkem se jednalo o 17 nivelačních bodů, čtyři geodetické body a dva náklonoměry.

Důvodem pro nasazení tohoto rozsáhlého geotechnického monitoringu bylo situování stavby v intravilánu města Brna.

SO 601 HLOUBENÝ TUNEL, KM 0,068–0,102

Budovaná větev tramvajové trati odbočuje ze stávající trati za stanicí Osová a záhy úrovňově kříží komunikaci Okrouhlá, která bude nově využívána jen pro složky IZS. Bezprostředně za ulicí Okrouhlá je situován vjezdový portál, tvořený prvním rámem hloubeného tunelu s objektem čerpací stanice a novými opěrnými stěnami, které navážou na stěny stávající.

terms of the composition and geotechnical properties, they form transition between secondary loess in the overburden and underlying Neogene clays. The Pre-Quaternary sub-base is formed by F8 class Neogene clay with high to very high plasticity and mostly hard consistency. Despite similar grain size and other characteristics, there are two lithological types, one type of the Carpathian age and the other of the Ottnang age. Lenses, laminas and intercalations of sand are locally encountered in this clay. The occurrence of groundwater is also bound to these layers.

GEOTECHNICAL MONITORING

The proposal for geotechnical monitoring methods followed from the bellow-mentioned differences in the technique of construction of individual sections of the tunnel. They were thus determined individually for each section. The table 1 provides an overview of the monitoring elements applied to individual tunnel structures.

Vertical inclinometry was carried out in boreholes to monitor deformations of the rock environment in the wider surroundings of the tunnel (also taking into account that diaphragm walls were carried out from an about 6m deep slope cutting, thus the inclinometers monitored also the reaction of the rock environment to these cuttings).

Monitoring was further supplemented by:

- measuring of water table in eight observational boreholes, including monitoring of groundwater quality;
- surveyor and tiltmeter measurements on structures in the vicinity of the construction pit, where the structural analysis determined certain risk of affection; in total there were 17 levelling points, four surveying points and two inclinometers.

Obr. 2 Jáma objektu SO 601 a betonáž definitivního dna prvního dilatačního celku SO 602; červen 2021
Fig. 2 Pit for SO 601 structure and concreting the final bottom of the first expansion block of SO 602; June 2021

Objekt SO 601 je hloubený tunel, prováděný v otevřené stavební jámě (obr. 2). Jáma je na levé straně zajištěná záporovým pažením kotveným ve dvou úrovních, vpravo je svahovaná. Tunel zde tvoří tři dilatační celky uzavřeného rámu s celoplošnou asfaltovou hydroizolací.

Neočekávaným jevem u objektu SO 601 bylo nedosažení předepsaných zkušebních napětí na první trojici dočasných pramencových kotev. Po neúspěšném napínání byly ihned dvojicí průzkumných vrtů dodatečně ověřeny geologické podmínky v oblasti kořene kotev. Možnou odchylku ve skutečných geologických podmínkách proti předpokladům přitom indikovaly už některé vrty při provádění zápor. Podstatná změna geologických podmínek se však nepotvrdila. Dále se postupovalo mírnou úpravou geometrie kotvení, provedením náhradních kotev za nedopnuté kotvy a úpravou technologie injektáže kořene kotev. Těmito úpravami pak bylo dosaženo požadované únosnosti kotvení.

Práce v prostoru této jámy začaly jako poslední. Jáma zatím není dokončena. Původně uvažovaný geotechnický monitoring pomocí pětice dynamometrů a geodetických bodů byl na základě výše uvedených úprav o jeden dynamometr a jeden geodetický bod navýšen.

SO 602 HLOUBENÝ TUNEL V PODZEMNÍCH STĚNÁCH, KM 0,102–0,534

Z úvodního úseku SO 601 převádí objekt SO 602 tramvaj ve strmém stoupání až 6,5 % pod Mikuláškovým náměstím a ulicí Labskou až do stanice Nová Jihlavská – objekt SO 603.

Tunel je v celém tomto úseku veden v podzemních stěnách s tímto postupem výstavby:

1. dočasný svahovaný výkop – standardně do cca 4–6 m hloubky, sklon 1:1, bez zajištění nebo jen s ochranou zaplachtováním před srážkami. Ve stísněných poměrech a zhoršených geotechnických poměrech je svah zajištěn stříkaným betonem (SB) s hřebíkováním;
2. úprava povrchu a zbudování vodících zídek pro podzemní stěny;

The reason for the application of this extensive geotechnical monitoring was the location of the construction in the urban area of the city of Brno.

SO 601 CUT-AND-COVER TUNNEL, CHAINAGE KM 0.068–0.102

The tram line section under construction branches off from the existing line behind the Osová station and soon crosses the Okrouhlá road, which will be newly used only for IRS units. Immediately behind Okrouhlá Street, there is an entrance portal, consisting of the first frame of the cut-and-cover tunnel with a gas station building and new retaining walls, which will connect to the existing walls.

Structure SO 601 is a cut-and-cover tunnel constructed in an open pit (see Fig. 2). The pit is stabilised on the left side by soldier beam and lagging sheeting anchored in two tiers; on the right side it is sloped. The tunnel here consists of three expansion blocks of the closed frame with asphalt waterproofing on the whole external surface.

An unexpected phenomenon at the SO 601 structure was the failure to achieve the prescribed test tension on the first three temporary stranded anchors. Immediately after the unsuccessful pre-tensioning, the geological conditions in the area of the anchor roots were additionally verified by a pair of exploratory boreholes. A possible deviation in the actual geological conditions against the assumptions had already been indicated by some boreholes during the work on the soldier beams. However, no significant change in geological conditions had been confirmed. The work proceeded further with a slight adjustment of the anchoring geometry, installation of replacement anchors for the insufficiently pre-tensioned anchors and the adjustment of the anchor root injection technique. By these modifications, the prescribed bearing capacity of the anchoring was achieved.

The work in the space of this pit began as the last operation. For the time being, the pit has not been finished. The originally considered geotechnical monitoring using five dynamometers and survey points was extended by adding one dynamometer and one survey point on the basis of the above-mentioned modifications.

SO 602 CUT-AND-COVER TUNNEL BETWEEN DIAPHRAGM WALLS, CHAINAGE KM 0.102–0.534

From the initial section SO 601, the structure SO 602 transfers the tram line on a steep incline up to 6.5% under Mikuláškovo Náměstí Square and Labská Street to the Nová Jihlavská station – structure SO 603.

The tunnel is led throughout its length between diaphragm walls with the following construction procedure:

1. temporary sloped excavation – up to the depth of 4–6m, slope 1:1, without stabilisation or only with protection against rain by paulins. In restricted conditions and worsened geotechnical conditions , the slope is stabilised by shotcrete with nailing;
2. surface treatment and construction of guide-walls for construction of diaphragm walls;

3. podzemní stěny tl. 600 mm, v oblasti malého poloměru pod panelovým domem Mikuláškovo náměstí 10 zesílené na 800 mm, vetknutí stěn 4700 mm pod dno tunelu;
4. horní příčel (strop tunelu) tl. 800 mm;
5. těžba pod zastropením a uzavíráním dna tl. 600 mm, v maximálním časovém odstupu předepsaném na 17 dní od plného odtěžení profilu;
6. vnější asfaltová izolace styku stěny a stropu a celého zastropení;
7. přesypání tunelu; pro urychlení postupu prací je lze alternativně provádět už před rozepřením dna.

Schéma konstrukce hloubeného tunelu je znázorněno na obr. 3.

Pro omezení deformací v oblasti jižního portálu, v jehož blízkosti se nachází výškový panelový dům, byla konstrukce podzemních stěn v tomto úseku doplněna o tři ztužující příčná „žebra“. Výškově byla tato žebra, plnící vlastně funkci rozpěr podzemních stěn, umístěna těsně pod budoucí dno tunelu. Žebra působila proti svírání podzemních stěn během vlastní ražby pod zastropením. Žebra byla zhotovena z prostého betonu na plnou šíři tunelu. Podle dosavadních měření se i díky tomuto opatření minimalizovaly deformace nejbližšího rohu panelového domu na hodnoty sedání okolo 1,5 mm.

Z geotechnického hlediska stavbu zatím nejvíc komplikuje relativně nejméně náročná část – dočasné výkopy. Výrazně deštivý konec roku 2020 v prostředí spraší a jílů přinesl opakované lokální deformace svahů a následně vynucené úpravy svahování pro zajištění dostatečného pracovního prostoru a bezpečnosti na patě svahů pro navazující práce v oblasti napojení stěn a stropů. Stabilita byla narušena především po odtěžení vnějších vodících zídek podzemních stěn.

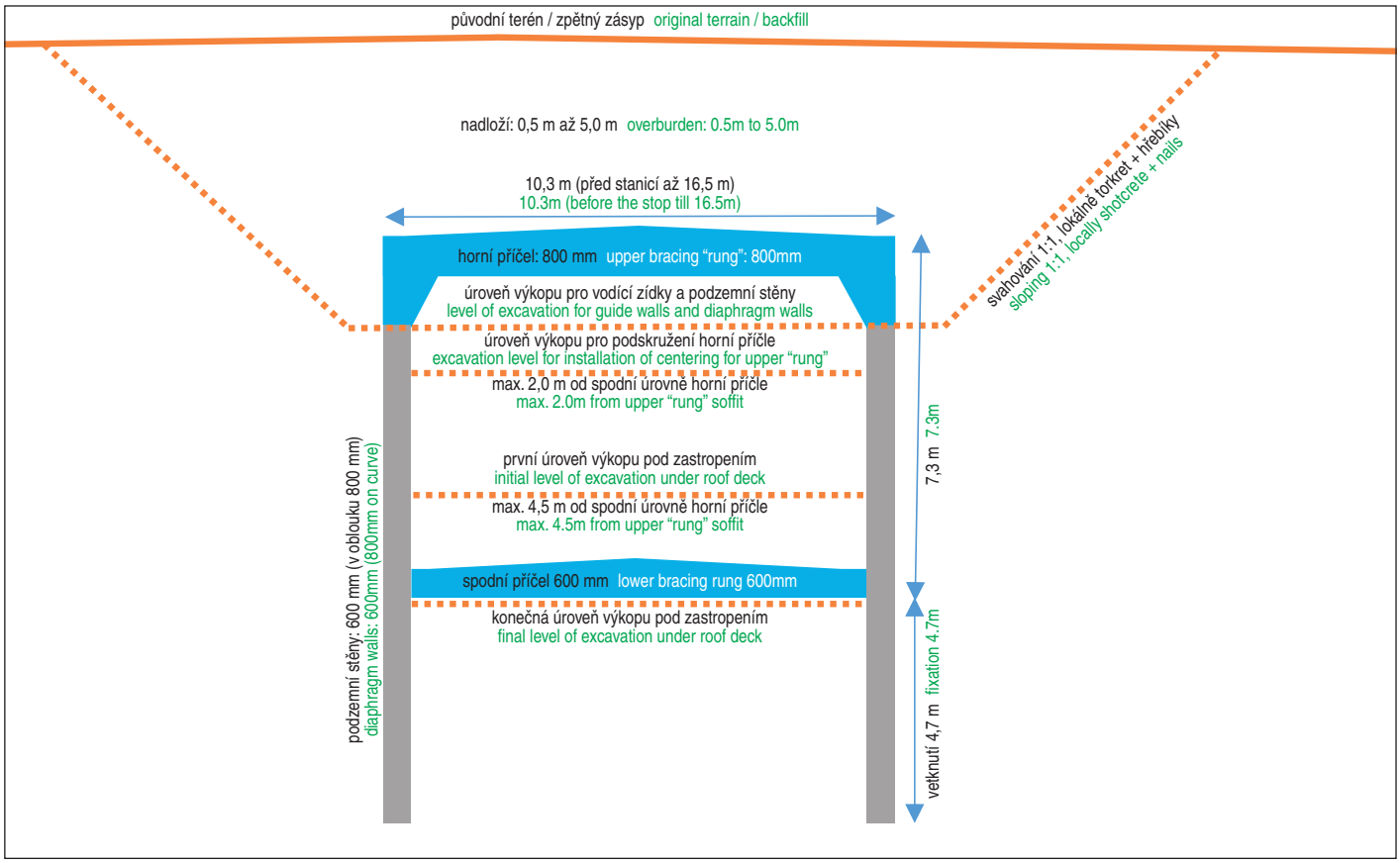
V době psaní článku je dokončována poslední horní příčel, odtěžena je cca třetina tunelu a rozpírá se dno pod panelovým domem.

3. 600mm thick diaphragm walls, with the thickness increased to 800mm in the area of the small radius under a panel building (Mikulášovo Náměstí Square No. 10); keying the walls 470mm under tunnel bottom;
4. upper bracing (tunnel roof deck) 800mm thick;
5. excavation under the roof deck and 600mm thick closing bottom slab, at the maximum time lag prescribed for 17 days from the complete cross-section excavation;
6. external asphalt waterproofing of the contact between the diaphragm wall and roof deck and the whole roof deck;
7. covering the tunnel with earth; it can be carried out alternatively already before bracing the bottom to accelerate the work.

A diagram of the cut-and-cover tunnel structure is presented in Fig. 3.

To reduce deformations in the area of the southern portal, in the vicinity of which there is a high-rise panel building, three transverse reinforcing “ribs” were added to the construction of the diaphragm walls in this section. In terms of the height, these ribs, which actually serve as the braces of the diaphragm walls, were placed just below the future bottom of the tunnel. The ribs acted against constriction of the diaphragm walls during the actual excavation under the roof deck. The ribs were made of plain concrete for the full width of the tunnel. According to previous measurements, thanks to this measure, the settlement values of deformations of the nearest corner of the panel building were minimised to about 1.5mm.

From the geotechnical point of view, the construction is most complicated by the relatively smallest demanding part – temporary trenches. The significantly rainy end of year 2020 in the environment formed by loess and clay caused repeatedly local deformations of the slopes and subsequently enforced adjustments of the slope to ensure working space and safety at the base of the slopes sufficient for the follow-up work in the area of connection of the walls and roof decks.



Obr. 3 Schéma konstrukce hloubeného tunelu v podzemních stěnách
Fig. 3 Chart of the construction of a cover-and-cut tunnel between diaphragm walls

Přesypávána je komunikace Labská, která byla dočasně mimo provoz. Po jejím opětovném zprovoznění bude naopak odstavena ul. Okrouhlá u vjezdového portálu.

Geotechnický monitoring tohoto objektu sestává z vertikálních inklinometrů a konvergenčních bodů sdružených do šesti profilů. Konvergenční body lze na vnitřní líc tunelového ostění osadit až po odtěžení zeminy zevnitř profilu, tedy až v okamžiku, kdy již proběhla část deformací způsobených předchozí stavební činností – kromě samotného odtěžování zeminy z profilu to byly i předvýkopy do úrovně stropu, nebo hloubení a betonáž podzemních stěn. Prakticky jediným prvkem, který tak sleduje dění v daném profilu po celou dobu výstavby, jsou vertikální inklinometry, které se nacházejí těsně za hranou předvýkopu.

V úseku SO 602 je ve třech profilech geotechnického monitoringu (GTM 2, stan. 0,160 km, GTM 4, stan. 0,320 km, a GTM 5, stan. 0,400 km) vybudováno celkem šest inklinometrů hlubokých 25 m (tři protilehlé páry). Na základě srovnání velikosti kumulativních deformací lze konstatovat:

- zjištěné deformace jsou vesměs významně větší na západní straně (ve srovnání s jejich východními protějšky) – max. až 25 mm oproti 15 mm, tento rozdíl je dle autorů dán především tím, že osa díla není zcela totožná se spádnicí svahu, ve kterém je tunel realizován (tzn., že zatížení konstrukce je jiné z východu a ze západu);
- ve spodní části úseku (na začátku stoupání) jsou deformace výrazně menší (do 8 mm) než v horní části úseku (až 25 mm, resp. 15 mm, tento rozdíl je dle autorů dán odlišnostmi v inženýrskogeologických podmínkách v obou částech trasy a nehomogenitou původní napjatosti horninového prostředí, dále může mít pozitivní vliv i klenbový efekt při malém poloměru tunelu v této oblasti a rozepření lamel podzemních stěn příčnými žebry pod úrovní dna tunelu). Kromě průběžného mírného nárůstu velikosti deformací (uvolněný prostor výkopu) byly pozorovány výrazné skokové nárůsty velikosti deformace v souvislosti s hloubením a betonáží lamel podzemních stěn, další mírné skokové nárůsty pak byly pozorovány v souvislosti s odtěžením horní, resp. spodní lávky uvnitř tunelu.

Jako příklad je uveden inklinometr INK 4A (západní strana, ve střední části úseku, obr. 4, 5). Oproti obvyklému vzorci vývoje deformací je u tohoto vrtu tvar deformační křivky významně ovlivněn / determinován svahovými pohyby v průběhu července 2020, kdy došlo ke vzniku smykové plochy, která podstatně ovlivnila i charakter dalšího vývoje.

Na obr. 3 je patrné, že v průběhu července došlo k propagaci smykové plochy na hloubkové úrovni –6 m (zhruba koresponduje se dnem výkopu) a nárůstu deformace až na 5,5 mm. K dalšímu skokovému nárůstu došlo v průběhu srpna (hloubení a betonáž lamely L33 podzemní stěny) – nárůst deformace až na celkem téměř 14 mm. V dalším období docházelo k postupnému uklidňování, na obrázku je patrné, že aktuálně dochází již jen k minimálním měsíčním přírůstkům deformace (do 1 mm). Postupné ustalování je patrné na grafu časového vývoje deformace na vybraných hloubkových úrovních.

V těsné blízkosti stavební jámy ve spodní části trasy se nachází bytový komplex Mikuláškovo náměstí 10 až 20 (obr. 6, 7), na němž, vzhledem k obavám z možného ovlivnění stavbou, byl osazen systém monitorovacích prvků sestávající z nivelačních bodů, náklonoměrů a 3D geodetických bodů. Nutno konstatovat, že dosavadní poznatky z výsledků měření na tomto objektu ukazují na minimální ovlivnění stavbou, a to z důvodu vhodně navrženého projekčního řešení v kombinaci s dodržením technologie výstavby. S uzavřením profilu tunelové trouby vybetonováním desky dna

The stability was disturbed especially after the excavation for the outer guide-walls for the diaphragm walls.

At the time of writing this paper, the last upper bracing rung is being finished, excavation of about a third of the tunnel has been finished and the bottom under the panel building is being braced. Some sections of the tunnel have already been gradually covered with ground, for example in the area of Labská road, which was temporarily out of service. On the other hand, after it is again brought into service, Okrouhlá Street at the entrance portal will be removed from service.

Geotechnical monitoring of this structure comprises vertical inclinometers and convergence points grouped into six profiles. Convergence points can be installed on the inner face of the tunnel lining only after excavation of ground from the inside of the profile, i.e. only when part of deformations caused by previous construction activities have already taken place – in addition to excavation of ground from the profile, it meant also the pre-excavation down to the level of the roof deck or trenching for the diaphragm walls and concreting them. The vertical inclinometers installed just behind the edge of the pre-excavated pit are virtually the only element that monitors the events in the given profile throughout the construction.

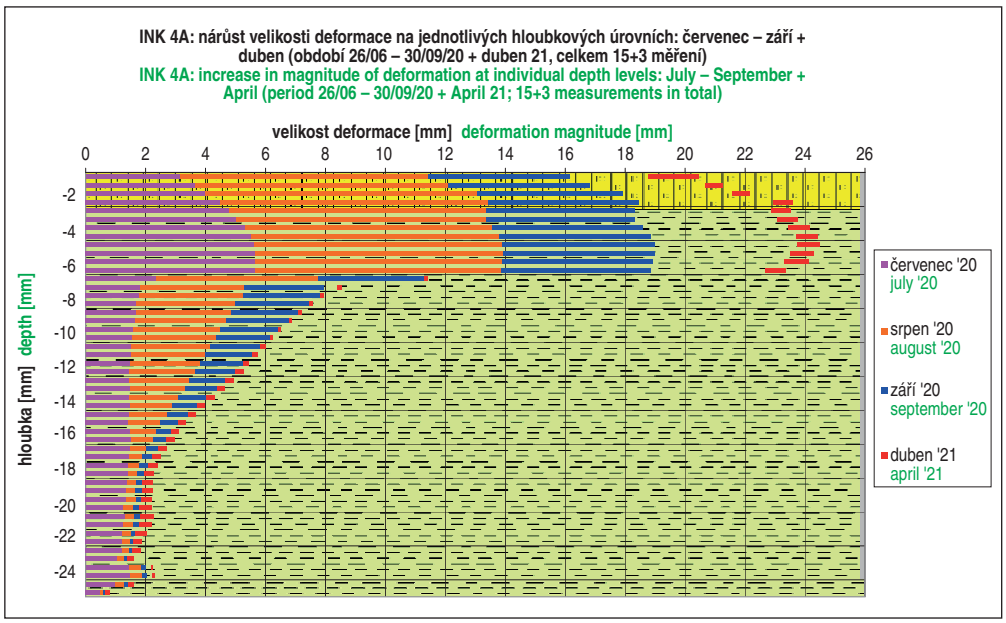
In the section SO 602, a total of six 25m deep inclinometers have been carried out (3 opposite pairs) in three geotechnical monitoring profiles (GTM 2, chainage 0.160km, GTM 4, chainage 0.320km, and GTM 5, chainage 0.400km). Based on the comparison of the magnitude of cumulative deformations, it can be stated:

- the detected deformations are generally significantly larger on the western side (compared to their eastern opposite inclinometers) – max. up to 25mm compared to 15mm, this difference is according to the authors mainly because the axis of the tunnel axis is not completely identical to the line of the slope in which the tunnel is being constructed (i.e. the load acting on the structure is different from the east and west);
- in the lower part of the section (at the beginning of the uphill incline) the deformations are significantly smaller (up to 8mm) than in the upper part of the section (up to 2mm respectively 15mm, according to the authors this difference is due to differences in engineering geological conditions in both parts of the route and inhomogeneity of original state of stress of the rock environment; the bracing of the diaphragm wall lamellae by transverse ribs below the bottom of the tunnel as well as the arching effect due to the small radius of the tunnel in this area can also have a positive effect. In addition to the continuous slight increase in the magnitude of deformations (the emptied space of the excavation), significant step increases in the magnitude of deformation were observed in connection with excavation for underground wall lamellae and concreting them; other slight step increases were then observed in connection with the extraction of ground from the upper, respectively lower part of the bench inside the tunnel.

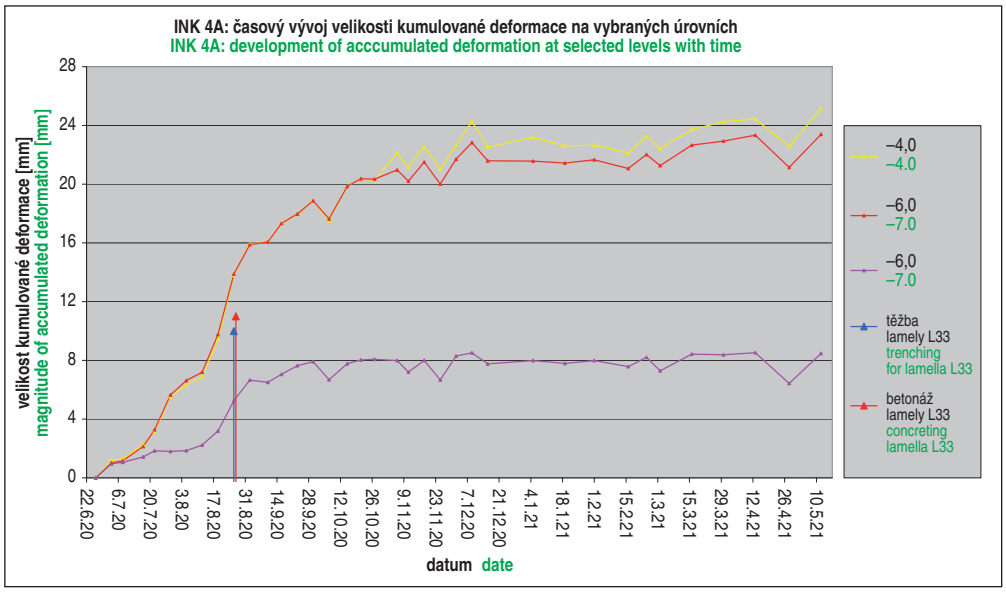
An example is the INK 4A inclinometer (western side, in the middle part of the section, see Figures 4, 5).

In contrast to the usual pattern of development of deformations, the shape of the deformation curve in this borehole is significantly influenced / determined by slope movements during July 2020, when a slipping plane originated which significantly affected the character of further development.

Fig. 3 shows that during July the slipping plane propagated at a depth level of –6 m (roughly corresponding to the day of excavation) and the deformation increased up to 5.5mm. Another step increase occurred during August (excavation and concreting of the lamella L33 of the diaphragm wall) – an increase in deformation up to a total



Obr. 4 Nárůst deformací na inklinometru INK4A v jednotlivých časových úsecích
Fig. 4 Increase in deformations on INK4A inclinometer in individual sections of time



Obr. 5 Časový vývoj deformace na inklinometru INK4A ve vybraných úrovních
Fig. 5 Development of deformations with time on inclinometer INK4A at selected levels

of almost 14mm. In the next period there was a gradual stabilisation of deformation; the picture shows that currently there are only minimal monthly increments of deformation (up to 1mm). Another jump increase occurred during August (excavation and concreting of the lamella L33 of the underground wall) – an increase in deformation up to a total of almost 14mm. In the next period there was a gradual stabilisation, the picture shows that currently there are only minimal monthly increments to deformation (up to 1 mm). Gradual stabilisation is evident on the graph of the development of deformation with time at selected depth levels.

In the immediate vicinity of the construction pit in the lower part of the route, there is a residential complex Mikuláškovo Náměstí Square 10 to 20 (see Figures 6, 7), on which, due to concerns about possible effect of the construction, a system of monitoring elements consisting of levelling points, inclinometers and 3D survey points was installed. It must be stated that the existing knowledge from the results of measurements on this building shows a minimal impact of the construction, due to the appropriately proposed design solution in combination with compliance with construction procedures. With the closing of the tunnel tube profile by concreting the bottom slab in the near future, the need for permanent geotechnical monitoring of these buildings will probably disappear.

v nejbližší době tak nutnost permanentního geotechnického monitoringu těchto objektů patrně pomine.

SO 603 ZASTÁVKA NOVÁ JIHLAVSKÁ, KM 0,534–0,608

Do zastávky Nová Jihlavská (obr. 8) ústí tunel SO 602, který se před zastávkou rozšiřuje tak, aby vznikl prostor na ostrovní nástupiště. Za zastávkou se obdobně zužuje tunel SO 604.

Vlastní zastávka byla navržena jako hloubená podzemní stanice, kterou tvoří železobetonové stěny rozepřené dnem a v úrovni upraveného terénu vodorovnými trámci. Stanice bude zastřešena nezávisle založenou ocelovou konstrukcí s prosklením.

Stavba stanice probíhá v otevřené stavební jámě. Dočasné zajištění jámy bylo oproti původnímu návrhu kotvené pilotové stěny změněno na zajištění kotvenými záporovými stěnami na levé straně a svahováním na pravé straně. Obdobně jako v případě SO 602 přinesla i zde svahovaná část dílčí komplikace. Svahování muselo být postupně v celém rozsahu upraveno až na sklon 1:2 s lavicí, v části svahu i s mikropilotami a pažením paty.

SO 603 NOVÁ JIHLAVSKÁ STOP, CHAINAGE KM 0.534–0.608

The SO 602 tunnel opens into the Nová Jihlavská stop (see Fig. 8). The cross-section width increases before the stop so that space is created for the intermediate platform. Beyond the stop, the width of the SO 604 tunnel similarly decreases.

The stop itself was designed as a cut-and-cover underground station made up from reinforced concrete walls braced by the bottom slab and horizontal beams at the finished terrain level. The station will be roofed by an independently founded glazed steel structure.

The station is being constructed in an open construction pit. Compared to the original design of the anchored pile wall, the temporary stabilisation of the pit was changed to stabilisation by anchored soldier beam and lagging walls on the left side and sloping on the right side. As in the case of SO 602, the sloping part also brought partial complications. The slope had to be gradually modified within the whole range to a 1: 2 gradient slope with a bench, in a part of the slope also with micropiles and sheeting at the bottom.

Obr. 6 Provádění podzemních stěn v oblasti Mikuláškova náměstí, SO 602; září 2020
Fig. 6 Construction of diaphragm walls in the area of Mikulášovo Náměstí Square, SO 602; September 2020

SO 604 HLOUBENÝ TUNEL – PODJEZD ULICE JIHLAVSKÁ KM 0,608–0,687

Podobně jako tunel SO 601 je objekt SO 604 zhotoven jako uzavřený rám v otevřené jámě. Jáma je záporová, kotvená ve dvou úrovních. Doprava po komunikaci Jihlavská včetně trolejbusové linky byla v obou směrech převedena přes provizorní přemostění vynesené na pilotách ukončených pod patou zápor (obr. 9).

Z hlediska stavebního i z hlediska geomonitoringu probíhá tato část stavby zatím bez větších problémů. V oblasti pod komunikacemi jsou již aktuálně demontovány pažiny, deaktivováno kotvení a provádí se výplň zbylého meziprostoru až po strop tunelu betonem C8/10. Mimo oblast křížení komunikací budou pro zpětné zásypy využity místní (zlepšené) zeminy.

Vzhledem k podobné technologii výstavby obou objektů SO 603 a SO 604 byl i systém monitoringu podobný. V celkem šesti profilech byly osazeny geodetické body na hlavách kotev (resp. na přírubách nosníků převázek a pažení), dynamometry pro měření napětí v kotvách a vertikální inklinometry. V oblasti komunikace Jihlavská, v blízkosti provizorního přemostění, byl monitoring

SO 604 CUT-AND-COVER TUNNEL – UNDERPASS UNDER JIHLAVSKÁ STREET, CHAINAGE KM 0.608–0.687

Like the SO 601 tunnel, the SO 604 structure is carried out as a closed frame in an open pit. The pit is stabilised by soldier beam and lagging walls and is anchored at two levels. Traffic on the Jihlavská road, including the trolleybus line, was transferred in both directions

Obr. 7 Armování třetí dilatace definitivního stropu SO 602 na podzemních stěnách pod panelovým domem Mikuláškovo náměstí 10; dále navazuje SO 601 na stávající trať; leden 2021
Fig. 7 Placement of reinforcement of the third expansion block of the final roof deck SO 602 on diaphragm walls under panel building in Mikuláškovo Náměstí Square 10; further the SO 601 connects to existing track; January 2021

Obr. 8 Pohled od výtahové šachty do stanice Nová Jihlavská; příprava na zimní betonáž pohledových betonů stěn stanice; leden 2021
Fig. 8 A view from the lift shaft to Nová Jihlavská station; preparation for winter casting of architectural concrete walls of the station; January 2021

operativně doplněn o několik dalších geodetických bodů a dynamometrů.

V úseku SO 603 a SO 604 je ve třech profilech geotechnického monitoringu (GTM 7, stan. 0,540 km, GTM 9, stan. 0,600 km, a GTM 11, stan. 0,640 km) vybudováno rovněž celkem šest inklinometrů hlubokých vesměs 25 m, tj. tři protilehlé páry. Vzhledem

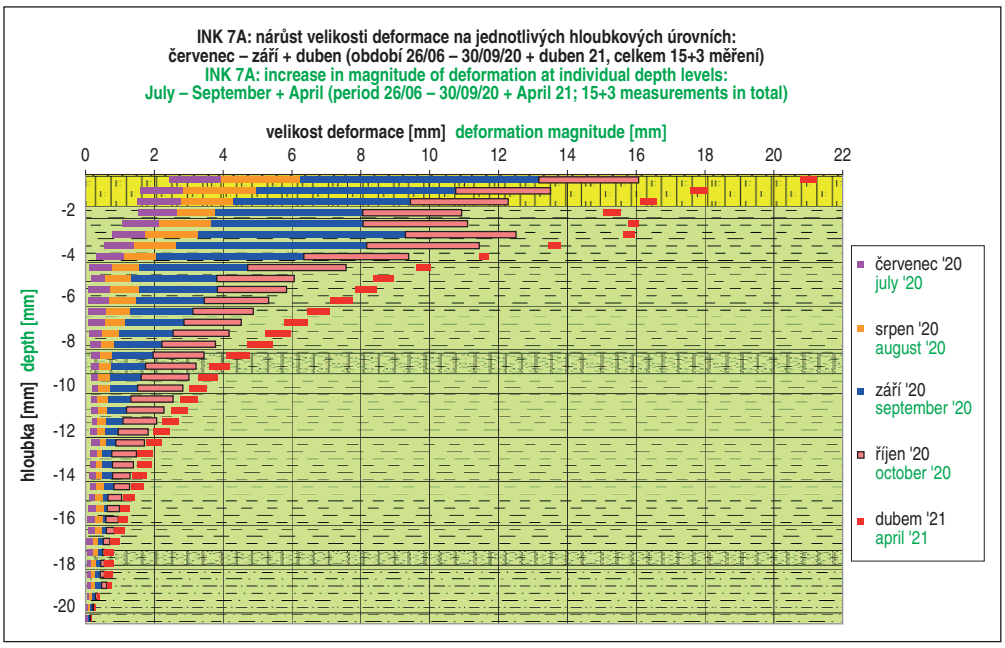
across a temporary bridge laid out on piles terminated under the toes of the soldier beams (see Fig. 9).

From the construction point of view and from the point of view of geomonitoring, this part of the construction has been proceeding without more significant problems. In the area under the roads, the lagging has already been dismantled, the anchoring has been deactivated and the remaining space up to the tunnel roof deck level is being filled with C8/10 concrete. Outside the area of road crossings, local (improved) soils will be used for backfilling.

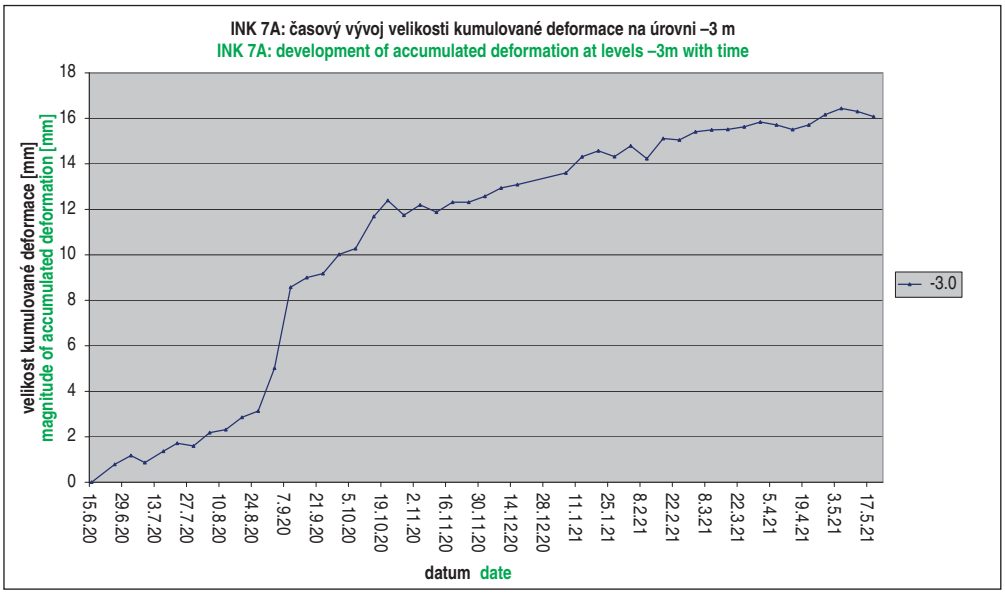
With respect to the similar construction technique of both SO 603 and SO 604 structures, the monitoring system was also similar. In a total of six profiles, survey points were installed on the heads of the anchors (or on flanges of the steel walers and the soldier beams) as well as dynamometers for measuring the tension in anchors and vertical inclinometers. In the area of Jihlavská road, near the temporary bridge, monitoring was operatively supplemented by several additional survey points and dynamometers.

In the SO 603 and SO 604 section, a total of six inclinometers, generally 25m deep, forming three opposite pairs, are also installed

Obr. 9 Pohled na betonáž jedné ze stěn tunelu SO 604 a provizorní přemostění ul. Jihlavské; vpravo přesvahovaný výkop nad SO 603; únor 2021
Fig. 9 A view of concreting one of SO 604 tunnel walls and temporary bridging of Jihlavská Street; re-sloped excavation above SO 603 on the right; February 2021



Obr. 10 Nárůst deformací na inklinometru INK7A v jednotlivých časových úsecích
Fig. 10 Increase in deformations on inclinometer INK7A in individual sections of time



Obr. 11 Časový vývoj deformace na inklinometru INK7A ve vybraných úrovních
Fig. 11 Development of deformations with time on inclinometer INK7A at selected levels

k odlišnému způsobu výstavby (tento objekt je budován technologií kotvených záporových stěn) nedocházelo ke vzniku skokových deformací jako v případě hloubení lamel podzemních stěn u SO 602. Na základě srovnání velikosti kumulativních deformací lze konstatovat:

- zjištěné deformace jsou opět vesměs významně větší na západní straně (ve srovnání s jejich východními protějšky) – max. až 22 mm oproti 6 mm;
- v horní části úseku na západní straně (INK 11A) jsou deformace v horní části inklinometru výrazně menší (do 12 mm) než ve spodní části úseku (až 22 mm) – což pravděpodobně souvisí s postupně nabytými zkušenostmi při kotvení záporových stěn;
- z důvodu vzniku sesuvu na západní straně střední části úseku začátkem listopadu 2020 došlo k odtěžení části svahu a zkrácení inklinometrů INK 7B a INK 9B.

Jako příklad výstupu měření je uveden inklinometr INK 7A (západní strana, ve střední části úseku). Z obr. 10 a 11 je zřejmé, že po postupném pozvolném nárůstu deformací podél celého vrtu došlo in three geotechnical monitoring profiles (GTM 7, chainage 0.540km, GTM 9, chainage 0.600km, and GTM 11 chainage 0.640km). Due to the different method of construction (this structure is being built using anchored soldier beam and lagging walls), there were no step deformations as in the case of excavation for the lamellae of the diaphragm walls at SO 602. Based on the comparison of the magnitude of cumulative deformations, it can be stated:

- the detected deformations are again mostly significantly larger on the western side (compared to their eastern counterparts) – max. up to 22mm compared to 6mm,
- in the upper part of the section on the western side (INK 11A) the deformations in the upper part of the inclinometer are significantly smaller (up to 12mm) than in the lower part of the section (up to 22mm) – which is probably related to gradually obtained experience in anchoring the soldier beam and lagging walls,
- due to the formation of a landslide on the western side of the central part of the section at the beginning of November 2020, a part of the slope was extracted and the length of the INK 7B and INK 9B inclinometers was reduced.

The INK 7A inclinometer (west side, in the middle part of the section) is presented as an example of the measurement output. It is obvious from Figures 10 and 11 that after a gradual slow increase in deformations along the entire borehole, there was a jump increase of deformation in the period 27 / 8–10 / 9, especially in the depth interval of the surface up to –5m; this increase is probably related to changes in the anchors and the soldier beam and lagging wall. Subsequently, a slight gradual increase in deformation again takes place, currently only minimal monthly increments in deformation (up to 1mm) occur.

The originally set system for assessing warning states on the basis of total deformations was changed during the monitoring to assessing deformations transverse towards the construction pit, as this component of deformation is decisive from the point of view of geotechnical risk.

SO 205 RETAINING WALLS ALONG TRAM LINE AT THE LENGTH OF 106M, RESPECTIVELY 110M

The retaining walls are designed as anchored cantilever pile walls. They are ended at the top by a concrete capping beam, with a parapet sill with handrails mounted on it. The load-bearing structures have already been finished and also ground has already been removed down to the formation level.

v období 27/8–10/9 ke skokovému nárůstu deformace zejména v hloubkovém intervalu povrch až –5 m; tento nárůst pravděpodobně souvisí s manipulací s kotvami a záporovou stěnou. Následně opět dochází k mírnému pozvolnému nárůstu deformací, aktuálně již jen k minimálním měsíčním přírůstkům deformace (do 1 mm).

Původně nastavený systém hodnocení varovných stavů z celkových deformací byl v průběhu sledování změněn na deformace příčné směrem do stavební jámy, neboť tato složka deformace je z hlediska geotechnického rizika rozhodující.

Obr. 12 Pohled z tunelu SO 604 do jámy SO 205
Fig. 12 A view from tunnel SO 604 to the SO 205 pit

SO 205 OPĚRNÉ ZDI PODÉL TT V DÉLCE 106, RESP. 110 M

Opěrné zdi jsou řešeny jako vetknuté pilotové stěny s kotvením. Ukončeny jsou v hlavě betonovým prahem, na kterém je osazena parapetní římsa se zábradlím. Nosné konstrukce jsou již hotové a rovněž zemina je již odtěžena až na zemní pláň.

Geotechnický monitoring tohoto úseku byl navržen v celkem pěti profilech metodami vertikální inklinometrie, měření napětí v kotvách a geodetickými body pro měření deformací. Dosavadní poznatky ukazují na velmi dobrou shodu s predikovanými hodnotami, kdy deformace i změny napětí v kotvách jsou hluboko pod kritérii varovných stavů. Vzhledem k tomu, že nosné konstrukce i zemní práce jsou již hotové, je na tomto objektu omezen monitoring na sledování vybraných prvků v režimu odpovídajícímu spíše provoznímu monitoringu. Pohled z SO 604 do jámy SO 205 je na obr. 12.

ZÁVĚR

Stavba tramvajového tunelu do Kampusu Masarykovy univerzity probíhá ve složitých geotechnických podmínkách intravilánu Brna. Nicméně díky dobré spolupráci všech účastníků výstavby se všechny geotechnické problémy daří zvládat, a to i díky prováděnému geotechnickému monitoringu.

Dosud získané poznatky z výstavby jsou cenné nejen z hlediska provádění tohoto tunelu (stavba ještě není hotova), ale i vzhledem k dalším připravovaným tunelovým projektům s ražbou pod zastropením v prostředí městské zástavby.

Ing. MAREK POLÁK, polak@geotest.cz,
RNDr. OTAKAR PAZDÍREK, pazdirek@geotest.cz, GEOtest,
Ing. ONDŘEJ HORT, o.hort@seznam.cz
(v týmu správce stavby za Dopravoprojekt Brno a.s.)

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

Geotechnical monitoring of this section was designed in a total of five profiles, using methods of vertical inclinometry, measurement of tension in anchors and survey points for measuring deformations. The current knowledge shows a very good agreement with the predicted values, when deformations and tension changes in the anchors are well below the criteria for warning states. Due to the fact that the load-bearing structures and earthworks have already been finished, the monitoring on this structure is limited to the monitoring of selected elements in a mode corresponding more to operational monitoring. A view from the SO 604 down the SO 205 pit is in Fig. 12.

