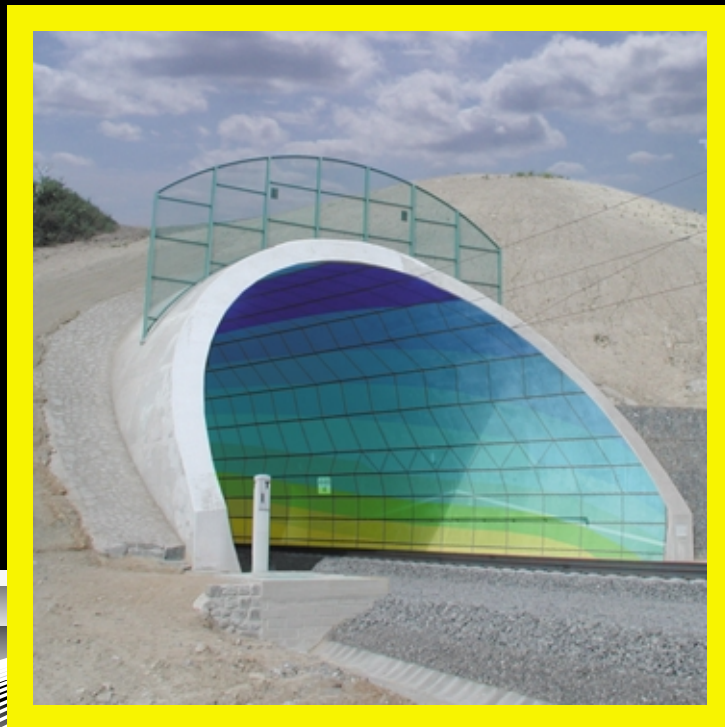


Tunnel

ČASOPIS ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU
A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES
PODZEMNÍ STAVBY (VÝVOJ, VÝZKUM, NAVRHOVÁNÍ, REALIZACE)

*MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE
AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES
UNDERGROUND CONSTRUCTION (DEVELOPMENT, RESEARCH, DESIGN, REALIZATION)*



Magazine of the Czech Tunnelling Committee
and the Slovak Tunnelling Association ITA/AITES
Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

CONTENTS

<i>Editorial: Dipl.-Ing. Boris Klement, ILF Consulting Engineers, s. r. o.</i>	1
<i>Design of tube umbrellas</i>	
<i>Dipl.-Ing. Dr. Techn. Max John, Dipl.-Ing. Bruno Mattle, ILF Consulting Engineers</i>	2
<i>The NATM application on the Copenhagen metro</i>	
<i>Dipl.-Ing. Paul Bonapace, ILF Consulting Engineers</i>	10
<i>The new Třebovice tunnel project</i>	
<i>Ing. Petr Svoboda, ILF Consulting Engineers, s. r. o.</i>	14
<i>New tunnels on the „Middle“ section of the Nuremberg – Ingolstadt high-speed line</i>	
<i>Mgr. Jiří Zmitko, ILF Consulting Engineers, s. r. o.</i>	21
<i>Vepřek – the first Czech Railways' tunnel in the new millenium</i>	
<i>Ing. Jiří Wohlmuth, České dráhy, s. o., DDC, o. z., building department Prague</i>	26
<i>The control of the ground response – milestones up to the 1960s (completion)</i>	
<i>Prof. Kalmán Kovári, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland</i>	30
<i>The crossing of the Mrázovka tunnels with the P interceptor sewer in the area of the south portal</i>	
<i>František Trázník, Ing. Miloš Hrdlička, Ing. Karel Karmazín, INSET, s. r. o.</i>	35
<i>Tram Track Hlubočepy – Barrandov, foundation of the estacade over Růžičkova Gorge</i>	
<i>Ing. Jiří Straka, NOVÁK a PARTNER, s. r. o., civil engineering design office</i>	40
<i>Ing. Petr Mičunek, ŽS Brno, a. s.</i>	44
<i>World of underground construction</i>	44
<i>Technical matters of interest</i>	46
<i>News from tunnelling conferences</i>	48
<i>Czech Tunnelling Committee ITA/AITES reports</i>	54
<i>Information</i>	56

EDITORIAL BOARD

Předseda: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a.s.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - CVUT Praha
Ing. Igor Fryč - POHL, a.s.
Ing. Milan Krejcar - INSET, s.r.o.
Ing. Josef Kutíl - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Ing. Libor Mařík - ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Ing. Miloslav Novotný - METROSTAV, a.s.
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a.s.
Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc. - ELTODO EG, a.s.
Ing. Georgij Romancov, CSc. - METROPROJEKT Praha, a.s.
Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. - SG-GEOTECHNIKA, a.s.
Ing. Stanislav Sikora - VOKD, a.s.
Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. - Ústav geoniky AV ČR
Ing. Václav Torner - AQUATIS, a.s.
Ing. Miroslav Uhlík - SUBTERRA, a.s.
ČTuK ITA/AITES: Ing. Karel Matzner
STA ITA/AITES: Ing. Miloslav Frankovský - TERRAPROJEKT, a.s.
Ing. Peter Dinga - GEOCONSULT, s.r.o.
Ing. Ondrej Vida - BANSKÉ STAVBY, a.s.