CONCLUSION

The construction of the tram tunnel to the Masaryk University Campus is proceeding in the complex geotechnical conditions of the urban area of Brno. Nevertheless, thanks to the good cooperation of all participants in the construction, all geotechnical problems have been coped with, even thanks to the geotechnical monitoring.

The knowledge gained from the construction so far is valuable not only in terms of the construction of this tunnel (it has not been completed yet), but also in view of other planned tunnel construction projects with excavation under the roof deck in the urban environment.

Ing. MAREK POLÁK, polak@geotest.cz,
RNDr. OTAKAR PAZDÍREK, pazdirek@geotest.cz, GEOtest,
Ing. ONDŘEJ HORT, o.hort@seznam.cz
(in the construction administrator team on behalf of Dopravoprojekt Brno a.s.)

LITERATURA / REFERENCES

[1] BURIAN, P. et al. *Prodloužení TT z Osové ke Kampusu MU v Bohunicích. Dokumentace pro stavební povolení.* METROPROJEKT Praha a.s. 2019
[2] ZDRAŽIL, K. et al. *Prodloužení TT z Osové ke Kampusu MU v Bohunicích. Projekt geotechnického monitoringu ve stupni RDS.* GEOSTAR SPOL. s r.o., 2020

RAŽBA PRŮZKUMNÉ ŠTOLY BUDOUCÍHO METRA D – ÚSEK OL1
EXCAVATION OF EXPLORATORY GALLERY FOR SECTION OL1 OF FUTURE METRO D LINE

IVO GAJA, VLADIMÍR TÁBORSKÝ

ABSTRAKT

Společnost STRABAG zahájila svou činnost v oblasti podzemních staveb na českém trhu geologickým průzkumem. Jedná se o průzkumné dílo pro budoucí linku D a její první část I.D Pankrác – Depo Písnice v místě budoucí stanice Olbrachtova (obr. 1). Úkolem průzkumných prací je ověření geologických podmínek, přehodnocení nebo potvrzení navrhovaného projektového řešení. Nedílnou součástí projektu jsou i průzkumné jádrové vrty realizované vějířovitě z čela průzkumné štoly. Na základě získaných výsledků se ověřuje projektové a technické řešení přechodové části budoucí stanice Olbrachtova a připravovaného pokračujícího úseku trasy D směrem k nádraží Krč. Velkou výzvou při realizaci díla bylo úspěšně se vypořádat s velmi stísněným prostorem pro zařízení staveniště, komplikovaným nájezdem a výjezdem v těsné blízkosti zastávky MHD Ryšánka a omezeným profilem přístupové šachty v průměru 6 m. V současné době je průzkumné dílo hotové a provádí se práce po dokončení díla. Jedná se o kontrolní měření konvergencí v podzemí a nivelační měření na povrchu, čerpání podzemních vod, denní kontrolu průzkumného díla a údržbu objektů zařízení staveniště.

ABSTRACT

The company of STRABAG started its activity in the field of underground construction on the Czech market by geological survey. In this case it is an exploratory working for the future metro Line D and its first part, I.D, from Pankrác to Depot Písnice, in the location of the future Olbrachtova station (see Fig. 1). The goal of the survey operations is to verify geological conditions and re-evaluate or confirm the proposed design solution. Fans of exploratory core boreholes drilled from the face of the exploration gallery excavation are also an integral part of the design. Based on the obtained results, the design and technical solution to the transition part of the future Olbrachtova station and the following section of route D towards the Nádraží Krč station under preparation is being verified. A big challenge in the implementation of the work was to successfully deal with the very restricted space for the construction site arrangement, the complicated entry and exit in the immediate vicinity of the Ryšánka mass transit stop and the limited 6m-diameter of the access shaft. At present, the exploratory working is finished and the work on it is being completed. It includes check measurements of convergences in the underground and levelling measurements on the surface, pumping of groundwater, daily inspections of the exploratory working and maintenance of construction site facilities.

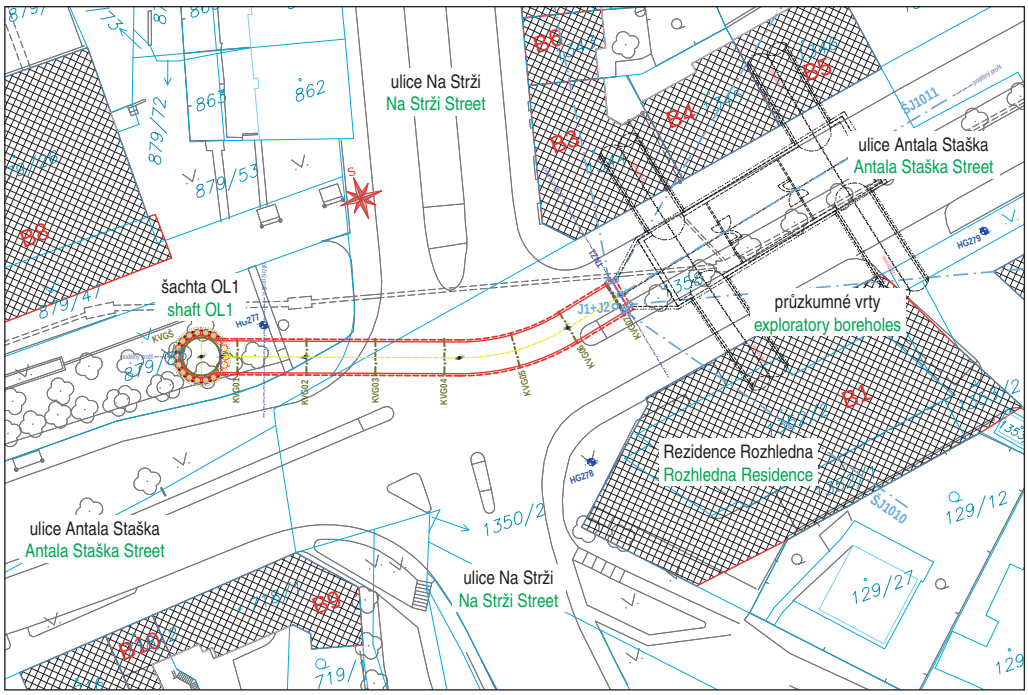
ÚVOD

Ražené tunely na stavbě trasy I.D metra v Praze, provozní úsek Náměstí Míru – Depo Písnice, představují v oblasti stanic Pankrác D a Olbrachtova velmi náročný stavební projekt. A to jak vzhledem k náročnosti konstrukce samé (jednolodní ražená stanice Pankrác, dvoukolejné traťové tunely a také složité prostorové uspořádání souvisejících objektů – přestupní tunely, tubusy stávající trasy metra C, stávající nadzemní zástavba), tak i s ohledem na velmi složité geologické poměry. Investor předpokládal, že na tento průzkum plynule naváže realizace metra I.D. Pokud nebude realizace I.D navazovat,

Obr. 1 Svěcení svatých Barborek
Fig. 1 Consecration of St. Barbara cherry twigs

INTRODUCTION

The mined tunnels on the construction site of the I.D metro line in Prague, operating section Náměstí Míru – Depot Písnice, represent a very demanding civil engineering project in the area of Pankrác D and Olbrachtova stations, both due to the complexity of the structure itself (the mined single-vault station Pankrác, double-track running tunnels and also the complex spatial arrangement of related structures – passenger transfer tunnels, tubes of the existing metro Line C and the existing above-ground buildings), even with regard to very complicated geological conditions. The project owner assumed that this survey would be fluently followed by the construction work on the Line I.D. If the work on the I.D Line does not follow, it will be necessary to maintain the survey structures for a long time and, after a possible decision of the project owner, to remove them. The first part of the design lay in the construction of the shaft and its excavation support using secant pile walls and the excavation of the shaft itself. The second part of the design being implemented concerned the excavation of the exploration gallery required for ensuring the geological exploration, with subsequent drilling for cored holes. The geometry of the profiles and the excavation support was chosen so that they can be used in the future as an access for implementation of remediation measures under the building on the corner of Antala Staška and Na Strži Streets, which is referred to as the *Rozhledna Residence* (see Fig. 2, 3). The primary task of this work was (apart from the geological survey itself) to verify the stress-strain state of the rock directly under the piles supporting the *Rozhledna Residence* building and under the foundations of other buildings.



Obr. 2 Situace stavby
Fig. 2 Construction layout

Obr. 3 Umístění stavby na křižovatce ulic Antala Staška a Na Strži
Fig. 3 Location of the construction in intersection between Antala Staška and Na Strži Streets

bude nutné dlouhodobě dílo udržovat a po případném rozhodnutí investora provést i jeho likvidaci. První částí projektu byla realizace šachty a její výztuže pomocí převrtávaných pilot a vlastní práce na hloubení šachty. Druhá část realizovaného projektu se týkala ražby průzkumné štoly pro zajištění geologického průzkumu s následným vrtáním jádrových vrtů. Tvar profilů a jejich vystrojení byl zvolen tak, že je lze v budoucnu využít jako přístupové dílo pro provedení sanačních opatření pod budovou na rohu ulic Antala Staška a Na Strži, která je označovaná jako *Rezidence Rozhledna* (obr. 2, 3). Primárním úkolem tohoto díla bylo (kromě samotného geologického průzkumu) ověření napěťo-deformačního stavu horniny přímo pod pilotami budovy *Rezidence Rozhledna* a pod základy dalších objektů.

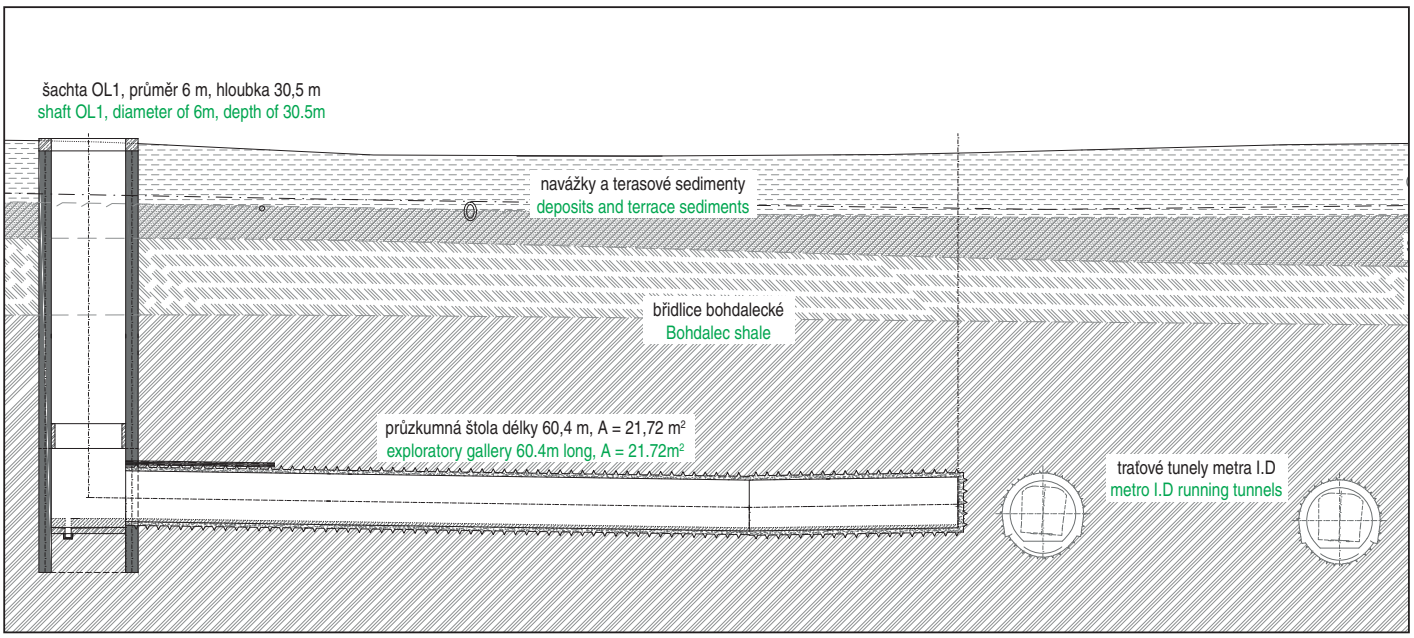
GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ACTUALLY ENCOUNTERED IN SITU

Anthropogenic deposits, terrace sediments and the Bohdalec Formation shale were encountered during the shaft excavation. Made-ground was encountered in the shaft area to a depth of about 4.0m. Its character corresponds to the original materials of the surrounding Quaternary soils. These are most frequently made up by sandy clay and loamy sand with a variable proportion of boulders and shaped rock fragments. A brick structure and foundations of an old building were found in the western part of the shaft. Terrace sediments were encountered in the shaft area up to the depth of 5.2m. They are formed there by slightly to medium clayey sand, which is rusty brown and yellow-brown, medium to coarse-grained, with a variable admixture of up to about 6.0–8.0cm boulders, in basal positions irregularly with a larger proportion of gravel fraction. The Bohdalec Formation shales with various degrees of weathering and tectonic faulting were encountered from a depth of 5.2m to a final level of 30.5m under the surface (see Fig. 4).

From a depth of approximately 8.0–8.5m, slightly weathered shale, clayey-silty, dark brown--gray and gray, slightly micaceous, breakable by hand up to easily crushable with hammer (corresponding to strength class R5, gradually towards the subgrade to R5–R4) were encountered. Stratification and several systems of extension cracks were clearly visible in the rock. The blocks are oblique to plate-shaped, the size of the blocks is mostly small. The rock was thinly tabular (layer thickness in the range of 20–150mm). Slickensides and whitish gypsum coats were locally clearly visible on the bedding planes and fissures.

The blocks are oblique to plate-shaped, the size of the blocks is mostly small. The rock was thinly tabular. Only dark gray shale was encountered from a depth of approx. 14.0–22.0m; it was weakly weathered and fresh, clayey-silty, slightly micaceous, moderately to hardly crushable with hammer (corresponding to strength class R4, in partial silty locations up to R4–R3).

The jointing of the rock was platy to tabular (thickness of layers mostly in the range of 50–300mm, gradually increasing down to the subgrade), medium to weakly jointed.



Obr. 4 Rozvinutý podélný řez
Fig. 4 Unrolled longitudinal section

SKUTEČNĚ ZASTIŽENÉ GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY NA STAVBĚ

V průběhu hloubení šachty byly zastiženy antropogenní navážky, terasové sedimenty a břidlice bohdaleckého souvrství. Antropogenní navážky byly v prostoru šachty zastiženy do hloubky cca 4,0 m. Jejich charakter odpovídá původnímu materiálu okolních kvartérních zemin. Nejčastěji se jedná o písčitou hlínu a hlinitý písek s variabilním podílem valounů a opracovaných úlomků hornin. V západní části šachty pak byla zastižena cihlová konstrukce a základy starého objektu. Terasové sedimenty byly v prostoru šachty zastiženy do hloubky 5,2 m a jsou zde tvořeny pískem slabě až středně jílovitým, rezavě hnědým a žlutohnědým, středně až hrubě zrnitým, s variabilní příměsí valounů do cca 6,0–8,0 cm, v bazálních polohách nepravidelně s větším podílem štěrkovité frakce. Břidlice bohdaleckého souvrství různého stupně zvětrání a tektonického porušení byly zastiženy od hloubky 5,2 m až do konečné úrovně 30,5 m (obr. 4).

Od hloubky zhruba 8,0–8,5 m byly zastiženy břidlice mírně zvětralé, jílovitoprachovité, tmavě hnědošedé a šedé, slabě slídnaté, rukou lámatelné až kladivem lehce roztloukatelné (odpovídající

From a depth of approx. 22.0–30.5m, only the Bohdalec Formation shale was encountered. In the majority part of the shaft, fresh clayey-silty shale of dark gray to gray-black colour, slightly micaceous, medium to hard crushable with hammer (corresponding to strength class R4) was encountered.

From the point of view of the soil and rock workability, the rock environment to a depth of approx. 14m can be assessed on the basis of strength and density as class I according to ČSN P 73 1005 (respectively classes 3 and 4 according to the no more applicable standard ČSN 73 3050). From a depth of 14m, it is exclusively class II according to ČSN P 73 1005 (respectively classes 5 and 6 according to ČSN 73 3050 – class 5 to a depth of approx. 17.0m; classes 5 and 6 /50:50 / to a depth of 22.0m; class 6 from depth of 22.0m to 30.5m).

Groundwater inflows were not registered to a depth of approximately 23.5m when the shaft was being excavated, and the rock had only its own natural moisture (thanks to the way the shaft walls were supported). From a depth of 23.5m, numerous immeasurable leaks of groundwater from the shaft walls were

Obr. 5 Pohled na čelbu štoly při ražbě
Fig. 5 A view of gallery face during excavation

Obr. 6 Těžba rubaniny
Fig. 6 Muck excavation

pevnostní třídě R5, směrem do podloží postupně R5–R4). V hornině byla dobře patrná vrstevnatost a několik systémů extenzních puklin. Tvar bloků je kosoúhlý až deskovitý, velikost bloků je převážně malá. Hornina byla tence deskovitá (mocnost vrstev v rozmezí 20–150 mm). Na vrstevních plochách i puklinách byly místy dobře patrné ohlazy a bělavé povlaky sádrovce.

Od hloubky cca 14,0–22,0 m byly zastiženy výhradně tmavě šedé břidlice slabě zvětralé a zdravé, jílovitoprachovité, slabě slídnaté, kladivem středně těžce až těžce roztloukatelné (odpovídající pevnostní třídě R4, v dílčích prachovitějších polohách až R4–R3).

Odlučnost horniny byla deskovitá až lavicovitá (mocnost vrstev převážně v rozmezí 50–300 mm – směrem do podloží postupně větší mocnost), středně až slabě rozpukaná.

Od hloubky cca 22,0–30,5 m byly zastiženy pouze břidlice bohdaleckého souvrství. V převážné části šachty byly zastiženy zdravé jílovcoprachovité břidlice tmavě šedé až šedočerné barvy, slabě slídnaté, kladivem středně těžce až těžce roztloukatelné (odpovídající pevnostní třídě R4).

Z hlediska těžitelnosti zemin a hornin lze na základě pevnosti a hustoty diskontinuit horninové prostředí do hloubky cca 14 m hodnotit jako I. třídu podle ČSN P 73 1005 (respektive 3. a 4. třída podle již neplatné ČSN 73 3050). Od hloubky 14,0 m se jedná výhradně o třídu II. podle ČSN P 73 1005 (respektive třídu 5 a 6 podle ČSN 73 3050 – třída 5. do hloubky cca 17,0 m; třída 5. a 6. /50:50/ do hloubky 22,0 m; třída 6. od hloubky 22,0 m do 30,5 m).

Do hloubky cca 23,5 m nebyly při hloubení šachty zaznamenány přítoky podzemní vody a hornina měla jen svou přirozenou vlhkost (vzhledem k způsobu zajištění stěn šachty). Od hloubky 23,5 m byly zaznamenané četné neměřitelné průsaky podzemní vody ze stěn šachty. Místa významných průsaků byla soustředěna do oblastí silnějšího rozpukání a tektonického porušení horninového masivu.

V rámci ražby štoly byly v úseku TM 0,0–60,6 m zastiženy pouze břidlice bohdaleckého souvrství (obr. 5, 6). V převážné části štoly byly zastiženy zdravé jílovitoprachovité břidlice tmavě šedé až šedočerné barvy, slabě slídnaté, kladivem středně těžce až těžce roztloukatelné (odpovídající pevnostní třídě R4, v podružných silněji prachovitých polohách až R4–R3). V hornině byla dobře patrná vrstevnatost (mocnost vrstev v rozmezí 100–300 mm – tj. deskovité a lavicovité polohy), horninový masiv byl převážně slabě až středně rozpukaný, bez výplně, případně s bělavými povlaky sádrovce (mocnost do 1–2 mm). Ve vyraženém úseku štoly bylo zastiženo rovněž výrazné tektonické porušení v podobě poloh silně rozpukané horniny s menší pevností (R5–R4), snadno rozpadavé v menší kosoúhlé úlomky s ohlazeným povrchem, které místy přecházejí do silně tektonicky podrcené až prohnětené horniny charakteru drobných úlomků až střípků s pevností R5–R6 (úlomky rukou lehce lámatelné).

V úseku štoly do TM 8,6 m byly ve výrubu zaznamenány četné neměřitelné průsaky podzemní vody z boků a přístropí štoly (zejména levé části výrubu). Intenzivnější přítoky podzemní vody do štoly pak byly soustředěny na některé mikropiloty deštníku zasahující do profilu výrubu. V úseku TM 8,6–43,3 m a 55,0–60,6 m byly při ražbě zaznamenány četnější a intenzivnější soustředěné přítoky ze stropu a boků štoly (zejména v pravém boku štoly v oblasti tektonického pásma). V úseku TM 43,3–55,0 m pak byly zaznamenány četné průsaky i soustředěné přítoky ze stropu zejména pravého boku štoly.

PŘÍPRAVA PŘED REALIZACÍ

Prostor doplňkového geologického průzkumu se nachází ve střední části hlavního města Prahy, v městské části Praha 4. Stave-

registered. The locations of significant leaks were concentrated in areas of stronger cracking and tectonic failures of the rock massif.

Within the framework of the gallery excavation, only the Bohdalec Formation shale types were encountered in the TM 0.0–60.6m chainage section (see Figures 5, 6). In the predominant part of the gallery, fresh clayey-silty shale of dark gray to gray-black colour, slightly micaceous, medium to hard crushable with hammer (corresponding to strength class R4, in secondary thicker silty locations up to R4–R3) was encountered. The bedding was clearly visible in the rock (thickness of the layers in the range of 100–300mm – i.e. tabular to platy layers), the rock mass was mostly weakly to moderately cracked, without filling, or with whitish gypsum coats (thickness up to 1–2mm). In the already excavated section of the gallery, significant tectonic faulting was also found in the form of locations of heavily broken rock with lower strength (R5–R4), easily disintegrating into smaller oblique fragments with slickensided surfaces, locally transiting into heavily tectonically crushed to kneaded rock with the character of small fragments to shards with strength ranging from R5–R6 (fragments easy-to-break by hand).

In the gallery section up to TM 8.6m chainage, numerous immeasurable leaks of groundwater from the side walls and the gallery excavation crown (especially from the left part of the excavation) were recorded. More intense inflows of groundwater into the gallery excavation were then concentrated on some of the canopy tubes extending into the excavation profile. In the TM 8.6–43.3m and 55.0–60.6m chainage sections, more and more intense concentrated inflows from the gallery excavation crown and sidewalls were recorded (especially on the right side of the gallery in the area of the tectonic faulting zone). In the TM 43.3–55.0m chainage section, numerous leaks and concentrated inflows from the crown and especially from the right side of the gallery excavation were recorded.

PREPARARION BEFORE COMMENCEMENT OF CONSTRUCTION

The area of the additional geological survey is located in the central part of the capital city of Prague, in the urban district of Prague 4. The OL1 construction site is located in a developed area of the municipality, specifically in the free area (in a park) in front of apartment buildings between Na Strži and Antala Staška Streets. It is used to place elements of the construction site equipment (such as locker rooms, storage containers, etc.) for geological survey, which will precede the main construction work on the metro D Line. The exploration gallery was designed as a mined working with the access via a shaft. For the needs of construction and the site arrangement, it was necessary to build a high voltage electricity connection, a TS 630kVA transformer station, as well as a new water and sewerage connection. Furthermore, it was necessary to build areas for the entry of heavy mechanical equipment, especially for drilling for the secant pile wall.

SHAFT SINKING

The excavation of the circular cross-section shaft with the net internal diameter of 6m is 30.5m deep. It is braced by a secant pile wall with the piles 1000mm in diameter. The total of 36 pieces of 34m long piles spaced at 610mm on centres were designed. There are 18 primary piles there, i.e. piles only from unreinforced concrete, and 18 secondary piles, which are made from reinforced concrete. A waler is at the depth of 23.5m, i.e. 1.5m above the gallery entrance to the shaft. Only the secondary

Obr. 7 Hloubení šachty OL1
Fig. 7 OL1 shaft sinking

Obr. 8 Mikropilotový deštník – před rozrážkou do štoly
Fig. 8 Canopy tube pre-support – before excavation of the side stub for the gallery

niště OL1 je situováno v zastavěné části obce, konkrétně na volné ploše (v parku) před bytovými budovami mezi ulicemi Na Strži a Antala Staška. Je využito pro umístění prvků zařízení staveniště (jako např. šatny, skladovací kontejnery apod.) pro geologický průzkum, který bude předcházet hlavní stavbě metra D. Průzkum byl navržen jako ražený, přístup z povrchu byl zajištěn šachtou. Pro potřeby stavby a zařízení staveniště bylo nutno vybudovat VN přípojku elektrické energie, trafostanice TS 630kVA, také novou přípojku vody a odpadních vod. Dále pak bylo třeba vybudovat plochy pro nájezd těžké mechanizace, zejména pro realizaci převrtávaných pilot.

HLOUBENÍ ŠACHTY

Hloubená šachta kruhového průřezu o vnitřním světlém průměru 6 m a hloubky 30,5 m je pažena převrtávanými pilotami o průměru 1000 mm. Bylo navrženo celkem 36 ks pilot délky 34 m, tj. v osové vzdálenosti 610 mm. Celkem 18 ks pilot je primárních, tj. pouze z prostého betonu, a 18 ks je sekundárních vyztužených pilot. V hloubce 23,5 m je v místě 1,5 m nad zaústěním štoly do jámy provedena převázka. Od hloubky 25 m pokračují dále jen sekundární vyztužené piloty a prostor mezi nimi je vyplněn KARI sítí a stříkaným betonem. Dno šachty ukončuje železobetonová (ŽB) armovaná deska o tloušťce 0,5 m, s jímkou pro jímání a čerpání podzemních vod. Přípravy pro vrtání pilot byly zahájeny v červenci 2019. Jáma byla dokončena v lednu 2020, včetně mikropilotového deštníku nad budoucí ražbou průzkumné štoly. Hloubení šachty bylo zahájeno 7. října 2019, po vybetonování ohlubňového ŽB věnce s výškou 1 m. Vzhledem k omezenému prostoru byl k hloubení šachty použit bagr CAT 903, od hloubky cca 23 m také s pomocí impaktoru. Rubanina byla nakládána do samovýklopné vany o objemu 2 m^3 a následně vytěžena pomocí jeřábu přímo do nákladního auta s výklopným kontejnerem (obr. 7). Mikropilotový deštník nad průzkumnou štolou byl proveden ze dvou řad, s mikropilotami dimenze 114/10 mm, s délkou 12 m (obr. 8). Během hloubení šachty se

(reinforced concrete) piles continue from the depth of 25m and the space between them is filled with KARI mesh and shotcrete. The shaft bottom is terminated by a 0.5m thick reinforced concrete (RC) slab, with a sump for collecting and pumping groundwater. Preparation for drilling for the piles commenced in July 2019. The excavation was finished in January 2020, including canopy tube pre-support above the future excavation for the exploratory gallery. The shaft excavation started on 7 October 2019, after completion of concreting the 1m high RC shaft collar. With respect to the limited space, a CAT 903 excavator was used to dig the shaft; an impactor was in addition used from a depth of approx. 23m. Muck was loaded into a 2m^3 self-tipping container and subsequently was lifted by a crane and discharged directly into a tipping container truck (see Fig. 7). The canopy tube pre-support structure consisted of two sections with 12m long canopy tubes 114/10 (see Fig. 8). The shaft equipment for media, the by-lane and ventilation were continually installed during the excavation of the shaft.

Obr. 9 Ražba štoly strojem BLUE BADGER
Fig. 9 Gallery excavation using BLUE BADGER excavator

prováděllo postupně vystrojování pro média, lezné oddělení a větrání. Také šachta byla vystrojena soustavou pro čerpání podzemních vod, „kaskádou“ a osvětlením celé šachty.

RAŽBA PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

Ražba průzkumné štoly byla zahájena 1. února 2020 v technologické třídě TT4 (pod mikropilotovým deštníkem) se záběrem 1,2 m, za pomoci víceúčelového skalního bagru Wimmer „BLUE BADGER“ (obr. 9). Dělení raženého profilu bylo horizontální na kalotu o průřezu 18,11 m^2 a dno s průřezem 3,61 m^2. V původní projektové dokumentaci byly navrženy pro ražbu průzkumné štoly dva základní typy (TYP 1 s technologickou třídou TT4, TT5a a TYP 2 s technologickou třídou 5b), s celkovou délkou štoly 60,4 m (viz tab. 1). Během hloubení šachty došlo k úpravě původní půdorysné geometrie a délky štoly z důvodu budoucího možného využití štoly. Zakřivení štoly bylo upraveno tak, aby čelo štoly bylo ukončeno v místě budoucí propojky mezi traťovými tunely metra navazujícího úseku směrem k nádraží Krč. Dalším důvodem úpravy polohy štoly byl záměr využít budoucí prostor propojky traťových tunelů pro vrtání obrysových pilot v kalotě jednoho z traťových tunelů. Toto opatření bude provedeno v předstihu ražby traťového tunelu pod obytnou výškovou budovou *Rezidence Rozhledna*, a to z důvodu podchycení nadloží a nosných pilot výškové budovy. Délka ražené průzkumné štoly po úpravě byla 60,5 m. Projekt dále počítal s postupným zajišťováním nadloží pomocí jehel z IBO svorníků délky 4 m s cementovou injektáží v každém druhém záběru a v počtu 21 ks (TT 5a). Dalším podpůrným prvkem pro stabilitu výrubu bylo zajišťování čelby sklolaminátovými svorníky s cementovou injektáží, s délkou 8 m v každém druhém záběru, v počtu 13 ks (TT 5a). Tloušťka ostění pro TYP 1 (TT4 a TT5a) byla stanovena na 300 mm a pro ostění TYP 2 (TT 5b) na 350 mm stříkaného betonu C 25/30 (náběhová křivka J2), se dvěma vrstvami KARI sítě 8/150/150 mm. Po celou dobu výstavby byla používána suchá betonová směs MAXIT, dopravována potrubím ze dvou sil o objemu 21,5 m^3 přes dávkovač směsi, směšovací trysku, až do místa nástřiku.

Zastižené horninové prostředí, geotechnické a geologické podmínky se ukázaly oproti předpokladu o něco příznivější. Také výsledky konvergenčních měření vykazovaly příznivý průběh ražby štoly. S ohledem na to, že ražba štoly probíhala observační metodou NRTM, bylo možné dovolit si upravit (po dohodě s projektantem a geotechnikem) opatření pro zajištění stability nadloží a čelby, a to snížením počtu jehel a čelbových svorníků zhruba na poloviční počet oproti projektu. Z hlediska hydrogeologie byla situace oproti předpokladu rovněž příznivější a přítoky puklinových vod vykázaly nižší hodnoty. V prostoru šachty a úvodního úseku štoly byly přítoky podzemní vody hodnoceny jako méně intenzivní, v podobě lokálních až četných průsaků. Od TM 8,6 m měly přítoky charakter převážně četných průsaků, úkapů i středních soustředěných přítoků v oblasti poruchových pásem. V prostoru průzkumné štoly pak byly zastiženy pouze zdravé, deskovité až lavicovité bohdalecké břidlice, prostoupené extenzními a střižnými puklinami, zlomy až tektonickými pásmy různé orientace, charakteru a rozsahu. Pevnost zdravých břidlic se v rozsahu celé štoly pohybuje v rozsahu třídy R4. V případě tektonicky porušené břidlice je pevnost převážně v rozmezí tříd R5–R4 (v místě poruchových pásem až R6). Výskyt tektonicky porušené horniny byl v rámci štoly zastižen zejména v prostoru její pravé části v podobě souvislého poruchového pásma se silně podrcenou horninou s výrazně nižší pevností. S ohledem na zastižené geotechnické poměry probíhala ražba štoly v úseku do TM 12,0 v technologické třídě TT4 s délkou záběrů 1,0–1,2 m,

EXPLORATORY GALLERY EXCAVATION

The excavation of the exploratory gallery commenced on 1 February 2020, through the excavation support class TT4 (under the canopy tube pre-support) with advance length of 1.2m, using a Wimmer “BLUE BADGER” multi-purpose rock excavator (see fig. 9). The excavation cross-section was divided horizontally into top heading (18.11m^2) and bottom (3.61m^2). Two basic types were proposed in the original design documents for the excavation of the 60.4m long exploratory gallery (TYPE 1 with TT4 and TT5a excavation support classes and TYPE 2 with class 5b) (see Table 1). The original ground plan geometry and length of the gallery was changed during the course of the excavation due to the possibility of the use in the future. The curvature of the gallery route was modified so that the face of the gallery ended at the location of the future cross passage between running tunnels of the following metro section heading to Nádraží Krč station. Another reason for modifying the position of the gallery was the intention to use the future space of the cross passage between the running tunnels for drilling for contour piles in the top heading of one of the running tunnels. This measure will be implemented in advance of the excavation of the running tunnel under the *Residence Rozhledna* residential high-rise building for the purpose of underpinning the overhead ground and the load-bearing piles forming the foundation of the high-rise building. The length of the mined exploratory galley after the modification amounted to 60.5m. The design in addition allowed for gradual securing of the overhead using 21 pieces of 4m long, cement- grouted IBO rock bolts as spiles in every other excavation round (TT 5a). There were 13 pieces of 8m long glassfibre rock bolts with cement grouting designed to support the excavation face in every other excavation round, as another element for the excavation stability (TT a). The thickness of the lining for TYPE 1 (TT4 and TT5) and TYPE 2 (TT5b) was set at 300mm and 350mm, respectively; shotcrete C25/30 was prescribed (early strength curve “J2”) with two layers of KARI welded mesh 8/150/150 mm. The MAXIT dry concrete mix was used throughout the construction period; it was transported through a pipeline from two 21.5m^3 silos through the mixture dosing equipment, mixing nozzle, to the place of spraying.

The encountered rock environment, geotechnical and geological conditions, turned out to be slightly more favourable in comparison with assumptions. The results of convergence measurements also showed a favourable course of the gallery excavation. With respect to the fact that the excavation of the gallery was carried out using the NATM observational method, we could afford to modify (in agreement with the designer and geotechnician) measures designed to stabilise the overhead and excavation face by reducing the number of spiles and face-supporting rock bolts to about half the number in comparison with the design. In terms of hydrogeology, the situation was also more favourable than expected and the values of inflows of fissure waters were lower. In the area of the shaft and the initial section of the gallery, the inflows of groundwater were assessed as less intense, having the form of local up to numerous leaks. From TM 8.6m, in the area of fault zones, the inflows had the character of mostly numerous leaks, dripping and medium concentrated inflows. In the area of the exploratory gallery, only fresh, tabularly to plately jointed Bohdalec shale, permeated with extension and shear fissures, fractures up to tectonic faulting zones of various orientation, character and extent. The strength of fresh shale varies within class R4 within the extent of the entire gallery were encountered. In the case of tectonically disturbed shale, the strength is mainly in the range of classes R5–R4 (in the locations

Obr. 10 Průzkumné vrty z konce štoly
Fig. 10 Exploratory boreholes from the gallery end

ve zbylém úseku štoly pak ve třídě TT 5a s délkou záběrů 1,20 m. Ražba štoly byla ukončena 15. června 2020. Na závěr bylo dno opatřeno drenáží, čisticími šachtami a pochozím dnem z betonu.

PRŮZKUMNÉ VRTY Z KONCOVÉ ČELBY

V rámci průzkumu bylo z koncové čelby štoly OL1 provedeno celkem pět horizontálních průzkumných vrtů (obr. 10). Základním cílem realizace těchto vrtů bylo ověření geologických a geotechnických poměrů horninového masivu v části raženého podchodu budoucích traťových tunelů pod zástavbou v ulici Antala Staška a částečně v ulici Na Strži. Horizontální průzkumné vrty byly provedeny v délce 50,0–68,0 m. Kromě ověření inženýrskogeologických poměrů formou detailní dokumentace byly vrty využité k realizaci terénních geotechnických zkoušek, a to v podobě presiometrických zkoušek pro ověření deformačních parametrů horninového masivu. V případě všech vrtů bylo pro upřesnění výstupů dokumentace vrtného jádra provedeno i komplexní karotážní měření. Jednotlivé průzkumné vrty byly realizovány jako jádrové, vrtnou soupravou pro jádrové vrtání o Ø 76 mm, s použitím dvojité jádrovky a diamantovou korunkou s vodním výplachem (zčásti technologií WIRE line). Při vrtání byly podle možností zaznamenávané i údaje o podzemní vodě. Při vrtání byly vrtnou osádkou zaznamenávány informace o pružnosti horninového masivu. Vrtné jádro bylo jako dokumentační vzorky ukládáno do strojních 5přihrádkových standardních dřevěných a plastových vzorkovnic s označením vrtu a hloubkovým intervalem. Všechny vrty byly průběžně dokumentovány geologem a byla pořizována fotografická dokumentace. Z vrtů byly na základě zastižených poměrů odebírány vzorky hornin pro geotechnické laboratorní rozbory a zkoušky. Ve všech průzkumných horizontálních vrtech byly provedeny presiometrické zkoušky. Měření bylo podle možností prováděno zhruba po metrových intervalech. Celkem bylo realizováno 163 modifikovaných zkoušek pro určení modulu přetvárnosti i pružnosti horninového masivu. Zkouškami zjištěné průměrné hodnoty presiometrického modulu přetvárnosti z druhé zatěžovací větve se pohybovaly v rozmezí 400 až 600 MPa. Ve všech průzkumných horizontálních vrtech bylo provedeno komplexní karotážní měření.

of fault zones up to R6). The occurrence of tectonically disturbed rock was detected within the gallery mainly in the area of its right-hand part in the form of a continuous fault zone with heavily crushed rock with significantly lower strength. With regard to the encountered geotechnical conditions, the excavation of the gallery in the section up to TM 12.0m chainage proceeded through the excavation support class TT4 rock with the excavation round length of 1.0–1.2m. With respect to the encountered geotechnical conditions, the excavation of the gallery in the section up to TM 12.0m chainage proceeded through the excavation support class TT4 rock with the excavation round length of 1.0–1.2 m. In the remaining section of the gallery, it was in the TT 5a class with the excavation round length of 1.20m. In the remaining 1.20m long section, the gallery was driven through the TT 5a class. The mined gallery was finished on 15 June 2020. Finally, the bottom was provided with drainage, manholes and a walkable concrete bottom.

EXPLORATORY BOREHOLES FROM GALLERY ENDING EXCAVATION FACE

As part of the survey, a total of five horizontal exploratory boreholes were carried out from the excavation face at the end of OL1 gallery (see Fig. 10). The basic goal of these boreholes was to verify the geological and geotechnical conditions of the rock mass in the part of the mined passage under the future running tunnels under buildings in Antala Staška Street and partly in Na Strži Street. The length of the horizontal exploration holes varied from 50.0 to 68.0m. In addition to the verification of engineering geological conditions in the form of detailed documentation, the boreholes were used for conducting field geotechnical tests, in the form of pressuremeter tests to verify the deformational parameters of the rock mass. In the case of all boreholes, a complex borehole survey was performed to specify the outputs of the borehole core documentation. The individual exploration boreholes were carried out as cored holes, using a dill rig for Ø 76mm with a double-tube core barrel and a diamond drill bit with water flushing (partly using the WIRE line technique). Whenever possible, data on groundwater was also recorded while drilling. During drilling, the drilling crew recorded information on the degree of the difficulty of drilling and any other relevant facts. The borehole cores were stored as documentation samples in 5 standard wooden and plastic core boxes provided with marking of the boreholes and the depth intervals. All boreholes were continuously documented by a geologist and photographic documentation was provided. Based on the conditions encountered, rock samples were taken from the boreholes for geotechnical laboratory analyses and tests. Pressuremeter tests were conducted in all exploratory horizontal boreholes. Measurements were performed at approximately meter intervals if possible. A total of 163 modified tests were conducted to determine the modulus of deformation and elasticity. The average values of the pressuremeter modulus of deformation determined by tests on the second loading branch varied between 400 and 600MPa. Comprehensive borehole survey was conducted in all exploratory horizontal boreholes.

After geological documentation, rock samples were taken from

Tab. 1 Porovnání technologických tříd – předpoklad vs. skutečnost

		předpoklad TT ražby –zadávací dokumentace		
ražba OL1	délka celkem	délka TT4	délka TT5a	délka TT5b
	m	m	m	m
TYP 1	50,875	12	38,875	0
TYP 2	9,49	0	0	9,49

		skutečně zastižené TT ražby		
ražba OL1	délka celkem	délka TT4	délka TT5a	délka TT5b
	m	m	m	m
TYP 1	60,4	11,9	48,5	0
TYP 2	0	0	0	0

Table 1 Comparison of excavation support classes (TTs) – assumption vs. reality

		excavatiuon support class (TT) assumption – tender design		
OL1 excavation	total length	TT4 length	TT5a length	TT5b length
	m	m	m	m
TYPE 1	50.875	12	38.875	0
TYPE 2	9.49	0	0	9.49

		actually encountered excavation support classes		
OL1 excavation	total length	TT4 length	TT5a length	TT5b length
	m	m	m	m
TYPE 1	60.4	11.9	48.5	0
TYPE 2	0	0	0	0

Z průzkumných vrtů byly po geologické dokumentaci odebrány vzorky hornin za účelem laboratorního ověření jejich geotechnických vlastností. Podle projektu průzkumných prací byl odběr vzorků podle možností prováděn zhruba po 10 m (tj. celkem 29 vzorků). Přesná místa odběru vzorků pak byla závislá na zastižených inženýrskogeologických poměrech. U všech vzorků hornin byly určeny základní indexové a fyzikální vlastní (vlhkost, objemová hmotnost, pórovitost). Dále byly na všech vzorcích provedeny laboratorní zkoušky pro zjištění pevnosti v prostém tlaku, příčném tahu, případně indexu pevnosti v bodovém zatížení na nepravidelných úlomcích. U některých vzorků (kvalitní neporušené jádro) byly kromě pevnostních charakteristik stanoveny také přetvárné vlastnosti horninového materiálu, a to deformační zkouškou.

ZÁVĚR

Na základě zjištěných skutečností o horninovém masivu během ražeb a následných vrtných prací se ukázala opodstatněnost provedeného průzkumu, kde došlo k upřesnění výsledků původně provedených průzkumných prací (tab. 1). Lze očekávat poruchová pásma zejména při ražbě traťových tunelů z propojky jižním směrem do stanice Nádraží Krč. Obdobná rozsáhlá poruchová pásma a s tím související zhoršené podmínky ražby je nutné očekávat i v dalším úseku ražeb traťových tunelů v tomto směru. V prostoru zlomů a poruchových pásem je třeba při ražbě počítat se zvýšenými přítoky podzemní vody v podobě četných úkapů až lokálních soustředěných přítoků. Výstavba stanice Olbrachtova, u níž se nachází obytná zástavba, bude technicky obtížným inženýrským dílem. Výsledky z průzkumných prací umožňují tento obtížný úkol, za soustředěného úsilí projektanta, investora a zúčastněných zhotovitelů, úspěšně zvládnout.