PUBLISHED FOR SERVICE USE

by the Czech Tunnelling Committee and the Slovak Tunnelling Association
ITA/AITES

DISTRIBUTION:

ITA/AITES Member Nations
ITA/AITES EC members
CTuK corporate and individual members
more than 30 external subscribers
obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Dělnická 12, 170 04 Praha 7
tel./fax: 667 93 479
e-mail: matzner@metrostav.cz
internet: <http://www.ita-aites.cz>
Editor-in-chief: Ing. Karel Matzner
Technical editors: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,
Ing. Jozef Frankovský

Graphic designs: Petr Míšek

Printed: GRAFTOP



METROPROJEKT Praha a.s.

Česká projektová a inženýrská
akciová společnost

Czech design and engineering
joint-stock company

Dle Vašich požadavků pro Vás
vypracujeme:

- rozborové studie a analýzy investic
- projektovou dokumentaci všech stupňů
- transformaci a autorizaci dokumentace zahraničních klientů podle českých norem a předpisů
- poradenskou a konzultační činnost

According to your requirements
we elaborate for you:

- pre-investment studies & analyses
- projekt documentation at all levels
- transformation & authorization of project
- documentation of foreign clients in compliance with Czech norms and regulations
- advisory & consulting services

Kontaktní spojení:

Contact address:

METROPROJEKT Praha a.s.

I.P. Pavlova 2/1786, 120 00 Praha 2, Czech Republic
Phone: + 420 2 96 325 151, Fax: + 420 2 96 154 105
E-mail: metroprojekt@metroprojekt.cz

Pozvánka na XIII. EVROPSKOU KONFERENCI ISSMGE,
která se koná v Praze 25. – 28. srpna 2003

GEOTECHNICAL PROBLEMS WITH MAN-MADE AND MAN INFLUENCED GROUNDS

Tematické okruhy:

- Sanace starých skládek, odkališť, výsypek; podmínky bezpečné výstavby
- Sanace starých ekologických zátěží, příprava pro novou zástavbu
- Definování podmínek výstavby na "brownfields"
- Problematika zakládání staveb v městské zástavbě
- Dopravní infrastruktura a podzemní stavby v městské zástavbě (numerické a polní modelování, otázky interakce s prostředím, observační metoda)
- Mezinárodní spolupráce v rámci projektů NATO, EU apod.

Česká geotechnická společnost ČSSI
a Český a Slovenský národní komitét
při Mezinárodní společnosti pro
mechaniku zemin a geotechnické
inženýrství (ISSMGE)

Bližší informace <http://www.ecsmge2003.cz>

Zavedená konzultační firma přijme

▶▶▶▶▶ GEOTECHNIKY ◀◀◀◀◀

Nabízíme dobré platové podmínky a možnost profesního růstu.
Požadujeme praxi v oboru geotechniky, odpovědný přístup k práci.

Tel.: 02/51 81 84 90

Fax.: 02/51 81 81 95

ČLENSKÉ ORGANIZACE ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES

MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES

ČTuK:

ABP, a. s.
Náměstí Hrdinů 6
140 00 Praha 4

AMBERG ENGINEERING BRNO, a.s.
Ptašínského 10
602 00 Brno

ANGERMEIER ENGINEERS, s.r.o.
Pilovská 216
190 16 Praha 9

AQUATIS, a.s.
Botanická 56
656 32 Brno

CARBOTECH-BOHEMIA, s.r.o.
Lihovarská 10
716 03 Ostrava-Radvanice

ČERMÁK A HRACHOVEC, s.r.o.
Smíchovská 31
155 00 Praha 5 - Řeporyje

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

ENENERGIE KLADNO, a.s.
Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

EREBOS, s.r.o.
Malé Svatoňovice 249
542 34

GEOTEC GS, a.s.
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 6

GEOTEST BRNO, a.s.
Šmahova 112
659 01 Brno

ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Jírsíkova 5
186 00 Praha 8

INGSTAV, a. s.
Novská 22
709 06 Ostrava - Mariánské Hory

INGUTIS, s.r.o.
Třeboradická 1/1275
182 00 Praha 8

INSET, s.r.o.
Novákových 6
180 00 Praha 8

**INŽENÝRING
DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.**
Na Moráni 3
128 00 Praha 2

KANKOL, s.r.o.
Nový Jáchymov 48
267 03 Hudlice, okr. Beroun

KELLER SPECIÁLNÍ ZAKLÁDÁNÍ, s.r.o.
K Ryšánci 16
147 54 Praha 4

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

METROSTAV, a.s.
Koželužská 5
180 00 Praha 8

OKD, DBP PASKOV, a.s.
739 21 Paskov

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

PŮDIS, a.s.
Nad vodovodem 2/169
100 00 Praha 10

SATRA, s.r.o.
Podhoří 2879
276 01 Mělník

SG GEOTECHNIKA, a.s.
Geologická 4
150 00 Praha 5

SOLETANCHE ČR, s.r.o.
K Botiči 6
101 00 Praha 10

ČVUT STAVEBNÍ FAKULTA
Thákurova 7
166 29 Praha 6

VUT STAVEBNÍ FAKULTA
Veveří 95
662 37 Brno

SUBTERRA, a.s.
Bezová 1658
147 14 Praha 4

SUDOP, a.s.
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

TUBES, s.r.o.
Londýnská 29
123 00 Praha 2

ÚSTAV GEONIKY AV ČR
Studentská ul. 1768
708 33 Ostrava-Poruba

VIS, a.s.
Bezová 1658/1
147 00 Praha 4

VOKD, a.s.
Českoobrátská 7
701 40 Ostrava

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

ZAKLÁDÁNÍ GROUP, a.s.
Rohanský ostrov
180 00 Praha 8

ŽS BRNO, a.s.
závod MOSAN
Burešova 17
660 02 Brno

STA:

BANSKÉ STAVBY, a.s.
Košovská cesta 16
971 74 Prievidza

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

GEOCONSULT, s.r.o.
Drieňová 27
826 56 Bratislava

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

GEOSTATIK, spol. s r.o.
Bytčická 32
P.O.BOX B 138
010 29 Žilina

GEOTECHNIK, spol. s r.o.
Spišská Nová Ves

**HORNONITRIANSKE BANE
PRIEVIDZA, a.s.**
ul. Matice Slovenskej 10
971 71 Prievidza

HYDROSTAV, a.s.
Miletičova 21
820 06 Bratislava

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

CHÉMIA-SERVIS, s.r.o.
Zadunajská 10
851 01 Bratislava

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

INFRAPROJEKT, s.r.o.
Kominárska 4
832 03 Bratislava

**Ing. Ján Fabrický
ŠPECIÁLNÉ ČINNOSTI**
Kuklovská 60
P.O.BOX 20
841 05 Bratislava

INGEO-IGHP, s.r.o.
Bytčická 16
010 01 Žilina

KATEDRA GEOTECHNIKY
Stavebnej fakulty ŽU v Žiline
Komenského 52
010 26 Žilina

MAGISTRÁT HL.M. BRATISLAVY
Primaciálne nám. 1
814 99 Bratislava

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK

Katedra inžinierskej geológie
Mlynská dolina G
842 15 Bratislava

SLOVENSÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova19,
826 19 Bratislava

SLOVENSKE TUNELY, a.s.
Furmanská 8,
841 03 Bratislava

SOLHYDRO, spol. s r.o.
Mlynské nivy 61
P.O.BOX 31
820 06 Bratislava

STAVEBNÁ FAKULTA STU
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
Katedra dobývania ložísk
a geotechniky
Letná 9
042 00 Košice

TERRAPROJEKT, a.s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

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

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova 45
043 53 Košice

**VAHOSTAV - TUNELY A ŠPECIÁLNE
ZAKLADANIA, a.s.**
Borská 6
841 04 Bratislava 4

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA š.p.
Karloveská 2
P.O.BOX 45
840 00 Bratislava

VUIS-ZAKLADANIE STAVIEB, spol. s r.o.
Stará Vajnorská cesta 16
832 44 Bratislava

ZIPP BRATISLAVA, spol. s r.o.
Stará Vajnorská 16,
832 44 Bratislava

ZPA KŘIŽÍK, a.s.
Masarykova 10
080 01 Prešov

ŽELEZNICE SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Klemensova 8
813 61 Bratislava

11. ROČNÍK, č. 3/2002

MK ČR 7122

ISSN 1211 - 0728

Tunel

Časopis Českého tunelářského komitétu
a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES
Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

OBSAH

str.