Ing. IVO GAJA, ivo.gaja@strabag.com,
VLADIMÍR TÁBORSKÝ, vladimir.taborsky@strabag.com,
STRABAG a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Vladimír Prajzler

the exploratory boreholes for the purpose of laboratory verification of their geotechnical characteristics. According to the survey design, sampling was carried out as far as possible approximately at 10m intervals (i.e. a total of 29 samples). The exact sampling points then depended on the engineering geological conditions encountered. In addition, the basic index-related and physical properties (humidity, density, porosity) were determined for all rock samples. Furthermore, laboratory tests were conducted on all samples to determine the unconfined compressive strength, tensile splitting strength, or the point load strength index on irregular fragments. In addition to the strength characteristics, the deformational properties of some samples (good-quality undisturbed cores) were also determined by a deformation test. In addition to the strength characteristics, the deformational properties of some samples (good-quality intact cores) were also determined by a deformation test.

CONCLUSION

Based on the facts determined about the rock msass during the excavation and the subsequent drilling operations, the justification of the performed survey, where the results of the originally carried out exploratory operations were specified (Table 1), was proved. Fault zones can be expected especially during the excavation of running tunnels from the cross passage, south to the Nádraží Krč station. Similar extensive fault zones and related worsened excavation conditions must be expected in the next section of the running tunnel excavation heading in this direction. In the area of faults and fault zones, it is necessary to take into account increased groundwater inflows during excavation in the form of frequent dripping up to local concentrated inflows. The construction of the Olbrachtova station, where the residential development is located, will be a technically difficult civil engineering work. The results of the exploration operations make it possible to successfully cope with this difficult task, with the concentrated efforts of the designer, the project owner and the participating contractors.

Ing. IVO GAJA, ivo.gaja@strabag.com,
VLADIMÍR TÁBORSKÝ, vladimir.taborsky@strabag.com,
STRABAG a.s.

LITERATURA / REFERENCES

Projektová dokumentace
[1] URBÁNEK, T. *Doplňkový geologický průzkum úseku ID 1a.* Stavební část – úsek OL1
[2] SG Geotechnika – *Doplňkový geologický průzkum úseku ID 1a.* Závěrečná zpráva – úsek OL1

NĚKTERÉ OTÁZKY MODERNÍHO INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉHO A GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU
SOME ISSUES OF MODERN ENGINEERING GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATION

ALEXANDR ROZSYPAL, VLADISLAV HORÁK

ABSTRAKT

Kvalita geotechnických (inženýrskogeologických) průzkumů je z hlediska jejich uživatelů a nezřídka i jejich zhotovitelů často považována za nedostatečnou. Nejen odborné veřejnosti jsou známé havárie, ke kterým na inženýrských stavbách v minulosti došlo. Nelze přehlížet ani množství menších stále se opakujících problémů, které se sice v pracovním pořádku při výstavbě daří řešit, nicméně ve svém souhrnu znamenají značné finanční ztráty. Předmětem příspěvku je poukázat na příčiny současného stavu, podtrhnout potřeby, cíle a nástroje moderního průzkumu. Cílem příspěvku je především otevřít k tomuto tématu diskusi, a to ve světle probíhající revize ČSN EN 1997, dokončování (dosud předběžné) normy pro Inženýrskogeologický průzkum ČSN P 73 1005 a vytvoření báze pro nalezení konsenzu na tyto otázky odborné veřejnosti.

ABSTRACT

The quality of geotechnical (engineering geological) investigations is often considered insufficient from the point of view of their users and often also their contractors. Not only the professional public is aware of accidents that have occurred on civil engineering works in the past. We cannot overlook the number of smaller, recurring problems, which, although they can be solved in the work progress during construction, nevertheless mean considerable financial losses in their entirety. The subject of the paper is to point out the causes of the current state, to underline the needs, goals and tools of modern investigation. The aim of the paper is to open a discussion on this topic, in light of the ongoing revision of ČSN EN 1997, completion of the (so far preliminary) standard for Engineering Geological Investigation ČSN P 73 1005 and creating a basis for finding consensus on these issues in the professional public.

1 ÚVOD

1.1 Definice problému, současný stav

Podmínky pro uplatňování inženýrské geologie a geotechniky se začaly výrazně komplikovat se vznikem nových sociálně-ekonomických i legislativních podmínek po roce 1990. Obě tyto specializace, vázané především na stavebnictví, musely náhle čelit novým faktorům vznikajícího tržního prostředí, kterým dosavadní praxe nebyla přizpůsobena. Nová profesní uskupení (ČAIG – Česká asociace inženýrských geologů, ČGTS – Česká geotechnická společnost Českého svazu stavebních inženýrů, ČSSMZGE – Česko-Slovenská společnost pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství a další) neměla sílu nové legislativní ani normativní podmínky upravovat nebo se na ně rychle adaptovat. Místo synergie začalo docházet ke konkurenci. Výrazně se to projevilo při zavádění ČSN EN 1997 (Eurokód 7) [1] a neúspěchem při zpracování její národní přílohy, jen dílčím úspěchem při projednávání ČSN P 73 1005 [2], spory při projednávání (nakonec úspěšném) ČSN 73 1004 [3] a naposledy spory při revizi TP 76 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace [4].

K potížím při hledání konsenzů z hlediska potřeb (především inženýrského) stavitelství přispívá i výrazná nekompatibilita geologického [5] a stavebního [6] zákona v oblasti průzkumů pro výstavbu a jejich prováděcích vyhlášek. Probíhající revize Eurokódu 7 podle všeho situaci nezjednoduší, ale naopak ještě více zkomplikuje.

To jsou důvody, proč je třeba hledat cesty, které by inženýrskou geologii i geotechniku přivedly zase k sobě, a tím se znovu vytvořily předpoklady pro optimální aplikaci jejich dnes tak často

1 INTRODUCTION

1.1 Problem definition, current state

The conditions for the application of engineering geology and geotechnics began to become significantly more complicated with the emergence of new socio-economic and legislative conditions after 1990. Both of these specializations, tied primarily to construction, suddenly had to face new factors of the emerging market environment to which previous practices were not adapted. New professional groups (ČAIG – Czech Association of Engineering Geologists, CGTS – Czech Geotechnical Society of the Czech Association of Civil Engineers, ČSSMZGE – Czech-Slovak Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering and others) did not have the power to modify or quickly adapt to new legislative or normative conditions . Instead of synergy, competition began to emerge. This was significantly reflected in the implementation of ČSN EN 1997 (Eurocode 7) [1] and failure in the preparation of its national annex, only partial success in negotiating ČSN P 73 1005 [2], disputes in negotiating the (ultimately successful) ČSN 73 1004 [3] and most recently disputes over the revision of TP 76 Geotechnical Investigation for Roads [4].

Significant incompatibility between the Geological [5] and the Building [6] Act in the area of construction investigations and their implementing regulations also contributes to the difficulties in finding consensus in terms of the needs of (especially civil engineering) construction. The ongoing revision of Eurocode 7 does not seem to simplify the situation, but on the contrary complicates it even more.

These are the reasons why it is necessary to look for ways that would bring engineering geology and geotechnics back together, thus creating the preconditions for the optimal application of their

nevyužívaného potenciálu, a to jako nezastupitelné součásti procesu stavitelství.

Poznámka:

Autoři v textu záměrně nepoužívají termín „Inženýrskogeologický“ ani „Geotechnický“ průzkum, ale jen termín „průzkum“, protože jsou toho názoru, že je třeba se nejdřív shodnout na předmětu, cíli a způsobu hodnocení průzkumu a teprve pak řešit (a zda vůbec) jeho detailní název.

1.2 Příčiny nedostatečnosti průzkumů

O tom, že užitná hodnota i kvalita průzkumu je v praxi dnes velmi často nedostatečná, není sporu. Důkazem jsou významné havárie nebo komplikace, ke kterým na inženýrských stavbách v nedávné minulosti došlo a nadále dochází. Ke sjednocení názorů na příčiny nedostatečnosti průzkumů však v odborné veřejnosti a ani mezi zadavateli průzkumů zatím nedošlo. Pravdou je, že v každém jednotlivém případě bude příčin více. Pokud je cílem hledat cesty ke zkvalitnění průzkumů, je třeba příčiny jejich nedostatečnosti především jasně pojmenovat.

K nejvýznamnějším příčinám nedostatečnosti průzkumů jistě patří:

- Ekonomické tlaky na trhu průzkumných prací, způsoby výběrových řízení jejich zhotovitelů atp., upřednostňující příliš jednoduchá řešení a ekonomické zájmy zadavatelů i zhotovitelů průzkumů.
- Prudký rozvoj stavebních technologií, zvláště pak zemních prací a strojního zařízení a rovněž rozvoj metod navrhování geotechnických konstrukcí. Z toho přirozeně vyplývají také nové požadavky na cíle, metody i odbornou úroveň průzkumných prací včetně jejich hodnocení.
- Růst geotechnických specializací a s tím spojených profesních sdružení upřednostňujících vlastní zájmy. Komplexní přístup k oboru inženýrské geologie a geotechniky a součinnost specializací jsou oslabovány, naopak roste vzájemná konkurence.
- Nedostatečná spolupráce projektantů stavebních konstrukcí a zhotovitelů průzkumů v protikladu k vzrůstající potřebě této součinnosti, vyplývající z technického rozvoje inženýrského stavitelství.
- Nejednoznačná odpovědnost jednotlivých subjektů účastnících se na projektování, provádění a hodnocení průzkumů za jimi prováděné činnosti, vyplývající z neprovázanosti legislativní, normativní a předpisové základny.
- Konzervativní přístup zhotovitelů průzkumů. Metodika průzkumu (s výjimkou zkušebních metod a přístrojů) se v podstatě zásadně nezměnila od dob, kdy byla vypracována Směrnice č. 1 Českého Geologického Úřadu z roku 1975.
- Nízký tlak na kvalitu provádění i hodnocení průzkumů, a promíjení z toho vyplývajících nedostatků průzkumů ze strany zadavatelů i zhotovitelů průzkumů, jejich uživatelů i profesních organizací.
- Nedůsledné, ale zároveň i nedostatečně promyšlené, a často jen schematické zavádění ČSN EN 1997, nepřihlížející k nezbytnosti uplatňování i přírodovědného přístupu u průzkumů. K tomu je potřeba přičíst přetrvávající používání ČSN 73 1001 [7], zrušené již v roce 2010.

now untapped potential, as an irreplaceable part of the construction process.

Note:

The authors intentionally do not use the term “Engineering Geological” or “Geotechnical” investigation, but only the term “investigation”because they are of the opinion that it is necessary to first agree on the subject, goals and method of investigation evaluation and only then address (and if at all) its detailed name.

1.2 Causes of investigation inadequacy

There is no doubt that the utility value and quality of the investigation is very often insufficient in practice today. Evidence of this is significant accidents or complications that have occurred on civil engineering works in the recent past and continue to occur. However, there has been no unification of opinions on the causes of the inadequacy of investigations in the professional public or among the sponsors of investigations. The truth is that in each single case, there will be more causes. If the aim is to find ways to improve investigations, the causes of their inadequacy must be clearly named.

The most important causes of the inadequacy of investigations certainly include:

- Economic pressures on the market of exploration works, methods of tenders of their contractors, etc., favoring too simple solutions and economic interests contracting authorities and investigation contractors.
- Rapid development of construction technologies, especially earthworks and machinery, as well as the development of methods of designing geotechnical structures. Naturally, this also results in new requirements for the objectives, methods and professional level of exploratory work, including their evaluation.
- Growth of geotechnical specializations and related professional associations prioritizing their own interests. The complex approach to the field of engineering geology and geotechnics and the cooperation of specializations are weakened, on the contrary, mutual competition is growing.
- Insufficient cooperation of structure designers and investigation contractors in contrast to the growing need for this cooperation, resulting from the technical development of civil engineering.
- Ambiguous responsibility of individual entities participating in the design, implementation and evaluation of investigations for their activities, resulting from the incoherence of the legislative, normative and regulatory basis.
- Conservative approach of investigation contractors. The investigation methodology (with the exception of test methods and instruments) has not changed fundamentally since the time when Directive No. 1 of the Czech Geological Authority of 1975 was drafted.
- Low pressure on the quality of conducting and evaluating investigations, and forgiving the resulting shortcomings of investigations on the part of contracting authorities and investigation contractors, their users and professional organizations.
- Inconsistent, but at the same time insufficiently thought out, and often only schematic implementation of ČSN EN 1997, disregarding the necessity of applying a natural scientific approach to investigations. To this must be added the continued use of ČSN 73 1001 [7], which was repealed in 2010.

1.3 Significant discrepancies in the perception of the content and evaluation of investigations

The basic conflict of opinion here is based on various ideas of what should be the content of the investigation in the context of ČSN EN 1997 and what should not be. Above all, what else should be

1.3 Významné rozpory v nahlížení na obsah a hodnocení průzkumů

Základní názorový střet zde vychází z rozličných představ, co má být v kontextu s ČSN EN 1997 obsahem průzkumu a co již nikoliv. Především, co ještě má být součástí geotechnického hodnocení průzkumu a co má být až součástí návrhu geotechnické konstrukce. K této otázce jsou v zásadě možné tři rozdílné přístupy:

- ***Představa č. 1*** se opírá o geologický zákon a jeho jednoduchou definici inženýrskogeologického průzkumu, která se omezuje na konstatování, že se jedná o průzkum pro účely výstavby. Ve svém důsledku vede k omezení průzkumu na přírodovědný základ ukončený inženýrskogeologickým modelem. Geotechnické hodnocení, a tudíž ani znalosti, se od řešitelů průzkumu proto nevyžadují. Je zde důrazný akcent na důsledné oddělení činností podle „geologického zákona“ a činností podle „stavebního zákona“.
- ***Představa č. 2*** se naopak opírá především o ČSN EN 1997. Její přívrženci obvykle zastávají názor, že ČSN P 73 1005 (předběžná norma pro inženýrskogeologický průzkum) je s ČSN EN 1997 v rozporu, a že je proto v podstatě zbytečná. Argumentem je, že vše, co je pro průzkum důležité, ČSN EN 1997-1 a -2 dostatečně zahrnuje. Tento přístup při provádění průzkumu v praxi upřednostňuje inženýrský přístup a jeho přírodovědnou část upozaďuje.
- ***Představa č. 3*** staví na důsledném provázání inženýrské geologie a geotechniky. Základní premisou zde je, že na inženýrskou geologii a na geotechniku je nutno nazírat jako na celek, ve kterém se obě specializace prolínají. Závěry průzkumu proto musí obsahovat jak inženýrskogeologické, tak i geotechnické hodnocení, vyhovující požadavkům ČSN EN 1997. Tato představa odpovídá konceptu v ČR osvědčené inženýrské geologie, s kterým přišli Quido Záruba a Vojtěch Mencl, i dosavadním zvyklostem provádění průzkumů.

Na pozadí výše uvedených rozporů se pak odvíjí i rozdílné názory na řadu dílčích otázek, které s projektováním, prováděním, hodnocením a prezentací výstupů průzkumu souvisí. Jedná se především o:

- název průzkumu (geotechnický versus inženýrskogeologický);
- nutnou míru respektování ČSN EN 1997-1 a -2, zejména co se týká obsahu, rozsahu a způsobu provádění geotechnických hodnocení v rámci průzkumu a jejich prezentace v závěrečných zprávách o průzkumu;
- vzájemnou odpovědnost zpracovatele projektu průzkumu, řešitele průzkumu a projektanta stavby (autora geotechnického návrhu ve smyslu ČSN EN 1997) při projektování, provádění a hodnocení průzkumu;
- obsah a používání některých odborných termínů souvisejících s geotechnickým hodnocením výsledku průzkumu;
- rozdílnost pohledu na definování odborných požadavků pro klíčové osoby podílející se na přípravě projektu průzkumu, jeho provádění a hodnocení.

1.4 Úskalí průzkumu hodnoceného podle požadavků ČSN EN 1997

ČSN EN 1997 předpokládá zvlášť vypracování zprávy o geotechnickém (inženýrskogeologickém) průzkumu – viz čl. 3.4 a zvlášť zprávy o průzkumu jako kapitoly v Geotechnickém návrhu – viz čl. 2.8.

part of the geotechnical evaluation of the investigation and what should be part of the design of the geotechnical structure. There are basically three different approaches to this issue:

- ***Approach No. 1*** is based on the Geological Act and its simple definition of engineering geological investigation, which is limited to stating that it is a investigation for construction purposes. As a result, it leads to the limitation of the investigation to a natural scientific basis completed by an engineering geological model. Geotechnical evaluation, and therefore knowledge, are therefore not required from investigation leaders. There is a strong emphasis on the consistent separation of activities under the "Geological Act" and activities under the "Building Act".
- ***Approach No. 2***, on the other hand, is based primarily on ČSN EN 1997. Its supporters usually take the view that ČSN P 73 1005 (preliminary standard for engineering geological investigation) is in conflict with ČSN EN 1997 and that it is therefore essentially unnecessary. The argument is that everything that is important for the investigation is sufficiently covered by ČSN EN 1997-1 and -2. In practice, this approach favors an engineering approach and lags behind the natural scientific part.
- ***Approach No. 3*** builds on the consistent connection of engineering geology and geotechnics. The basic premise here is that engineering geology and geotechnics must be seen as a whole in which the two specializations intersect. The conclusions of the investigation must therefore include both engineering geological and geotechnical evaluation, meeting the requirements of ČSN EN 1997. This idea corresponds to the concept of our proven engineering geology, which came from Quido Záruba and Vojtěch Mencl, as well as to the current practice of investigations.

Against the background of the above-mentioned contradictions, there are also different opinions on a number of partial issues related to the design, implementation, evaluation and presentation of the investigation outputs. These are mainly:

- name of the investigation (Geotechnical versus Engineering Geological);
- the necessary degree of respect for ČSN EN 1997-1 and -2, especially as regards the content, scope and manner of conducting geotechnical evaluations within the investigation and their presentation in the final investigation reports;
- mutual responsibility of the investigation project contractor, investigation leader and structure designer (author of the geotechnical design in the sense of ČSN EN 1997) in the design, implementation and evaluation of the investigation;
- the content and use of certain technical terms related to the geotechnical evaluation of the investigation result;
- Differences in the view of defining professional requirements for key people involved in the preparation, implementation and evaluation of the investigation project.

1.4 Pitfalls of the investigation evaluated according to the requirements of ČSN EN 1997

ČSN EN 1997 presupposes a separate elaboration of a report on geotechnical (engineering geological) investigation – see Article 3.4 and a separate report on the investigation as a chapter in the Geotechnical design – see Article 2.8.

The content of these articles is strictly interpreted as meaning that:

- The investigation report is logically processed only by its leader. Among other things, the report contains an engineering geological model based on lithological units and derived values of geotechnical parameters related to these lithological units.

Obsah těchto článků bývá striktně vykládán tak, že:

- Zprávu o průzkumu zpracovává logicky jen jeho řešitel. Mimo jiné zpráva obsahuje inženýrskogeologický model založený na litologických jednotkách a odvozených hodnotách geotechnických parametrů vztažených k těmto litologickým jednotkám.
- Zprávu o průzkumu jako kapitolu v geotechnickém návrhu zpracovává výhradně až autor geotechnického návrhu. Obsahuje stanovení charakteristických hodnot geotechnických parametrů vstupujících do výpočtů a charakteristické geometrické údaje vymezující tato data v horninovém prostředí nikoliv podle genetických typů, ale podle jejich fyzikálně-mechanických vlastností (ČSN EN 1997-1 čl. 2.4.5.2 a 2.4.5.3).

Úskalí spočívá ve skutečnosti, že charakteristické hodnoty se musí určit jako obezřetný odhad. To však není věrohodně možné bez komplexního a důvěrného seznámení se s dotyčným horninovým prostředím. Aby to ale bylo možné, tak je podle článku 2.4.5.2 ČSN EN 1997 nutné, kromě jiného, vzít výslovně v úvahu také následující okolnosti:

- geologické a jiné informace, jako jsou údaje z předcházejících projektů;
- proměnlivost hodnot měřených vlastností a jinou relevantní informaci, např. ze stávající znalosti;
- rozsah terénního a laboratorního průzkumu;
- typ a počet vzorků;
- rozsah zóny základové půdy řídící chování geotechnické konstrukce v uvažovaném mezním stavu;
- schopnost geotechnické konstrukce přenášet zatížení ze slabých do silných zón základové půdy.

Je zřejmé, že finální geotechnické hodnocení, a to jak vlastních geotechnických parametrů hornin, tak i jejich geometrického vymezení (které je spolu úzce provázané), bude vždy do značné míry záviset na konkrétních zkušenostech, na teoretických i praktických znalostech hodnotitele a na jeho komplexním posouzení spolehlivosti a věrohodnosti získaných dat a zhodnocení výsledků daného průzkumu. To lze ovšem těžko očekávat od autora geotechnického návrhu, který průzkum neprováděl.

Z toho důvodu je, podle autorů článku, jednoznačně spolehlivější, aby návrhy charakteristických hodnot geotechnických parametrů i charakteristických hodnot jejich vymezení v horninovém prostředí provedl kvalifikovaný řešitel průzkumu již v rámci zprávy o průzkumu. V tom smyslu se jedná o předběžné stanovení charakteristické hodnoty. Konečné stanovení charakteristických hodnot do návrhu geotechnické konstrukce pak je nezpochybnitelnou odpovědností a kompetencí autora geotechnického návrhu, již jen proto, že právě ten za celý návrh ručí.

2 NUTNOST PROVÁZÁNÍ PRŮZKUMŮ S ČSN EN 1997

Úzká provázanost postupů při provádění a hodnocení průzkumů s ČSN EN 1997 bývá často zpochybňována poukazem na geologický zákon. Oporou pro tuto argumentaci je, že ČSN EN 1997, spolu se stavebním zákonem, se zabývá pouze činností ve stavebnictví, zatím co průzkumné práce se prioritně musí řídit zákonem geologickým. Tato tvrzení však ve skutečnosti nemají žádné opodstatnění. Právní zdůvodnění prokazující obecnou nutnost dodržovat evropské harmonizované normy, včetně ČSN EN 1997, pochází z obecného závazku ČR respektovat evropské normy a implementovat je do souboru platných národních norem.

Nezbytnost metodického provázání průzkumných prací s ČSN EN 1997 je logická jak z technického, tak i z praktického hle-

- The investigation report as a chapter in the geotechnical design is prepared exclusively by the author of the geotechnical design. It contains determination of characteristic values of geotechnical parameters entering into calculations and characteristic geometric data defining these data in the ground environment not according to genetic types, but according to their physical-mechanical properties (ČSN EN 1997-1 Art. 2.4.5.2 and 2.4.5.3).

The difficulty lies in the fact that the characteristic values must be determined as a cautious estimate. However, this is not credibly possible without a comprehensive and confidential acquaintance with the ground environment in question. However, in order for this to be possible, according to Article 2.4.5.2 of ČSN EN 1997, it is necessary, among other things, to explicitly take into account the following circumstances:

- geological and other information, such as data from previous projects;
- variability of measured property values and other relevant information, e.g. from current knowledge;
- scope of field and laboratory investigation;
- type and number of samples;
- the extent of the foundation soil zone controlling the behavior of the geotechnical structure in the considered limit state;
- the ability of the geotechnical structure to transfer loads from weak to strong zones of the foundation ground.

It is obvious that the final geotechnical evaluation, both of the actual geotechnical parameters of the ground and their geometric definition (which is closely interlinked), will always depend to a large extent on specific experience, theoretical and practical knowledge of the evaluator and his comprehensive assessment of reliability and credibility of the data obtained, and evaluation of the results of the investigation. However, this can hardly be expected from the author of the geotechnical design, who did not carry out the investigation.

For this reason, according to the authors of the article, it is clearly more reliable that proposals for characteristic values of geotechnical parameters and characteristic values of their delimitation in the ground environment be made by a qualified investigation leader within the investigation report. In this sense, it is a preliminary determination of the characteristic value. The final determination of characteristic values in the design of a geotechnical structure is then an unquestionable responsibility and competence of the author of the geotechnical design, simply because he is responsible for the entire design.

2 THE NEED TO LINK INVESTIGATIONS WITH ČSN EN 1997

The close connection of the procedures for conducting and evaluating investigations with ČSN EN 1997 is often questioned by reference to the Geological Act. The support for this argument is that ČSN EN 1997, together with the Building Act, deals only with activities in the construction industry, while exploratory work must be governed as a matter of priority by the Geological Act. However, these assertions of the argumentation are in fact unfounded. The legal justification proving the general need to comply with European harmonized standards, including ČSN EN 1997, comes from the Czech Republic's general obligation to respect European standards and implement them into a set of valid national standards.

The need for methodological linking of investigation work with ČSN EN 1997 is logical both from a technical and practical point of view. ČSN EN 1997 has been valid in the Czech Republic for many years. It is part of (so far) 10 European harmonized standards ("Eurocodes"), which are mandatory for Czech designers in the

diska. ČSN EN 1997 v ČR platí již řadu let. Je součástí (zatím) 10 evropských harmonizovaných norem („Eurokodů"), které jsou pro české projektanty ve stavebnictví povinné a běžně se používají. Všechny tyto „Eurokódy" jsou pak mezi sebou vzájemně provázané.

Proto při hodnocení průzkumů, prováděných mimo jiné i pro získání podkladů pro navrhování geotechnických konstrukcí, musí průzkumy ve výstupech také plně ČSN EN 1997 respektovat, a to včetně používané terminologie.

V opačném případě by vzniklo nebezpečí nekvalitního zavádění „geotechnických vstupů" do návrhů geotechnických konstrukcí.

Geotechnická hodnocení jako součást průzkumů

Geotechnická hodnocení, byť se dnes stále ještě neprovádí důsledně podle ČSN EN 1997, byla a jsou trvalou součástí průzkumů. V tomto smyslu není požadavek na to, že průzkumy musí i nadále geotechnická hodnocení obsahovat, žádné novum. Jediný rozdíl spočívá v tom, že se nově musí dodržovat postupy předepsané ČSN EN 1997. A ty za předpokladu, že se hodnocení průzkumů provádí kvalifikovaně, v principu neznamenají žádnou zásadní změnu oproti dosavadní praxi.

Průzkumy a ostatní geotechnické normy ČSN EN pro práce speciálního zakládání

Při projektování pozemních komunikací, včetně tunelů, se provádí i klasická geotechnická řešení a statická posuzování řady speciálních geotechnických konstrukcí, které jsou součástí těchto staveb. V řeči ČSN EN 1997 je prováděn jejich geotechnický návrh. A pro něj je nezbytné vyhodnotit geotechnické parametry dotčených hornin. Na všechny tyto práce speciálního zakládání existují ČSN EN normy. Jedná se o: Vrtané piloty, Horninové kotvy, Podzemní stěny, Štětové stěny, Ražené piloty, Injektáže, Tryskové injektáže, Mikropiloty, Vyztužené zemní konstrukce, Hřebíkování zemin, Hloubkové zlepšování zemin, Hloubkové zhutňování zemin vibrováním a Svislé drény. A tyto normy výslovně ve svých kapitolách 5 ukládají povinnost, provádět pro tyto činnosti průzkumné práce podle ČSN EN 1997.

Není tedy pochyb o tom, že při provádění průzkumů pro inženýrské stavby, včetně tunelů, je třeba provádět i geotechnická hodnocení podle požadavků ČSN EN 1997.

3 NĚKTERÉ DALŠÍ ASPEKTY HODNOCENÍ KOMPLEXNÍCH PRŮZKUMŮ PRO INŽENÝRSKÉ STAVBY

3.1 Návrh charakteristické hodnoty a geotechnická hodnocení v rámci průzkumu

Charakteristická hodnota geotechnického parametru

Charakteristická hodnota geotechnického parametru je definovaná v ČSN EN 1997 v čl. 2.4.5.2. Zde jsou uvedena i všechna hlediska, která je potřeba vzít v úvahu při jejím stanovení. Odst. 4 až 10 tohoto článku se při tom úzce vážou na komplexní inženýrsko-geologické i geotechnické hodnocení průzkumu – viz též kap. 1.4 tohoto textu. Právě z tohoto důvodu je žádoucí, aby návrh charakteristické hodnoty geotechnického parametru byl připravený ještě řešitelem průzkumu v jeho závěrečné zprávě, a to jako součást výstupů průzkumu. V návrhu TP 76 v kapitole 1.6.33 byla proto přijata následující definice tohoto pojmu.

Návrh charakteristické hodnoty geotechnického parametru

Návrh charakteristické hodnoty geotechnického parametru je výstupem příslušné etapy průzkumu, pokud jsou pro jeho stano-

construction industry and are commonly used. All these "Eurocodes" are then interconnected.

Therefore, when evaluating investigations carried out, among other things, to obtain data for the design of geotechnical structures, the investigations in the outputs must also fully respect ČSN EN 1997, including the terminology used.

Otherwise, there would be a risk of poor quality introduction of "geotechnical inputs" into the design of geotechnical structures.

Geotechnical evaluations as part of investigations

Geotechnical evaluation, although still not carried out consistently according to ČSN EN 1997, have been and are a permanent part of investigations. In this sense, the requirement that investigations must continue to include geotechnical evaluation is nothing new. The only difference is that the procedures prescribed by ČSN EN 1997 must be followed. And these, provided that the evaluation of investigations is carried out in a qualified manner, do not in principle mean any fundamental change compared to the current practice.

Investigations and other geotechnical standards ČSN EN for special foundation works

When designing roads, including tunnels, classic geotechnical solutions and static evaluation of a number of special geotechnical structures that are part of these structures are also performed. In the language of ČSN EN 1997, their geotechnical design is performed, and for it it is necessary to evaluate the geotechnical parameters of the affected ground. There are ČSN EN standards for all these special foundation works. These are: Drilled piles, Ground anchors, Diaphragm walls, Steel Sheet Pile walls, Driven piles, Grouting, Jet grouting, Micropiles, Reinforced earth structures, Soil nailing, Deep soil improvement, Deep soil compaction by vibration, and Vertical drains. And these standards explicitly impose in their chapters 5 the obligation to carry out exploratory work for these activities in accordance with ČSN EN 1997.

There is therefore no doubt that geotechnical evaluation in accordance with the requirements of ČSN EN 1997 must also be carried out when carrying out investigations for civil engineering works, including tunnels.

3 SOME OTHER ASPECTS OF EVALUATION OF COMPREHENSIVE INVESTIGATIONS FOR ENGINEERING STRUCTURES

3.1 Design of characteristic value and geotechnical evaluations within the investigation

Characteristic value of geotechnical parameter

The characteristic value of the geotechnical parameter is defined in ČSN EN 1997 in Article 2.4.5.2. Here are all the aspects that need to be taken into account when determining it. Paragraph 4 to 10 of this article are closely linked to a comprehensive engineering geological and geotechnical evaluation of the investigation – see also chap. 1.4 of this text. For this reason, it is desirable that the proposal of the characteristic value of the geotechnical parameter be prepared by the investigation leader in his final report, as part of the investigation outputs. The following definition of this term was therefore adopted in the draft TP 76 in Chapter 1.6.33:

Design of a characteristic value of a geotechnical parameter

The design of the characteristic value of a geotechnical parameter is the output of the relevant stage of the investigation, if the conditions of ČSN EN 1997 are met for its determination. The necessary data concerning the nature of the geotechnical structure and its geotechnical design is provided by the author of the investigation project in cooperation with the structure designer or the investigation

vení splněny podmínky ČSN EN 1997. Potřebné údaje, týkající se charakteru geotechnické konstrukce a jejího geotechnického návrhu, zprostředkovává autor projektu průzkumu ve spolupráci s projektantem stavby nebo zadavatelem průzkumu. Návrh charakteristické hodnoty se uvádí v závěrečné zprávě o průzkumu.

Charakteristická hodnota geometrických údajů základové půdy

Charakteristická hodnota geotechnického parametru je vždy důsledně vztažená k určitému geotechnickému typu. Ten musí být v horninovém prostředí jednoznačně vymezený. To se může dít pouze geotechnickým (výpočtovým) řezem. Geotechnický (výpočtový) řez je takový řez, který je podkladem pro výpočet (statické posouzení) v rámci geotechnického návrhu. V ČSN EN 1997-1 v odst. 2.4.5.3 je poněkud toporně nazvaný „Charakteristická hodnota geometrických údajů“. Smysl tohoto pojmu je však jasný. Bez geometrického vymezení charakteristické hodnoty geotechnického parametru v horninovém masivu by s touto hodnotou ani nebylo možné v rámci geotechnického návrhu pracovat. *Pozn.: Ve Slovníku pojmů ve výstavbě (DOS M 01,01 GEO) [7] z roku 2006 je na str. 24 definovaný pojmem „Geotechnický výpočtový model“.*

3.2 Odpovědnosti řešitele průzkumu a autora geotechnického návrhu při geotechnickém hodnocení výsledků průzkumu a návrhu charakteristické hodnoty

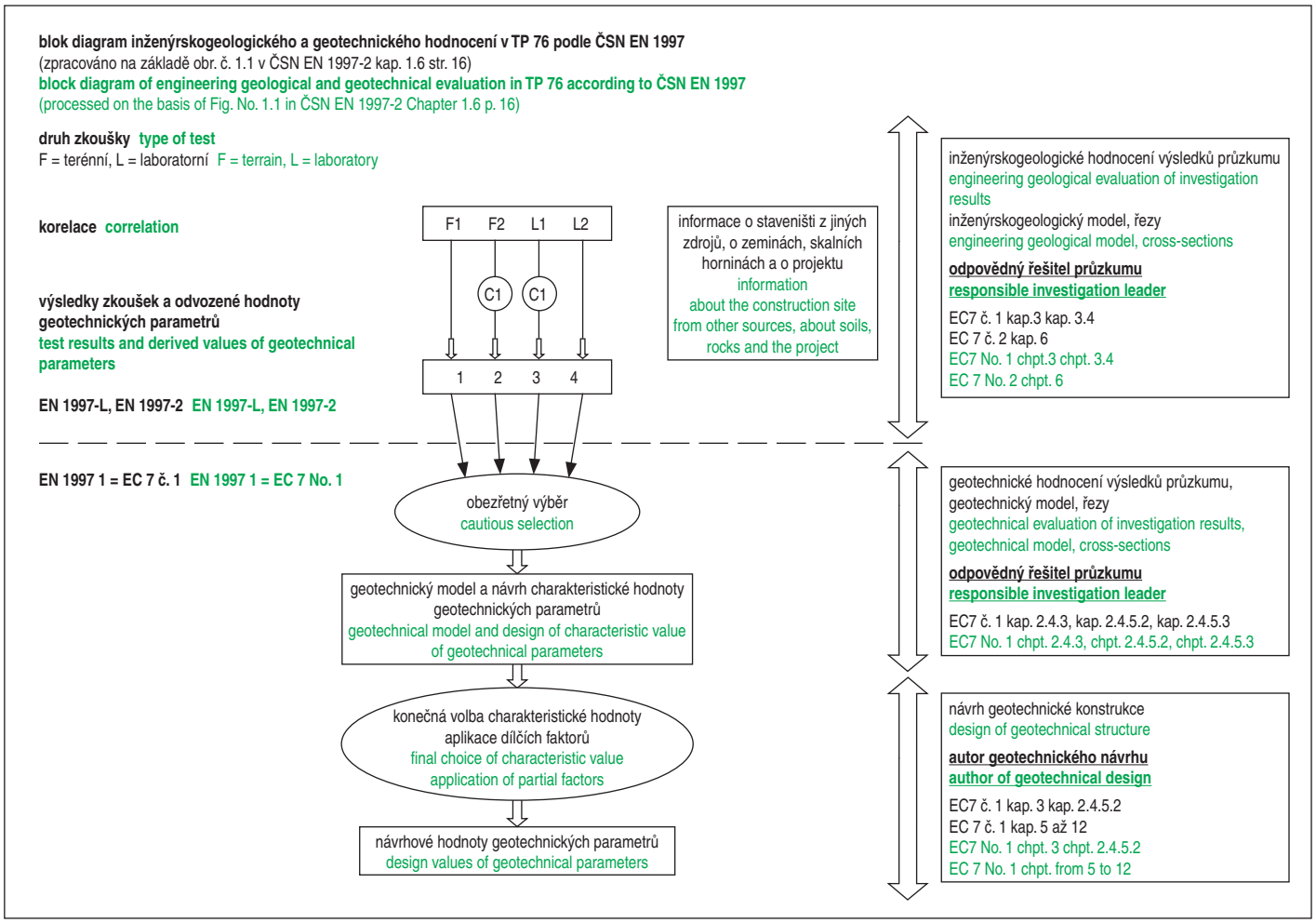
Oponenti požadavku na zahrnutí geotechnického hodnocení podle ČSN EN 1997 do zprávy o provedení průzkumu obvykle argumentují tím, že tato norma výslovně vyžaduje, aby takové sponsor. The proposed characteristic value is given in the final investigation report.

Characteristic value of geometric data of the foundation ground

The characteristic value of a geotechnical parameter is always consistently related to a certain geotechnical type. The type must be clearly defined in the ground environment. This can only be done by geotechnical (computational) cross-section. A geotechnical (computational) cross-section is a section that is the basis for a calculation (static assessment) within a geotechnical design. In ČSN EN 1997-1 in paragraph 2.4.5.3 it is somewhat awkwardly called “Characteristic value of geometric data”. However, the meaning of this term is clear. Without a geometric definition of the characteristic value of the geotechnical parameter in the ground mass, it would not even be possible to work with this value within the geotechnical design. *Note: In the Glossary of Terms used in construction (DOS M 01.01 GEO) [7] from 2006, it is defined on page 24 by the term “Geotechnical calculation model”.*

3.2 Responsibilities of the investigation leader and author of the geotechnical design in the geotechnical evaluation of the investigation results and the selection of the characteristic value

Opponents of the requirement to include a geotechnical evaluation according to ČSN EN 1997 in the investigation report usually argue that this standard explicitly requires that such an evaluation be performed only by the author of the geotechnical design. But this argument is not true. Such a provision in ČSN EN 1997-1 or in ČSN EN 1997-2 cannot be found anywhere and it is not possible to derive it indirectly from its text. This does not follow neither



Obr. 1 Obecný rámec pro výběr odvozených hodnot geotechnických vlastností (podle ČSN EN 1997-2, čl. 1.6, obr. 1.1)
Fig. 1 General framework for selection of derived values of geotechnical properties (according to ČSN EN 1997-2, Art. 1.6, Fig. 1.1)

hodnocení prováděl až autor geotechnického návrhu. Tato argumentace ale není pravdivá. Takové ustanovení v ČSN EN 1997-1 ani v ČSN EN 1997-2 nelze nikde nalézt a není to možné z jejího textu ani nepřímo odvodit. Nevyplývá to ani z obr. č. 1.1 v čl. 1.6 ČSN EN 1997-2, ze kterého se to někdy mylně dedukuje – viz zde obr. 1. V tomto obr. se uvádí pouze zjednodušená posloupnost činností, od provedení průzkumu, přes inženýrskogeologické a geotechnické hodnocení (zpracování geotechnického modelu) završené stanovením charakteristické hodnoty geotechnického parametru.

Jediné, co je nutné respektovat, je to, že autor geotechnického návrhu – projektant geotechnické konstrukce – je odpovědný za konečnou volbu charakteristické hodnoty geotechnického parametru, kterou ve svém návrhu použije. To ovšem nepředepisuje ČSN EN 1997, ale vyplývá to ze skutečnosti, že je (i ve smyslu stavebního zákona) osobou za projekt (a tudíž i za návrh geotechnické konstrukce) bezprostředně a plně odpovědnou.

Tato odpovědnost ale vůbec neznamená, že by autor geotechnického návrhu musel nutně sám o sobě dělat i veškerá geotechnická zhodnocení poznatků získaných průzkumnými pracemi (včetně s tím neoddělitelně spojeného stanovení příslušných charakteristických hodnot geometrických údajů geotechnického řezu). Je daleko spolehlivější, když „obezřetné“ návrhy obou těchto charakteristických hodnot, které jsou ostatně vzájemně neoddělitelně provázané, obdrží na základě komplexního inženýrskogeologického a geotechnického hodnocení průzkumu od řešitele průzkumu. Většinu průzkumných aspektů, které se přitom musí brát v úvahu, (viz čl. 2.4.5.2 i 2.4.5.3 ČSN EN 1997-1), je schopen lépe posoudit právě ten, kdo průzkum prováděl a hodnotil než autor geotechnického návrhu, který obdrží výsledky průzkumu ve finální podobě. Nicméně za konečný návrh charakteristických hodnot, vztažených k technickým aspektům geotechnického návrhu, je odpovědný právě autor geotechnického návrhu.

3.3 Různost cílů, metod a hodnocení průzkumu

Před dalšími úvahami je třeba připomenout, že ne každý průzkum se nutně provádí jen pro to, aby byly získány podklady pro návrh podle podmínek ČSN EN 1997. I průzkumy, prováděné pro účely přípravy a realizace stavby, mívají řadu výstupů, nejen stanovení charakteristických hodnot pro návrh geotechnických konstrukcí. Cíle průzkumu mohou být tedy značně rozdílné a není to nic nového. Příklady cílů jsou popsány v klasických učebnicích inženýrské geologie. Jde o průzkumy například pro:

a. územní plánování a inženýrskogeologické mapy;
b. komunální výstavbu a zakládání objektů v 1. geotechnické kategorii;
c. založení jednotlivých stavebních objektů ve 2. nebo 3. geotechnické kategorii;
d. rozsáhlé liniové stavby a vodní díla;
e. podzemní stavby nebo velké průmyslové komplexy;
f. skládky odpadů včetně toxických a radioaktivních.

Je zřejmé, že ne ve všech výše uvedených případech je ČSN EN 1997 pro celkovou strategii průzkumu, včetně jeho hodnocení i prezentace výsledků, nejvhodnější. V některých případech mohou být metody standardního inženýrskogeologického hodnocení a prezentace výsledků průzkumu ve smyslu geologického zákona a jeho vyhlášek vhodnější. Je třeba také vzít v úvahu, že průzkumy pro každý typ staveb (zejména velkých), byť je jejich hlavním účelem rovněž získání podkladů pro geotechnický návrh, mají řadu dalších dílčích cílů. To platí zejména pro liniové stavby.

from Fig. No. 1.1 in Article 1.6 of ČSN EN 1997-2, from which it is sometimes erroneously deduced – see Fig. 1 here. In this Fig. and geotechnical evaluation (processing of a geotechnical model) completed by determining the characteristic value of a geotechnical parameter.

The only thing that must be respected is that the author of the geotechnical design – the designer of the geotechnical structure – is responsible for the final choice of the characteristic value of the geotechnical parameter, which he will use in his design. However, this is not prescribed by ČSN EN 1997, but it results from the fact that he is (even in the sense of the Building Act) a person directly and fully responsible for the project (and therefore also for the design of the geotechnical structure).