Úvodník: Dipl.-Ing. Boris Klement, ILF Consulting Engineers, s. r. o.	1
Navrhování mikropilotových dešťníků Dipl.-Ing. Dr.Techn. Max John, Dipl.-Ing. Bruno Mattle, ILF Consulting Engineers, s.r.o.	2
Uplatnění NRTM při výstavbě metra v Kodani Dipl.-Ing. Paul Bonapace, ILF Consulting Engineers, s.r.o.	10
Projekt nového Trebovického tunelu Ing. Petr Svoboda, ILF Consulting Engineers, s.r.o.	14
Nové tunely na vysokorychlostní trati Norimberk – Ingolstadt, úsek „Střed“ Mgr. Jiří Zmítko, ILF Consulting Engineers, s. r. o.	21
Tunel Vepřek – první tunel Českých drah v novém tisíciletí Ing. Jiří Wohlmuth, České dráhy, s. o., DDC, o. z., stavební správa Praha	26
Řízení odezvy horniny – milníky do roku 1970 (dokončení) Prof. Kalmán Kovári, Swiss Federal Institute of Technology, Curych, Švýcarsko	30
Křížení tunelů Mrázovka s kanalizačním sběračem P v oblasti jižního portálu František Trázník, Ing. Miloš Hrdlička, Ing. Karel Karmazin, INSET, s. r. o.	35
Tramvajová trať Hlubočepy – Barrandov, zakládání estakády přes Růžičkovu roklí Ing. Jiří Straka, NOVÁK a PARTNER, s. r. o., inženýrská projektová kancelář Ing. Petr Mičunek, ŽS Brno, a. s.	40
Ze světa podzemních staveb Technické zajímavosti	44
Zprávy z tunelářských konferencí Zpravodajství Českého tunelářského komitétu ITA/AITES	48
Informace	56

REDAKČNÍ RADA

Předseda: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a.s.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT Praha
Ing. Igor Fryč - POHL, a.s.
Ing. Milan Krejcar - INSET, s.r.o.
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Ing. Libor Mařík - ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Ing. Miloslav Novotný - METROSTAV, a.s.
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a.s.
Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc. - ELTODO EG, a.s.
Ing. Georgij Romancov, CSc. - METROPROJEKT Praha, a.s.
Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. - SG-GEOTECHNIKA, a.s.
Ing. Stanislav Sikora - VOKD, a.s.
Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. - Ústav geoniky AV ČR
Ing. Václav Torner - AQUATIS, a.s.
Ing. Miroslav Uhlík - SUBTERRA, a.s.
ČTuK ITA/AITES: Ing. Karel Matzner
STA ITA/AITES: Ing. Miloslav Frankovský - TERRAPROJEKT, a.s.
Ing. Peter Dinga - GEOCONSULT, s.r.o.
Ing. Ondrej Vida - BANSKÉ STAVBY, a.s.

VYDAVATEL

Český tunelářský komitét a Slovenská tunelárska asociácia ITA/AITES
pro vlastní potřebu

DISTRIBUCE:

členské státy ITA/AITES
členové EC ITA/AITES
členské organizace a členové ČTuK
více než 30 externích odběratelů
povinné výtisky 35 knihovněm a dalším organizacím

REDAKCE

Dělnická 12, 170 04 Praha 7
tel./fax: 667 93 479
e-mail: matzner@metrostav.cz
internet: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Karel Matzner
Odborní redaktori: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,
Ing. Jozef Frankovský

Grafická úprava: Petr Mišek

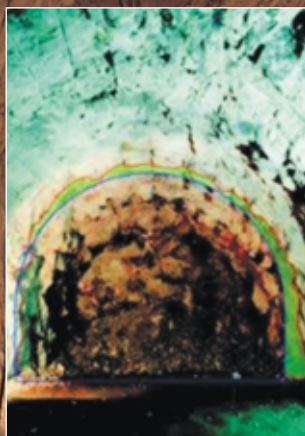
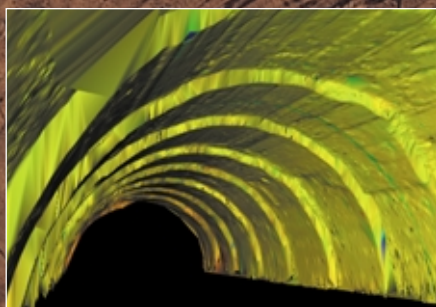
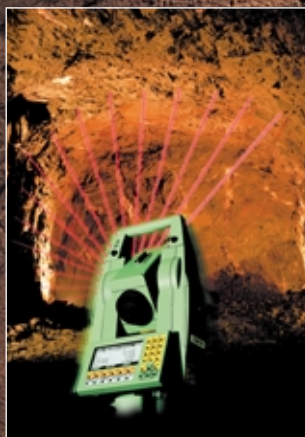
TISK: GRAFTOP



SGG Geotechnika

GEODETICKÉ PRÁCE PRO PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ

- velmi přesné konvergenční měření pro užití NRTM
- dokumentace čelby a nevystrojeného líce výrubu
- přesné zjišťování nadvýrubů a podvýrubů
- kontrola skutečné plochy ostění tunelu
- zjišťování skutečné tloušťky primárního i sekundárního ostění
- dokumentace stavu ostění a povrchu výrubů stávajících tunelů



Pro geodetické práce v podzemí je Stavební geologie-Geotechnika, a.s. vybavena automatickými totálními stanicemi Leica TCA, a zejména **laserovým skenovacím systémem CYRAX 2500** od americké firmy CYRA Technologies, Inc.