However, this responsibility does not mean that the author of the geotechnical design necessarily has to make all geotechnical evaluations of the knowledge gained from the investigation work (including the inseparably linked determination of the relevant characteristic values of geometric data geotechnical cross-section). It is far more reliable when “cautious” proposals for both of these characteristic values, which are, after all, inextricably linked, are received from the investigation leader on the basis of a comprehensive engineering geological and geotechnical evaluation of the investigation. Most of the investigation aspects that must be taken into account (see Art. 2.4.5.2 and 2.4.5.3 of ČSN EN 1997-1) are able to be better assessed by the person who carried out and evaluated the investigation than the author of the geotechnical design who receives the results of the investigation in its final form. Nevertheless, the author of the geotechnical design is responsible for the final design of the characteristic values related to the technical aspects of the geotechnical design.

3.3 Diversity of investigation objectives, methods and evaluation

Before further consideration, it should be noted that not every investigation is necessarily carried out only to obtain the basis for the design according to the conditions of ČSN EN 1997. Investigations carried out for the preparation and implementation of construction tend to have a number of outputs, not only the determination of characteristic values for the design of geotechnical structures. The goals of the investigation can therefore be quite different and this is nothing new. Examples of goals are described in classical textbooks of engineering geology. These are investigations, for example, for:

a. land-use planning and engineering geological maps;
b. communal construction and foundation of buildings in the 1st geotechnical category;
c. foundation of individual buildings in the 2nd or 3rd geotechnical category;
d. large-scale line structures and water works;
e. underground structures or large industrial complexes;
f. landfills, including toxic and radioactive ones.

It is obvious that not in all the above cases, ČSN EN 1997 is the most suitable for the overall investigation strategy, including its evaluation and presentation of results. In some cases, methods of standard engineering geological evaluation and presentation of investigation results in the sense of the Geological Act and its regulations may be more appropriate. It should also be taken into account that investigations for each type of construction (especially large ones), although their main purpose is also to obtain data for geotechnical design, have a number of other sub-objectives. This is especially true for line constructions. In addition to the documents necessary for the design of the relevant types of geotechnical structures according to ČSN EN 1997, it is usually:

- *Definition of various quasi-homogeneous ground mass units*, according to the purpose of use. For example, the division of

Kromě podkladů nezbytných pro návrh příslušných typů geotechnických konstrukcí podle ČSN EN 1997 to bývá:

- *Vymezení různých kvazihomogenních celků horninového masivu*, podle účelu použití. Například rozdělení horninových celků podél osy tunelu do technologických tříd výrubu. Obdobně rozdělení trasy komunikace na celky podle klíčových parametrů důležitých pro volbu technologie zemních prací (těžitelnost, lepivost, zhutnitelnost, strukturní vlastnosti hornin, krátkodobě bezpečný sklon svahu atp.).
- *Geotechnický dozor* v průběhu výstavby, kdy je nutné nejen kvalitativně, ale i kvantitativně sledovat a hodnotit rozdíly mezi skutečně zastiženými inženýrskogeologickými a geotechnickými podmínkami a těmi, které byly předpokládány ve výstupech z průzkumu a byly tak podkladem pro geotechnický návrh a projekt výstavby.
- *Potřeba opakovaného využití všech primárních poznatků a výstupů z průzkumu,* a to kdykoliv během výstavby, například v případě pozdějších úprav projektu, při potřebě změn modifikací směrového a výškového vedení liniové stavby nebo při provozu hotového díla.
- *Využití výstupů průzkumu jako archivního zdroje* pro jiné či budoucí stavby nebo navazující investice v sousedství. Zvlášť důležitý je přitom přístup k původním, účelovými interpretacemi nezkresleným informacím, výsledkům a hodnocením průzkumných prací (ke zkreslení může dojít právě při jejich hodnocení pro specifické cíle původního průzkumu).
- *Použití výsledků průzkumů při řešení mimořádných situací nebo havárií* souvisejících s neočekávaným vývojem interakce horninového prostředí a konstrukce, ať během výstavby nebo provozu. To je zvlášť významné právě u liniových staveb. Pro tyto účely je důležité mít k dispozici komplexní primární informace o inženýrskogeologických poměrech, získané v průběhu průzkumných prací.
- *Vytvoření skutečně zastiženého inženýrskogeologického modelu*, kompilací výsledků průzkumu a hodnocení reálných inženýrskogeologických poměrů dokumentovaných geotechnickými dozory při provádění stavby.
- *Analýza geotechnických rizik,* vycházející z příslušných etap průzkumů a odpovídajících fází projektové přípravy i její zpřesňování v průběhu výstavby. U tunelů jde dnes již o standardní postup. Tento podklad musí ve vhodné formě obsahovat identifikaci a charakterizaci všech v úvahu připadajících zdrojů geotechnických rizik (ty se přitom do inženýrskogeologického, případně geotechnického podkladu podle ČSN EN 1997 standardně nezahrnují).
- *Podklad pro projekt geotechnického monitoringu* a hodnocení výsledků měření v průběhu výstavby, doplňování systému monitoringu atp.
- *Podklad pro projekt dalších etap průzkumů.*
- *Výstupy průzkumů by měly být také zpracovány tak, aby vyhovovaly požadavkům BIM (Building Information Modeling – Informační modelování budov).*

Tyto dílčí cíle jdou vesměs nad rámec formálních i věcných požadavků formulovaných v ČSN EN 1997 na vypracování zprávy o průzkumu a také požadavků na zpracování podkladů pro geotechnický návrh. V projektu průzkumu je proto tyto dílčí cíle třeba definovat. Je současně třeba vycházet z povahy stavby, pro kterou se průzkum dělá, a také z potřeb uživatelů průzkumu. Struktura hodnocení průzkumu, struktura, forma i obsah prezentace výsledků tedy musí být všem těmto dílčím cílům přizpůsobena.

ground units along the axis of the tunnel into technological classes of excavation. Similarly, the division of the road route into units according to key parameters important for the choice of earthworks technology (extractability, stickiness, compactibility, structural properties of ground, short-term slope stability, etc.).

- *Geotechnical supervision* during construction, where it is necessary not only qualitatively but also quantitatively to monitor and evaluate the differences between the actually found engineering geological and geotechnical conditions and those that were assumed in the investigation results and were the basis for geotechnical design and construction project.
- *The need to reuse all primary knowledge and investigation outputs* at any time during construction, for example in the event of later modifications to the project, the need to make changes to the direction and elevation of the alignment of the line structure, or the during service of the finished work.
- *Use of investigation outputs as an archival source* for other or future buildings or follow-up investments in the neighborhood. Of particular importance is the approach to the original, purposeful, information, results and evaluations of the investigation work undistorted by interpretations (distortion can occur precisely during their evaluation for the specific objectives of the original investigation).
- *Use of investigation results in dealing with emergencies or accidents* related to the unexpected development of the interaction of the ground environment and structure, whether during construction or operation. This is especially important for line structures. For these purposes, it is important to have comprehensive primary information on engineering geological conditions, obtained during the investigation work.
- *Creation of a truly encountered engineering geological model*, compilation of investigation results and evaluation of real engineering geological conditions documented by geotechnical supervisions during construction.
- *Analysis of geotechnical risks*, based on the relevant stages of investigations and the corresponding phases of project preparation and its refinement during construction. For tunnels, this is now a standard procedure. This document must contain, in an appropriate form, the identification and characterization of all possible sources of geotechnical risks. (these are not included in the engineering geological or geotechnical base documents according to ČSN EN 1997 as standard).
- *Basis for the project of geotechnical monitoring* and evaluation of measurement results during construction, complementation of the monitoring system, etc.
- *Basis for the project of further stages of investigations.*
- *Investigation outputs should also be processed to meet BIM (Building Information Modeling) requirements.*

These sub-objectives generally go beyond the formal and factual requirements formulated in ČSN EN 1997 for the elaboration of a investigation report as well as the requirements for the processing of documents for geotechnical design. These sub-objectives therefore need to be defined in the investigation project. At the same time, it is necessary to proceed from the nature of the construction for which the investigation is being conducted and also from the needs of the investigation users. The structure of the investigation evaluation, the structure, form and content of the presentation of results must therefore be adapted to all these sub-objectives.

3.4 The importance of distinguishing between the engineering geological and geotechnical model

Above all, it is necessary to clarify what are the engineering geological and geotechnical models and what are the differences between them.

3.4 Význam rozlišení inženýrskogeologického a geotechnického modelu

Především je třeba vyjasnit, co jsou inženýrskogeologický a geotechnický model a jaké jsou mezi nimi rozdíly.

Inženýrskogeologický model

Inženýrskogeologický model je například definován v ČSN P 73 005 v čl. 5. Komplexně a inovativně je popsán v [8]. Inženýrskogeologický model by především měl být výstupem každé zprávy o průzkumu. V kontextu s cílem průzkumu by měl obsahovat maximálně komplexní a úplné shrnutí všech získaných poznatků o vlastnostech horninového prostředí, včetně rizik spojených s případnými stavebními zásahy do jeho původního stavu nebo jinými externími vlivy. Míra jeho zjednodušení, ve srovnání se skutečným horninovým prostředím, by měla být co nejmenší. Smyslem inženýrskogeologického modelu je co nejúplnější popis stavu horninového prostředí a má být podkladem pro pochopení jeho skutečného chování, a to v co možná největší komplexnosti. Jeho účelem je být podkladem pro zpracování dalších dílčích účelových hodnocení, která jsou již zaměřená na konkrétní cíle průzkumu, ve smyslu předcházejícího odstavce 3.3.

Podle ČSN EN 1997-1 čl. 3.4 a ČSN EN 1997-2 čl. 6, které definují obsah průzkumu pro účely návrhu geotechnické konstrukce, je inženýrskogeologický model vyjádřený inženýrskogeologickými řezy a inženýrskogeologickými typy. Ty jsou vytvořené průzkumem identifikovanými litologickými vrstvami, tedy na základě geneze. Vlastnosti jednotlivých horninových typů jsou zde uvedeny odvozenými hodnotami geotechnických parametrů. V inženýrskogeologických řezech se, mimo jiné, znázorňují místa zkoušek nebo odběrů vzorků pro zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností hornin.

Geotechnický model

Geotechnický model je ve smyslu ČSN EN 1997-1 čl. 2.4.5.2 praktické definovat charakteristickými hodnotami geotechnických parametrů hornin a ve smyslu čl. 2.4.5.3 téže normy charakteristickými geometrickými údaji, které vymezují charakteristické hodnoty geotechnických vlastností v horninovém prostředí v ploše (v řezu) nebo prostorově (v blokdiagramech). Formálně je pak jeho prezentace nejjednodušší v klasických rovinných geotechnických řezech. V nich jsou vlastnosti jednotlivých geotechnických typů uvedeny v charakteristických hodnotách fyzikálně-mechanických vlastností hornin.

Geotechnický model je maximálně možným zjednodušením inženýrskogeologického modelu. Obsahuje jen ty informace, které jsou nutné pro vlastní návrh (výpočet) geotechnické konstrukce. Počet geotechnických typů je v řezu minimalizovaný, hranice mezi nimi jsou zjednodušené, zpravidla přímými čarami. Geotechnický řez v tomto smyslu je geotechnickým výpočtovým řezem, který přímo vstupuje do geotechnického návrhu.

Význam posloupnosti ve zpracovávání inženýrskogeologického a geotechnického modelu

Aby bylo možné vytvořit věrohodný a dostatečně zjednodušený model jakékoliv skutečnosti, je třeba nejdříve tuto skutečnost co nejlépe, v celé její složitosti a komplexnosti, pochopit. Poté je třeba odhadnout ty prvky, které jsou pro její chování a vlastnosti určující. Teprve pak je možné sestavit dostatečně jednoduchý model, který chování skutečnosti dostatečně a věrohodně představuje. Nedodrží-li se tento princip, a model se sestaví bez předchozího pochopení složité reality, je vysoce pravděpodobné,

Engineering geological model

The engineering geological model is, for example, defined in ČSN P 73 005 in Article 5. It is comprehensively and innovatively described in [8]. Above all, the engineering geological model should be the output of every investigation report. In the context with the aim of the investigation, it should contain as comprehensive and complete a summary as possible of all acquired knowledge about the properties of the ground environment, including the risks associated with possible construction interventions in its original state or other external influences. The degree of its simplification, compared to the real ground environment, should be as small as possible. The purpose of the Engineering Geological Model is to describe as fully as possible the state of the ground environment and to be the basis for understanding its actual behavior, in the greatest possible complexity. Its purpose is to be the basis for the elaboration of other partial purposeful evaluations, which are already focused on the specific objectives of the investigation, in the sense of the previous paragraph 3.3.

According to ČSN EN 1997-1 Art. 3.4 and ČSN EN 1997-2 Art. 6, which define the content of the investigation for the purposes of designing a geotechnical structure, the engineering geological model is expressed by engineering geological cross-sections and engineering geological types. These are created by a investigation of identified lithological layers, ie on the basis of genesis. The properties of individual ground types are given here by derived values of geotechnical parameters. Engineering geological cross-sections show, among others, test or sampling locations for testing the physical-mechanical properties of ground.

Geotechnical model

In the sense of ČSN EN 1997-1 Art. 2.4.5.2, the geotechnical model is practical to define by characteristic values of geotechnical parameters of ground and in the sense of Art. 2.4.5.3 of the same standard by characteristic geometric data, which define characteristic values of geotechnical properties in the ground environment in plane (in cross-section) or spatially (in block diagrams). Formally, its presentation is the simplest in classical planar geotechnical cross-sections. In them, the properties of individual geotechnical types are given in the characteristic values of physical and mechanical properties of ground.

The geotechnical model is the maximum possible simplification of the engineering geological model. It contains only the information that is necessary for the design (calculation) of the geotechnical structure. The number of geotechnical types is minimized in the cross-section, the boundaries between them are simplified, usually by straight lines. A geotechnical cross-section in this sense is a geotechnical computational cross-section that directly enters into a geotechnical design.

The importance of the sequence in the processing of engineering geological and geotechnical model

In order to create a credible and sufficiently simplified model of any reality, it is first necessary to understand this reality as good as possible, in all its complexity and completeness. Then it is necessary to estimate those elements that are decisive for its behavior and properties. Only then is it possible to compile a sufficiently simple model that sufficiently and credibly represents the behavior of reality. If this principle is not followed, and the model is built without first understanding the complex reality, it is highly likely that the model will not capture reality and false results will be obtained when using it.

The engineering geological model is just such a tool for understanding the real behavior of the ground environment. Only after its compilation is there a chance that further simplification into

že model nebude realitu vystihovat a při jeho použití se obdrží falešné výsledky.

Inženýrskogeologický model je právě takovým nástrojem k pochopení skutečného chování horninového prostředí. Teprve po jeho sestavení je šance, že další zjednodušování do geotechnického modelu bude úspěšné, a že ten bude dobrým základem pro geotechnický návrh.

Při práci s inženýrskogeologickým a geotechnickým modelem je účelné vzít na vědomí následující okolnosti. Při vytváření inženýrskogeologického modelu se pracuje s nejistotami a s neúplnými znalostmi o horninovém prostředí, protože ani nejdokonalejší průzkum je nemůže zcela postihnout. Proto je při jeho sestavování třeba uplatňovat především pravděpodobnostní přístup ke zpracovávání nejistých informací. To vyžaduje právě přístup přírodovědný a teoretické znalosti související s porozuměním genezi horninového prostředí.

Naproti tomu cílem geotechnického (výpočtového) modelu je být výchozím základem pro návrh geotechnické konstrukce. Tento návrh už musí zpravidla vycházet z deterministických postupů. To znamená, že se vychází z nějakého vhodně zvoleného algoritmu, popisujícího vztah mezi zatížením a přetvořením systému konstrukce x hornina. Předpokládá se přitom, že tento vztah je dostatečně výstižný. To však, s ohledem na nejisté stanovení vlastností hornin, obvykle není úplně pravda. Geotechnický návrh proto musí obsahovat řadu pojistek. Od obezřetného návrhu charakteristických hodnot, přes systém součinitelů mezi charakteristickou a výslednou návrhovou (výpočtovou) hodnotou. Úskalí celého geotechnického návrhu spočívá totiž právě ve způsobu „obezřetné“ volby charakteristických hodnot. Jinými slovy, ve zjednodušení inženýrskogeologického modelu v model geotechnický.

Pokud se v tomto klíčovém bodě od sebe oba přístupy, inženýrskogeologický a geotechnický, oddělí a nebudou dostatečně vzájemně provázané, bude existovat velké nebezpečí – buď konzervativní hodnocení na „jistotu“ nebo špatný odhad při neopodstatněně odvážné volbě charakteristických hodnot s následkem fatálních chyb.

Právě to jsou důvody, proč je žádoucí, aby inženýrská geologie a geotechnika byly při přípravě vstupních dat pro návrh geotechnických konstrukcí provázané a nebyly od sebe uměle oddělovány. A také, aby geotechnické hodnocení podle požadavků ČSN EN 1997 bylo prováděno již v rámci hodnocení průzkumu.

3.5 Praktické zásady pro tvorbu inženýrskogeologických a geotechnických řezů

V návaznosti na koncept inženýrskogeologického a geotechnického modelu by se sestrojování inženýrskogeologických a geotechnických řezů mělo řídit určitými pravidly.

Především se geotechnické modely, geotechnické řezy a návrhy charakteristických hodnot zpracovávají důsledně jen pro ta místa, ve kterých se předpokládá provedení geotechnického návrhu ve smyslu ČSN EN 1997-1 a jen potud, pokud jsou pro jejich stanovení splněny podmínky ve smyslu čl. 2.4.5.2 a 2.4.5.3 této normy.

Přitom platí, že jsou-li inženýrskogeologické poměry jednoduché, geotechnická konstrukce nenáročná a geotechnické riziko nízké, je možné připustit obsahovou i formální identitu inženýrskogeologického i geotechnického modelu a z toho také inženýrskogeologických a geotechnických řezů. V záhlaví řezů však v takovém případě musí být tato identita výslovně uvedená (Inženýrskogeologický – Geotechnický řez), a to jako zásad-

the geotechnical model will be successful and that it will be a good basis for geotechnical design.

When working with an engineering geological and geotechnical model, it is useful to take into account the following circumstances: When creating an engineering geological model, we work with uncertainties and incomplete knowledge of the ground environment, because even the most perfect investigation cannot completely encompass them. Therefore, in compiling it, it is necessary to apply a probabilistic approach to the processing of uncertain information. This requires a natural scientific approach and theoretical knowledge related to understanding the genesis of the ground environment.

On the other hand, the goal of the geotechnical (computational) model is to be the initial basis for the design of a geotechnical structure. As a rule, this proposal must already be based on deterministic practices. This means that it is based on some suitably chosen algorithm, describing the relationship between the load and the deformation of the system of the structure x ground. It is assumed that this relationship is sufficiently concise. However, this is usually not entirely true given the uncertain determination of ground properties. The geotechnical design must therefore include a number of assurances. From the cautious design of characteristic values, through the system of coefficients between the characteristic and the resulting design (calculation) value. The drawback of the entire geotechnical design lies precisely in the way of “cautious” selection of characteristic values. In other words, in the simplification of the engineering geological model into a geotechnical model.

If, at this key point, the two engineering geological and geotechnical approaches separate from eych other, and are not sufficiently interlinked, there will be a great danger – either a conservative assessment of “a safety approach” or a misjudgment of unreasonably courageous choice of characteristic values resulting in fatal errors.

These are the reasons why it is desirable that engineering geology and geotechnics be intertwined and not artificially separated from each other when preparing input data for the design of geotechnical structures. And also that the geotechnical evaluation according to the requirements of ČSN EN 1997 be performed already within the investigation evaluation.

3.5 Practical principles for the creation of engineering geological and geotechnical cross-sections

Following the concept of the engineering geological and geotechnical model, the construction of engineering geological and geotechnical cross-sections should follow certain rules.

In particular, geotechnical models, geotechnical cross-sections and designs of characteristic values are processed consistently only for those places where the execution of a geotechnical design in the sense of ČSN EN 1997-1 is assumed and only if the conditions for their determination are met in the sense of Article 2.4.5.2. and 2.4.5.3 of that standard.

At the same time, if the engineering geological conditions are simple, the geotechnical structure is modest and the geotechnical risk is low, it is possible to accept the content and formal identity of the engineering geological and geotechnical model, and by that also of the engineering geological and geotechnical cross-sections. However, in such a case, this identity must be explicitly stated in the cross-section header (Engineering Geological – Geotechnical cross-section), as essential information for the designers of the geotechnical structure (structure designer). This is to avoid misunderstandings. In such a case, however, the derived values must be stated separately in the cross-section, ie not only the selected characteristic values.

If the leader of the investigation concludes that the derived and characteristic value of each geotechnical (engineering geological type) can be identical, he must explicitly state and justify it.

ní informace pro zpracovatele návrhu geotechnické konstrukce (projektanta stavby). To proto, aby nemohlo dojít k nedorozumění. V takovém případě však musí být samostatně v řezu uvedené i odvozené hodnoty, tedy nejen návrh hodnot charakteristických.

Pokud při návrhu charakteristické hodnoty dojde řešitel průzkumu k závěru, že odvozená i charakteristická hodnota každého geotechnického (inženýrskogeologického) typu může být identická, musí to výslovně uvést a zdůvodnit.

Ve zprávě o geotechnickém hodnocení musí být rovněž uvedené informace o tom, jak byly návrhy charakteristických hodnot podle článků 2.4.5.2 a 2.4.5.3 ČSN EN 1997-1 stanovené a dále také, jak jsou ve zprávě o průzkumu prezentované. Je jen na autorovi geotechnického návrhu, zda řešitelem průzkumu takto navržené charakteristické hodnoty převezme, nebo si je přehodnotí. I proto musí mít ve zprávě o průzkumu vždy podklady pro jejich případnou evaluaci.

Pokud účelem průzkumu není získání podkladů pro návrh geotechnické konstrukce podle ČSN EN 1997, tak jako výstup postačí inženýrskogeologický řez, a to na základě komplexního inženýrskogeologického modelu, případně z něj odvozené účelové inženýrskogeologické řezy.

3.6 Oprávnění MŽP pro provádění průzkumů pro velké inženýrské stavby

Neuváděnou, avšak zjevnou, příčinou většiny sporů o technických postupech při provádění a hodnocení průzkumů, jsou rozdílné pohledy na požadavky na odbornost pro řešitele a projektanty průzkumů. Z jedné strany (zpravidla zastánci představy č. 1 viz odst. 1.3) bývá prosazován názor, že s odkazem na geologický zákon a Vyhlášky MŽP č. 369 [9] a č. 206 [10] je pro projektanta i řešitele průzkumu zcela dostatečné právě oprávnění MŽP. Zastánci představy č. 3 viz odst. č. 1.3 argumentují, že s ohledem na nutnost geotechnického zhodnocení výstupů průzkumů ve smyslu ČSN EN 1997 je to nedostatečné, a kromě oprávnění MŽP je nutná i autorizace ČKAIT v oboru Geotechnika.

Vyhlášky MŽP č. 206 a 369 a oprávnění MŽP pro projektování a provádění geologických prací požadavky, které má na provádění a hodnocení geotechnického průzkumu ČSN EN 1997-1 a -2, však logicky neobsahují. Proto projektanti průzkumů i jejich řešitelé musí mít kromě oprávnění MŽP i autorizaci v oboru geotechnika.

4 SPECIFIKA PRŮZKUMU PRO TUNELY, TECHNICKÉ PODMÍNKY MD ČR TP 76 C REVIZE 2020

V průběhu let 2018 až 2020 proběhla z iniciativy ŘSD revize TP 76 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace. TP 76 jsou opět členěné na část „A“ – Zásady a zadání inženýrskogeologického průzkumu, část „B“ – Provádění inženýrskogeologického průzkumu a část „C“ – Inženýrskogeologický průzkum pro tunely na pozemních komunikacích. Všechny revidované části byly zadavatelem převzaty koncem roku 2020. Základní změny vůči dosud platné verzi TP 76 z roku 2007 jsou následující:

Zadavatel především, na návrh zpracovatelů částí „A“ a „B“, rozhodl o změně názvu TP 76 z „průzkumu geotechnického“ na „průzkum inženýrskogeologický“, a to s odkazem na geologický zákon. Současně však také odsouhlasil, že nutnou podmínkou změny bude, že revidované TP 76 budou důsledně respektovat ČSN EN 1997-1 a ČSN EN 1997-2, a to včetně terminologie

The geotechnical evaluation report must also include information on how the characteristic values according to Articles 2.4.5.2 and 2.4.5.3 of ČSN EN 1997-1 were selected and also how they are presented in the investigation report. It is up to the author of the geotechnical design whether the he will take over the characteristic values selected by the investigation leader or re-evaluate them. That is why they must always have the base documents for their possible evaluation in the investigation report.

If the purpose of the investigation is not to obtain data for the design of a geotechnical structure according to ČSN EN 1997, then an engineering geological cross-section will suffice as an output, based on a comprehensive engineering geological model, or purposeful engineering geological cross-sections derived from it.

3.6 Authorization of the Ministry of the Environment to carry out investigations for large civil engineering works

The unspoken, but obvious, cause of most disputes over the technical procedures for conducting and evaluating investigations is differing views on the expertise requirements for investigation leaders and designers. On the one hand (usually the proponents of Approach no. 1, see paragraph 1.3), the opinion is tended that with reference to the Geological Act and Decrees of the Ministry of the Environment No. 369 [9] and No. 206 [10], authorization of the Ministry of the Environment is sufficient for the designer and the leader of investigation. Proponents of Approach No. 3 (see paragraph 1.3) argue that with regard to the need for geotechnical evaluation of investigation outputs in the sense of ČSN EN 1997, this is insufficient, and in addition to the Ministry of the Environment's authorization, ČKAIT authorization in the field of Geotechnics is required.

Decrees of the Ministry of the Environment No. 206 and 369 and the authorization of the Ministry of the Environment for the design and execution of geological works, however, do not logically contain the requirements for the implementation and evaluation of geotechnical investigation ČSN EN 1997-1 and -2. Therefore, investigation designers and their leaders must have, in addition to the authorization of the Ministry of the Environment, authorization in the field of geotechnics.

4 INVESTIGATION SPECIFICATIONS FOR TUNNELS, TECHNICAL CONDITIONS MD ČR TP 76 C REVISION 2020

During the years 2018 to 2020, a revision of TP 76 Geotechnical Investigation for Roads was carried out on the initiative of ŘSD. TP 76 are again divided into part "A" – Principles and assignments of engineering geological investigation, part "B" – Implementation of engineering geological investigation and part "C" – Engineering geological investigation for tunnels on roads. All revised parts were taken over by the contracting authority at the end of 2020. The basic changes compared to the currently valid version of TP 76 from 2007 are as follows:

In particular, at the suggestion of the leaders of parts "A" and "B", the contracting authority decided to change the name of TP 76 from "geotechnical investigation" to "engineering geological investigation", with reference to the Geological Act. At the same time, however, the authority also agreed that a necessary condition for the change will be that the revised TP 76 will strictly respect ČSN EN 1997-1 and ČSN EN 1997-2, including terminology and maintaining the geotechnical evaluation of ground properties in the investigation report.

At the end of 2020, the text of Part "C" of TP 76 was taken over by the contracting authority (ŘSD) in a state prepared and justified by its leaders. However, some significant discrepancies remained

a zachování geotechnického hodnocení vlastností hornin v rámci zprávy o průzkumu.

Text části „C“ TP 76 byl koncem roku 2020 zadavatelem (ŘSD) převzat ve stavu připraveném a zdůvodněném jeho zpracovateli. Ze strany zpracovatelů části „B“ však zůstaly i nadále některé významné rozpory, viz předchozí odst. 3 tohoto příspěvku. Jejich vyřešení zůstává zřejmě na dalším jednání mezi zadavatelem revize (ŘSD) a MD ČR.

Z návrhů, prosazovaných řešiteli části „C“, bylo do celkové koncepce TP 76 zahrnuto především:

- Vyžadování jednoznačného formulování cílů a výstupů průzkumu už ve fázi jeho projektování.
  Záměrem bylo eliminovat vliv nabídkové ceny na průzkum již v průběhu výběrového řízení, v důsledcích vedoucí k nemístnému snižování rozsahu, komplexnosti a kvality. A zajistit tím výrazně vyšší užitnou hodnotu průzkumu pro cílové uživatele, tzn. pro projektanty. To předpokládá i systémové nastavení úzké součinnosti projektanta stavby s projektantem průzkumu.
- Účinné podřízení obsahu jednotlivých etap průzkumu jim odpovídajícím fázím přípravy projektové dokumentace stavby tak, aby pro kteroukoliv z nich poskytly výstupy dané etapy průzkumu dostatečné podklady pro ta klíčová rozhodnutí, která musí projektant stavby provést už v příslušném postupném stadiu projektové přípravy.
  U liniových staveb se řada významných rozhodnutí musí učinit již na základě předběžného průzkumu, který je podkladem pro územní rozhodnutí. To znamená, že například v tom čase již musí být jasné umístění hran zářezů, pat násypů, celková stabilita území, vodní režim a jeho případné narušení stavbou, včetně opatření k tomu, aby se tak nestalo atp.
- Účinný průběžný autorský dozor projektanta průzkumu nad jeho prováděním, s možností ho obsahově postupně přizpůsobovat poznatkům získávaným v průběhu prací.
  Smyslem bylo dosáhnout co nejvyššího možného poměru mezi množstvím a kvalitou informací průzkumem získaných a (finančními, časovými) zdroji vloženými do průzkumu.
- Nastavení systémových pravidel zajišťujících účinnou a trvalou spolupráci mezi projektantem stavby, zpracovatelem projektu průzkumu, řešitelem průzkumu a objednatelem průzkumu.
  Cílem bylo zajistit takové výstupy z průzkumu, které by plně odpovídaly potřebám projektantů a měly pro ně maximální užitnou hodnotu.
- Výrazné posílení principů osobní odpovědnosti a pravomoci odpovědných fyzických osob jejich definováním.
  Jednoznačná definice odpovědnosti jednotlivých subjektů účastnících se na přípravě, projektu, provádění, dozoru nad prováděním a kontrole průzkumu (zpracovatel projektu průzkumu, autorský dozor projektanta průzkumu, odborný dozor zadavatele průzkumu, řešitele průzkumu a projektanta stavby) a jejich vzájemné vymezení, je prvním předpokladem pro zvýšení kvality průzkumu. Proto jsou tyto pravomoci podstatně přesněji formulovány, než v dosud platné verzi TP 76.
- Důsledné propojení geotechniky a inženýrské geologie v celém procesu provádění a hodnocení průzkumu. Tzn. provázání požadavků na průzkum podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, požadavků ČSN EN 1997-1, ČSN EN 1997-2 a u tunelů rovněž požadavků Vyhlášky ČBÚ

on the part of the leaders of Part “B”. (see previous paragraph 3 of this paper). Their solution probably remains until the next meeting between the contracting authority of the revision (ŘSD) and the Ministry of Transport of the Czech Republic.

Of the proposals promoted by the leaders of Part “C”, the overall concept of TP 76 included mainly:

- Requiring a clear formulation of the objectives and outputs of the investigation already in the design phase.
  The intention was to eliminate the impact of the offer price on the investigation already during the tender, with the consequences leading to an undue reduction in scope, complexity and quality. And thus ensure a significantly higher utility value of the investigation for target users, ie. for designers. This also presupposes the systemic setting of close cooperation between the structure designer and the investigation designer.
- Effective subordination of the content of individual stages of the investigation to the corresponding stages of preparation of project documentation of the construction so that for any of them the outputs of the given stage of investigation provide sufficient basis for the key decisions that the structure designer must make at the appropriate stage of project preparation.
  In the case of line structures, a number of important decisions must already be made on the basis of a preliminary investigation, which is the basis for the land-use decision. This means that, for example, at that time the location of the edges of the excavation cuts, the foot of the embankments, the overall stability of the area, the water regime and its possible disturbance by the construction must be clear, including measures to prevent this from happening, etc.
- Effective continuous author's supervision of the investigation designer over its implementation, with the possibility of gradually adapting its content to the knowledge gained during the work.
  The purpose was to achieve the highest possible ratio between the quantity and quality of information obtained by the investigation and the (financial, time) resources invested in the investigation.
- Setting system rules ensuring effective and permanent cooperation between the structure designer, the investigation contractor, the investigation leader and the investigation sponsor.
  The aim was to ensure such investigation outputs that would fully meet the needs of designers and have the maximum utility value for them.
- Significant strengthening of the principles of personal responsibility and authority of responsible individual persons by defining them.
  A clear definition of the responsibilities of individual entities involved in the preparation, design, implementation, supervision and implementation of the investigation (investigation contractor, author's supervision of the investigation designer, professional supervision of the investigation sponsor, investigation leader and structure designer) and their mutual definition is the prerequisite to increase the quality of the investigation. Therefore, these powers are formulated much more precisely than in the current version of TP 76.
- Consistent interconnection of geotechnics and engineering geology throughout the investigation implementation and evaluation process. I.e. interconnection of investigation requirements pursuant to Act No. 62/1988 Coll. on geological works, requirements of ČSN EN 1997-1, ČSN EN 1997-2 and in the case of tunnels also requirements of ČBÚ Decree No. 55/1996 Coll. [11] as well as the relevant implementing decrees of the Building Act.

č. 55/1996 Sb. [11] i příslušných prováděcích vyhlášek stavebního zákona.
- Pro fyzické osoby, ve funkcích projektanta a řešitele průzkumu, povinnost být (kromě oprávnění MD) současně držitelem oprávnění MŽP i autorizace udělované ČKAIT pro obor Geotechnika.
- Revidovaná verze TP 76 C v kapitole 6.2 nově a velmi podrobně rozpracovává zásady přípravy, projektování a provádění průzkumu prostřednictvím průzkumných štol, a to včetně zkoušek a monitoringu.

Co se týká obecných zásad provádění technických prací (mimo průzkumné štoly), inženýrskogeologické dokumentace (mimo průzkumnou štolu) a obecných zásad zpracovávání závěrečných zpráv a jejich příloh, odkazují TP 76 „C“ na TP 76 „A“, nebo „B“. Kapitola 10.4 TP 76 „C“ se nadto podrobně věnuje specifikům hodnocení průzkumných prací pro tunel. V TP 76 „C“ je dále kladený důraz zvláště na:
- důslednou aplikaci metodiky inženýrskogeologických a geotechnických modelů při zpracovávání projektu i výstupů průzkumů;
- zohlednění požadavků na hodnocení vlastností hornin z hlediska používání tunelovacích strojů (kap. 10.4.2.6 Hodnocení technologických vlastností hornin);
- zdůraznění konceptu geotechnických rizik a vytvoření předpokladu pro jejich věrohodnější posouzení při projektování a hodnocení průzkumu;
- provádění a hodnocení inženýrskogeologické dokumentace při ražbě průzkumných štol (povinná Příloha č. 1).

Celkem mají revidované TP 76 „C“ sto stran, včetně čtyř příloh:
- V příloze č. 1, povinné, byly nově zpracovány požadavky na inženýrskogeologickou dokumentaci čela výrubu při ražbě průzkumných štol.
- V příloze č. 2, informativní, je popsaná Analýza geotechnických rizik expertní metodou (FMEA). Jde o nové téma, které v dosud platné verzi TP 76 „C“ z roku 2007 nebylo zapracováno.
- Příloha č. 3, informativní, se věnuje „Základní geotechnické zprávě“ pro řízení rizik při ražbě průzkumných štol. Toto téma je ve verzi TP 76 „C“ z roku 2007 součástí textu.
- Příloha č. 4, informativní, má zařazený přehled doporučených tunelářských klasifikací.

5 ZÁVĚR

Základní problém, který se vyostřil zaváděním ČSN EN 1997, spočívá v tom, zda má komplexní (geotechnický, inženýrskogeologický) průzkum ve 2. a 3. geotechnické kategorii obsahovat i geotechnická hodnocení vrcholící návrhem charakteristických hodnot, anebo zda se mají taková geotechnická hodnocení zcela ponechat na autorovi geotechnického návrhu. Argumenty proti jsou přitom vznášeny ze dvou stran:
- Zásadní zastánci ČSN EN 1997 jsou zpravidla toho názoru, že inženýrská geologie jako obor nemá pro geotechnické hodnocení dostatečné odborné předpoklady a zároveň někteří z nich trvají na striktním výkladu ČSN EN 1997, která omezuje zprávu o průzkumu na vymezení litologických řezů a stanovení odvozených hodnot geotechnických parametrů v nich.
- Část inženýrských geologů považuje geotechnické hodnocení průzkumu za nepřijatelnou komplikaci, spočívající mimo jiné v nutnosti zvýšit si vlastní kvalifikaci v oblasti geotechniky.

- For individual persons, in the functions of designer and leader of investigation, the obligation to be (in addition to the MD authorization) at the same time the holder of the Ministry of the Environment authorization and the authorization granted by ČKAIT for the field of Geotechnics.
- The revised version of TP 76 C in Chapter 6.2 newly and in great detail elaborates the principles of preparation, design and implementation of the investigation through exploratory galleries, including tests and monitoring.

Regarding the general principles of technical work (except the exploratory gallery), engineering geological documentation (outside the exploratory gallery) and general principles of processing final reports and their annexes, TP 76 “C” refers to TP 76 “A” or “B”. Chapter 10.4 TP 76 “C” also deals in detail with the specifics of the evaluation of investigation work for the tunnel. TP 76 “C” also places particular emphasis on:
- consistent application of the methodology of engineering geological and geotechnical models in the processing of the project and investigation outputs;
- taking into account the requirements for the evaluation of ground properties in terms of the use of tunneling machines (Chapter 10.4.2.6 Evaluation of technological properties of ground);
- emphasizing the concept of geotechnical risks and creating a precondition for their more credible assessment in the design and evaluation of the investigation;
- implementation and evaluation of engineering geological documentation during the excavation of exploratory galleries (mandatory Annex No. 1).

In total, the revised TP 76 “C” has one hundred pages, including four appendices:
- In Annex No. 1, mandatory, the requirements for engineering geological documentation of the excavation front during the excavation of exploratory galleries were newly elaborated.
- Annex No. 2, informative, describes the Analysis of Geotechnical Risks by the Expert Method (FMEA). This is a new topic, which was not incorporated in the still valid version of TP 76 “C” from 2007.
- Annex No. 3, informative, deals with the “Basic Geotechnical Report” for risk management in the excavation of exploratory galleries. This topic is part of the text in the 2007 version of TP 76 “C”
- Annex No. 4, informative, has an overview of recommended tunneling classifications.

5 CONCLUSION

The basic problem, which was exacerbated by the introduction of ČSN EN 1997, is whether the comprehensive (geotechnical, engineering geological) investigation in the 2nd and 3rd geotechnical categories should also include geotechnical evaluations culminating in the design of characteristic values, or whether such geotechnical evaluations should be left altogether. on the author of the geotechnical design. The arguments against are raised from two sides:
- The main proponents of ČSN EN 1997 are generally of the opinion that engineering geology as a field does not have sufficient professional prerequisites for geotechnical evaluation and at the same time some of them insist on strict interpretation of ČSN EN 1997, which limits the investigation report to defining lithological cross-sections and determining derived values of geotechnical parameters in them.
- Some engineering geologists consider the geotechnical evaluation of the investigation to be an unacceptable complication, consisting, among other things, in the need to

K tomu přistupuje i obava z neúčelného zvýšení nákladů na průzkumy pro objekty v 1. geotechnické kategorii. Tam se ovšem lze bez některých požadavků ČSN EN 1997 obejít. Poukazovat v této souvislosti na geologický zákon se jeví jen jako zástupný argument.

Je ke škodě věci, že se v těchto argumentacích ztrácí to, že v České republice (a dříve v Československu) inženýrská geologie geotechnická hodnocení výsledků průzkumu vždy přirozeně obsahovala, a bylo to oceňováno jako její velká přednost. To, že v jiných zemích (např. ve Velké Británii) je geotechnické hodnocení výsledků průzkumu až nadstavbou, kterou provádí následně zpracovatel geotechnického návrhu, nepředstavuje žádnou výhodu.

V ČR by vyloučení geotechnických hodnocení z předmětu inženýrské geologie znamenalo bezpochyby snížení její užitné hodnoty pro přípravu i provádění staveb. Zkušenost navíc ukazuje, že na takový krok v ČR nejsou připraveni ani projektanti (tj. autoři geotechnických návrhů) ani investoři. Byl by to jen další krok vedoucí k degradaci kvality průzkumu.

Základní otázkou, na kterou si dnes musí celá odborná veřejnost, a to nejen inženýrští geologové a geotechnici, ale i projektanti, investoři a zadavatelé staveb odpovědět, tedy je:

- Má se podlehnout tlakům na oddělení geotechnického hodnocení průzkumu od inženýrské geologie a svěřit geotechnická hodnocení jen autorům geotechnických návrhů? Odmítnout tak u nás osvědčený, Zárubou a Menclem zavedený přístup charakteristický pro českou a slovenskou inženýrskou geologii, a připustit všechny s tím spojené negativní důsledky vedoucí ke snížení užitné hodnoty průzkumů?
- Nebo podniknout kroky k tomu, aby zůstal zachovaný tradiční osvědčený způsob provádění inženýrské geologie a geotechniky, s jednoznačnými výhodami v porovnání s odlišným trendem, který se začíná prosazovat?

Obě existující možnosti by však předtím měly být pečlivě prodiskutovány a zváženy celou odbornou veřejností. A až poté by mělo být zvoleno optimální řešení.

doc. Ing. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
alexandr.rozsypal@gmail.com,
doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz

Recenzoval Reviewed: doc. RNDr. František Kresta

increase their own qualification in the field of geotechnics. This is followed by the fear of an ineffective increase in the cost of investigations for objects in the 1st geotechnical category. There, however, it is possible to go without some of the requirements of ČSN EN 1997. To point out the Geological Law in this context seems to be only a surrogate argument.

It is to the detriment of the fact that in these arguments it is lost that in the Czech Republic (and earlier in Czechoslovakia) engineering geology has always naturally included geotechnical evaluations of investigation results, and this was appreciated as its great advantage. The fact that in other countries (eg the United Kingdom) the geotechnical evaluation of the investigation results is only an extension carried out by the geotechnical design contractor does not constitute an advantage.

In the Czech Republic, the exclusion of geotechnical evaluations from the subject of engineering geology would undoubtedly mean a reduction in its useful value for the preparation and execution of constructions. In addition, experience shows that neither designers (ie authors of geotechnical designs) nor investors are ready for such a step in our country. It would be just another step towards degrading the quality of the investigation.

The basic question that today the entire professional public, not only engineering geologists and geotechnicians, but also designers, investors and contractors, must answer is:

- Should the pressures on the separation of the geotechnical evaluation of the investigation from engineering geology be succumbed and entrust geotechnical evaluations only to the authors of geotechnical designs? To reject the proven approach characteristic of Czech and Slovak engineering geology, introduced by Záruba and Mencl, and to admit all the associated negative consequences leading to a reduction in the utility value of investigations?
- Or take steps to maintain the traditional best practice of engineering geology and geotechnics, with clear advantages over the different trend that is beginning to take hold?

However, both existing options should be carefully discussed and considered by the whole professional community beforehand. And only then the optimal solution should be chosen.

doc. Ing. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
alexandr.rozsypal@gmail.com,
doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz

LITERATURA / REFERENCES

[1] ČSN EN 1997-1 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla; ČSN EN 1997-2 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
[2] ČSN P 73 1005 – Inženýrskogeologický průzkum
[3] ČSN 73 1004 – Navrhování základových konstrukcí – Stanovení požadavků pro výpočetní metody
[4] TP 76 – Geotechnický/Inženýrskogeologický průzkum pro pozemní komunikace
[5] Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu
[6] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
[7] Slovník Pojmů Geotechnika DOS M 01.01.GEO
[8] „Engineering Geological models: an introduction: IAEG commission 25“, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2014
[9] Vyhláška č. 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací…
[10] Vyhláška č. 206/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce
[11] Vyhláška ČBÚ č. 55/1996 Sb. o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany draví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí

REALIZACE VODOVODNÍ SHYBKY POMOCÍ TECHNOLOGIE MIKROTUNELOVÁNÍ

CONSTRUCTION OF WATER-SUPPLY INVERTED SIPHON USING MICROTUNNELLING TECHNIQUE

JAN BRABEC, LADISLAV SOMMER, RICHARD SCHEJBAL

ABSTRAKT

Cílem článku je shrnutí informací a poznatků získaných ze stavby „Obříství – rekonstrukce vodovodní shybky“, kterou společnost HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o. prováděla pomocí technologie mikrotunelování. Společnost se bezvýkopovými technologiemi zabývá nepřetržitě od roku 1991 a konkrétně technologií mikrotuneláže od roku 2018. V úvodu článku jsou popsány všeobecné údaje o stavbě shybky. Projektová příprava a geologický průzkum jsou uvedeny ve druhé části. Dále je stručně popsána výstavba stavebních šachet pro protlaky. Významnou část článku tvoří základní popis technologie mikrotunelování. Realizace miktunelování ocelových chrániček DN 1200, která byla prováděna na začátku letošního roku, je popsána v závěrečné části.

ABSTRACT

The objective of the article is to summarize the information and knowledge obtained from the construction “Obříství – reconstruction of the water supply system”, which the company of HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o. carried out using microtunnelling technique. The company has been dealing with trenchless technologies continuously since 1991 and, specifically with microtunnelling technique, since 2018. The general data on the construction of the inverted siphon is described in the introduction of the article. The information about the design preparation and geological survey is presented in the second part. The construction of shafts for pipejacking purposes is also briefly described. An important part of the article is a basic description of the microtunnelling technique. The microtunnelling procedure for installation of steel casing pipes DN 1200, which was carried out at the beginning of this year, is described in the final part.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O STAVBĚ

Vodovodní shybka pod řekou Labe v blízkosti obce Obříství je součástí páteřního řadu Hostín – Dolany, který je jedním ze základních prvků skupinového vodovodu KSKM (Kladno – Slaný – Kralupy – Mělník). Stávající dvouramenná shybka DN 800 se nachází v říčním km 844,8. Ve směru toku se v říčním km 843,5 nachází zdymadlo a jezová zdrž vodního díla Obříství. Jez udržuje hladinu na kótě 158,89 m. n m. (BpV – Balt po vyrovnání), v závislosti na průtoku umožňuje kolísání hladiny v rozmezí od –50 cm do +20 cm. V lokalitě shybky se kóta dna řeky pohybuje v rozmezí od 153,90 m n. m. do 154,70 m n. m. (obr. 1).

Řeka Labe v tomto úseku je zařazena mezi sledované – dopravně významné – vodní cesty. Důležitým faktorem ovlivňujícím realizaci stavby je její poloha, stavba zasahuje na pravém břehu do evropsky významné lokality Úpor – Černínovsko, ve které jsou předmětem ochrany zejména rozsáhlé lužní lesy, na levém břehu je regionální biocentrum Úpor – Kelské louky. Pozemky na obou březích této řeky lze označit jako nezastavěné území. Jedinými objekty, které se zde na obou březích vyskytují, jsou armaturní komory stávající vodovodní shybky.

Obě větve původní shybky byly vybudovány z ocelového potrubí profilu 820×14 mm v celkové délce 132 m. Trouby byly od sebe osově vzdáleny 1,5 m a vzájemně propojeny zavětrováním. Potrubí bylo uloženo do otevřené rýhy ve dně, obsyp byl proveden štěrkopískem, pode dnem řeky jsou nad troubami položeny železobetonové panely. Potrubí jsou vzhledem k jejich stáří i způsobu provedení ve špatném technickém stavu, protivodní z obou větví je již delší dobu nefunkční.

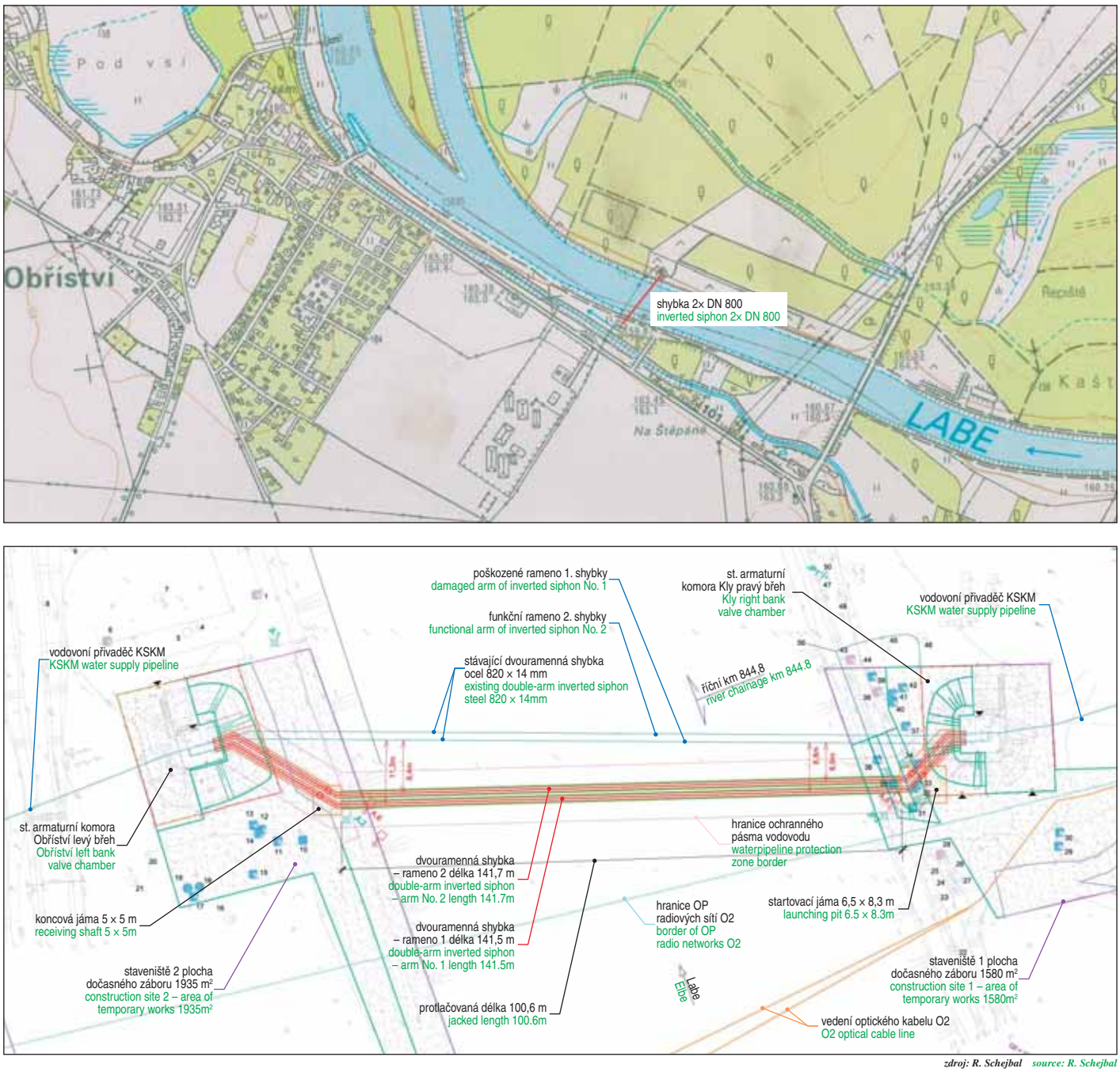
Nová vodovodní shybka byla navržena vzhledem ke způsobu rekonstrukce mimo trasu stávající shybky. Oba nové potrubní úseky budou napojeny na stávající armaturní komory, jejichž vystrojení bylo nedávno zrekonstruováno. Rekonstruovaná vodovodní shybka

1. GENERAL DATA ON CONSTRUCTION

The water-supply inverted siphon under the Elbe River near the municipality of Obříství is part of the Hostín – Dolany arterial pipeline, which is one of the basic elements of the KSKM (Kladno – Slaný – Kralupy – Mělník) group water supply system. The existing two-arm inverted siphon DN 800 is located at the river chainage km 844.8. In the direction of the flow, in the river chainage km 843.5, there is a lock chamber and a weir reservoir of the Obříství waterworks. The weir keeps the level at 158.89m a.s.l. (Baltic Vertical Datum – after Adjustment); depending on the flow rate, it allows the level to fluctuate in the range from -50cm to +20cm. In the inverted siphon locality, the elevation of the river bottom ranges from 153.90m a.s.l. to 154.70m a.s.l. (see Fig. 1).

The river Elbe in this section is included among the monitored waterways important for water transportation. An important factor influencing the construction work is its location – the construction extends on the right bank to the European important locality Úpor – Černínovsko, where large floodplain forests are the subject of protection; the regional biocentre Úpor – Kelské Louky is on the left bank. Land on both banks of this river can be described as undeveloped. The only objects that occur here on both banks are the valve chambers of the existing water-supply inverted siphon.

Both branches of the original inverted siphon were built from an 820×14mm profile steel pipe at a total length of 132m. The axes of the pipes were spaced 1.5m apart and the pipes were interconnected by bracing. The pipeline was lowered on the bottom of an open trench. It was packed by gravel sand. Under the bottom of the river, reinforced concrete panels are laid above the pipes. Due to its age and the way it was carried out, the pipelines are in poor technical condition; the flood protection of both branches has been non-functional already for a long time.



zdroj: R. Schejbal *source: R. Schejbal*

Obr. 1 Mapa oblasti a podrobná situace stavby
Fig. 1 Map of the area and detailed construction layout

v plném rozsahu převezme funkci stávající stavby, jejíž nevyhovující současný technický stav je důvodem k jejímu úplnému odstavení. Shybka zůstane i po rekonstrukci řešena ve dvouramenném provedení.

2. PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA SOUVISEJÍCÍ S NAVRŽENOU TECHNOLOGIÍ

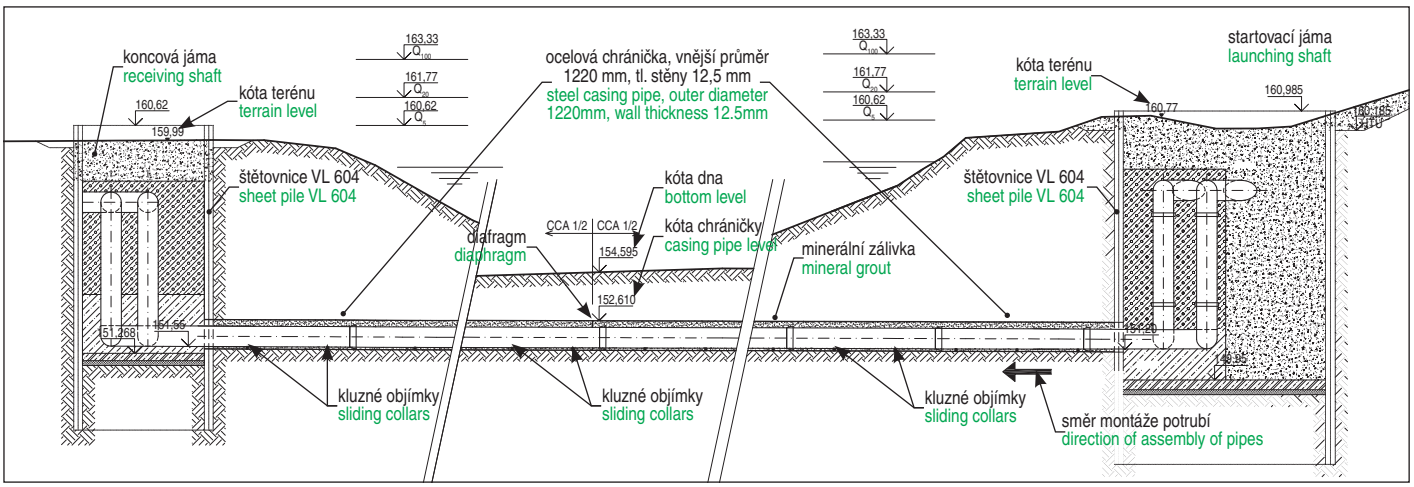
V rámci projektové přípravy stavby, která probíhala v letech 2015–2017, bylo rozhodnuto o použití technologie mikrotunelování zejména s ohledem na význam vodní cesty na Labi v tomto úseku, ale též i na ochranu cenných biotopů na obou březích řeky. Zásadním požadavkem přitom bylo trvalé zachování provozu původní shybky po celou dobu výstavby jen s krátkodobými výlukami pro propojení nových potrubí se stávajícími.

Jako podklad pro přípravu stavby byl kromě dalších průzkumů proveden i inženýrskogeologický průzkum. V rámci průzkumných prací byly provedeny čtyři vrty hluboké 12 m, k dispozici

The new water supply inverted siphon was designed with respect to the method of reconstruction to be outside the route of the existing pipeline. Both new pipeline sections will be connected to the existing valve chambers, the equipment of which has recently been reconstructed. The reconstructed water-supply inverted siphon will fully take over the function of the existing system, the unsatisfactory current technical condition of which is the reason for its complete removal from service. The inverted siphon will remain solved in the two-arm design even after the reconstruction.

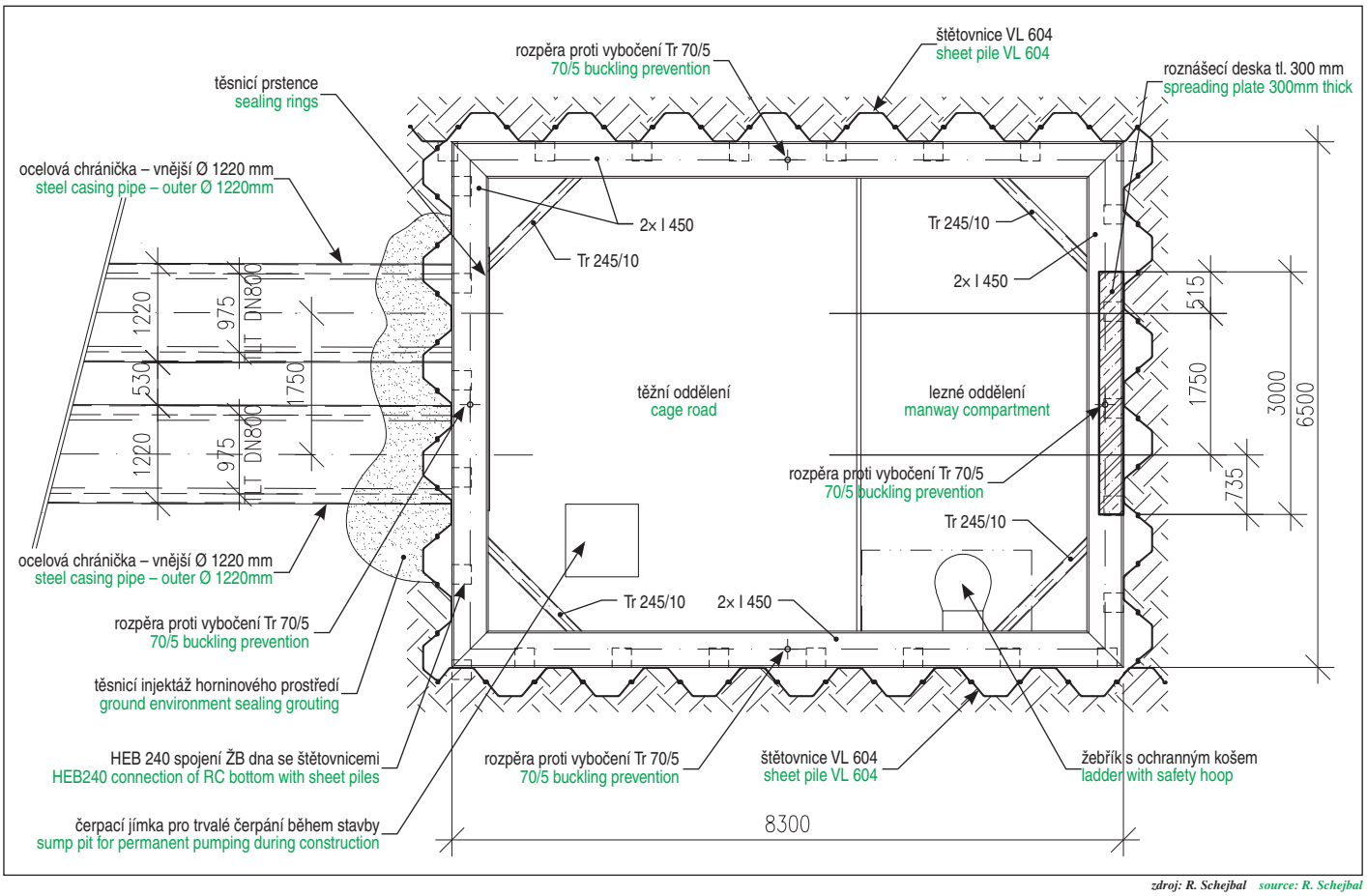
2. DESIGN PREPARATION CONNECTED WITH THE PROPOSED TECHNIQUE

Within the framework of the design preparation of the construction, which took place in 2015–2017, it was decided to use microtunnelling technique, especially with regard to the importance of the Elbe waterway in this section, but also with the objective to protect valuable habitats on both banks. The



zdroj: R. Schejbal source: R. Schejbal

Obr. 2 Schematický podélný řez shybkou
Fig. 2 Schematic longitudinal section through the inverted siphon



zdroj: R. Schejbal source: R. Schejbal

Obr. 3 Návrh vystrojení pravobřežní startovací šachty
Fig. 3 Design for stabilisation of right-bank launching shaft

byly i popisy archivních vrtů hloubky 6–8 m z roku 1966. Doplňující geofyzikální průzkum sledoval geologickou stavbu v prostoru pode dnem řeky, použito bylo multielektrodové sondování ve variantě pro měření pod vodní hladinou a měření georadarem. Při bázi kvartérních fluviálních vrstev nebyly průzkumem zjištěny balvanité polohy, hrubozrnné sedimenty byly hodnoceny jako drobně až středně hrubé, což v kombinaci s jejich zvodněním indikuje nebezpečí jejich průniku do prostoru stavebních jam. Podloží je tvořeno křídovými horninami slínů a slínovců narušených zvětráním, v zásadě se jedná o horninové prostředí charakteru středně až vysoce plastického jílu a jílu štěrkovitého (CG) pevné konzistence.

fundamental requirement was for the uninterrupted keeping of the original inverted siphon in service throughout the construction period, with only short-term closures for the connection of the new pipelines to the existing ones.

Engineering geological survey was also carried out in addition to other surveys, as a basis for the preparation of the construction. As part of the exploration, four borehole wells 12m deep were carried out; descriptions of archival wells 6–8m deep from 1966 were also available. Complementary geophysical survey monitored the geological structure in the area under the river bottom. Multi-electrode sounding in the variant for measurements below the water surface and ground penetrating radar measurements were used. At

Výsledky inženýrskogeologického průzkumu (IGP) potvrdily možnost navrhnout v daném prostředí použití technologie mikrotunelování. Na základě konzultací s odborníky z řad realizačních firem byly navrženy základní prvky stavby související s uvažovaným mikrotunelováním – trasa obou větví potrubí co do polohy i podélného profilu (obr. 2), startovací a koncová šachta s rozměry přizpůsobenými technologii a konečně i vlastní ocelová chránička.

Šachty na obou březích byly navrženy pažené štětovnicemi se soustavou rozpěrných rámů (obr. 3). Pro návrh zajištění šachet byl proveden výpočet pomocí programu GEO (verze 2017). Vlastní chránička byla navržena z ocelových trubek 1220×12,5 mm a posouzena pomocí výpočetního programu RIBgeo DURO 16.0. Ve výpočtu byly zohledněny jak příčné silové účinky na potrubní prstenec, tak maximální tlačná síla v návrhové situaci při realizaci.

3. VYBUDOVÁNÍ STAVEBNÍCH ŠACHET PRO PROVEDENÍ PROTLAKŮ

Stavba byla zahájena pracemi na vybudování startovací šachty (6,5×8,3 m) a koncové šachty (5×5 m) pro provedení protlaků 1. a 2. ramene shybky.

Jemnozrnné horniny charakteru jílovitých zemin pevné konzistence často kladou při beranění štětovnic takový odpor, že provádění pažení stavebních jam tímto způsobem mohou až znemožnit. Proto bylo navrženo předvrtání před beraněním. Předvrty byly provedeny vrtnou soupravou SOILMEC o průměru 900 mm po celém obvodu jam do hloubky cca 15 m pro startovací jámu a 13 m pro koncovou jámu. Do předvrtů byly zaberaněny štětovnice VL 604 600/400 mm až do pevného podloží vibračním beranidlem ICE 18RF na autojeřábu Liebherr 30 s doplněním dotluku některých štětovnic rázovým beranidlem.

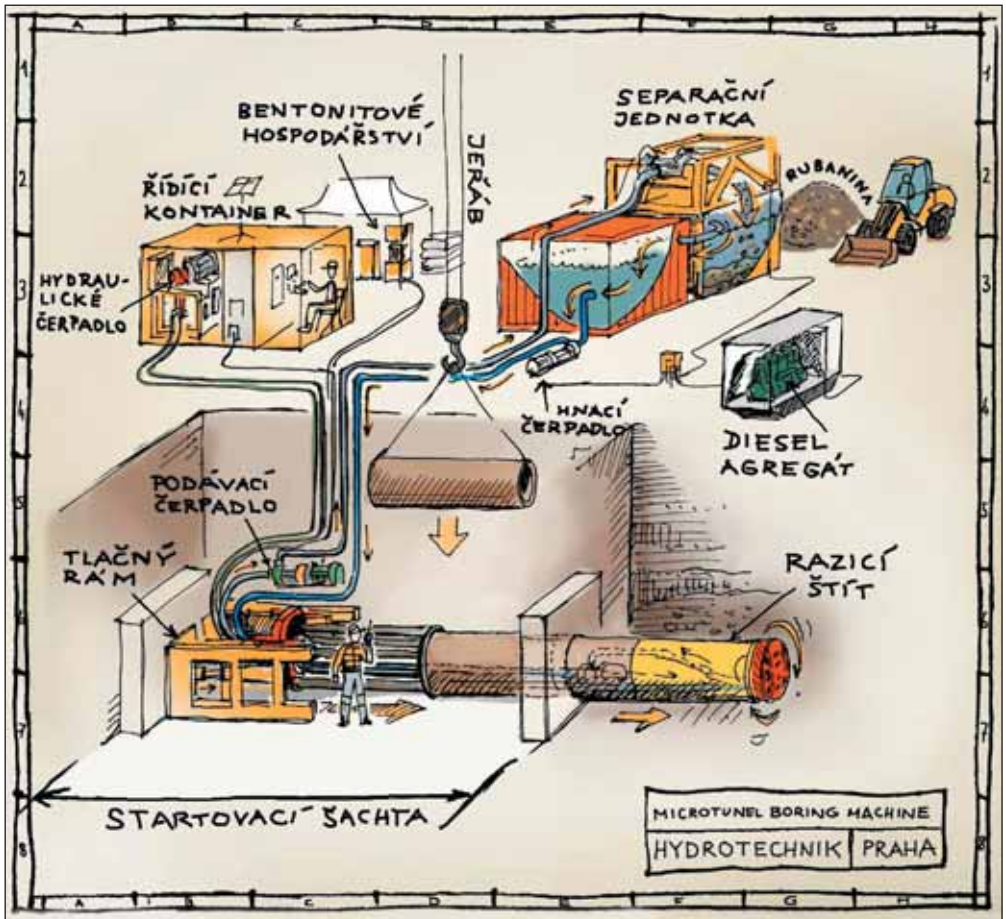
Následně se zahájilo hloubení šachet báňským způsobem podle vyhl. ČBÚ 55/1996 Sb. (v platném znění) se současným prováděním vyztužení šachet. Osadil se vnější startovací závěsný rám z profilů I 300 na betonové základy. Zemina uvnitř pažení byla rozpojována a odtěžována ručně a malou mechanizací s vertikální dopravou zeminy těžní nádobou a postupným osazováním rozpěrných rámů při těžbě v hloubkách podle projektové dokumentace (PD). Jednotlivé rámy č. 1–7 z profilů I 450 byly zavěšovány postupně odshora dolů na předchozí rám táhly a spojovány mezi sebou šroubovanými spoji. V rozích byly doplněny navařenými rozpěrami pod úhlem 45°. Mezery mezi rámy a štětovnicemi byly dotěsněny dřevěnými klíny.

Přístup do šachet byl zajištěn žebříky v lezním oddělení. Dno šachet bylo provedeno ze železobetonové desky tl. 400 mm na podsypu ze štěrku, po obvodu vyztužené rámem z profilů HEB 240, cca v hloubce 10,5 m u koncové šachty a cca 11,5 m u startovací šachty.

the base of the Quaternary fluvial layers, no bouldery layers were found by the survey; coarse-grained sediments were assessed as small to medium coarse ones, which in combination with their saturation with water indicates the danger of their penetration into the area of construction pits. The underlyer is formed by Cretaceous rock types, marl and marlite, disturbed by weathering; it is basically a rock environment with the character of medium to highly plastic clay and gravelly clay (CG) of hard consistency.

The results of the engineering geological survey (EGS) confirmed the possibility to design the use the microtunnelling technique for the given environment. Based on consultations with experts from the construction contractors, the basic elements of the construction associated with the microtunnelling being under consideration were designed – the location and longitudinal profile of the route of both branches of the pipeline (see Fig. 2), the launching and receiving shaft with dimensions adapted to the technique and finally also the steel casing pipe itself.

Sheet piles with a system of bracing frames (see Fig. 3) were designed for the shafts on both banks. For the design of the shaft excavation support, a calculation was performed using the GEO program (version 2017). The casing pipe itself was designed to be from steel tubes 1220×12.5mm and was assessed using the computer program RIBgeo DURO 16.0. The calculation took into account both the transverse force effects on the pipe ring and the maximum thrusting force in the situation of the project during construction.



LEGENDA LEGEND

bentonitové hospodářství bentonite treatment jacking plant
řídicí kontejner control container
hydraulické čerpadlo hydraulic pump
podávací čerpadlo feed pump
tlačný rám jacking frame
startovací šachta launch shaft
razicí štít microtunnel boring machine
hnací čerpadlo slurry pump
dieselagregát generator
separační jednotka separation plant
rubanina muck
jeřáb crane

zdroj: Tomáš Mácha source: Tomáš Mácha

Obr. 4 Schéma mikrotunelování
Fig. 4 Microtunnelling chart

Pro těsnění čelních stěn obou šachet přiléhajících k toku Labe byly provedeny stěny z pilířů tryskové injektáže průměru D = 900 mm s překryvem 1/3 D. Vzhledem k průsakům při zahájení vrtání protlaku prvního ramene byla následně čelní stěna u startovací šachty dotěsněna druhou řadou tryskové injektáže.

4. ZÁKLADNÍ POPIS ŘÍZENÉ BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE – MIKROTUNELOVÁNÍ

Mikrotunelování, nebo též mikrotuneláž, je plně mechanizovaná, řiditelná a dálkově ovládaná metoda protlačování podzemních vedení různých profilů (obr. 4). Mikrotunelování umožňuje instalovat podzemní vedení přesně do požadované trasy a v případě potřeby vyrovnat vzniklé směrové a výškové odchylky. Trouby se vkládají postupně za razicí štít a jsou zatlačovány tlačným zařízením umístěným ve startovací šachtě. Tlačné síly se přenášejí do opěrného bloku. Tyto síly jsou předem navržené a v případě potřeby větších tlačných sil jsou vloženy mezitlačné stanice. Razicí štíty jsou vždy uzpůsobeny pro konkrétní geologické podmínky, materiál potrubí, hladinu podzemní vody aj. Materiály vhodné pro protlačování jsou železobeton, kamenina, ocel, sklolaminát a v poslední době polymerbeton. Jedná se o jednu z nejrychleji se rozvíjejících metod ukládání inženýrských sítí, která je perspektivní pro použití ve většině zemních prostředí. Možnost použití je pro profily DN 250 až DN 4000. [1,3,4,5]

S ohledem na normu ČSN EN 12889 [2] lze mikrotunelování zařadit mezi řízenou metodu ražby bez obsluhy. Mezi jeho nejpoužívanější typy patří:

- mikrotunelování se šnekovým dopravníkem – kontinuální doprava vytěžené zeminy šnekovým dopravníkem;
- mikrotunelování systémem EPB (earth pressure ballance) – vytěžená zemina zůstává v blízkosti řezné hlavy, slouží jako kompenzace tlaku vnějšího prostředí a teprve poté je odtěžována opět šnekovým dopravníkem;
- mikrotunelování s hydraulickým odstraňováním zeminy – vytěžená zemina je dopravována hydraulickým systémem na povrch, kde je následně odstraňována z výplachu na separační jednotce (nejvíce využívaná metoda).

Princip metody mikrotunelování s hydraulickým odstraňováním zeminy spočívá v řízeném zatlačování trub ze startovací šachty do cílové šachty. Na čele ražby je mechanizovaný štít s vlastím drtičem, který je doplněn naváděcím systémem a systémem hydraulického odtěžování. Jedná se o cyklický proces, který dálkově řídí operátor z řidicí kabiny. Mikrotunelovací systém sestává z pěti následujících komponentů:

- Razicí štít – rotující řezná hlava rozpojuje zeminu mechanicky. Rotace hlavy je umožněna v obou směrech a rychlost otáčení se v závislosti na průměru stroje pohybuje cca od 2 do 44 otáček za minutu. Zpětný chod se uplatňuje při přechodu přes složitou překážku nebo v případě složitých geologických podmínek. Zemina vytěžená na čele ražby je vytlačena skrze malé otvory do mísicí komory umístěné za drtičem. Hlavními funkcemi této komory je smíchání zeminy s čistou výplachovou směsí (nejčastěji bentonitová suspenze, tj. bentonit s vodou a dalšími přísadami) a zajištění neustálé rovnováhy s tlakovým působením podzemní vody a zeminy na čelbě. Prakticky je tak zajištěna aktivní tlaková podpora čelby i ve složitých geologických podmínkách. Tím jsou eliminovány nežádoucí vlivy jako sedání, kavernování, průvaly vod apod. Když se výplachová směs a zemina promísí a dosáhne určité čerpatelné konzistence, tak je tato směs hydraulicky transportována na separační jednotku. [3,4]

3. CONSTRUCTION OF SHAFTS FOR PIPE JACKING

The work started by the construction of the launching shaft (6.5×8.3m) and the receiving shaft (5×5m) for the execution of the pipejacks for the 1st and 2nd inverted siphon arms.

Fine-grained rock types of character of clayey soils with hard consistency often put up such resistance when driving sheet piles in that they can make the application of sheet piling to construction pits impossible. For that reason pre-boring before driving the sheet piles in was designed. The pre-bored holes were carried out using a SOILMEC rig, 900mm in diameter, around the whole shaft diameter, to the depths of 15m and 13m for the launching and receiving pits, respectively. VL 604 600/400 mm sheet piles were driven into the pre-bored holes up to the hard underlayer with an ICE 18RF vibrating hammer installed on a Liebherr 30 mobile crane, supplemented by the final hammering of some sheet piles with an impact hammer.

Subsequently, the excavation of shafts began in a mining-like way according to the Decree of the Czech Bureau of Mines (CBM) 55/1996 Coll. (in the current version) with simultaneous installation of shaft excavation support. An external starting suspension frame made from I 300 profiles was installed on concrete foundations. The soil inside the sheeting was loosened and excavated manually and using small equipment, with vertical transport of the soil in a mining skip and gradual installation of bracing frames during the excavation to the depths according to the design. The individual frames No. 1–7 from H 450 steel sections were suspended gradually from top to bottom from the preceding frame by tie rods and were connected with each other by bolted joints. In the corners they were supplemented with struts welded to the frames at an angle of 45°. The gaps between the frames and the sheet piles were finally sealed with wooden wedges.

Access to the shafts was provided by ladders in the manway compartment. The bottom of the shafts was provided with a reinforced concrete slab 400mm thick, on a gravel sub-base, reinforced around the perimeter with a frame made from HEB 240 steel sections, approximately at depths of 10.5m and 11.5m at the receiving shaft and the launching shaft, respectively.

To seal the front walls of both shafts adjacent to the river Elbe, walls were formed by jet grouted pillars with a diameter of D = 900mm, with an overlap of 1/3 D. Due to the leaks at the start of drilling for the first arm of the pipejack, the sealing of the front wall at the launching shaft was subsequently improved by a second row of jet grouting.

4. BASIC DESCRIPTION OF THE GUIDED TRENCHLESS TECHNIQUE – MICROTUNNELLING

Microtunnelling is a fully mechanised, guided and remotely controlled method of jacking underground pipelines of various profiles (see Fig. 4). Microtunnelling makes it possible to install underground lines exactly on the required route and, if necessary, to compensate for directional and altimetric deviations. The tubes are inserted one after the other behind the tunnelling shield and are pushed by a thrust machine located in the launching shaft. Thrust forces are transmitted to the backstop. These forces are pre-designed and, if larger thrust forces are required, intermediate thrust stations are inserted. Tunnelling shields are always adapted to specific geological conditions, pipeline material, water table, etc. Materials suitable for pipejacking are reinforced concrete, stoneware, steel, fibreglass plastic and, more recently, polymer concrete. It is one of the fastest developing methods of placing engineering networks, which is promising for the use in most of ground environments. It can be used for profiles DN 250 to DN 4000 [1, 3, 4, 5].

- Tlačný systém – tlačný systém sestává z tlačného rámu a hydraulických pístů. Tlačná síla se pohybuje přibližně mezi 1000–10000 kN. Je určená mnoha faktory – délkou a profilem mikrotuneláže, typem a množstvím použité lubrikační směsi, velikostí nadvýrubu (prostor mezi strojem a okolní zeminou), korekcemi směru, vlastnostmi protlačované trouby a vlastnostmi zemního prostředí. Typ tlačného systému (tlačný rám, teleskopické písty) a jeho velikost určují dva hlavní faktory – celková síla hydraulického tlaku a míra penetrace trouby. Tyto dva hlavní faktory jsou velmi důležité pro kontrolu zpětné síly razicího stroje (tj. tlačné síly, kterou je nutné vyvinout hydraulickými lisy k zajištění optimálního přítlaku na čelbě). Z toho důvodu jsou neustále zaznamenávány. [3, 4]
- Systém výplachu – zemina se mísí ve směs v mísicí komoře za drtičem. Tato směs materiálu je následně transportována pomocí trubek pro odvedení výplachu (slurry trubky) na separační jednotku. Tento systém je uzavřený, umožňuje do jisté míry recyklovat výplachovou směs. Rychlost přivedení a odvedení výplachu a jednotlivé tlaky jsou zaznamenávány a regulovány velmi opatrně, kvůli dosažení již zmíněného tlaku v mísicí komoře, který působí proti tlaku podzemní vody a zemnímu tlaku. Spoje tunelovacího stroje jsou vodotěsné a zamezují tak průniku vody dovnitř stroje. Na separační jednotce se oddělují pevné částice z výplachové směsi větší než 30 μm. Menší jílovité částice lze separovat pomocí přídavného zařízení, tzv. centrifugy. Již čistá výplachová směs přepadá do sedimentační nádrže (umístěná v rámci kontejneru separační jednotky) a dále se vrací zpět skrze recirkulační systém. [4, 5]
- Naváděcí a řídicí systém – jako naváděcí systém je nejčastěji používán laser. Ten dává přesné směrové i výškové informace o umístění instalované trouby. Laserový paprsek je vysílán ze startovací šachty směrem na laserový terč, umístěný na zadní straně razicího štítu. Data jsou následně pomocí datového kabelu přenášena do řídicí kabiny. Řídicí kabina obvykle obsahuje kontrolní panel, počítač a další vybavení, které je nutné pro hlavní operace (řízení stroje a tlačného rámu, směr a rychlost vrtné hlavy, množství lubrikantu a další). [4, 5]
- Protlačovaná trouba – trouby pro protlačování musí mít kruhový tvar, mít hladký a jednotný povrch, spoje musí být vodotěsné a umožňovat jednoduché napojení trub. Trouby jsou navrženy tak, aby byly schopné přenést maximální tlačnou sílu a současně příčně působící zemní/horninové tlaky okolního prostředí. Materiály požívané pro protlačování byly již zmíněny výše. [4]

5. REALIZACE MIKROTUNELOVÁNÍ OCELOVÝCH CHRÁNIČEK DN 1200

Přípravná fáze

Samotné realizaci předcházela důkladná, téměř půlroční příprava. Vzhledem k předpokládanému výskytu plastických jílů byla k separační jednotce přidána sedimentační nádrž. Tím se zdvojnásobila zásoba vrtné výplachové směsi téměř na 60 m^3 a doba mezi výměnou vrtné směsi byla prodloužena. Znehodnocená vrtná směs byla vždy přečerpána do přídavných sedimentační nádrží a poté postupně odvážena fekálním vozem na skládku. Z toho důvodu bylo nutné zajistit cisternový kontejner a další dvě nádrže. Dále byl z lodních kontejnerů vyroben sklad na nářadí, sklad na pohonné hmoty a tunelové vedení. Tlačný rám ve vlastnictví zhotovitele je navržen pro protlačování max. 3 m dlouhých trub. Na stavbě v Obříství se uvažovalo s protlačováním 6 m dlouhých trub.

With respect to the ČSN EN 12889 standard [2], microtunnelling can be included among the controlled methods of tunnelling without operator. Its most frequently used types include:

- microtunnelling with a screw conveyor – continuous transport of excavated muck by a screw conveyor;
- microtunnelling using the EPB (Earth Pressure Balance) system – the excavated muck remains close to the cutter head, serves as compensation for the pressure induced by the external environment and only then it is removed again by a screw conveyor;
- microtunnelling with hydraulic removal of muck – the excavated muck is transported by a hydraulic system to the surface, where it is subsequently desilted in the drilling mud recycling facility (the most frequently used method).

The principle of the microtunnelling method with hydraulic removal of earth lies in the controlled thrusting of the pipes from the launching shaft into the receiving shaft. At the excavation face, there is a mechanised shield with its own crusher, which is complemented by a guidance system and a hydraulic mucking out system. It is a cyclic process that is remotely controlled by an operator from the control cabin. The microtunnelling system consists of the following five components:

- Tunnelling shield – rotating cutting head disintegrates the earth mechanically. Rotation of the head is possible in both directions and the rate of rotation varies from about 2 to 44 revolutions per minute, depending on the diameter of the machine. Reversing is applied when crossing a complex obstacle or in the case of complicated geological conditions. The earth excavated at the excavation face is forced through small holes into the mixing chamber located behind the crusher of coarse gravel and stones. The main functions of this chamber are to mix the earth with a clean flushing mixture (most frequently bentonite suspension, i.e. bentonite with water and other additives) and ensure a constant balance with the pressure of groundwater and earth on the face. In practice, this ensures active pressure support of the face even in difficult geological conditions. This eliminates adverse effects such as settlement, caverning, water overflows, etc. When the flushing mixture and earth are mixed and reach a certain pumpable consistency, the mixture is hydraulically transported to the flush recycling facility. [3, 4]
- Jacking system – the jacking system consists of a jacking frame and hydraulic pistons. The jacking force ranges approximately from 1000 to 10000kN. It is determined by many factors – the microtunnelling length and profile, the type and amount of lubricating mixture used, the size of the overcut (space between the machine and the surrounding earth), directional corrections, properties of the pipe being jacked and the characteristics of the earth environment. The type of the jacking system (jacking frame, telescopic pistons) and its size are determined by two main factors – the total force of the hydraulic pressure and the pipe penetration rate (PR). These two main factors are very important for controlling the return-preventing force of the tunnelling machine (i.e. the thrust that must be exerted by the hydraulic presses to ensure optimal thrust at the excavation face). For this reason, they are constantly recorded. [3, 4]
- Flushing system – the earth is mixed to form a mixture in a mixing chamber behind the crusher. This mixture of material is then transported through slurry pipes to the separation unit. This system is closed, allowing to a certain extent the recyclability of the flushing mixture. The rate of supplying and evacuating the flushing mixture and the individual

zdroj: J. Brabec source: J. Brabec

Obr. 5 Tlačný mezikus (spacer) použitý při protlačování
Fig. 5 Intermediate jacking piece (spacer) used in pipejacking

Proto byl dopředu vyroben tlačný mezikus (tzv. spacer, obr. 5), který se do tlačného rámu vkládal vždy po zatlačení 3 m a pokračovalo se v protlačování. V neposlední řadě proběhlo odzkoušení a servis jednotlivých komponentů strojního vybavení. Firma HERRENKNECHT dodala speciální ocelovou desku s gumovým těsněním do startovací šachty a kloubový spoj s těsněním, který sloužil pro spojení back-up roury (pomocná roura, cca 2,5 m dlouhá, umožňující pružný spoj mezi strojem a trubkami na vrtnou výplachovou suspenzi) s první ocelovou troubou. Tento spoj umožnil operátorovi lepší řízení stroje. Dále bylo na razicí štít AVN800XC-A instalováno rozšíření a byl osazen větší řeznou hlavou. Tím došlo ke zvětšení vrtaného průměru z 1140 mm na 1348 mm.