Odborné informace, konzultace:

Stavební geologie – Geotechnika, a.s., pracoviště inženýrské geodézie
Geologická 4, 152 00 Praha 5, tel.: 51 81 93 00, 51 81 62 40, I. 202
fax: 02/ 51 81 85 90, e-mail: geodezie@sogg.cz, technic@sogg.cz
web: www.geotechnika.cz

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

vázím si té cti, že vás můžeme u příležitosti 10. výročí založení ILF Consulting Engineers v České republice oslovit, a to nejen úvodním slovem, ale i řadou článků tohoto čísla, které vám přibližují naše konkrétní projekty z poslední doby.

Odborníkům v oboru podzemních staveb i čtenářům tohoto časopisu není firma ILF Consulting Engineers neznámým pojmem. Setkávali jsme se, setkáváme se a věřím, že se i nadále budeme setkávat všude tam, kde se daří posunout

pomyslný prapor technického pokroku a kvality dopředu a výš. Právě technický pokrok a kvalita spolu s absolutním hájením zájmů zákazníka jsou rozhodující pilíře, na kterých bylo před 35 lety založeno inženýrské společenství Lässer Feizlmayr (ILF) jako nezávislé evropské inženýrské kanceláře. Změna politického uspořádání Evropy počátkem devadesátých let minulého století umožnila v červnu 1992 založit nejprve pobočku, později plnoprávně postavenou kancelář ILF Consulting Engineers v Praze, jako ryze český právní subjekt opírající se o vysoce profesionální technické myšlení, invenci a erudici českých stavebních inženýrů.

Jak je již z názvu patrné, nejsme klasickým projektovým ústavem. Jsme konzultační kancelář poskytující úplný inženýrský servis svým zákazníkům od založení záměru, ideových studií, studií proveditelnosti přes předprojektovou a projekční přípravu až po servis při realizaci staveb a jejich uvedení do provozu. ILF - Gruppe dnes představuje 4 základní rovnoprávné kanceláře - v Innsbrucku, Mnichově, Praze a v Curychu s úhrnem 500 inženýrů a pobočkami od USA přes Jižní Ameriku, Čínu, Afriku, Arábii po státy asijské, Rusko apod. Vedle tradičních oborů, kterým se ILF - Gruppe celosvětově věnuje (což jsou stavby velké dopravní infrastruktury včetně rozhodujícího podílu staveb tunelářských a produktvodů), je firma ILF Consulting Engineers v České republice zaměřena více multidisciplinárně, tj. od územního plánování přes stavby vodohospodářské, pozemní a GIS.

Celkem 10 let budovaná a rozvíjená pražská kancelář spolu s pobočkami v Brně, Plzni, Českých Budějovicích a dceřinou společností TERRAPROJEKT, a. s., v Bratislavě disponuje nyní téměř 200 inženýry a specialisty a rozhodně patří mezi neopominutelné partnery nejen v projektech podzemních a tunelářských staveb.

V průběhu minulých let jsme postupně získali nejen „své místo na slunci“, ale časem navázali jistě vzájemně prospěšnou spolupráci nejen s rozhodujícími investory, ale i s většinou „konkurenčních“ firem. A právě jim, neboť dnes již rozhodně společně sdílíme vizi o budoucích perspektivách a rozmachu tunelářství v České republice, bych chtěl popřát mnoho úspěchů. A úspěch je pro každého inženýra dobrá realizovaná stavba, kterou – bez ohledu na „autorství“ – ověří až čas.

**Dear colleagues,**

It is a great honour for me to address you on the occasion of the 10th anniversary of the foundation of ILF Consulting Engineers in the Czech Republic. In this introduction I would like to present not only my words here, but also a series of articles describing real projects that our office has implemented over the last several years.

Civil engineers and readers of this magazine know the company ILF Consulting Engineers very well. We have met before, and

I trust we will meet again in any place where the metaphorical flag of technological development and quality is being raised to a higher level. Especially technical progress, quality and absolute protection of client interests are the dominant bases on which the engineering partnership Lässer Feizlmayr (ILF) as an independent European engineering office was founded 35 years ago. The change of the political arrangement of Europe at the beginning of the nineties enabled us to establish the ILF Consulting Engineers office in Prague in June 1992. This is a Czech legal entity (not a subsidiary) based on the high professional engineering way of thinking, invention and erudition of Czech civil engineers.

As indicated even in our company name, we are not only a classical designer office. We are consulting engineers providing full scale of engineering services for our clients starting with the elaboration of building programmes and pilot studies, continuing with feasibility studies, to all kind of planning and design documentation, up to services during implementation and operation of projects. Today ILF Consulting Engineers Group incorporates 4 basically independent offices in Innsbruck, Munich, Prague and Zurich with over 500 engineers, and also branch offices in the U.S.A., South America, Africa, the Far East, the Middle East, Russia, etc. Besides the traditional disciplines of civil engineering that ILF Consulting Engineers Group provides all over the world (structures of transport infrastructure such as tunnels and pipelines), ILF Consulting Engineers in the Czech Republic also focuses on various other disciplines, such as urban planning, water management structures (water conduits, sewage systems, etc.), buildings and GIS.