Dne 21. 1. 2021 objednatel, firma Subterra a.s., předal zařízení staveniště. V první fázi došlo ke zpevňování terénu v okolí již vybudované startovací šachty betonovým recyklátem a následně začal návoz veškerého strojního vybavení a příslušenství. K transportu techniky bylo zapotřebí přibližně patnáct návěsů. Za postupného naváženi byly zahájeny přípravné práce ve startovací a cílové šachtě. V místě prostupu protlaku skrz pažení byl vybetonován přední betonový blok, a to v celé šířce šachty až do výšky prvního rozpěrného rámu. Na tento blok, o tloušťce stěny cca 0,5 m, s prostupy o průměru 1,5 m se po jeho vybetonování namontovala ocelová deska o rozměrech 2×2 m s gumovým těsněním (obr. 6). Před zahájením ražby je řezná hlava razicího štítu zatlačena za toto těsnění, které pak brání úniku vrtné výplachové směsi zpět do šachty. Dále slouží i jako ochrana proti přítoku podzemní vody do šachty po provrtání tryskové injektáže. Stejný přední blok s prostupy byl vybetonován v cílové šachtě. Po vybetonování předního bloku proběhlo osazení tlačného rámu do osy protlaku. V prostoru za tlačným rámem byl vybetonován opěrný blok o tloušťce cca 0,5 m s prostorem pro umístění laseru. Laser byl umístěn na HEB profilu, který byl přikotven do betonové podlahy. Z důvodu velké tlačné síly, a tím možného pohybu štětovnic nebo opěrného bloku, byl laser umístěn nezávisle na startovací šachtě. Maximální tlačná síla při protlačování však dosahovala pouze cca 100 tun (1000 kN). Pro lepší mobilitu ve startovací šachtě byla v okolí tlačného rámu zhotovena dřevěná podlaha. Elektrické a datové kabely společně s hydraulickými hadicemi byly propojeny s řídicím kontejnerem. Šachtové čerpadlo bylo zapojeno do systému hydraulické dopravy. Na závěr se osadily koleje z ocelových profilů pro vedení stroje při zarážení.

pressures are recorded and regulated very carefully, in order to achieve the already mentioned pressure in the mixing chamber, which acts against the groundwater pressure and the ground pressure. The joints of the tunnelling machine are watertight and thus prevent water from penetrating into the machine. In the separation unit, solid particles larger than 30μm are separated from the flushing mixture. Smaller clayey particles can be separated using an additional device, the so-called centrifuge. The already clean flushing mixture flows into the sedimentation tank (located in the container of the separation unit) and then returns back through the recirculation system. [4, 5]

- Guidance and control system – the laser is the most commonly used guidance system. It gives accurate directional and height-relating information about the location of the installed pipe. The laser beam is transmitted from the launching shaft towards the laser target, installed on the rear side of the tunnelling shield. The data is then transmitted to the control cabin via the data cable. The control cabin usually contains a control panel, a computer and other equipment necessary for the main operations (guidance of the machine and the jacking frame, direction and rotation speed of the cutting head, amount of lubricant, etc). [4, 5]
- Jacked pipe – pipes to be jacked must be circular in cross-section, have a smooth and uniform surface, the joints must be watertight and allow easy connection of the pipes. The designed pipes have to be able to transmit the maximum thrust force and, at the same time, the transverse ground/rock pressures exerted by the environment. The materials used for jacking have already been mentioned above. [4]

5. JACKING (MICROTUNNELLING) OF DN 1200 STEEL CASING PIPES

Preparatory phase

The work itself was preceded by a thorough, almost six-month lasting preparation. With respect to the expected occurrence of plastic clay, a sedimentation tank was added to the separation unit. This doubled the drilling fluid store to almost 60m^3 and extended the time between the drilling fluid changes. The degraded drilling mixture was always pumped into additional sedimentation tanks and then gradually transported by a septic truck to a waste dump. For this reason, it was necessary to provide a tank container and two other tanks. Furthermore, a tool warehouse, a fuels warehouse and a tunnel line accessories warehouse were made from shipping containers. The jacking frame owned by the contractor is designed for jacking of max. 3m long pipes. Jacking of 6m long pipes was considered on the construction site in Obříství. Therefore, an intermediate jacking piece (so-called spacer, see Fig. 5) was produced in advance. It was inserted into the jacking frame after each 3m long jacking step and the jacking process continued. Last but not least, the individual components of the mechanical equipment were tested and serviced. HERRENKNECHT supplied a special steel plate with rubber sealing to be installed in the launching shaft and an articulated joint with sealing, which was used to connect the back-up pipe (an auxiliary pipe, approx. 2.5m long, allowing for insertion of a flexible joint between the machine and pipes for the flushing suspension) to the first steel pipe. This joint allowed the operator to better control the machine. Furthermore, an extension was installed on the AVN800XC-A tunnelling shield and the shield was equipped with a larger cutting head. This increased the borehole diameter from 1140mm to 1348mm.

zdroj: J. Brabec source: J. Brabec

Obr. 6 Přední betonový blok s ocelovou deskou a gumovým těsněním, odřezávání štětovnic v místě prostupu
Fig. 6 Front-end concrete block with a steel plate and rubber sealing, cutting off of sheet piles in the place of the opening

Na povrchu v okolí startovací šachty byl propojen řídicí kontejner s hlavním dieselagregátem. Sedimentační nádrže byly propojeny s hnacím čerpadlem a separační jednotka propojena s šachtovým čerpadlem. V obou směrech hydraulického systému došlo k zapojení průtokoměrů. Pro snižování tlačných sil se uvažovalo s lubrikací nadvýrubu směsí bentonitové suspenze s polymery. Výsledná suspenze byla injektována do nadvýrubu pomocí bentonitové míchačky Häny IC310, a to skrze tři lubrikační otvory vytvořené po 120° v přední části první ocelové trouby. Vzhledem k tomu, že tato část trouby byla následně vytlačena a odříznuta v cílové šachtě, nebylo nutné řešit dodatečné zaslepování injektážních otvorů. Přípravné práce byly dokončeny za 20 dní (obr. 7).

On 21 January 2021, the client, Subterra a.s., handed over the site arrangement. In the first phase, the terrain in the vicinity of the already finished launching shaft was hardened with recycled concrete, and subsequently the transport of all mechanical equipment and accessories began. Approximately fifteen semi-trailers were needed to transport the equipment. During the gradual supplying of the pipes, preparatory work started in the launching and receiving shafts. At the point of passage of the pipejack through the sheeting, the front concrete block was concreted, over the entire width of the shaft, up to the height of the first spacer frame. The front concrete block was concreted at the point of the passage of the pipejack through the sheeting, across the entire width of the shaft, up to the height of the first bracing frame. After concreting, a 2×2m steel plate with a rubber sealing was mounted on this block (block thickness ca 1.5m, with openings 1.5m in diameter) (see Fig. 6). Before starting the excavation, the cutting head of the tunnelling shield is pushed ahead beyond this sealing, which then prevents the flushing fluid mixture from escaping back into the shaft. It also serves as protection against the inflow of groundwater into the shaft after the jet grouted columns are drilled through. The same front-end block with openings was concreted in the receiving shaft. After concreting the front-end block, the thrust frame was fitted on the axis of the pipejack. In the space behind the thrust frame, an about 0.5m thick backstop block with space for installation of the laser was concreted. The laser was placed on a HEB steel section, which was anchored to the concrete floor. Due to the large thrust force, and thus the possible movement of the sheet piles or the backstop block, the laser was placed independently of the launching shaft. However, the maximum thrust force during pipejacking was only about 100 tonnes (1000kN). For better mobility in the launching shaft, a wooden floor was made in the vicinity of the thrust frame. The electric and data cables together with hydraulic hoses were connected to the control container. The shaft pump was connected to the system of hydraulic transport. Finally, rails made from steel sections were installed to guide the machine during opening of the excavation. On the surface around the launching shaft, the control container was connected to the main diesel generating set. The sedimentation tanks were connected to the drive pump and the separation unit was connected to the shaft pump. Flow metres were connected in both directions of the hydraulic system. To reduce the thrust forces, lubrication of the overcutting with a mixture of bentonite suspension with polymers was considered. The resulting slurry was injected into the overcut using a Häny IC310 bentonite mixer, through three lubrication gates created at 120° spacing at the front end of the first steel tube. With respect to the fact that this part of the tube was subsequently pushed ahead and cut off in the receiving shaft, it was not necessary to solve the additional blinding of the grouting holes. The preparatory work was completed in 20 days (see Fig. 7).

zdroj: J. Brabec source: J. Brabec

Obr. 7 Razicí štít AVN800XC-A a back-up roura
Fig. 7 AVN800XC-A tunnelling shield and back-up pipe

Dobrým zvykem bývá před zahájením ražby provést slavnostní zahájení. I přes komplikovaná epidemická opatření se na stavbě sešli účastníci výstavby, aby společně s panem farářem Peterem Kováčem pokřtili nový razicí štít AVN800XC-A od firmy HERRENKNECHT (obr. 8). Tentokrát byl razicí štít pojmenován Ludmila, a to na základě umístění stavby poblíž města Mělník, coby jednoho z předpokládaných míst narození kněžny svaté Ludmily. Rok 2021 patří také k významnému 1100. výročí mučednické smrti svaté Ludmily.

Ražba

Z důvodu velkého tlaku podzemní vody byla navržena stěna z tryskové injektáže v místech prostupů protlaků se štětovou stěnou, a to i u cílové šachty. Při odřezání štětovnic (v místě prostupu pro první protlak) došlo k nekontrolovanému provalení materiálu do startovací šachty. Na poslední moment se povedlo z šachty zachránit laser a ovládací panel tlačného rámu, které by mohla voda poškodit. Poté byla šachta uměle zaplavena a trysková injektáž se musela provést znovu a lépe. Vlivem zatopení šachty došlo k nabytí objemu dřevěných klínů u rozpěrných rámů a částečnému pohybu štětovnic. Vznikla tím malá trhlina mezi betonovým blokem a štětovnicemi, kterou bylo nutné následně doinjektovat polyuretanem. Po zahájení protlačování bylo nutné zajistit relativně velký hydrostatický protitlak (7,5 m vodního sloupce), který působil na stroj a kolonu ocelových trubek při vkládání tlačného mezikusu, případně při dotlačení trouby do konce. Bylo potřeba trouby nějakým způsobem zajistit proti pohybu zpět do šachty (trouby byly zajištěny pomocí upínacích řetězů ráčnovým napínákem k pažení šachty). Stejně tak bylo nutné vytvořit pro svářeče dostatečný prostor od gumového těsnění. Z toho důvodu

zdroj: J. Brabec source: J. Brabec

Obr. 9 Prorážka
Fig. 9 Breakthrough

zdroj: Jiří Čermák source: Jiří Čermák

Obr. 8 Slavnostní požehnání od pana faráře Petera Kováče
Fig. 8 Celebratory blessing from parish priest Peter Kovář

It is good practice to make a grand opening before the tunnel excavation begins. Despite complicated epidemic measures, the construction participants met on the construction site to christen the new AVN800XC-A tunnelling shield from HERRENKNECHT together with the parish priest Peter Kováč (see Fig. 8). This time, the tunnelling shield was named Ludmila, based on the location of the construction near the town of Mělník, one of the presumed places of birth of Princess St. Ludmila. The 2021 year also marks a significant 1100th anniversary of the martyrdom of St. Ludmila.

Excavation

Due to the high groundwater pressure, a jet grouting wall was designed in the places of penetrations of the pipejacks through the sheet pile wall, even at the receiving shaft. During the cutting off of the sheet piles (at the point of the opening for the first pipejack) there was an uncontrolled incursion of the material into the launching shaft. At the last moment, the laser and the control panel of the thrust frame, which could be damaged by water, were saved from the shaft. Then the shaft was artificially inundated and the jet grouting process had to be repeated, and better. Due to the inundation of the shaft, the volume of wooden wedges at the spacer frames increased and the sheet piles were partially shifted. A small crack originated between the concrete block and the sheet piles. It had to be subsequently grouted with polyurethane. After starting the jacking, it was necessary to ensure a relatively large hydrostatic back pressure (7.5m of water column), which acted on the machine and the column of steel pipes when inserting the intermediate jacking piece, or when pushing the tube to the end. It was necessary to secure the tubes in some way against movement back into the shaft (the tubes were fixed to the shaft sheeting with clamping chains by a ratchet tensioner). It was also necessary to create a distance from the rubber sealing sufficient for the welders. For this reason, the conclusion was drawn that the shaft for jacking the pipes was small and the length of the jacking tubes would be reduced from 6m to 5m. After all these problems occurred, the tunnelling shield set out ahead at advance rate around 15mm/min. At this rate, the 5m long tube was successfully thrust and another was welded in a round-the-clock shift. These advance rates were achieved only in marlstone, which occurred in up to 30m long section of the pipejack. The remaining 70m were jacked through plastic clay, where the machine was pushed at a rate of only 5–6mm/min. The jacking and welding of one tube took two shifts. During the jacking process, the work was carried out in the round-the-clock operation. Despite all the

bylo rozhodnuto, že je šachta pro provádění protlaků malá a protlačovací trouby se zkrátí z 6 m na 5 m. Po výskytu všech těchto problému se razicí štít rozjel s postupy okolo 15 mm/min. Touto rychlostí se povedlo 5 m dlouhou troubu zatlačit a další navařit za dvanáctihodinovou směnu. Těchto postupů se dosahovalo pouze ve slínovci, který se vyskytoval do 30 m délky protlaku. Zbývajících 70 m se protlačovalo skrz plastické jíly, kde byl stroj tlačen rychlostí pouhých 5–6 mm/min a protlačení a navaření jedné trouby trvalo směny dvě. V průběhu protlačování probíhaly práce při nepřetržitém provozu dvacet čtyři hodin. Přes veškeré výše uvedené překážky se povedlo úspěšně prorazit první protlak 13. 4. 2021 (obr. 9).

Relativní výzvou bylo „trefit se“ v cílové šachtě do předem vybetonovaného předního bloku. V průběhu ražby docházelo ke kontrolním geodetickým měřením polohy stroje a drobným směrovým korekcím laserového paprsku (nepatrná nepřesnost v původním nastavení laserového paprsku může na délce 100 m způsobit odchylku v řádu cm). Hlava razicího štítu o vnějším průměru 1348 mm musela být navedena do již připravených 1500 mm prostupů v předních blocích. K dispozici byla rezerva 7,5 cm. Když se stroj přiblížil ke štětové stěně a zarazil se do tryskové injektáže, proběhlo poslední geodetické zaměření. Výsledkem bylo přesné osazení ocelové desky s těsněním vzhledem k pozici řezné hlavy a mohlo se začít s odřezáváním štětovnic. V další fázi došlo k prorážce (obr. 10). Stroj byl odpojen, vytlačen a přemístěn zpět ke startovací šachtě na druhý protlak. Jakmile byly trouby dotlačeny do finální pozice, byla zahájena polyuretanová injektáž meziprostoru za ocelovou deskou s těsněním, prostoru mezi betonovým blokem a ocelovou troubou, a dále byla deska demontována jak ve startovací, tak i v cílové šachtě. Polyuretanová injektáž byla z hlediska technického i ekonomického značně náročnější, než bylo původně předpokládáno. Finální část spočívala v namontování pojistné ocelové desky okolo ocelové trouby, zavaření desky k troubě a odříznutí zbývající části ocelové chráničky. Tímto byl protlak prvního ramene shybky dokončen a připraven pro navazující práce.

zdroj: Lukáš Prokůpek source: Lukáš Prokůpek

Obr. 10 Prorážka do cílové šachty
Fig. 10 Breakthrough to receiving shaft

above-mentioned obstacles, the first pipejack successfully broke through on 13 April 2021 (see Fig. 9).

The relative challenge was to “hit” the pre-concreted front-end block in the receiving shaft During the excavation, checking survey measurements of the machine position and minor directional corrections of the laser beam were carried out (a slight inaccuracy in the original setting of the laser beam can cause a deviation in the order of cm in the pipe jacking length of 100m). The cutterhead of the tunnelling shield with an outer diameter of 1348mm had to be guided into the already prepared 1500mm openings in the front-end blocks. A reserve of 7.5cm was available. The last geodetic survey took place when the machine approached the sheet pile wall and was thrust into the jet grouted wall. The result was the accurate fitting of the steel plate with the sealing with respect to the position of the cutterhead, and the cutting off of the sheet piles could begin. The breakthrough took place in the next phase (see Fig. 10). The machine was disconnected, pushed out and moved back to the launching shaft for the second pipejack. As soon as the pipes were pushed into the final position, injecting of polyurethane grout into the intermediate space behind the steel plate with the seal, the space between the concrete block and the steel pipe, started. In addition, the plate was dismantled both in the launching and the receiving shaft. Polyurethane grouting was technically and economically much more demanding than originally assumed. The final part consisted in installation of a safety steel plate around the steel pipe, welding of the plate to the pipe and cutting off of the remaining part of the steel casing pipe. This step completed the jacking of the first arm of the inverted siphon and prepared it for follow-up work.

Finishing phase

After the completion of the first pipejack, preparatory work was carried out for the excavation of the second arm, axially only 2m to the right. After pulling all the tunnel lines (slurry pipes, hydraulic hoses, a data cable and bentonite hoses) from the pipejack, the launching shaft was cleaned – the thrust frame was dismantled and the backstop blocks were removed. This was followed by a new installation of the thrust frame and concreting of new backstop blocks. The excavatin was resumed after a week of work. With regard to the already well-known geological conditions (see Fig. 11), the composition of the flushing mixture was adjusted and changed much more frequently. The mixture in the sedimentation tanks of the separation unit was always completely pumped out and the tanks were filled again after thrusting the five-meter tube, during the process of welding another tube to the preceding one (in a time of approx. 6 hours). The flushing mixture rapidly degraded, mainly due to the large proportion of dispersed clay. This mixture was then transported to a landfill. Thanks to the frequent replacing of the flushing mud, as well as the addition of polymers to prevent clay swelling and sticking of drilling tools, the process accelerated almost three times. The jacking of the pipes of the second 100m long arm was successfully completed in very difficult geological conditions in just 15 days. The structure was handed over on 13 May 2021. The net time of microtunnelling for two 100m long arms of steel casing pipes DN 1200 thus lasted 2.5 months.

6. CONCLUSION

The construction proved to be very technically demanding, mainly due to jacking the pipes below the water table, complex geological conditions, but also due to the tight deadline. However, everything was managed very well, mainly thanks to the quality of the team. The staff did not underestimate the important preparation, everything was done with great responsibility and enthusiasm. Furthermore, it is appropriate to emphasize the quality of technical

Dokončovací fáze

Po dokončení prvního protlaku probíhaly přípravné práce na ražbu druhého ramene osově vzdáleného pouze 2 m vpravo. Po vytažení veškerého tunelového vedení (slurry trubky, hydraulické hadice, datový kabel a bentonitové hadice) z protlaku byla vyčištěna startovací šachta – byla provedena demontáž tlačného rámu a odstranění opěrných bloků. Následovalo nové osazení tlačného rámu, betonáž nových opěrných bloků a ražba byla po týdnu prací opět zahájena. S ohledem na již dobře známé geologické podmínky (obr. 11) došlo k úpravě složení vrtné výplachové směsi a daleko častěji se měnila. Směs v sedimentačních nádržích separační jednotky byla vždy po zatlačení pětimetrové trouby, v průběhu navařování další trouby (v čase cca 6 hod.), komplet přečerpána a napuštěna nová. Vrtná směs byla rychle znehodnocená především z důvodu velkého podílu rozptýlených jílů. Tato směs byla následně odvážena na skládku. Vzhledem k časté výměně výplachu, a také přidáním polymerů zamezujícím bobtnání jílů a lepení vrtných nástrojů, se postup téměř třikrát zrychlil. Protlak druhého 100 m dlouhého ramene byl úspěšně dokončen ve velmi složitých geologických podmínkách za pouhých 15 dní. Předání stavby proběhlo dne 13. 5. 2021 Čistá doba realizace mikrotunelování dvou 100 m dlouhých ramen ocelových chrániček DN 1200 tak trvala 2,5 měsíce.

6. ZÁVĚR

Realizace se ukázala jako velmi technicky náročná, a to především z důvodu protlačování pod hladinou podzemní vody, složitým geologickým podmínkám, ale také z důvodu napjatého termínu. Vše se však podařilo výborně zvládnout především díky kvalitnímu týmu. Pracovníci nepodcenili důležitou přípravu, vše bylo prováděno s velkou zodpovědností a nadšením. Dále je vhodné zdůraznit kvalitu technologického vybavení od firmy HERRENKNECHT, která byla stabilním partnerem, a to už v období přípravy na daný projekt. Razicí štít Ludmila se nyní připravuje na další významnou zakázku, na výstavbu dálniční kanalizace podél tunelu Pohůrka v Českých Budějovicích, kde bude razit cestu železobetonovým trubkám DN 800, a to v celkové délce 792 m.

Po úspěšném dokončení mikrotunelovacích prací na obou ramenech shybky byla zahájena montáž vlastního vodovodního potrubí z trubek z tvárné litiny DN 800. Trubky byly montovány z pravobřežní, původně startovací šachty.

Ing. JAN BRABEC, brabec.jan@hydrotechnik.cz,
HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o.,
Ing. LADISLAV SOMMER, ladislav.sommer@sweco.cz,
Ing. RICHARD SCHEJBAL, richard.schejbal@sweco.cz,
SWECO Hydroprojekt a.s.

Recenzoval Reviewed: Dr.-Ing. Zdeněk Žižka

zdroj: J. Brabec source: J. Brabec

Obr. 11 Čištění sít separační jednotky
Fig. 11 Cleaning of separation unit screens

equipment from HERRENKNECHT company, which was a stable partner already in the period of preparation for the project. The Ludmila tunnelling shield is now preparing for another important contract, for the construction of a motorway sewer along the Pohůrka tunnel in České Budějovice, where it will pave the route for reinforced concrete tubes DN 800, with a total length of 792m.

After the successful completion of microtunnelling operations on both arms of the inverted siphon, the assembly of the water supply pipeline made from ductile cast iron pipes DN 800 started. The pipes were assembled from the right-bank, originally the launching shaft.

Ing. JAN BRABEC, brabec.jan@hydrotechnik.cz,
HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o.,
Ing. LADISLAV SOMMER, ladislav.sommer@sweco.cz,
Ing. RICHARD SCHEJBAL, richard.schejbal@sweco.cz,
SWECO Hydroprojekt a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] RACLAVSKÝ, J. DOS M 01.01.BVT Slovník pojmů ve výstavbě bezvýkopové technologie. Praha: Informační centrum ČKAIT, spol. s r.o., 2004. 128 s. ISBN 80-86769-24-0
[2] ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Praha: Český normalizační institut, únor 2001
[3] BARTÁK, J. a kol. Uživatelská příručka pro mechanizované tunelování v podmínkách ČR. Svazek 7. Praha: Česká tunelářská asociace ITA-AITES, z. s., 2014. 100 s. ISBN 978-80-260-5957-8
[4] NAJAFI, M. Trenchless Technology: Planning, Equipment, and Methods. New York, USA: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2013. 582 s. ISBN 978-0-07-176245-8
[5] Tunnelling: AVN Machine. Herrenknecht.com [cit. 2017-30-10]. Dostupné z WWW: https://www.herrenknecht.com/en/products/core-products/tunnelling/avn-machine.html.

FOTOREPORTÁŽ Z POSTUPU STAVBY „PRODLOUŽENÍ TRAMVAJOVÉ TRATI KE KAMPUSU MU V BRNĚ – BOHUNICÍCH“ – ZIMA / LÉTO 2021

PICTURE REPORT FROM PROGRESS OF „EXTENSION OF TRAM LINE TO CAMPUS OF MASARYK UNIVERSITY IN BRNO – BOHUNICE“ PROJECT – WINTER /SUMMER 2021

FOTO ONDŘEJ HORT, ARCHIV SPOLEČNOSTI SPRÁVCE STAVBY PRO TT KAMPUS
PHOTO ONDŘEJ HORT, ARCHIVE OF THE COMPANY OF THE CONSTRUCTION ADMINISTRATOR FOR THE TL

Obr. 1 Pohled z tunelu SO 602 v místě „provizorního portálu“ do budoucí jámy SO 601 – 02/2021
Fig. 1 View from SO 602 tunnel in the location of “temporary portal” to the future SO 601 construction pit – 02/2021

Obr. 2 Pohled na jámu SO 601 a na „provizorní portál“ z obr. 1 z protější strany o pět měsíců později – 07/2021
Fig. 2 View of SO 601 construction pit and the “temporary portal” from Fig. 1 taken from opposite side five months later – 07/2021

Obr. 3 Pohled na hloubení posledních podzemních stěn tunelu SO 602 – 01/2021
Fig. 3 View of trenching for the last diaphragm walls of SO 602 tunnel – 01/2021

Obr. 4 Pohled na tytéž podzemní stěny jako na obr. 3 o šest měsíců později a deset metrů hlouběji – 07/2021
Fig. 4 View of the same diaphragm wall as that in Fig. 3 taken six month later and ten metres deeper – 07/2021

Obr. 5 Pohled do jámy stanice Nová Jihlavská SO 603 a navazujícího tunelu pod ulicí Labská SO 604 – 01/2021
Fig. 5 View down the construction pit for SO 603 Nová Jihlavská station and the following SO 604 tunnel under Labská Street – 01/2021

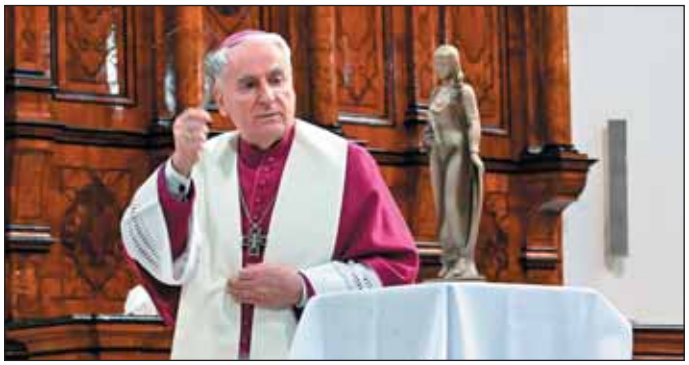
Obr. 6 Obdobný pohled jako na obr. 5 o šest měsíců později a 15 metrů výše – 07/2021
Fig. 6 Similar view as that in Fig. 5 taken six months later and 15m higher – 07/2021

FOTOREPORTÁŽ Z OSAZENÍ SOŠKY SVATÉ BARBORY NA STAVBĚ TRAMVAJOVÉHO TUNELU ŽABOVŘESKÁ V BRNĚ DNE 10. ČERVNA 2021

PICTURE REPORT FROM INSTALLATION OF SAINT BARBARA STATUETTE ON CONSTRUCTION SITE OF ŽABOVŘESKÁ TRAM TUNNEL IN BRNO ON 10 JUNE 2021

FOTO ARCHIV SUBTERRA A.S.
SUBTERRA A.S. PHOTO ARCHIVE

Obr. 1 Litinová podoba svaté Barbory má hmotnost 15 kilogramů a výšku půl metru
Fig. 1 The cast iron form of St. Barbara weighs 15 kilograms and is half a meter high



Obr. 2 V brněnské katedrále sošku požehnal biskup Vojtěch Cikrle
Fig. 2 Bishop Vojtěch Cikrle blessed the statue in the Brno Cathedral

Obr. 3 Poté byla patronka pracovníků v podzemí převezena na stavbu
Fig. 3 After that, the patron of underground workers was transported to the construction site

Obr. 4 Svatá Barbora byla osazena do schránky na severním portálu
Fig. 4 Saint Barbara was placed in a box on the northern portal

Obr. 5 Divize 1 Subterra a.s. zahájila ražbu počátkem letošního května
Fig. 5 Division 1 of Subterra a.s. started the excavation of the tunnel at the beginning of May 2021

Obr. 6 Na rozpojování horniny byly nasazeny také trhací práce
Fig. 6 Drilling and blasting was used for rock breaking

Dramix®

Spevňovanie pri post-trhlinovom chovaní betónu s vláknami s nízkymi celkovými nákladmi.

Vystužovanie betónu oceľovými vláknami

Použitie oceľových vlákien v betóne pre tunelové aplikácie zabezpečí jednoduchú spracovateľnosť a optimálnu kontrolu šírky trhliny. Výsledkom je:

- Bezpečnejší betónový prvok s dlhšou životnosťou
- Znížená uhlíková stopa
- Nižšie celkové náklady.

BEKAERT
better together

Abu Dhabi, STEP

Navštívte stránku www.bekaert.com/underground pre bližšie informácie a kontaktujte svojho lokálneho špecialistu pre tunely.

firesta

„Stavíme pro Vás"

FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.
Mlýnská 68, 602 00 Brno
Tel.: 543 532 231, 233
e-mail: firesta@firesta.cz, **www.firesta.cz**

Projektový manažer - tunelové stavby

Hledáme do našeho dynamického týmu nové kolegy v Praze. Do výběrového řízení se můžete přihlásit přes naše webové stránky: https://bit.ly/ProjektovyManazerTunely

Pro bližší info kontaktujte: kariera@spravazeleznic.cz

Požadujeme

- VŠ/SŠ v oboru stavebnicví
- Uživatelská znalost MS Office
- Znalost Stavebního zákona a orientace v legislativě, technické dokumentaci a systému výstavby
- Zkušenost s projektováním nebo projektovým řízením
- Vynikající komunikační dovednosti a písemný projev

Pracovní náplň

- Samostatné vedení a řízení projektů železničních dopravních staveb, zejména v oblasti tunelů a geotechnicky složitých staveb
- Proaktivní a korektní komunikace se zástupci municipalit, zhotoviteli, projektanty a veřejností
- Řešení legislativních náležitostí, technických problémů a smluvních záležitostí
- Kontrola dodržování stanoveného harmonogramu díla, jeho věcného rozsahu, rozpočtu a nákladů

Nabízíme

- 30 dnů dovolené
- Jízdní výhody ČD
- Po roce příspěvek na penzijní spoření
- Příspěvek na dovolenou a stravování
- Volnočasovou kartu MultiSport aj.

SPRÁVA ŽELEZNIC

Pro rychlejší přístup použijte QR KÓD

Promat

Konstrukce pro podzemní stavby

- **Protipožární obklady železobetonových konstrukcí tunelů - PROMATECT®**
- **Protipožární nástřiky železobetonových konstrukcí podzemních staveb - Cafco-FENDOLITE® MII**
- **Ochrana kabelových tras - zajištění třídy funkčnosti - PROMATECT®**
- **Těsnění prostupů instalací - kabelů, potrubí - PROMASTOP®, PROMASEAL®**
- **Odvod kouře a tepla, vzduchotechnika s požární odolností - PROMATECT®**
- **Výplně otvorů s požární odolností - PROMAGLAS®, PROMADRAHT®**

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

T +420 224 390 811
F +420 233 333 576
promat.praha

GSM 605 PROMAT
606 PROMAT
776 PROMAT

www.promatpraha.cz
www.promat.tech
promat.praha@etexgroup.com

MOZAIKA ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

■ **Přípravné práce pro stavbu druhé tunelové trouby Gotthardského silničního tunelu**

V polovině března 2021 švýcarský federální silniční úřad uzavřel kontrakt na provedení přípravných prací pro stavbu druhé tunelové trouby Gotthardského silničního tunelu. Na severní straně jde především o 4 km dlouhý přístupový tunel k poruchové zóně, dále bude vyražena velká podzemní kaverna pro betonárnu a skladování kameniva a další potřebné přístupové a servisní šachty a tunely. Práce byly zahájeny na jaře roku 2021 a měly by být dokončeny během asi 2,5 roku.

■ **Pokračují práce v nejjižnější části Brennerského bázového tunelu**

Jednou z velmi náročných částí stavby u jižního (italského) konce Brennerského bázového tunelu je podchod řeky Isarco čtyřmi tunely – dvěma hlavními a dvěma propojujícími. Jak jsme již v minulých číslech informovali, pro ražbu tunelů v balvanitých nesoudržných horninách nasycených vodou dotovanou z podcházené řeky bylo nutné použít zmrazování. Na obou březích řeky byly vyhloubeny vždy dvě šachty hloubky 25 m, ze kterých se nejprve prováděly práce související s vytvořením obálky zmrazené horniny pro první ze dvou propojovacích tunelů.

V první fázi bylo zmrazování zahájeno cirkulací kapalného dusíku o teplotě –196 °C, který vytvořil kolem budoucího profilu tunelu zmrazenou obálku. Pro zajištění její bezpečné stability během ražby tunelu potom nahradila dusík použitý v prvé fázi solanka o teplotě –30 °C až –35 °C.

Zmrazování úspěšně probíhalo na podzim roku 2020 a následně mohla být zahájena ražba prvního propojovacího tunelu. V polovině března 2021 bylo pak dokončeno zmrazování obálky pro ražbu prvního ze dvou hlavních tunelů.

K březnu 2021 bylo vyraženo na celé stavbě 138 km tunelů z celkových 230 km. Vyraženo bylo: 47 km hlavních tunelů, 51 km průzkumných tunelů a 40 km tunelů přístupových a zásobovacích.

Na trase v Jižním Tyrolsku pracují směrem k státní hranici mezi Itálií a Rakouskem tři tunelovací stroje firmy Herrenknecht. Dva razí hlavní železniční tunely a jeden razí průzkumný tunel, který se po uvedení tunelů do provozu stane tunelem servisním. Jeden ze strojů o průměru 10,65 m pojmenovaný Virginia dosáhl v březnu 2021 mimořádného výkonu – vyrazil a vystrojil 860 m tunelu, což znamená průměrný denní výkon 27,7 m. Nejlepší denní postup byl 36,75 m.

■ **Dosud největší multimodální tunelovací stroj od firmy Robbins byl nasazen v Číně**

Na ražbu 2,5 km dlouhého železničního tunelu v deltě Perlové řeky v Číně byl nasazen ke konci března 2021 multimodální tunelovací stroj o průměru 9,16 m vyrobený firmou Robbins. Čekají ho velmi proměnlivé geotechnické podmínky od mírně až silně zvětralých jílovitých břidlic a pískovců. Čelba při ražbě bude často velmi heterogenní, zastiženy budou poruchové zóny, měkké a nesoudržné horniny i tvrdé skalní horniny v celé čelbě. Obsah křemene podrcených nebo kompaktních skalních hornin bude více než 50 %.

Přitom změny podmínek na čelbě se budou rychle a překvapivě měnit, což je asi největší výzva, na kterou při konstrukci stroje byla snaha se připravit. Tlak podzemní vody dosáhne hodnot přes 7 barů.

■ **Norsko připravuje 1,7 km dlouhý tunel pro lodní dopravu**

Správa norského mořského pobřeží připravuje stavbu 1,7 km dlouhého tunelu, který spojí dva fjordy a bude sloužit pro osobní i nákladní námořní dopravu. Tunel bude 37 m vysoký a 26,5 m široký. Důvodem pro jeho stavbu je skutečnost, že přilehlá část norského moře (Stadhavet Sea) je pro lodě velmi nebezpečná i obtížná na navigaci. Lodní tunel Stad bude ražen metodou drill and blast, doba ražby se předpokládá tři až čtyři roky.

Tunel spojí dva fjordy, které mají jen malý rozdíl hladin při přílivu a odlivu. To způsobí proudění vody v tunelu o rychlosti dvou uzlů, což neznamená žádný problém pro plavbu lodí. Tunelem mohou proplouvat lodě šířky až 21,5 m, takže na každé straně bude volný prostor šířky 2,5 m.

Kontrakt by měl být podepsán koncem roku 2021, což umožní zahájení prací v roce 2022.

■ **Oceán to zvládne?**

Hranice mezi Argentinou a Uruguayí ve směru na západ od Atlantického oceánu běží zátokou, která na hranici oceánu je široká 200 km, a ústí do ní dva veletoky: Paraná – ten odvodňuje velkou část Argentiny, a Uruguay (odvodňuje stejnojmenný stát). Při ústí těchto řek je zátoka, nazývaná Rio de la Plata, široká 40 km; toto místo je 290 km vzdálené od hranice Atlantického oceánu, kde má zátoka šíři 200 km. Na březích zátoky leží hlavní města obou států – na severu je to uruguayské Montevideo, na jihu daleko větší argentinské Buenos Aires se svými 4 mil. obyvatel, s tím, že v celé aglomeraci tohoto města žije 14 mil. obyvatel a je zde soustředěn podstatný díl průmyslové infrastruktury celé země.

Husté osídlení aglomerace hlavního města Argentiny a zde soustředěný průmysl způsobují velký ekologický problém. Z tohoto území tečou nečištěné městské a průmyslové odpadní vody do řeky Riachuelo, která protéká městem Buenos Aires a východně od města ústí do zátoky Rio de la Plata. Riachuelo je jednou z nejvíce znečištěných řek světa a z tohoto hlediska soutěží v míře znečištění s indickou Gangou.

Tímto neblahým stavem se v roce 2008 zabýval argentinský nejvyšší soud a nařídil provedení sanitárních opatření, která by vedla k radikálnímu zlepšení životního prostředí.

První rozsáhlé opatření se v současné době dokončuje. Podstatou je podchycení odpadních vod z města i z průmyslu do kmenového sběrače o kapacitě až 27 m^3/s, který je odvede podél břehu zátoky východním směrem. Tím bude zabráněno, aby řeka Riachuelo byla nadále odpadními vodami znečišťována. Výsledkem opatření ovšem bude, že odpadní vody se vypustí do vod zátoky sice v dostatečné vzdálenosti od městské aglomerace a v dostatečné vzdálenosti od břehu.

Na konci kmenového sběrače se na břehu zátoky vyhloubily čtyři propojené šachty o průměru 14 m a v hloubce 50 m, ze kterých se EPB štítem o průměru 5,2 m dodaným firmou Herrenknecht vyrazil pod mořským dnem 12 km dlouhý tunel. Ten má jednoplášťové segmentové ostění tl. 300 mm. Po ukončení ražby byl stroj ponechán v podzemí a zabetonován. V tunelu byly instalovány koleje a po nich jezdící vláček rychlostí 15 km/hod. doveze za 45 min. posádku nebo materiály na konec vyraženého tunelu.

Pak následovala mimořádná operace, která asi ještě nebyla na žádné stavbě světa použita: dovrchní svislé protlačování ocelových trub tlačnou stanicí instalovanou v tunelu o světlém průměru 4,6 m. Tato technologie se zvolila po posouzení řady variant a po provedení mnoha zkoušek.

Na konci tunelu byly v určitých vzdálenostech do vrcholu klenby osazeny speciální segmenty s připravenou průchodkou, přes kterou bylo protlačováno svisle vzhůru ocelové potrubí postupně nastavované z jednotlivých dílů do celkové délky 30 m. Těchto vypouštěcích potrubí je celkem 34, každé váží 600 kg a horní konec potrubí je v nevelké výšce nad dnem moře. Jejich úkolem je také přispět k rozptýlení vypouštěných vod.

Na horním konci prvního dílu potrubí byly instalovány trysky, ze kterých proudí voda pod vysokým tlakem a rozrušuje horniny mořského dna, přes které protlačované trouby procházejí. Na prvních osmi metrech se nacházejí vrstvy písku, což znamená zvýšené tření, a tudíž použití větší tlačné síly, pak už probíhá protlačování v měkkých jílovitých horninách a v bahně. Použití trysek snížilo tlačnou sílu z 2000 t na 400 t.

V tunelu pracují simultánně dvě protlačovací soupravy, zatlačení jednoho ocelového potrubí délky 30 m trvá jeden den.

Celý projekt je navržen s životností 100 let.

Pozn.: V článku, ze kterého byly čerpány informace o stavbě, není žádná zmínka o tom, že by argentinské úřady plánovaly výstavbu čistíren vypouštěných vod.

■ **Jedna z nejhlubších stanic metra se staví ve Stockholmu**

Modrá linka stockholmského metra se prodlužuje na jihovýchod od centrální části města. Na lince leží v mimořádné hloubce 100 m pod terénem stanice Sofia. Zakázku na její výstavbu získala společnost Implenia, která v rámci své dodávky postaví ještě výtahové šachty, traťové tunely délky 4,6 km (metodou drill and blast) a souběžný servisní tunel.

Výtahové šachty budou vybaveny osmi velkými rychlovýtahy, které cestující dopraví nahoru nebo dolů během 30 vteřin. Předpokládaná doba výstavby je od 3. čtvrtletí 2021 do 4. čtvrtletí 2025.

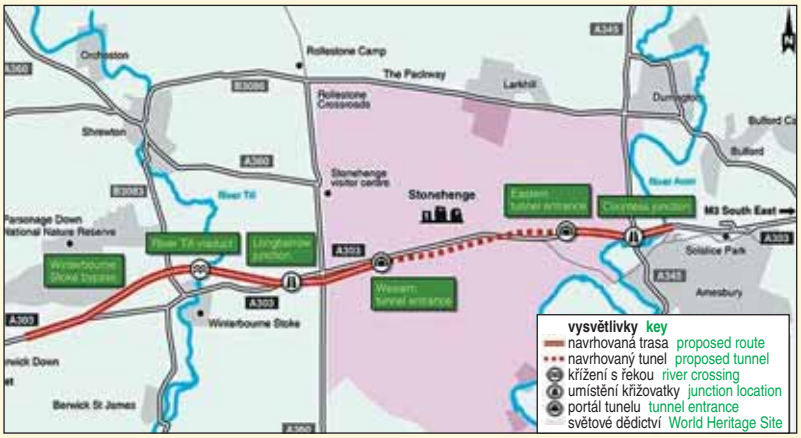
Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

PROBLÉMY S TUNELOVÝM PŘEVEDENÍM SILNICE A 303 OBLASTÍ SVĚTOVÉHO KULTURNÍHO DĚDICTVÍ STONEHENGE

PROBLEMS WITH TUNNELLED DIVERSION OF ROAD A303 ACROSS STONEHENGE WORLD HERITAGE SITE

Stonehenge is a circular complex of menhirs formed by huge, 2m high vertical sandstone blocks with horizontal stone blocks continually placed on them in the past. This world-famous megalithic monument is located in the centre of a large complex of structures from the Late Stone Age and the Bronze Age. The work on the Stonehenge complex began around 3100 BC, the construction of the menhir monument in southern England itself took about 2000 years (with breaks). The monument was then abandoned for unknown reasons. The problem is that the major A303 road, one of the main transport arteries of south-west England, crosses the Stonehenge World Heritage Site. Therefore, already in the 1990s, it was proposed to shift the A303 road underground. This solution underwent certain development changes, which resulted in 2017 in the government's approval of the intention to modernise the 13km long, only two-lane type, section of the A303 road into a four-lane section, including the construction of a 2.9km long motorway-type tunnel with two tunnel tubes. The tunnel route is by another 50m more distant from the Stonehenge monument. The tunnel alignment will be led so deep (approx. 40m) that the sphere of the near subsurface, in which the archeological sites are located, is not endangered. In this sense, both portals, which must be constructed at this height level of archaeological deposits, remain a certain problem. The plan was approved by the government in 2017, despite strong objections from UNESCO, archaeologists, ecologists, activists and contemporary clergy, who consider the place sacred. Many opponents made the approval of the tunnel on the modernised A303 road conditional on the tunnel being extended to a minimum of 4.5km, i.e. with portals outside the area of the Stonehenge complex. Under their pressure, the tunnel was proposed to be extended to 3.3km, representing a total investment of £ 1.7 billion. In mid-2019, Highways England began a long-term process of selecting potential contractors for the construction of the tunnel on the A303 road. The contract will be awarded in the "design and built" system (FIDIC Yellow Book) in a one-stage procurement procedure. The decision to excavate the tunnel, either using the conventional SCL (Sprayed Concrete Lining) method or using full-face tunnel boring machines, is therefore left to the selected contractor. Highways England, collaborating with legal and technical consultants, expected the completion of the selection of the tunnel construction contractor in 2021 and the start of construction in the same year. However, in January 2021, the project was suspended due to a legal dispute as activists from the Save Stonehenge World Heritage Site applied for a judicial review of the building permit for the entire proposed modernisation of the A303 motorway, including the tunnel in the Stonehenge complex.