The Prague office, along with branch offices in Brno, Plzeň, České Budějovice and the affiliated company Terraprojekt in Bratislava, employs 200 engineers and specialists. It plays an important role in tunnel projects and underground structures, among other things.

In recent years we have reached a respected position among the consulting engineers in the Czech Republic. We co-operate with major investors and even with most of the "competitors". To them I would like to wish great success, because nowadays we share together a vision of future development of tunnel engineering in the Czech Republic. And the success is - for every engineer - a well-implemented project that shall be verified over the years, even without any respect to the authorship.

Zdař bůh/Glück auf/God bless

Dipl.-Ing. Boris Klement
jednatel společnosti
ILF Consulting Engineers, s. r. o.

NAVRHOVÁNÍ MIKROPILOTOVÝCH DEŠTNÍKŮ

DESIGN OF TUBE UMBRELLAS

DIPL. Ing. Dr. TECHN. MAX JOHN, DIPL. Ing. BRUNO MATTLE
ILF CONSULTING ENGINEERS

ÚVOD

Ke stále častějšímu nasazení mikropilotových deštníků k zajištění stability klenby tunelu přispívá použití moderních vrtacích strojů v podzemním stavitelství. Mikropilotové deštníky, tvořené ocelovými trubkami vyplněnými cementovou záplivkou, musíme chápat jako výztuž zeminy a nikoli jako klenbu kolem výrubu, a to i v případě, kdy jsou mikropiloty zainjektovány, neboť injektáž směs neproniká do zeminy v dostatečném rozsahu. Deštníky z mikropilot pomáhají zvýšit stabilitu nezajištěné oblasti výrubu podélným roznesením zatížení před čelbu tunelu a do již vybudovaného ostění. Článek objasňuje postup statického návrhu mikropilot.

PROVÁDĚNÍ MIKROPILOT

Mikropiloty jak s ventily, tak bez nich, se osazují do vrtů v průběhu vrtání z čelby tunelu. Pro mikropiloty se používají ocelové trubky o průměru od 60 do 200 mm. Speciální kombinace vrtného nástroje a sestavy hrotu, která byla poprvé použita před více než 10 lety [1], dovoluje použít standardní vrtné soupravy, viz obr. 1. Podobné technologie vyvinuly níže uvedené společnosti (Poznámka: seznam nemusí být úplný).

- ALWAG-TECHNO: AT-Hüllrohrsystem
- ROTEX 0Y: Symmetrix system
- ATLAS COPCO: BOODEX method with ODEX drilling
- KELLER Grundbau: MESI-Rohrschirm

Následující popis vychází ze systému „AT-Hüllrohrsystem“, viz obr. 2. Středový hrot (1) vrtného nástroje (4) představuje první prvek systému, ke kterému je přivařena patka (3). Patku a s ní i celou trubku (6) tlačí vrtný nástroj vpřed, aniž by se trubka otáčela. Díky tomu je potřeba méně energie než při použití vrtné trubky. Vně středového hrotu umístěný prstencový vrták (2) zvětšuje průměr vrtu tak, aby bylo umožněno současné zatahování výpažnicových trubek. K napojování trubek o obvyklé délce 3 m a tloušťce stěny od 5,0 do 12,5 mm slouží závitové spoje. Po dosažení požadované hloubky vrtu se vrtný nástroj, který se během vrtání otáčí doleva, povytáhne tak, aby se prstencový vrták dotkl patky pažnice, a pak se otočí doprava. Tím se prstec sesmekne ze středového hrotu a vrtný nástroj se může vytáhnout (prstencový vrták zůstává „ztracen“ ve vrtu). Po vytažení vrtného nástroje se mikropiloty zainjektují cementovou suspenzí. Volný prostor u ústí vrtu mezi ocelovou trubkou a stěnou vrtu se pěnou utěsňuje tak, aby bylo možné dostatečně zvýšit tlak při injektování. Injektáž probíhá z konce trubky a přes ventily uzavřené na počátku plastovými uzávěry.

Výhodou metody je kromě použití pro vrtání a trhací práce běžně používané vrtné soupravy i urychlení celého procesu. V závislosti na geologických

ABSTRACT

Forepoling by the use of tube umbrellas is increasingly applied since standard drilling equipment can be used to install steel pipes. Tube umbrellas composed of cement grouted steel pipes are to be considered as ground reinforcement and not as an arch around the excavation because by grouting the steel pipes – even if they are equipped with valves – the grout will not intrude into the ground. Tube umbrellas assist to achieve stability in the unsupported area and at the tunnel face by bridging loads ahead of the face in longitudinal direction.

DESCRIPTION OF GROUTED STEEL PIPES

Grouted steel pipes with or without valves are installed during borehole drilling ahead of the tunnel face. Steel pipes with a diameter ranging between 60 and 200 mm are employed. A special combination of drilling tool and bit arrangement, which was first employed more than 10 years ago [1], allows the use of standard drilling rigs, see Figure 1. The following companies have developed similar technique (note: the list may not be complete):

- ALWAG-TECHNO: AT-Hüllrohrsystem
- ROTEX 0Y: Symmetrix system
- ATLAS COPCO: BOODEX method with ODEX drilling
- KELLER Grundbau: MESI-Rohrschirm

The following description is based on the “AT-Hüllrohrsystem”, see Figure 2.

The central bit (1) of the drilling tool (4) is introduced as the first pipe element of the system, to which a shoe is welded (3). This shoe and with it the whole pipe (6) is pushed forward by the drilling tool without any pipe rotation. As a result less energy is required than would be the case with a drill pipe. Outside the central bit, a ring bit (2) is placed which increases the hole to a diameter, which is large enough for the following pipes. The pipes, which usually have a length of 3 m and a wall thickness of 5.0 to 12.5 mm, are screwed together. Once the defined borehole depth has been reached, the drilling tool which normally rotates to the left is drawn back until the ring bit comes into contact with the casing shoe and then rotates to the right. Thus the ring bit slides from the central bit and the drilling tool can be withdrawn.

Following the withdrawal of the drilling tools, the steel pipes will be grouted with cement suspension at the front end of the tube at the tunnel face. The

Tunel Tunnel	Způsob členění výrubu Excavation method	Průřez tunelu Cross section	Délka úseku deštníku Umbrella section	Délka mikropilot Length of pipes	Efektivní přesah Effective overlap	Vzdálenost mezi mikropilotami Spacing of pipes	Rozměry trubek Size of pipes
Lange Issel	h h/b/i	zvětšený enl.	13.0 m	17.5 m	4.3 m	0.40 m	114.3/6.3
Stammham	h h/b/i	stálý const.	5.6 m	12.0/9.0 m	5.9 m	0.30 m	88.9/8.0
Euerwang	h h/b/i	zvětšený enl.	9.0 m	15.0 m	6.7 m	0.30/0.40 m	114.3/6.3
Irlahüll	v d/s/d	stálý const.	9.0 m	15.0/13.0 m	3.9 m	0.40 m	114.3/6.3

Legenda: h horizontální členění výrubu
v vertikální členění tunelu

Legend: h/b/l heading/bench/invert
d/s/d double side drift
const. constant
enl. enlarged

Tab. 1 Hlavní parametry typů použitých mikropilotových deštníků
Fig. 1 Main features of tube umbrellas arrangements

podmínkách dosahuje rychlost vrtání 2 m až 3 m za minutu. Tento způsob umožňuje realizovat mikropilotový deštník tvořený ocelovými trubkami o celkové délce až 600 m za 24 hodin. Nevýhodou této metody je skutečnost, že není možné kontrolovat kvalitu injektáže.

USPOŘÁDÁNÍ MIKROPILOTOVÝCH DEŠTNÍKŮ

Při výstavbě vysokorychlostních železničních tratí Cologne – Rhine/Main a Nürnberg – Ingolstadt v Německu bylo použito mikropilotových deštníků v různých sestavách v závislosti na rozličných geologických podmínkách.

Tab. 1 uvádí hlavní parametry typů použitých mikropilotových deštníků, obr. 3 typy schematicky znázorňuje.

Při výběru typu deštníku rozhodují následující hlediska (viz obr. 3).

Průřez: Protože vrtací zařízení vyžaduje prostor přibližně 0,4 m, je nutno zvětšit plochu výrubu tak, aby byly mikropiloty osazeny vně výrubu. V opačném případě musí být mikropiloty v následujícím záběru odříznuty nebo po zainjektování odstraněny.

Členění výrubu: V případě vertikálního členění výrubu je nepraktické zvětšovat průřez čelby.

Délka ocelových trubek: Z praktických důvodů (vrtatelnost, odchylky nejméně 2 %) by délka ocelových trubek neměla překročit 18 m.