Obr. 1 Pohled na monument Stonehenge
Fig. 1 A view of Stonehenge monument



Obr. 2 Vedení silnice A 303 oblastí Stonehenge a navrhované tunelové řešení
Fig. 2 A303 road route in Stonehenge area and the proposed tunnel solution

The results of the judicial review are not yet known. At present, it is assumed that the archaeological and preparatory operations will begin at the end of 2021, the selected contractor will be known at the beginning of 2022 and the main five-year construction phase will commence at the beginning of 2023.

Stonehenge není jen obdivované kruhové seskupení menhirů tvořených mohutnými, dva metry vysokými svislými pískovcovými bloky, na nichž byla uložena kdysi souvislá řada kamenů vodorovných (obr. 1). Tato ve světě nejznámější megalitická památka se nachází v centru rozsáhlého komplexu staveb z mladší doby kamenné i doby bronzové, který zahrnuje stovky pohřebních mohyl a dosud neprozkoumaných dílčích archeologických lokalit. Stavba komplexu Stonehenge byla započata kolem roku 3100 před naším letopočtem, samotná stavba menhirového monumentu v jižní Anglii trvala s přestávkami asi 2000 let. Monument byl pak z neznámých důvodů opuštěn.

Důvody vzniku tohoto megalitického komplexu nejsou dodnes jasné. Megalitické stavby vytvořili naši předchůdci, kteří po sobě nezanechali žádné písemné záznamy, takže o účelu megalitických památek lze v podstatě jen spekulovat. Teorií existuje celá řada, což jen názorně dokumentuje jejich nejednoznačnost. Některé z nich počítaly i s mimozemskými silami (Erich von Däniken), protože přemisťovat padesátitunové balvany, pravděpodobně ze 40 km vzdáleného lomu, se v podmínkách doby kamenné a bronzové zdá téměř nemožné. Rozhodně to byl úctyhodný výkon.

Dlouho zakořeněná teorie, že Stonehenge postavili druidové, keltští kněží, a místo pak sloužilo k jejich uctívání, je dnes již vyvrácená, neboť Keltové do Anglie přišli o více než 1000 let po vzniku stavby. Nicméně Stonehenge později Keltové pro své rituály využívali a činí tak i současná neopohanská a druidská hnutí.

Velmi rozšířeným názorem je, že Stonehenge sloužilo jako gigantický astronomický kalendář, protože je skutečností, že menhiry jsou rozmístěny velmi promyšleně a dá se s jejich pomocí sledovat několik významných ročních jevů, např. dny slunovratu. To mohlo být, při tehdejší neznalosti skutečného data, pro společnost, náboženství, a zejména zemědělství, velmi důležité. Novější vědecké poznatky však spíše než místo náboženského uctívání, pozorování astronomických úkazů či léčení neduhů pokládají monument za místo setkávání lidí z blízkého okolí i z daleka. Analýza neolitického osidlování v okolí Stonehenge prokázala, že se na místo sjížděli lidé až ze Skotska. V době letního a zimního slunovratu se zde porážel dobytek a probíhaly velké hodovní slavnosti, což lze předpokládat vzhledem k nálezům velkého množství zvířecích kostí.

Současné problémy této mimořádné neolitické památky, která byla v roce 1986 společně s nedalekým městečkem Amesbury zapsána na Seznam světového dědictví UNESCO, však spočívají ve snaze vyřešit silniční dopravu v celé oblasti Stonehenge tak, aby to uspokojilo všechny zainteresované strany, nebo alespoň jejich podstatnou většinu.

Problém spočívá v tom, že oblastí Světového dědictví Stonehenge (obr. 2) je vedena významná silnice A 303, která je jednou z hlavních dopravních tepen jihozápadní Anglie, směřující do exponovaných přímořských oblastí.

Letitá silnice A 303 je z velké části již zmodernizována na dvouproudovou komunikaci se čtyřmi dopravními pruhy, avšak v délce 13 km, včetně oblasti Stonehenge, je velmi úzká, pouze se dvěma dopravními pruhy. Roční průměr denní intenzity dopravy je cca 24 000 vozidel, což je více než dvojnásobek návrhové kapacity silnice v tomto místě. Silnice v oblasti Stonhenge je proslulá velmi častými dopravními zácpami, od vlastního monumentu je vzdálena cca 170 m (obr. 3). Důsledkem tohoto stavu je výrazné ovlivnění životního prostředí hlukem a exhalacemi zejména z kamionové, ale i osobní automobilové dopravy, nezanedbatelné je i nebezpečné přecházení silnice A 303 návštěvníky monumentu, kterých je za rok okolo 1,6 milionu.

Pro vyřešení dlouhodobě diskutovaného problému bylo již v 90. letech minulého století navrženo převedení silnice A 303 do podzemí. Toto řešení prodělalo určité vývojové změny, které vyústily v roce 2017 k vládnímu schválení záměru modernizovat 13 km dlouhý pouze dvoupruhový úsek silnice A 303 na čtyřpruhový, včetně vybudování 2,9 km dlouhého tunelu dálničního typu, se dvěma tunelovými troubami (obr. 4), jehož trasa se od vlastního monumentu Stonehenge vzdaluje o dalších 50 m. Niveleta tunelu bude vedena tak hluboko (cca 40 m), aby nebyla ohrožena sféra blízkého podpovrchu, v níž se nacházejí archeologická naleziště. Jistým problémem zůstávají v tomto smyslu oba portály, které touto výškovou úrovní nalezišť musejí projít. Nezanedbatelným přínosem je podle zastánců výstavby i obnova původní krajiny v blízkosti monumentu (obr. 5).

Ke schválení záměru vládou v roce 2017 došlo navzdory silným námitkám UNESCO, archeologů, ekologů, aktivistů i současných duchovních, kteří považují toto místo za posvátné. Oponenti tvrdí,

Obr. 3 Silnice A 303 prochází oblastí Stonehenge a je vedena cca 150 m od monumentu
Fig. 3 A303 road passes across the Stonehenge area and runs about 150m from the monument

Obr. 4 Vizualizace východního tunelového portálu nového úseku silnice A 303
Fig. 4 Visualisation of the eastern tunnel portal of the new A303 road section

Obr. 5 Vizualizace krajiny v blízkosti monumentu bez silnice A 303
Fig. 5Visualisation of the landscape in the surroundings of the monument without the A303 road

Obr. 6 Z protestů proti výstavbě tunelu
Fig. 6 From protests against the tunnel construction

že projekt tunelu může nenapravitelně poškodit starodávnou krajinu, která je stále plná dosud neobjevených archeologických památek (obr. 6). Mnozí oponenti podmiňovali souhlas s tunelem na modernizované silnici A 303 požadavkem, aby byl tunel prodloužen minimálně na 4,5 km, tj. mimo oblast komplexu Stonehenge. Pod jejich tlakem bylo navrženo prodloužení tunelu na 3,3 km, což představuje celkovou investici 1,7 miliardy liber.

Společnost Highways England, která je odpovědná za správu a rozvoj hlavních silnic a dálnic v Anglii, zahájila v polovině roku 2019 dlouhodobý proces (18 měsíců) výběru potenciálních dodavatelů pro výstavbu tunelu na silnici A 303 v místě Světového dědictví Stonehenge. Společnost zveřejnila oznámení v Úředním věstníku Evropské unie (OJEU).

K tržním konzultacím byli od dubna 2020 na základě předběžného výběru vyzváni tři uchazeči s prokázanými zkušenostmi z výstavby tunelů ve Velké Británii:

- JV (joint venture) Bouygues Travaux Publics, J. Murphy & Sons;
- JV Hochtief a Dragados;
- JV FCC Construcción, Salini Impregilo a BeMo Tunnelling UK.

Zakázka bude zadána v systému „design and built“ (žlutá kniha Fidic) v jednostupňovém zadávacím řízení. Rozhodnutí o provedení ražby tunelu buď konvenční technologií metodou SCL (Sprayed Concrete Lining), nebo pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů, je tudíž ponecháno na rozhodnutí vybraného dodavatele. Společnost Highways England, spolupracující s právními a technickými poradci, předpokládala ukončení výběru dodavatele výstavby tunelu v roce 2021, a v témže roce zahájení výstavby. V říjnu 2020 byl vybrán partner pro přípravu staveniště pro hlavního dodavatele (8,5 mil. liber) a archeologických prací (35 mil liber). V prosinci 2020 bylo vypsáno výběrové řízení na partnera pro zajištění stavebního dozoru ve výši 75 mil. liber.

V lednu 2021 se však projekt zastavil kvůli právnímu sporu, neboť aktivisté ze skupiny Save Stonehenge World Heritage Site požádali o soudní přezkum stavebního povolení na celou navrhovanou modernizaci dálnice A 303, včetně tunelu v oblasti komplexu Stonehenge. Aktivisté ke svému podání vycházeli ze zprávy vypracované pěti odbornými inspektory, kteří dospěli k závěru, že projekt „podstatně a trvale poškodí integritu památky“ a že „újma nebude kompenzována přínosy“ navrhovaného projektu. Tyto závěry reflektují obavy UNESCO, které již v roce 2019 vyzvalo vládu Spojeného království, aby v projektu nepokračoval v jeho současné podobě. Výsledky soudního přezkumu nejsou dosud známé.

V současnosti se předpokládá, že archeologické a přípravné práce budou zahájeny koncem roku 2021, vybraný dodavatel že bude znám na počátku roku 2022 a hlavní pětiletá fáze výstavby bude zahájena na začátku roku 2023.

Pro úplnost závěrečné konstatování – první konkrétní návrh na realizaci tunelu na silnici A 303 v oblasti Stonehenge byl předložen plánovací komisi Spojeného království v roce 1995.

Tento problém velmi připomíná naše vlastní obtíže, které provázejí návrhy na řešení dopravní infrastruktury, a to nejen silniční, ale i železniční. U řady našich dopravních projektů sice nejde ani v jednom případě o záležitost světového kulturního dědictví pod záštitou UNESCO, nicméně v odkládání projektů za Spojeným královstvím nijak nezaostáváme. Působením aktivistických sdružení a vlivem partikulárních zájmů orgánů místní samosprávy bylo často zahájení výstavby, a v současnosti je i dokončení rozestavěných veřejně prospěšných dopravních staveb, neustále oddalováno (viz např. nedávné prohlášení za dopravu odpovědného činitele o zbytnosti propojovacích radiál mezi Městským okruhem a Silničním okruhem kolem Prahy). Anglických 26 let odkladů pro nás není v některých případech nepřekonatelných.

S použitím uvedených pramenů zpracoval

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

LITERATURA / REFERENCES

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Stonehenge_road_tunnel
[2] https://www.bbc.co/news/uk
[3] https//infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/projects/south-west/a303-stonehenge
[4] https://www.tunneltalk.com

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 2/2021
TUNNEL AFTERNOON 2/2021

On June 2, 2021, the Tunnel Afternoon seminar took place for the second time this year. Due to the situation, the Tunnel Afternoon was again organised online using MS Teams. The theme of the lectures was for the fourth time **The Foreign Tunnel Construction Projects**. The total of six lectures were delivered. Ing. Ermín Stehlík (GZ Consultants) presented the topic **Driving metro running tunnels in Singapore**. The next lecture entitled **Mechanised excavation of the metro in Copenhagen** was prepared by Ing. Barbora Píšová, Ph.D. (HOCHTIEF Infrastructure GmbH). **Selected details of the Doha Metro Gold Line, IDRIS MTS02 sewerage and the Westgate road tunnel projects** were the title of another lecture prepared by Bc. MSc. Michal Froněk CEng., MICE, DIC (Správa železnic, s.o.). Ing. Josef Malknecht (Metrostav a.s., Division 5) continued with the topic **The Icelandic Challenges**. The next lecture was led by Ing. Robert Brož, Ph.D. (Metrostav a.s., Division 5). He talked about **The Tunnels and the Bridge on the salmon pathway near Trondheim**. The last lecture entitled **High-Speed Surveillance of Tunnels in China** was prepared by Ing. Ondřej Kostohryz.

Dne 2. června 2021 se podruhé v tomto roce uskutečnil seminář Tunelářské odpoledne. Vzhledem k situaci bylo Tunelářské odpoledne opět uspořádáno on-line pomocí MS Teams. Tématem přednášek byly **Zahraniční tunelové projekty**, a to již počtvrté v historii pořádání Tunelářských odpolední.

První přednáška s názvem **Ražba traťových tunelů metra v Singapuru** se věnovala, jak již název napovídá, ražbám v dalekém Singapuru. Ing. Ermín Stehlík (GZ Consultants) popsal nejen ražby po technické stránce, ale pozornost věnoval i kulturním rozdílům, které jsou opravu veliké. Jednalo se o ražbu dvou traťových tunelů metra, nově budované linky MRT. Zajímavostí byla nutnost použít na dva pouze 270 m dlouhé traťové tunely nový razicí stroj. Jednalo se o EPBM průměru 6,7 m, a délky 95 m, vyrobený čínskou firmou CREG. Vzhledem k omezené velikosti startovací jámy (pouze 30 m) bylo nejprve potřebné vyrazit cca 100 m, až potom mohl být stroj dokompletován v tunelu. Pro těchto prvních 100 m ražby byl závěs TBM částečně ve stavební jámě sousedící stanice, částečně na povrchu, a to pro první ražbu. Pro druhou ražbu byl závěs v prvně vyraženém tunelu. Stavbu tunelů se podařilo dokončit za zhruba jeden rok, stanice bude v provozu až v 2023.

Další přednášku s názvem **Mechanizované ražby metra v Kodani** připravila a přednesla Ing. Barbora Píšová, Ph.D. (HOCHTIEF Infrastructure GmbH). Tato stavba se nachází sice o poznání blíže k České republice, ale posluchači se také dověděli mnoho zajímavých informací.

Vybrané detaily projektů Dauhá Metro Gold Line, kanalizace IDRIS MTS02 a silničního tunelu Westgate tunnel byl název další přednášky, kterou připravil Bc. MSc. Michal Froněk CEng., MICE, DIC (Správa železnic, s.o.). Doha Metro Gold Line je projekt z let 2013–2019. Ražby zajišťovalo šest razicích strojů EPB TBM, jednalo se o výstavbu 11 km tunelů a 10 stanic. Dále přednášející hovořil o IDRIS MTS02, což byl projekt kanalizačního systému pro Dauhá v Kataru. Systém se skládal ze sedmi šachet průměru 9–15 m a hlubokých 40–50 m a 15 km tunelů o vnitřním průřezu 4,5 m ražených pomocí EPB TBM. Třetím popisovaným projektem byly dálniční tunely Westgate Tunnel v Melbourne o délce 2,4 a 3,6 km, třípruhové v každém směru. Na stavbě jsou připraveny dva EPB TBM o průměru 15,6 m, největší na jižní polokouli. Bohužel byla nalezena kontaminace půdy látkou PFAS z dřívějšího průmyslového využití území a z tohoto důvodu byla stavba dočasně přerušena. Kvůli přetrvávajícím problémům je plánované dokončení projektu v roce 2023 již nereálné.

Po přestávce pokračoval Ing. Josef Malknecht (Metrostav a.s., Divize 5) tématem **Islandské výzvy**. Posluchače seznámil s projekty společnosti Metrostav a.s. na Islandu. První výzvou byly tunely Héðinsjörður. Jednalo se o první velký infrastrukturní projekt v zahraničí v pozici generálního dodavatele. Ražby se prováděly metodou Drill&Blast. Jednalo se o dva tunely – tunel Siglufjörður (délka 3650 m) a tunel Ólafsfjörður (délka 6925 m). Druhou výzvou byl tunel Norðfjörður, který je nejdelším islandským dvoupruhovým tunelem a zároveň nejdelším silničním tunelem realizovaným Metrostavem a.s. v jeho celé historii (délka 7566 m). Třetí výzvou byl tunel Dýrafjörður, který je nejodlehlejším islandským silničním tunelem (délka 5301 m).

Další přednáška byla nazvaná **Tunely a most na lososí cestě u Trondheimu.** Ing. Robert Brož, Ph.D. (Metrostav a.s., Divize 5) pohovořil nejdříve o výstavbě tunelu Mjønes s délkou ražeb 698 m a tunelu Slørdal (2566 m). Pak se již věnoval výstavbě mostu Åstfjorbrua s délkou 735 m. K jeho realizaci došlo v roce 2018. Nejprve byly zhotoveny studny (hmotnost 2200 t, hloubka ponoru 7 m). Most je v místě, kde překonává moře, založen na výše zmíněných studnách, na břehu na pilotách (14 ks /základ, celková délka 1621 m, nejdelší pilota 47 m). Most je ocelobetonový – skládá se z betonových pilířů, nosná konstrukce mostu je z oceli – komorový trám a deska mostu a římsy jsou opět betonové. Nakonec autor přednášky zdůraznil, že u takto složitého projektu je důležité vše, ale nejdůležitější jsou lidé, jejich spolupráce. Také ocenil dobrou součinnost mezi zhotovitelem a klientem.

Poslední přednášku připravil Ing. Ondřej Kostohryz. Její název byl poněkud atypický – **Vysokorychlostní dozorování tunelů v Číně**. Přednáška se věnovala nově budované železniční trati z Čeng-čou do Wan-čou (celková délka trati 801 km, návrhová rychlost 350 km/h, doba výstavby 2016–2022, celkové investice 118 mld. jü-nanů), úseku Chu-pej, kde se jedná o 10 stavebních úseků, tři úseky stavebního dozoru, buduje se 65 mostů a 33 tunelů (celkem 167,6 km) a šest nádraží, celková investice v tomto úseku je plánována na 43 mld. jü-nanů. Autor přednášky popsal stručně nejen technickou stránku projektu, ale věnoval se i lidskému pohledu.

Poděkování patří všem přednášejícím, dále Ing. Václavu Soukupovi (Metrostav a.s.) a prof. Ing. Matouši Hilarovi, M.Sc., Ph.D. (3G Consulting Engineers s.r.o.) za zajištění přednášek a moderování a Ing. Liboru Maříkovi za organizační zajištění pomocí programu MS Teams. Zájem o přednášky byl velký, celkem se připojilo přes 100 posluchačů, z nichž někteří po skončení akce vyslovili velkou spokojenost se zajímavým tématem. Vybrané prezentace lze nalézt na www.ita-aites.cz. Doufejme, že příští Tunelářské odpoledne se již uskuteční prezenční formou, aby si lidé po přednáškách mohli sdělit i své dojmy.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
CzTA ITA-AITES, z. s.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE
CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ČESKÁ REPUBLIKA

METRO D – NOVÁ LINKA PRAŽSKÉHO METRA

Konečně, zdá se, že **den D** pro projekt **metra D** je tady! Na přelomu června a července totiž padlo krátce po sobě několik překážek, jež dokončení dlouho připravované trasy, která má spojit stanici Pankrác na trase C s Písnicí na jihozápadním okraji metropole, bránily. Antimonopolní úřad (ÚOHS) po více než ročním prošetřování dovolil Dopravnímu podniku uzavřít smlouvu na první úsek stavby a Ministerstvo dopravy zamítlo námitku na podjatost pražských úředníků, kteří rozhodovali o stavebním povolení.

Tak tedy na základě rozhodnutí ÚOHS o správném postupu zadavatele v soutěži došlo počátkem července tohoto roku k oboustrannému podpisu smlouvy s uchazečem, který podal nejvýhodnější nabídku. Rozestavět se má nejsložitější kilometrový úsek z Pankráce na stanici Olbrachtova. Nositelem nejvýhodnější nabídky a zhotovitelem stavby úseku Pankrác – Olbrachtova se tak stalo Sdružení Metro I. D se společníky: Subterra a.s., Hochtief CZ a.s., Hochtief Infrastructure GmbH, Strabag a.s. a Züblin Aktiengesellschaft.

Na základě usnesení Ministerstva dopravy o nepodjatosti konání úředníků pražského magistrátu mohlo dojít dne 30. 6. 2021 k vydání hlavního stavebního povolení (SP) na úsek Pankrác – Nové Dvory a zároveň k vydání SP na vybudování zařízení staveniš v úseku Pankrác – Olbrachtova mimo zařízení staveniště části stanice Olbrachtova, kde ještě probíhají jednání s účastníky stavebního řízení, kteří svými obstrukcemi zdržovali a stále ještě proces stavebního řízení zdržují.

Realizovaný, resp. dokončovaný, inženýrskogeologický průzkum projektu metro D jde v tuto chvíli dál svojí cestou k vytčenému cíli, poslední metry ražeb jsou dokončovány a konečné zprávy vypracovávány. Novou výzvou zejména pro lokality PAD1b a OL1 se pak ještě může stát vydání pokynu k zahájení repasportizace, která ve svém důsledku může vygenerovat nové požadavky na úpravu plnění předmětu díla stávajícího průzkumu.

Za současné situace se pro projekt metra D stává také již velmi aktuální možnost přípravy dalšího tendru navazujícího úseku Olbrachtova – Nové Dvory s ražbami traťových tunelů z Písnice (obr. 1). Věřme tedy, že aktuálně stávající pozitivní trend vývoje projektu setrvá i pro další období, a že v příštích aktualitách se budeme moci například dozvědět, že stavba prvního úseku již byla zahájena a že příprava druhého úseku dál úspěšně pokračuje.

Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com,
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz

NOVÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY NA IV. ŽELEZNIČNÍM KORIDORU

Součástí stavby „Modernizace trati Sudoměřice – Votice“ je mimo jiné výstavba dvou nových železničních tunelů. Tunel Mezno (obr. 2) je ražený železniční dvoukolejný tunel celkové délky 840 m, z toho ražená část tvoří 768 m, navazující hloubená část u vjezdového portálu má délku 48 m a u výjezdového portálu 24 m. Tunel Deboreč (obr. 3) je ražený železniční dvoukolejný tunel cel-

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

Finally, the D-Day for the Metro D line project seems to be here! At the turn of June and July, several obstacles, which prevented the completion of the long-planned route, which is to connect the Pankrác station on Metro line C with Písnice on the southwestern edge of the metropolis, fell shortly after that time. After more than a year-long investigation, the Office for the Protection of Competition allowed the Prague Public Transit Company Inc. to conclude a contract for the first section of the construction, and the Ministry of Transport rejected the objection to the bias of Prague officials who decided on the building permit.

Thus, on the basis of the decision of the Office for the Protection of Competition on the correct procedure of the contracting authority in the competition, the contract was mutually signed at the beginning of July this year with the tenderer who submitted the most advantageous bid. The most difficult kilometre-long section from Pankrác to the Olbrachtova station is to be brought under construction. The Metro I. D Consortium consisting of Subterra a.s., Hochtief CZ a.s., Hochtief Infrastructure GmbH, Strabag a.s. and Züblin Aktiengesellschaft thus became the bidder with the most advantageous offer and the contractor for the construction of the Pankrác – Olbrachtova section.

Based on the resolution of the Ministry of Transport on the impartiality of the Prague City Hall officials, the main building permit for the Pankrác – Nové Dvory section could be issued on 30 June 2021 and the building permit for the construction of the construction site arrangement in the Pankrác – Olbrachtova section outside the construction site part of the Olbrachtova station, where negotiations are still underway with the participants in the building permission proceedings, who have delayed with their obstructions and are still delaying the building permission process.

The completed, respectively under completion engineering geological survey of the metro D line project is currently on its way heading to the set goal, the last meters of excavation are being completed and the final reports are being prepared. A new challenge, especially for the PAD1b and OL1 localities, may be the issuance of an instruction to start the repeated condition survey of buildings, which in turn may generate new requirements for changing the subject of the current contract for the survey.

Obr. 1 Vizualizace stanice Nové Dvory
Fig. 1 Visualisation of Nové Dvory station

Obr. 2 Tunel Mezno, pohled na výjezdový portál
Fig. 2 Mezno tunnel, view of exit portal

Obr. 3 Tunel Deboreč, pohled na vjezdový portál
Fig. 3 Deboreč tunnel, view of entrance portal

kové délky 660 m, z toho ražená část tvoří 562 m a navazující hloubené části u obou portálů mají délku 49 m. K 15. 7. 2021 jsou oba tunely stavebně dokončeny a připraveny pro montáž železničního svršku, trakčního vedení, nouzového osvětlení a dalšího drážního vybavení. Aktuálně se ještě dokončují zásypy stavebních jam a demontáž zařízení staveniště. Zkušební provoz na modernizovaném úseku by měl být spuštěn 30. 6. 2022. Investorem stavby je Správa železnic, státní organizace a zhotovitelem stavby společnost OHL ŽS, a.s.

Ing. TOMÁŠ JUST, tjust@ohlzs.cz, OHL ŽS, a.s.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL ZVĚROTICE

Dvoukolejný železniční tunel Zvěrotice délky 370 m na traťovém úseku Soběslav – Doubí je součástí IV. železničního koridoru spojujícího po dokončení Prahu s Českými Budějovicemi a dále s rakouským Lincem (obr. 4). Stavba se nachází v těsné blízkosti města Soběslav a trasy dálnice D3.

Hlavní činností při výstavbě tunelu je betonáž ostění, která postupuje po blocích délky 10 m a k 13. 7. 2021 (termín příspěvku) bylo vybetonováno 260 m horní klenby (obr. 5). Základové konstrukce jsou vybetonované v celé délce tunelu. Tunelové ostění

In the current situation, the possibility of preparing another tender for the following section, the Olbrachtova – Nové Dvory section containing the excavation of running tunnels from Písnice is also becoming very topical for the metro D line project (see Fig. 1). Therefore, let us believe that the current positive trend of the project development will continue for the next period, and that in the future news we will be able to learn, for example, that the construction of the first section has already begun and that the preparation of the second section proceeds successfully.

Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com,
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz

NEW RAILWAY TUNNELS ON RAILWAY CORRIDOR IV

The construction of two new railway tunnels is one of the parts of the "Modernisation of the Sudoměřice – Votice Track " project. The Mezno tunnel (see Fig. 2) is a mined double-track railway tunnel with a total length of 840m, of which the tunnelled part forms 768m; the adjoining cut-and-cover parts are 48m long at the entrance portal and 24m long at the exit portal. The Deboreč tunnel (Fig. 3) is a mined double-track railway tunnel with a total length of 660m, of which the tunnelled part forms 562 m and the adjoining cut-and-cover parts at both portals are 49 m long each. As of 15 July 2021, both tunnels have been completed and prepared for the installation of the railway superstructure, overhead catenary, emergency lighting and other railway equipment. Currently, the backfilling of construction pits and the dismantling of construction site facilities are still being completed. Trial operation on the modernised section should start on June 30, 2022. The project owner is the Railway Administration, state organisation, and the construction contractor is OHL ŽS, a.s.

Obr. 4 Začlenění tunelu Zvěrotice do krajiny a proudový postup výstavby
Fig. 4 Incorporation of Zvěrotice tunnel into landscape and the streamlined construction process

Ing. TOMÁŠ JUST,
tjust@ohlzs.cz, OHL ŽS, a.s.

prošlo úsekem stavební jámy zajištěné pilotovými stěnami, kde byly zastiženy nejhorší geotechnické podmínky, a konstrukce byla založena na spodní klenbě. Od staničení tunelu TM 240 přešel typ konstrukce opět na založení klenby tunelu na základových pásech. Paralelně s betonáží ostění probíhá instalace bočních tunelových drenáží, izolování tunelu fóliovou izolací a zpětné zásypy až na úroveň původního terénu. V době zpracování příspěvku byl proveden zásyp 120 m tunelu a zatím nepostoupil do stísněných prostorů mezi pilotovými stěnami. Hydroizolační fólie je chráněna geotextilií a vrstvou jemnozrnného materiálu o tloušťce 1 m.

Pro omezení průsaků srážkové vody do zásypového tělesa je cca 1 m nad vrcholem klenby tunelu prováděna těsnicí jílová vrstva o tloušťce 0,5 m, která je po obou stranách chráněna proti vyplavování jemných částic opět vrstvou geotextilie. Toto opatření by mělo zmírnit filtrační funkci tunelu a zlepšit podmínky pro vegetaci na povrchu území po uvedení tunelu do provozu.

Charakteru prováděných prací je přizpůsobeno i provádění geotechnického monitoringu. Měření byla ze sledování chování svahů stavební jámy a pilotových stěn ještě nezasypaných úseků tunelu rozšířena o měření deformací ostění jako reakce na provádění zásypů. Při každém měření deformace ostění je zaznamenána úroveň zásypu na pravé i levé straně tunelu, aby bylo možné výsledky měření správně interpretovat. Výsledky se pohybují v očekávaných hodnotách a díky precizní práci zhotovitele, který dodržuje limit úrovně zásypů na levé a pravé straně tunelu, nedochází ve fázi výstavby k nadměrnému namáhání konstrukce.

Kromě hlavních nosných konstrukcí probíhají práce i na vnitřním vybavení tunelu. Na levé straně tunelu je pod služebním chodníkem vybetonováno 100 m kabelovodu. Betonáž kabelovodu na pravé straně, podél kterého je vedeno potrubí požárního vodovodu, je zatím pozastavena s ohledem na nutnost dokončení revize požárněbezpečnostního řešení tunelu a koordinace s technickým řešením mimo objekt tunelu.

Na výjezdovém portále je již provedeno rozšíření zářezu trati a vytvořen prostor pro demontáž bednicího vozu ostění tunelu.

Stavbu tunelu provádí subdodávkou firma HOCHTIEF CZ a.s. pro „Sdružení Soběslav – Doubí“ tvořené firmami STRABAG a.s., EUROVIA CS, a.s. a Metrostav a.s. Autorem realizační dokumentace tunelu je firma SAGASTA s.r.o.

Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o.

ZVĚROTICE RAIL TUNNEL

The 370m long double-track rail tunnel in the Soběslav – Doubí track section is part of Railway Corridor No. 4, which will, after completion, link Prague with České Budějovice and further with Linz, Austria (see Fig. 4). The construction is located near the town of Soběslav and the D3 motorway route.

The main activity in the construction of the tunnel is concreting of the lining, which proceeds in 10m-long blocks, and as of 13 July 2021 (the deadline for submitting this contribution), concreting of 260m of the upper vault has been finished (see Fig. 5). Concreting of the foundation structures has been finished along the entire tunnel length. The tunnel lining passed through the section of the construction pit stabilised by pile walls, where the worst geotechnical conditions were encountered, and the structure was founded on the invert. From the tunnel chainage m TM240, the type of construction was again changed to the foundation of the tunnel vault on foundation strips. In parallel with concreting the lining, side tunnel drains are being installed, the tunnel is being provided with a waterproofing membrane and is being backfilled up to the level of the original terrain. At the time of preparing this paper, a 120m long tunnel section had been backfilled and has not yet advanced into the cramped spaces between the pile walls. The waterproofing membrane is protected by geotextile and a one metre thick layer of fine-grained material.

To reduce the leakage of rainwater into the backfill, a sealing clay layer 0.5m thick is carried out about 1m above the top of the tunnel vault. This layer is again protected on both sides against washing out of fine particles by a layer of geotextile. This measure should mitigate the filtration function of the tunnel and improve the conditions for vegetation on the surface of the area after the tunnel is brought into service.

The geotechnical monitoring process is also adapted to the character of the work being performed. The measurements adopted from the monitoring of the behaviour of the construction pit slopes and the pile walls of the still not-backfilled sections of the tunnel were extended by the measurement of deformations of the lining as a response to the backfilling. Each time the lining deformation is measured, the backfill level is recorded on the right side and left side of the tunnel so that the measurement results can be interpreted correctly. The results vary within the expected values and thanks to the precise work of the contractor, who adheres to the limits of the level of backfill on the left and right sides of the tunnel. Owing to this fact, there is no excessive stress exerted on the structure during the construction phase.

In addition to the main load-bearing structures, work is also underway on the interior of the tunnel. On the left side of the tunnel, concreting of a 100m-long cable duct under the service walkway has been finished. Concreting of the cable duct on the right side, along which the fire main runs, is currently suspended due to the need for completing the review of the tunnel fire safety solution and coordinating it with the technical solution outside the tunnel.

At the exit portal, the cutting for the track has already been widened and space has been created for dismantling the travelling formwork for the tunnel lining.

Obr. 5 Betonáž ostění ve svahovaném úseku stavební jámy Zvěrotice (stav k 16. 7. 2021)
Fig. 5 Concreting the lining in the sloped section of the Zvěrotice construction pit (state as of 16 July 2021)

STAVBA I/42 BRNO – VMO ŽABOVŘESKÁ I – ETAPA II

Stavba přeložky tramvajové trati a nové části silničního městského okruhu v Brně je realizována sdružením firem Eurovia CS a.s., HOCHTIEF CZ a.s. a Subterra a.s. Byly fakticky dokončeny zajišťovací práce skalního masivu na severním i jižním portálu, kde je již i pro potřeby ražeb tunelu vybudován mikropilotový deštník (obr. 6). Vlastní ražba tunelu postupuje podle možností ovlivněných především geologickými podmínkami pro ražby. Stav procházeného masivu je oproti předpokladům z geologického průzkumu horší, než se v jeho závěrech předpokládalo.

Na stavbě tramvajového tunelu byly dokončeny práce na základových pásech a výplňových betonech hloubeného tunelu přesypané části sever. Byla dokončena montáž formy s kontra bedněním pro betonáž kaloty hloubeného tunelu (obr. 7). Betonáž prvního bloku je naplánována na 20. 7. 2021, ukončení betonáží se předpokládá v říjnu 2021. Ražba 333 m dlouhé ražené části tunelu NRTM byla zahájena 7. 5. 2021 pomocí trhacích prací a strojního rozpojování. Dne 10. 6. 2021 byla slavnostně umístěna do severního portálu sv. Barborka (viz fotoreportáž). Výrub tunelu je členěn na kalotu a opěří. Ke konci června 2021 bylo vyraženo 138 m na kalotě a 64 m v opěří. Z geologického hlediska je hornina pevná, ale tektonicky porušená a její kvalita velmi proměnlivá. V současnosti jsou na čelbě tunelu (obr. 8) zastiženy granodiority a metadiority s vertikálními a subhorizontálními puklinami, obtížně těžitelné a oddělené mezi sebou poruchovými pásmy tvořenými např. metadiority silně tektonicky namoženými a podrcenými. Ražba tak probíhá neustále ve III. technologické třídě, oproti předpokladům ražby v I. technologické třídě

The tunnel construction is being carried out by HOCHTIEF CZ, a sub-contractor for the „Sdružení Soběslav – Doubí“ consortium, consisting of the companies of STRABAG, a.s., EUROVIA CS, A.S., and Metrostav a.s. The company of SAGASTA is the author of the design of means and methods for the tunnel (the so-called execution design).

Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o.

ROAD I/42 BRNO – LARGE CITY CIRCLE ROAD ŽABOVŘESKÁ I – STAGE II

The contractor for the construction of the tram line diversion and the new part of the Large City Circle Ring in Brno is a consortium of companies formed by Eurovia CS a.s., HOCHTIEF CZ a.s. and Subterra a.s. The stabilisation of the rock massif at the northern and southern portals has been factually completed, with the canopy tube pre-support required for the needs of tunnel excavation also finished (see Fig. 6). The tunnel excavation proceeds according to the possibilities allowed mainly by geological conditions for excavation. Compared to the assumptions from the geological survey, the condition of the massif being passed through is worse than expected in its conclusions.

At the construction site of the tram tunnel, work has been completed on the foundation strips and mass fill concrete of the cut-and-cover tunnel of the earth-covered part north. The assembly of the formwork with counter formwork for concreting the top heading of the cut-and-cover tunnel has been completed (Fig. 7). Concreting of the first block is scheduled for 20 July 2021. It is expected to end in October 2021. The excavation of the 333m long mined part of the NATM tunnel by means of blasting and mechanical breaking started on 7 May 2021. On June 10, 2021a statuette of St. Barbara was ceremonially installed at the northern portal of the tunnel (see Picture Report). The tunnel excavation sequence is divided into top heading and bench. As of the end of July, 138m of excavation have been finished in the top heading and 64m in the bench. From a geological point of view, the rock is hard but tectonically disturbed and its quality is very variable. At present, granodiorite and metadiorite with vertical and sub-horizontal cracks are found at the excavation face of the tunnel (see Fig. 8). They are difficult to excavate and are separated from each other by fault zones formed by e.g. strongly tectonically stressed and crushed metadiorite. The excavation thus takes place constantly in excavation support class III, compared to the assumptions of excavation in the excavation support class I encountered in the middle part of the tunnel. The official completion of the excavation is planned for September 12, 2021. Work on the mined and cut-and-cover sections of the tunnel will continue until the end

foto Ing. J. Škrábek *photo courtesy of Ing. J. Škrábek*

Obr. 6 Pohled na předpolí severního portálu tunelu
Fig. 6 View of the area in front of the northern portal of the tunnel

foto Ing. J. Škrábek *photo courtesy of Ing. J. Škrábek*

Obr. 7 Pohled na formu pro betonáž sekundárního ostění na severním portálu
Fig. 7 View of formwork for concreting secondary lining at the northern portal

ve střední části tunelu. Oficiální dokončení ražeb je plánováno na 12. 9. 2021. Práce na raženém a hloubeném úseku tunelu budou pokračovat do konce roku, kdy je předpoklad dokončení prací betonáží sekundárního ostění a celkově prací na tomto ostění.

Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a.s.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunel Prešov

Tunel Prešov je diaľničný tunel vo výstavbe na Slovensku a nachádza sa na úseku diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh. Trasa tunelovej časti juhozápadného obchvatu Prešova bude tvorená dvoma nezávislými tunelovými rúrami, severná tunelová rúra bude dĺžky 2 230,5 m a južná tunelová rúra bude dĺžky 2 244,0 m.

V uplynulom období postúpili práce na tuneli Prešov do finálneho štádia. Zo stavebného hľadiska je tunel prakticky dokončený a pozostáva dokončiť detaily, ako sú zálievky dilatačných škár okolo poklopov káblových šácht, označovanie SOS výklenkov a núdzových zálivov a chodníky na portáloch tunela.

V tuneli sa aktuálne dokončuje inštalácia technologických celkov a prebiehajú individuálne skúšky jednotlivých zariadení. Prebieha kontrola káblových šácht a postupne sú jednotlivé šachty uzatvárané vrátane vyplnenia škár tmelom proti prieniku vody z umývania tunela do ich vnútra. Portálové objekty sú na východnom portáli dokončené vrátane terénnych úprav, ktoré boli na strmých svahoch Malkovskej hôrky veľmi náročné na realizáciu. Na západnom portáli prebiehajú práce na dokončení zásypov portálu a terénnych úpravách, pričom zásypy sú dokončené na 80 %. Doposiaľ neboli realizované sadové úpravy na oboch portáloch tunela. V predportálových oblastiach prebieha pokládka asfaltových zmesí na prístupových cestách rovnako ako aj na hlavnej trase. Postupne je vďaka tomu obmedzovaná doprava v jednej alebo druhej tunelovej rúre tak, aby vždy jeden tubus bol prejazdný a mohol slúžiť počas výstavby ako komunikačná tepna pre dopravu materiálu a pracovníkov po trase realizovanej diaľnice.

Zhotoviteľ započal v druhom kvartáli tohto roka prebieracie konania jednotlivých stavebných objektov. Do konca júna sa podarilo odovzdať objednávateľovi tri stavebné objekty z celkom dvanástich, ktoré sú súčasťou tunela Prešov. Zhotoviteľ plánuje odovzdať všetky objekty objednávateľovi do konca augusta. Spolu s obyvateľmi Prešova a Slovenskej republiky sa tešíme na sprevádzkovanie tohto diaľničného úseku do konca roka 2021.

Celú stavbu juhovýchodného obchvatu mesta Prešova realizuje Združenie D1 Prešov (EUROVIA SK a.s., EUROVIA CS a.s., Doprastav a.s., Metrostav a.s., Metrostav Slovakia a.s.), tunel Prešov realizuje spoločnosť Metrostav a.s.

Tunel Bikoš

Výstavba tunela Bikoš dĺžky 1155 m pokračovala aj v lete roku 2021. Tunel Bikoš s dvomi rúrami je súčasťou 4,3 km dlhého úseku rýchlostnej cesty R4 Prešov, severný obchvat, I. etapa.

Razenie oboch tunelových rúr od severného portálu tunela sa začalo v máji 2020. Ako prvá bola prerazená západná tunelová rúra 27. mája 2021. Prerážka druhej, východnej tunelovej rúry sa konala 30. júna 2021. V letných mesiacoch prebiehajú betonáže sekundárneho ostenia v západnej tunelovej rúre, pričom 9. júla je hotových 35 blokov hornej klenby s pravidelnou dĺžkou bloku 12,5 m. Prebiehajú tiež práce na základových konštrukciách hĺbených tunelov a práce na budove technologickej centrály.

foto Ing. J. Frantl *photo courtesy of Ing. J. Frantl*

Obr. 8 Čelba tunelu
Fig. 8 Tunnel excavation face

of the year, when the work is expected to be completed by concreting the secondary lining and the overall work on the final lining.

Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a.s.

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Prešov tunnel

The Prešov tunnel is a motorway tunnel under construction in Slovakia. It is located in the Prešov West – Prešov South section of the D1 motorway. The route of the tunnelled part of the southwestern by-pass of Prešov will be formed by two independent tunnel tubes – the 2230.5m long northern tunnel tube and 2244.0m long southern tunnel tube.

In the past period, work on the Prešov tunnel has progressed to the final stage. From a construction point of view, the tunnel is practically completed. Only details such as grouting of expansion joints around the covers of cable manholes, marking of emergency call niches and emergency bays and walkways at the portals of the tunnel remain to be completed.

The installation of equipment units in the tunnel is currently being completed and tests of individual facilities are underway. The cable manholes are being inspected and the individual manholes are gradually closed, including the filling of joints with sealant preventing the penetration of tunnel washing water into their interior. The portal structures are completed at the eastern portal, including terrain finishing, which was very difficult to be carried out on the steep slopes of Malkovská Hôrka hill. At the western portal, work is underway to complete the portal backfills and ground shaping; the backfills are 80% complete. So far, no ground shaping has been carried out at both portals of the tunnel. In pre-portal areas, asphalt mixtures are laid on access roads as well as on the main route. As a result, traffic in one or the other tunnel tube is gradually limited so that one tube is always passable and can serve as a communication artery for the transport of material and workers along the route during construction of the motorway being completed. In the second quarter of this year, the Contractor started the hand-over proceedings for individual structures. By the end of June, we managed to hand over to the project owner three structures out of a total of twelve, which are part of the Prešov tunnel. The contractor plans to hand over all structures to the customer by the end of August. Together with residents of Prešov and the population of the Slovak Republic, we are looking forward to putting of this motorway section into service by the end of 2021.

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností Váhostav-SK, a.s. a TuCon, a.s. Predpokladané ukončenie rýchlostnej cesty a jej uvedenie do prevádzky sa očakáva na jar 2023.

Tunel Čebrať

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová bude dvojrúrový tunel Čebrať s dĺžkou 3 680 m. Potom, ako boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, došlo ku rozsiahlej zmene trasy diaľnice a tunela a tiež k jeho predĺženiu z pôvodnej dĺžky približne 2 km. Zmena trasy musela byť nanovo posúdená v procese posudzovania vplyvov na životné prostredie a povolená v územnom a stavebnom konaní v zmysle stavebného zákona.

Prípravné práce pre razenie tunelových rúr od západného portálu začali na základe rozhodnutia o zmene stavby pred dokončením, ktoré bolo špeciálnym stavebným úradom vydané začiatkom apríla 2021 a je právoplatné od 24. mája 2021.

V júli 2021 je v pravej tunelovej rúre vyrazených 3 333 metrov a v ľavej 3 250 metrov. Podľa súčasných odhadov by mal byť úsek dokončený a odovzdaný verejnosti na používanie v druhej polovici roku 2023.

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a.s., a Váhostav-SK, a.s.

Tunel Višňové

Najdlhším slovenským diaľničným tunelom bude tunel Višňové s dĺžkou 7,5 km na úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala. História jeho prípravy a výstavby je dlhšia a komplikovanejšia než ktorehokoľvek iného diaľničného úseku na Slovensku. Stavebné práce v priestore budúceho tunela začali už v roku 1998 razením prieskumnej štôlne. V rokoch 2009 až 2010 bol v rámci prípravných prác PPP projektu vybudovaný západný portál tunela, ktorý po predčasnom ukončení projektu zostal niekoľko rokov bez zmeny. Výstavba úseku začala opätovne v júni 2014, pričom obe rúry tunela Višňové boli prerazené v auguste 2018. V polovici roku 2019 boli práce na diaľničnom úseku vrátane tunela predčasne ukončené na základe dohody medzi objednávateľom, Národnou diaľničnou spoločnosťou a zhotoviteľom, združením Salini Impregilo – Dúha.

Po ukončení nového verejného obstarávania, ktoré prebiehalo v počas roku 2020, bolo vo februári 2021 vydané oznámenie, že víťazom súťaže sa stala spoločnosť Skanska SK, a.s. Zmluva o dielo bola obomi stranami podpísaná 23. apríla 2021. V súčasnosti v tuneli prebiehajú práce na reprofilácii primárneho ostenia a betonáži základových pásov.

Pre uvedenie diaľnice do prevádzky bude okrem stavebnej časti potrebné dokončiť aj technologickú časť tunela, kde ale verejné obstarávanie ešte nebolo začaté.

Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, Metrostav a.s.,
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovenská tunelárska asociácia

TUNELY NA ŽELEZNIČNEJ SIETI

Železničný tunel Milochov

Na preklenutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochov mesta Považská Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochov. Projektovaná dĺžka tunela je 1861 m. Tunel má jednu únikovú štôlňu, ktorá vyúsťuje v obci Horný Milochov.

Koncom júna 2021 sa v tunelovej rúre ukončili betonárske práce sekundárneho ostenia. V súčasnosti prebieha kontrola kvality povrchu ostenia a realizujú sa vysprávky. Bezpečnostné chodníky spolu s káblovodmi, ktoré sú umiestnené pod nimi, sú zhotovené po únikovú štôlňu a pokračuje sa v prácach na nich v druhej polovici tunela. V dne tunela sa dokončujú práce na odvodnení pre zvršok a následne

The contractor for the construction of the southeastern by-pass of the town of Prešov is the Združenie D1 Prešov consortium (EUROVIA SK a.s., EUROVIA CS a.s., Doprastav a.s., Metrostav a.s., Metrostav Slovakia a.s.), with Metrostav a.s. in the position of the contractor for construction of the Prešov tunnel.

Bikoš tunnel

The construction of the 1155m long Bikoš tunnel continued in the summer of 2021. The twin-tube Bikoš tunnel is part of the 4.3km long section of the R4 Prešov fast highway, northern bypass, stage I.

The excavation of both tunnel tubes from the northern portal of the tunnel began in May 2020. The western tunnel tube was broken through first, on 27 May 2021. The breakthrough of the second, eastern tunnel tube took place on 30 June. In the summer months, concreting of the secondary lining takes place in the western tunnel tube, while as of July 9, 35 blocks of the upper vault with a regular block length of 12.5m have been completed. Work is also underway on the foundation structures of cut-and-cover tunnels and on the technical centre building.

The contractor for the construction is a consortium formed by the companies of Váhostav-SK, a.s. and TuCon, a.s. The completion of the fast highway and its opening to traffic is expected in spring 2023.

Čebrať tunnel

The 3680m long Čebrať double-tube tunnel will be part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway. After extensive problems with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the linking sections of the motorway were diagnosed; the route of the motorway and the tunnel was significantly changed and the original length of approximately 2km was extended.

The change in route had to be re-assessed in the Environmental Impact Assessment process and was permitted in the new zoning and construction proceedings in accordance with the Building Act.

Preparatory work for the excavation of tunnel tubes from the western portal began on the basis of a decision to change the construction before completion, which was issued by a special building authority in early April 2021 and is valid from 24 May 2021.

In July 2021, excavation of 3,333 metres has been finished in the right tunnel tube and 3,250 meters in the left tube. According to current estimates, the section should be completed and handed over to the public for use in the second half of 2023.

A consortium formed by OHL ŽS, a.s., and Váhostav – SK, a.s., is the construction contractor.

Višňové tunnel

The 7.5km long Višňové tunnel, which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, leading south of the regional capital Žilina, will be the longest motorway tunnel in Slovakia. The history of its preparation and construction is longer and more complicated than the history of any other motorway section in Slovakia. Construction work in the area of the future tunnel began in 1998 by the excavation of an exploratory gallery. The western portal of the tunnel was built in the years 2009 to 2010, as part of the preparatory work for the PPP project. It remained unchanged for several years after the premature termination of the project. The construction of the section re-started in June 2014. Both tubes of the Višňové tunnel were broken through in August 2018. In the middle of 2019, the work on the motorway section, including the tunnel, was prematurely terminated on the basis of an agreement between the project owner, the National Highway Company and the contractor, the Salini Impregilo – Dúha consortium.

After the completion of the new public procurement proceedings, which took place during 2020, a notice was issued in February 2021

Obr. 9 Bezpečnostné madlo v tuneli Milochov
Fig. 9 Safety handrail in Milochov tunnel

Obr. 10 Úniková štôlňa tunela Milochov
Fig. 10 Escape gallery of Milochov tunnel

sa bude môcť navážať samostatný zvršok, ktorý bude z lomového kameniva. Tým, že tunel je dlhý 1861 metrov, elektrické káble pre núdzové osvetlenie a NN zásuvkové rozvody sa zaťahujú na dve časti. Od východného portálu po únikovú štôlňu už prebieha zaťahovanie. Približne v polovici tunela už je nainštalované aj bezpečnostné madlo (obr. 9). Z ďalších technológií sa v tuneli vŕtajú úchyty na upevnenie konzol pre trakčné vedenie.

V únikovej štôlni (obr. 10) boli taktiež dokončené betonárske práce na sekundárnom ostení. Pripravuje sa realizácia pochôdznej vrstvy, budujú sa priečky, do ktorých sa namontujú dvere. Smerom od tunela sa osadia požiarne dvere, smerom od portálu technologické dvere na vytvorenie pretlakovej vzduchovej komory. Na portáli sa bude realizovať prechodový blok z razeného tunela do otvoreného priestoru, ktorý bude mať tvar zrezaného obdĺžnika. V styku so svahmi na portáli bude tvoriť pohľadový prvok nástupnej plochy pred štôlňou.

Postup pod zemou v tuneli či štôlni sa dá charakterizovať finalizáciou stavebných prác a rozbehom prác na technologickom vybavení tunela.

Obr. 11 Vychodný portál tunela Milochov
Fig. 11 Eastern portal of Milochov tunnel

that the winner of the competition was Skanska SK, a.s. The work contract was signed by both parties on April 23, 2021. Currently, work is underway in the tunnel on the reprofiling of the primary lining and concreting of the strip footings.

In order to bring the motorway into service, it will also be necessary in addition to the completion of the civil engineering part to complete the tunnel equipment part of the tunnel. However, the public procurement has not yet begun.

Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ,
Metrostav a.s.,
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovak Tunnelling Association

TUNNELS ON RAILWAY NETWORK

Milochov railway tunnel

The new Milochov tunnel is designed for overcoming the bottom of Stavná hill south of the municipal district of Horný Milochov of the town of Považská Bystrica. The tunnel length design amounts to 1861 metres. The tunnel has one escape gallery ending in the municipality of Horný Milochov.

At the end of June 2021, the concreting of the secondary lining was completed in the tunnel tube. At present, the quality of the tunnel lining surface is being checked and repairs are being carried out. The safety walkways, together with the cable ducts located below them, are finished up to the escape gallery and the work on them continues in the second half of the tunnel. At the tunnel bottom, work on the drainage for the ballasted trackwork is being completed, and subsequently, it will be possible to bring the ballast made from rubble stone. Because the tunnel is 1861 metres long, the electric cables for emergency lighting and LV socket wiring are being installed in two parts. From the eastern portal to the escape gallery, installation of the cables is already underway. A safety handrail is already installed approximately up to the tunnel midpoint (see Fig. 9). Of other technologies, drilling for brackets proceeds in the tunnel to attach the catenary. Concreting of the secondary lining has also been completed in the escape gallery (see Fig. 10). Work on the walkable surface layer is being prepared, the dividing walls into which doors will be mounted are being built. Fire check doors will be installed in the direction from the tunnel, in the direction from the portal, technology doors will be installed to create a chamber with pressurised air. A transition block from the mined tunnel to the open space, which will have the shape of a rectangle with cut off corners, will be built at the portal. At contact with the slopes at the portal, it will form an architectural element of the mustering area in front of the gallery.

The progress of underground work in the tunnel or the gallery can be characterised by the finalisation of civil engineering work and the start of work on the tunnel equipment.

At the eastern portal of the tunnel (see Fig. 11), the cut-and-cover tunnel was covered with earth, which enabled the construction of the base layers for the local road running above the tunnel. Retaining

Na východnom portáli (obr. 11) tunela bol presypaný hĺbený tunel, čím sa umožnilo zrealizovanie podkladových vrstiev pre miestnu komunikáciu, ktorá je vedená ponad tunel. K pohľadovej vjazdovej stene tunela boli z oboch strán dobudované oporné steny z betónových tvárnic a vytvorili tak celok okolo nástupnej plochy. V oblasti portálu sa ukladajú vedenia inžinierskych sietí a kontrolné šachty, po stavebnej časti sa finalizuje technologický domček s automatickou tlakovou stanicou.

Na západnom portáli sa finalizujú práce na konečných terénnych úpravách. Bol dokončený 3D systém Krismer ako ochrana povrchu, ktorý bol dočasne zabezpečený striekaným betónom. Okolo hĺbenej časti tunela sa vybudoval „sarkofág" z vystuženej zeminy a pohľadových prvkov z gabiónov. V priestore portálu prebiehajú práce pre ukladanie inžinierskych sietí a kontrolných šácht.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. Tunel Milochov realizuje spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, MDV SR, poradca ministra

walls made of concrete blocks were carried out on both sides of the facing entrance wall of the tunnel, thus creating a complete unit around the entrance area. In the area of the portal, the engineering network lines and manholes are being placed; after the civil engineering part, a services building with an automatic water booster pump station is being finalised.

The work on the final terrain trimming is being finalised at the western portal. The 3D Krismer system was completed as protection of the surface, which had been temporarily stabilised with shotcrete. A „sarcophagus" made from reinforced earth and facing elements of gabions was built around the cut-and-cover part of the tunnel. In the portal area, work required for the placement of engineering networks and manholes is underway.

The whole construction is carried out by the Nimnica consortium consisting of the companies of Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Milochov tunnel is carried out by the company of Subterra a.s. The general designer for Železnice Slovenskej Republiky (Slovak Railways) is the company of REMING CONSULT a.s.

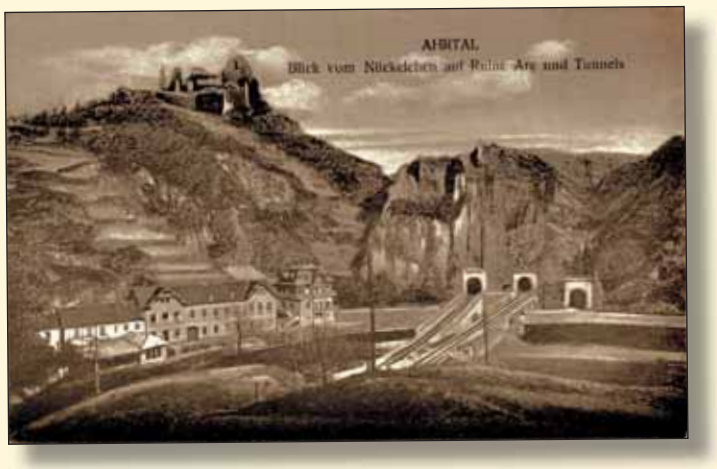
Ing. JÁN KUŠNÍR, MDV SR, adviser to the president

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB
FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELY V NĚMECKU III
PICTURE POSTCARDS WITH TUNNELS IN GERMANY III

Germany is a promised country for picture postcard collectors. Significant but also completely local monuments of nature, architecture, technology, various attractions, events and personalities are shown on old as well as contemporary postcards ... Among them, those with tunnels can also be seen. In this, yet not ending series on postcards with tunnels, two parts exclusively with tunnels in Germany were presented, as well as a number of postcards from this country with the underground structures, in thematic groups (alpine, immersed, urban tunnels, etc.). In this part, mostly postcards with German railway tunnels, but also with the oldest road tunnel in Prussia (Engelslay tunnel) are newly introduced.

Německo je zaslíbenou zemí sběratelů pohlednic. Na starých, ale i současných poštovních pohlednicích jsou zde zobrazovány významné i zcela lokální památky přírody, architektury, techniky, různé zajímavosti, události a osobnosti... Mezi tím jsou vidět i ty s tunely. V tomto, zatím nekončícím, seriálu o pohlednicích s tunely byly tak uvedeny již dva díly výhradně s tunely v Německu a také řada pohlednic z této země s předmětnými podzemními objekty v tematických skupinách (tunely alpské, podvodní, městské etc.). V tomto dílu jsou pak nově představeny převážně pohlednice s německými železničními tunely, ale také s nejstarším vůbec silničním tunelem v Prusku (tunel Engelslay).



Obr. 1 Ahrtal. Podívaná z vyhlídky Nückelchen na zříceninu Are a na tunely. Stará, silně retušovaná, fotografie. Nr. 10795. Před 1910. [sbírka autorů]
Na pohlednici jsou západní portály všech tří tunelů, a to zleva: Severní a jižní železniční tunel a tunel silniční. Pohlednice na obr. 1 až 3 (viz) ilustrují postupující urbanizaci této části obce Altenahr.
Fig. 1 Ahrtal. A view from the Nückelchen lookout of the Are ruins and the tunnels. Old, heavily retouched, photograph. Nr. 10795. before 1910. [authors' collection]
On the postcard there are the western portals of all three tunnels, left to right: the northern and southern tunnels and the road tunnel. Picture postcards in Figures 1–3 illustrate the progressing urbanisation of this part of the Altenahr municipality.

TUNELY V ALTENAHR

Významné letovisko Altenahr leží v údolí řeky Ahr, při okraji pohoří Eifel ve spolkové zemi Porýní – Falz. Nad obcí se tyčí osobitá zřícenina hradu Are. Skrze výraznou překážku skalního ostrohu Engelslay, obtékanou řekou Ahr a bránící tak od pradávna spojení s dolní částí údolí Ahrtal, byly vyraženy tunely, ze kterých je odvozené i víceméně všeobecně známé pojmenování místa jako „Údolí tří tunelů" (obr. 1 až 3).

- **Silniční tunel Engelslay**. Jeho stavba byla zahájena 1832, prorážka (za účasti pruského korunního prince) připadla na 19. 11. 1833 a do provozu byl uvedený 25. 11. 1834. Jako vůbec první tunel v tehdejším Prusku se stal dobově prvotřídní atrakcí. Vzhledem k narůstajícím potřebám dopravy byl tunel již roku 1867 reprofilovaný. Jeho poslední velká úprava pak proběhla poměrně nedávno, v letech 1969–1970. Nyní je 69 m

Obr. 2 Ahrtal. Altenahr, zříceniny hradu Are se 3 tunely. Ruina hradu Are, postaveného začátkem 12. století jako sídlo hrabat z Are-Hochstadenu. Ze zříceniny je nádherný výhled do údolí Ahrtal. Kolorovaná fotografie. Ka-Ro-Ba-Ne-Gro verlag. Okolo 1910. [sbírka autorů]

Silniční tunel (vpravo) je na obrázku dosud vybavený původním profilem z roku 1867.

Fig. 2 Ahrtal. Altenahr ruins of Are castle with 3 tunnels. Ruins of Are castle built at the beginning of 12th century as a seat of the counts of Are-Hochstaden. From the ruins there is a wonderful view of the Ahrtal valley. Coloured photograph. Ka-Ro-Ba-Ne-Gro verlag. Around 1910. [authors' collection]

The road tunnel (for the right) is still equipped with the original profile from 1867.

dlouhý tunel na spolkové silnici B267 vybavený dvěma jízdními pruhy + chodníkem pro pěší.

- **Železniční tunely Engelslay**. Dráha normálního rozchodu údolím řeky Ahr (Ahrtalbahn) byla do Altenahru otevřená 1. 12. 1886. Z dříve významně se rozvíjející železnice je však nyní, po složitých historických a ekonomických peripetiích, v užívání pouze torzo délky 29 km, spojující Remagen s Ahrbrückem. Nachází se zde pět tunelů dlouhých od 66 do 384 m. Ze dvou jednokolejných tunelů procházejících skálou Engelslay – severního (85 m) a jižního (66 m, nejkratší na dráze) – zbývá dnes železnici jen jižní. Opravený severní tunel se stal součástí frekventované cyklostezky. Historicky zajímavé je rovněž to, že všechny tunely trati byly za 2. sv. války využívány pro potřeby zbrojní výroby. [1, 2, 3]

Obr. 3 Altenahr se zříceninou Are a se 3 tunely. Hotel – Restaurace – Domácí hamburgery 5481 Altenahr/Ahrtal, Bernhard Grosse-Gorgemann. Aufnahme und Verlag F. G. Zeitz KG., Königssee (Obb.). 1991. [sbírka autorů]

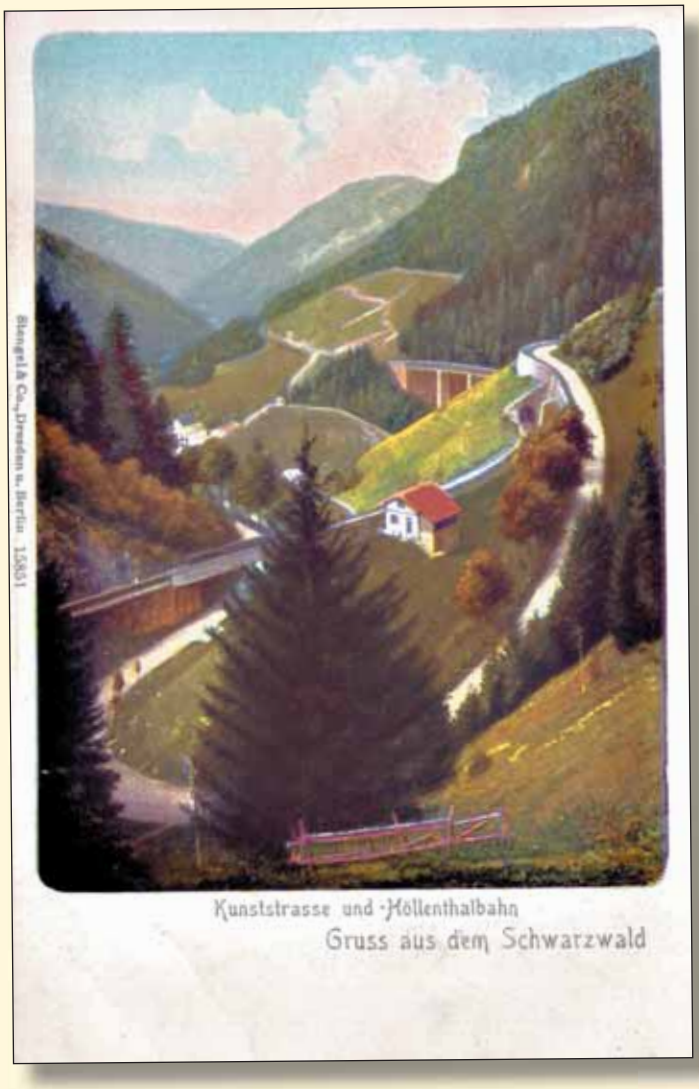
Severní železniční tunel (vlevo) je již bez koleje, pro železniční dopravu tak zbývá jen jižní z obou tunelů (na pohlednici prostřední). Silniční tunel (vpravo) je již v rozšířeném profilu z rekonstrukce 1969–1970.

Fig. 3. Altenahr with Are ruins and 3 tunnels. Hotel – Restaurant – Home-made hamburgers 5481 Altenahr/Ahrtal, Bernhard Grosse-Gorgemann. Aufnahme und Verlag F. G. Zeitz KG., Königssee (Obb.). 1991. [authors' collection]

The northern railway tunnel (for the left) is no longer with a track, so only the southern one of the two tunnels (on the middle of the postcard) remains for rail transport. The road tunnel (for the right) is already in the extended profile from the reconstruction of 1969–1970.

TUNELY NA HÖLLENTALSKÉ DRÁZE

Höllentalskou dráhou je zvaná železniční trať v jižním Schwarzwaldu, z Freiburgu přes Höllental do Donaueschingen, ve spolkové zemi Badensko-Würtembersko. Je převážně jednokolejná a je považovaná za nejstrmější hlavní trať v SRN (se sklonem až 57,14 ‰). Výstavba trati probíhala s přestávkami od roku 1882 do otevření 20. 8. 1901. V roce 1936 byla elektrifikovaná. Název



Obr. 4 Cesta umělců (Kunststrasse) a Höllentalská dráha (Höllentalbahn). Pozdrav ze Schwarzwaldu. Barevná kresba. Stengel & Co., Dresden u. Berlin 15851. Okolo 1910. [sbírka autorů]

Východní portál krátkého tunelu Ravena z vyhlídky Breitnau. Za tunelem je vidět původní most Ravena z roku 1887. Vlevo se táhne údolí potoka Rotbach a vpravo se nad tratí a silničkou tyčí skály Kreuzfelsen. Místo mělo, a dodnes má významný rekreační charakter.

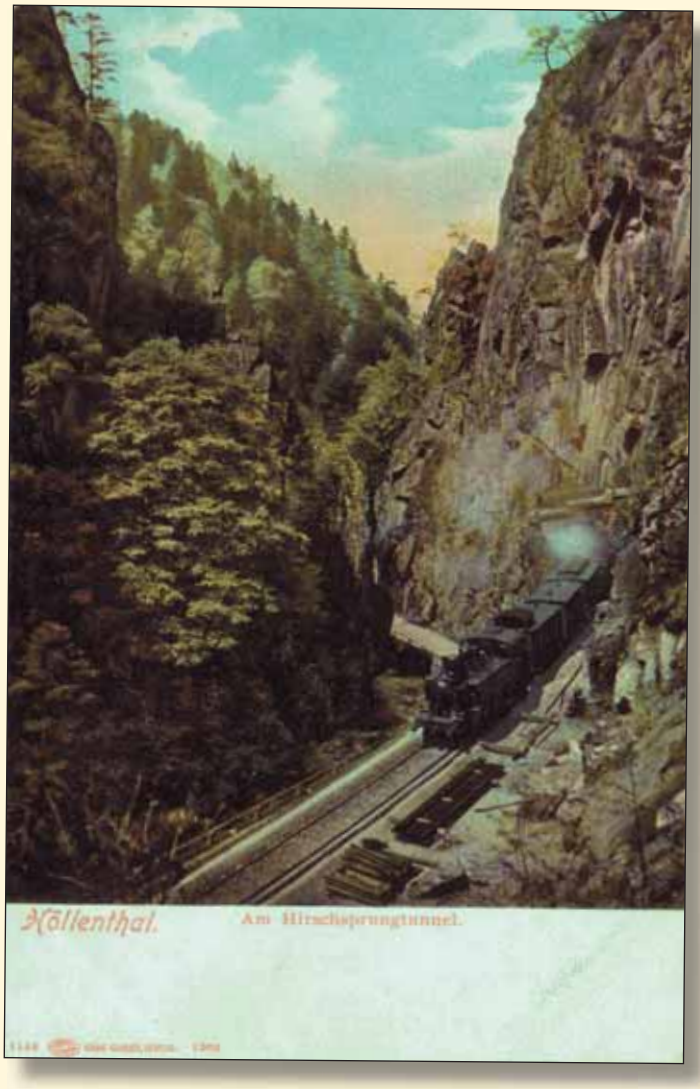
Fig. 4 Artists' Path (Kunststrasse) and Höllentalrail line (Höllentalbahn). Greetings from Schwarzwald. Colour drawing. Stengel & Co., Dresden u. Berlin 15851. Around 1910. [authors' collection]

The eastern portal of the short Ravetunnel from the Breitnau lookout. Behind the tunnel you can see the original Raven Bridge from 1887. The valley of the Rotbach stream stretches to the left, and to the right, the Kreuzfelsen rocks rise above the track and road. The place had, and still has, a significant recreational character.

(Höllental – „Pekelné údolí“) dali cestě údajně v roce 1796 prchající Napoleonovi vojáci. Jedna pohlednice s tunelem „Ravena“ byla v wtomto seriálu ostatně uveřejněná již v Tunelu č. 4/2016.

Na trase železnice je 15 tunelů, délky od 15 do 535 m – sumárně 2 908 m [4, 5, 6]. Z těchto objektů jsou na pohlednicích v tomto příspěvku prezentované tři.

- **Tunel Ravena** – druhý nejkratší tunel dráhy. Měl původně 85 m, ale po rekonstrukci navazujícího viaduktu „Ravena“ v roce 1927 (obr. 4) byl zkrácený na pouhých 47 m.
- **Dolní tunel Hirschsprung** (obr. 5). Je dnes dlouhý 121 m a společně s Horním tunelem Hirschsprung (viz dále) přivádí železnici do zastávky, pojmenované, jak jinak, Hirschsprung („Jelení skok“). Lokalita je tak od středověku zvaná podle uniknutí jelena lovcům skokem přes místní, a původně jen 9 m širokou, skalní průrvu (událost je připomínaná sochou z roku 1907). Tento úbočí tunel byl 23. 4. 1945 zničený Wermachtem; náklady na celkovou rekonstrukci byly následně v roce 1947 vyčísleny na 250 tis. RM. Před východním portálem tunelu byla v 60. letech 20. stol. dobudovaná krátká galerie.
- **Horní tunel Hirschsprung** (obr. 6). Je dnes dlouhý 69 m. Obdobně, jako u Dolního tunelu Hirschsprung, je rovněž na východním portálu od 60. let 20. stol. doplněný krátkou galerií.



Obr. 5 Höllenthal. U tunelu Hirschsprung („Jelení skok“). Kolorovaná fotografie. 1142 Auto-Chrom. Louis Glaser, Leipzig. 1903. [sbírka autorů]
Na pohlednici je východní portál Dolního tunelu Hirschsprung. Oba portály tohoto tunelu byly vybavené charakteristickou kaskádovitou římsou. Tato je dnes zakrytá představenou krátkou galerií pro ochranu před padajícími kameny. Vlevo, souběžně s železnicí, je vedená silnice B31 Hirschsprung.
Fig. 5 Höllenthal. At the Hirschsprung tunnel („Deer Jump). Coloured photograph. 1142 Auto-Chrom. Louis Glaser, Leipzig. 1903. [authors' collection]
The postcard shows the eastern portal of the Lower Hirschsprung tunnel. Both portals of this tunnel were provided with a characteristic cascading ledge. Today, the ledge is covered by a short gallery built in front of the ledge for protection against falling stones. For the left, parallel to the railway, is the B31 Hirschsprung road.

Obr. 6 Höllental. Železnice, silnice, „Pekelný potok“ (Höllenbach) a „Jelení pěšina“ (Jägerpfad). Verlag Paul Hinsche, Freiburg i. Br. Aufn. E. Baumgartner. Okolo 1930 (?). [sbírka autorů]
Západní portál Horního tunelu Hirschsprung. V úzkém údolí jsou (odleva) charakteristicky směstnané: železnice, silnička, bystřina a stezka pro pěší.
Fig. 6 Höllental. Railway, road, "Hellish Stream" (Höllenbach) and "Deer Path" (Jägerpfad). Verlag Paul Hinsche, Freiburg i. Br. Aufn. E. Baumgartner. Around 1930 (?). [authors' collection]
Western portal of the Upper Hirschsprung . In the narrow valley there are (from the left) characteristically crammed: railway, road, stream and footpath.

DRÁHA NA WENDELSTEIN

Po jedné pohlednici s tunelem Wendelsteinské dráhy se čtenáři tohoto seriálu setkali již v Tunelu č. 4/2016 a 4/2018. Jen pro připomenutí.

Wendelstein (1 838 m n. m.) je turisticky mimořádně exponovanou horou v bavorských Alpách. Na vrchol (se známým kostelem) vede památkově chráněná zubačka, již jen jedna ze čtyř, které v Německu zbývají. Její stavba byla zahájená 29. 3. 1910, slavnostní otevření připadlo na 25. 5. 1912. Práce v extrémních podmínkách byla dílem především Italů a Bosňáků, kterých zde pracovalo až okolo 800.

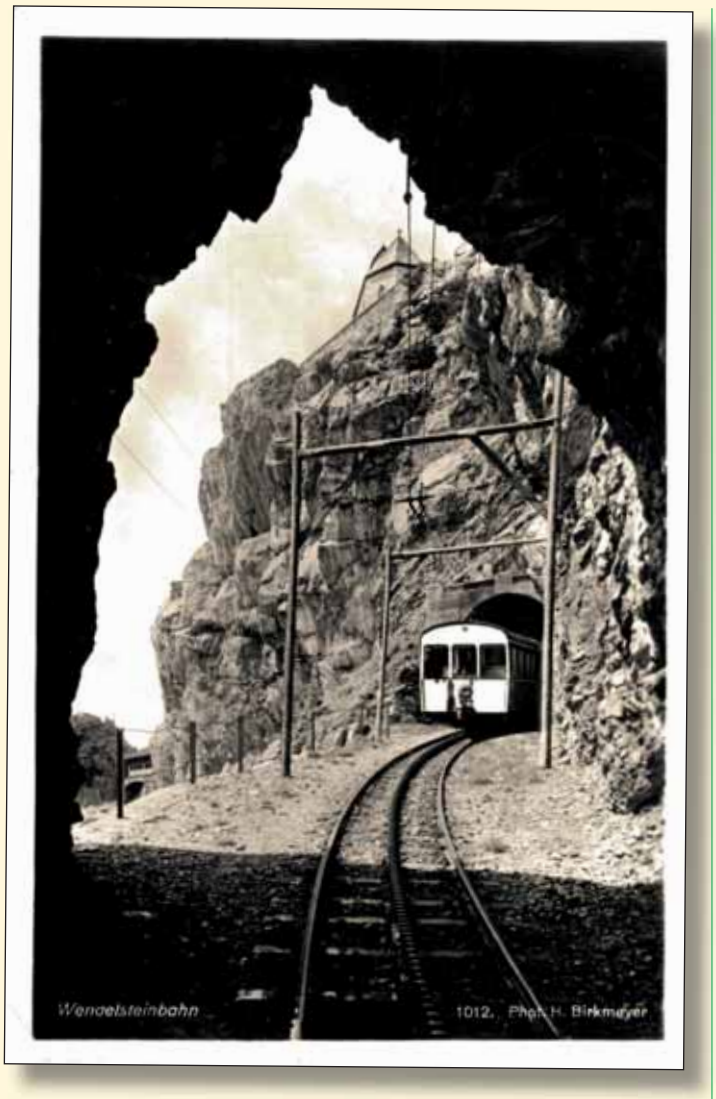
Trať, vedená převážně po východní straně hory, má rozchod 1 000 mm, max. sklon 237 ‰ a její původní délka byla 9,95 km; v 60. letech 20. stol. byla zkrácená na dnešních 7,66 km. 1987–1991 zde proběhla zásadní modernizace. Nachází se zde osm galerií a sedm tunelů, dlélky od 16 do 119 m (Σ 324 m) (obr. 7). [7]

TUNEL BRANDLEITE

Jedna pohlednice s železničním tunelem Brandleite byla uvedena již v Tunelu 4/2018, proto jen stručná rekapitulace.

Dvoukolejný tunel Brandleite je na trati Neudietendorf – Ritschenhausen, mezi stanicemi Gehlberg a Oberhof. Nejdelší železniční tunel nejen v Duryňsku, ale i v bývalé NDR (3 039 m) je pojmenovaný podle jím překonávaného hřebene Duryňského lesa.

Stavba byla zahájená v roce 1881, prorážka připadla na 7. 2. 1883 a slavnostní otevření provozu proběhlo 1. 8. 1884. Zajímavostí bylo použití tzv. Belgické tunelovací metody při stavbě. Bě-



Obr. 7 Wendelsteinská dráha. Schwalgerwandtunnel („Tunel ve vlaštovčí stěně“) pod kostelem Wendelstein. Nr. 1012 Gebirgskarten-Verlag H. Birkmeyer, Brannenburg a. Inn. 1942. [sbírka autorů]

Vjezdový portál vrcholového tunelu 7 (35 m) pod kostelem je fotografovaný z výjezdového portálu tunelu 6 (119 m). Za pozornost stojí originální konstrukce zavěšení troleje. Tunely nejsou dodnes vyzděné. Pohlednice z výletu na Wendelstein byla odeslaná 16. 8. 1942, uprostřed války, do protektorátu Böhmen u. Mähren.

Fig. 7 Wendelstein railway. Schwalgerwand tunnel („Tunnel in Swallow Wall“) under Wendelstein church. Nr. 1012 Gebirgskarten-Verlag H. Birkmeyer, Brannenburg a. Inn. 1942. [authors' collection]

Entrance portal of summit tunnel 7 (35m) under the church is photographed from the exit portal of tunnel 6 (119 m). The original design of the overhead catenary suspension is worth attention. The tunnels are not provided with masonry lining to this day. A postcard from a trip to Wendelstein was sent to the Protectorate of Bohemia and Moravia on August 16, 1942, in the middle of the war.

hem prací přišlo v důsledku nehod o život 5 tunelářů a cca dalších 100 zemřelo na různé nemoci.

Ve 30. letech 20. stol. byla obezdívka tunelu zesilována, 2004–2005 byla provedená celková rekonstrukce. Asi 350 m od západního portálu (obr. 8) křižuje tento železniční tunel nový silniční tunel Rennsteig (otevřený 2003); ten je vedený pouze 5 až 6,5 m nad jeho záklenkem.

Tunelem Brandleite často projíždějí výletní vlaky tažené parní trakcí a dnes jde tak o nejdelší úsek páry v tunelu klasického profilu u DB. [8]

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.

Obr. 8 Pozdrav z Oberhofu v Duryňsku. Nádraží. Verlag R. Braune, Arnstadt. 1901. [sbírka autorů]

Na pohlednici je vidět standardní nádraží budova Říšských drah ve známém středisku zimních sportů. Bezprostředně za nádražím je západní portál tunelu Brandleite.

Fig. 8 P Greetings from Oberhof in Thuringia. Railway station. Verlag R. Braune, Arnstadt. 1901. [authors' collection]

The postcard shows the standard railway station building of the Imperial Railways in the famous winter sports centre. The western portal of the Brandleite tunnel is immediately behind the station.

LITERATURA / REFERENCES

[1] List of tunnels in Germany [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu < https://de.zxc.wiki/wiki/Liste_von_Tunneln_in_Deutschland >

[2] Engelslay-Tunnel an der Bundesstraße B 267 bei Altenahr [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu < https://www.kuladig.de/Objektansicht/O-117916-20150313-8 >

[3] Ahr Valley Railway [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu <https://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Ahr_Valley&prev=search&pto=aue >

[4] Linka 4300: Dolní Hirschsprungský tunel [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu < Dolní Hirschsprung tunel linky 4300, informace od Lothar Brill (eisenbahn-tunnelportale.de) >

[5] Tunnelportale – Bilder der Strecke: 4300 [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu < https://www.eisenbahn-tunnelportale.de/lb/inhalt/tunnelportale/4300.html >

[6] Höllentalbahn (Schwarzwald) [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu < https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6llentalbahn_(Schwarzwald) >

[7] Wendelsteinbahn [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu <https://de.wikipedia.org/wiki/Wendelsteinbahn>

[8] Brandleite Tunnel [online]. [cit. 2021-06-21]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Brandleite_Tunnel>

Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA WORKING GROUPS

NOVINKY Z PRACOVNÍ SKUPINY CZTA_YOUNG MEMBERS
NEWS FROM YOUNG MEMBERS WORKING GROUP OF THE CZTA

Obr. 1 Exkurze skupiny do Obříství
Fig. 1 WG excursion to Obříství

The new Working Group "Young Tunnellers" organised the first larger event in the spring. It was an excursion to the excavation of a water supply pipeline under the Elbe using the controlled MMS AVN microtunnel boring machine in Obříství u Mělníka. The working group also informs that a general meeting of the Young Members took place within the framework of the International Tunnelling Association (ITA) on 29 June. The ITA_ym chairwoman Jasmin Amberg informed member organisations about the group's activities over the past year. An election of one of the six members of the organisation's presidium also took place during the assembly. However, no candidate was elected, as none received more than half the number of votes required according to the ITA rules. Finally, Eyðbjørg Petersen from the Danish Tunnelling Society informed about the preparation of the World Tunnel Congress WTC 2022 in Copenhagen.

Na sklonku minulého roku byla založena nová pracovní skupina „Mladí tuneláři". I přes panující protiepidemická opatření v uplynulém půlroce se skupina snažila být co nejvíce aktivní.

Na jaře se nám podařilo uspořádat první exkurzi skupiny. Jednalo se o exkurzi na ražbu vodovodu řízeným mikrotunelovacím strojem MMS AVN pod Labem v Obříství u Mělníka. Exkurze se účastnilo celkem 18 členů CzTA_ym (obr. 1), včetně stavbyvedoucího a operátora razicího stroje Jana Brabce z HYDROTECHNIK PRAHA spol. s r.o. Právě Jan Brabec umožnil CzTA_ym exkurzi zorganizovat a prováděl skupinu celou stavbou. Před samotným vstupem na staveniště byla skupina teoreticky seznámena s principem protlačování (fungováním razicího stroje, instalací ostění i geologickými poměry stavby). Poté se skupina přesunula na staveniště, kde členové mohli sestoupit přímo do startovací šachty, ze které ražba probíhá (obr. 2). Dále měli účastníci přístup do velína, kde mohli sledovat operátora, který v tu chvíli naváděl razicí štít, upravoval průtoky výplachových čerpadel nebo rychlost tlačných pístů. Nakonec jim byla ukázána separační jednotka, ke které je dopravována vytěžená rubanina z čelby, aby mohla být separována od transportního média. Celá akce byla úspěšně zakončena prohlídkou města Mělník a návštěvou místního mikropivovaru.

Dne 29. června proběhlo valné shromáždění Young Members v rámci Mezinárodní tunelářské asociace (ITA). Valné shromáždění proběhlo opět on-line. Předsedkyně ITA_ym, Jasmin Amberg, informovala členské organizace o činnosti skupiny za uplynulý rok. Během shromáždění dále proběhla volba na jedno volné místo ze šesti členů předsednictva organizace. O toto volné místo se ucházelo 13 kandidátů, kteří v rámci zasedání prezentovali své vize ohledně dalšího rozvoje organizace. Navzdory tomu, že volba proběhla tříkolově, nebyl zvolen žádný kandidát, jelikož žádný z kandidátů neobdržel podle regulí ITA potřebný nadpoloviční počet hlasů. Závěrem informovala Eyðbjørg Petersen z Dánské asociace o přípravě světového tunelářského kongresu WTC 2022 v Kodani.

V případě zájmu o účast na budoucích akcích skupiny neváhejte skupinu kontaktovat prostřednictvím emailu na adrese cztaym@seznam.cz.

Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA,
zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a. s.

Obr. 2 Mikrotunelovací stroj
Fig. 2 Mikrotunel boring machine

15. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE

PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2023

29.–31. 5. 2023 | CLARION CONGRESS HOTEL PRAGUE

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES TUNNELS ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN
AITES | ITA
INTERNATIONAL TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE ASSOCIATION

ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ ASOCIACE ITA-AITES
CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES

GEOtest

www.geotest.cz

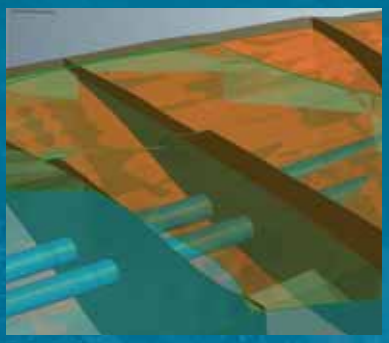
GEOtest, a.s.
příklady současných aktivit společnosti při přípravě a výstavbě podzemních staveb v České republice.

Praha – Metro I. D, geologický průzkum v úseku Pankrác – Olbrachtova

Realizace série velkorozměrových geotechnických zkoušek v průzkumné štole. Pohled na provádění vodorovné smykové zkoušky horninového masivu s patrným svislým normálovým přitížením.

Brno – Prodloužení tramvajové trati z ulice Osová do Kampusu, geotechnický monitoring

Inklinometrické měření deformace za rubem milánských zdí hloubeného tramvajového tunelu.



Brno – tunel VMO Vinohrady, geotechnický průzkum

Předběžná etapa geotechnického průzkumu pro výstavbu silničního tunelu v prostoru sídliště Vinohrady v rámci dobudování Velkého městského okruhu. Příklad výstupu průzkumných prací v podobě 3D modelu interakce horninového masivu s tunelovými troubami.

Dolní Rožínka

Výzkum zaměřený na ověření vhodných geotechnických a geofyzikálních metod, které přispějí k dokonalejšímu popsání geologické stavby horninového masivu a jeho vlastností v okolí podzemního díla v souvislosti s plánovanou výstavbou trvalého úložiště jaderného dopadu na území České republiky.

Brno – tunel VMO Žabovřeská

Geologický sled a geotechnický monitoring výstavby raženého tramvajového tunelu v rámci zkapacitnění silničního okruhu v úseku Brno – Žabovřeská.