Délka deštníku: Délka deštníku závisí na následujících faktorech:

- požadovaná délka pažení na konci každého záběru
- požadovaná efektivní délka přesahu
- případný požadavek na dvě řady trubek
- Průzkum řady lokálních zhroucení provedený W. Möhrkem [2] odhalil následující mechanismy porušení:
 - Ve většině případů (87 %) došlo k porušení střední části čelby, ačkoliv byla zpevněna sklolaminátovými kotvami. Ztrátu stability způsobilo vertikální zatížení přenesené do zeminy ocelovými trubkami a horizontální stlačení zeminy mezi kotvami v čelbě. K poruchám došlo většinou v době, kdy byly výkopové práce přerušeny pracemi spojenými s osazováním mikropilot.
 - V některých případech spadla pouze malá část čelby pod mikropilotami, aniž by se porucha za ně rozšířila.
 - V několika málo případech došlo k poruše mezi ocelovými trubkami z důvodu jejich příliš velkého rozestupu.
- K poruchám došlo hlavně u mezilehlých jílovito-prachovitých vrstev nebo vrstev mylonitů anebo písčitých vrstev. Ke vzniku mnoha zkoumaných lokálních poruch přispěl menší průsak vody navzdory systematickému odvodnění pomocí studní.

Následující body, které je vhodné při návrhu zohlednit, vycházejí z provedených šetření:

- Na konci každého úseku deštníku musí pažení z ocelových trubek přesahovat čelbu nejméně tak, aby pokrylo povrch případné poruchy při úhlu 45°, viz obr. 4, 5.
- Pokud se očekává výskyt čoček písku nebo šterku, je třeba instalovat dvě řady trubek, viz obr. 4.
- V případě rozšířeného průřezu musí být zajištěno dostatečně únosné podepření konců mikropilot zvláštní výztuží viz detail na obr. 4.
- Při konstantním průřezu je nutné během prvního záběru ocelové trubky odstranit; v závislosti na lokálních geologických podmínkách musí být tato oblast případně zajištěna jehlováním, viz obr. 5.

NÁVRH PRVKŮ MIKROPILOTOVÝCH DEŠTNÍKŮ

Požadavky na ocelové trubky definuje statický výpočet, který obsahuje průměr a tloušťku trubek v závislosti na vzdálenosti trubek, délce záběru a parametrech zeminy. Otázkou při návrhu mikropilotových deštníků zůstává volba statického modelu a určení předpokládaného zatížení, které působí na trubky. Pro tento účel byl na základě výpočtů metodou konečných prvků vyvinut jednoduchý a přitom realistický model.

Anagnostou [1] popisuje iterační metodu pro statický návrh deštníků založenou na modelu nosníku s jedním koncem vetknutým do primárního ostění tunelu a druhým koncem pružně uloženým před čelbou tunelu. Protože únosnost čelby tunelu je omezená, uvažuje ve výpočtech i s únosností čelby tunelu, která závisí na pevnosti zeminy a kotvách, které čelbu tunelu zpevňují. U příkladu s malým nadložím Anagnostou předpokládá zatížení mikropilotového deštníku plnou vahou nadloží, aby navržená tuhá konstrukce omezila sedání povrchu.



Obr. 1 Vrtací vůz používaný pro osazování mikropilot
Fig. 1 Drilling rig used for installation of grouted steel pipes

void between the steel pipe and the borehole is to be sealed by foam to allow a sufficient pressure build-up for the void to be filled from the end of the tube and via valves, which are initially closed by plastic caps.

Beside the advantage of this method that the standard drilling rig for drill and blast can be used there is a speeding up of the whole process: Depending on ground conditions the drilling rate amounts to 2 m to 3 m per minute. Grouting can be started parallel to drilling procedures. Therefore it is possible to complete a tube umbrella of up to 600 m of steel pipes within a 24-hour shift. A disadvantage is the inability to check the completeness of grouting.

LAYOUT OF TUBE UMBRELLAS

During the construction of the new high-speed railway lines Cologne - Rhine/Main and Nuremberg - Ingolstadt in Germany, tube umbrellas with varying arrangements have been applied for a wide range of ground conditions. In table 1 main features of the various arrangements are listed. They are schematically shown in Figure 3.

The following aspects govern the choice of arrangements (refer to Figure 3):
Cross section: Due to the fact that the drilling equipment requires approximately 0.4 m of space, the cross-section has to be enlarged in order to install the steel tubes outside the excavation. Without this enlargement of the cross-section, the steel tubes have to be cut off during excavation or decoupled after grouting.

Excavation method: In case two side drifts are driven it is impractical to increase the cross-section of the heading.

Length of steel pipes: For practical reasons (drillability, deviations of at least 2 %) the length of steel pipes shall be limited to 18 m.

Length of umbrella: The length of the umbrella is governed by the following factors:

- required length of forepoling at the end of each advance section
- required effective length of overlap
- possible requirement of two rows of tubes at each location

An investigation of a number of local collapses conducted by W. Möhrke [2] indicated the following failure mechanism:

- In most cases (87 %) the core at the face failed although stabilised by glass-fibre bolts due to vertical loads being transferred to the ground by the steel tubes and due to horizontal squeezing of the ground between the face bolts. Failures mainly occurred while the excavation process was interrupted for the installation of steel tubes.
- In some cases a small portion of the face underneath the tubes failed with out this failure extending beyond the tubes.
- In a few cases failure occurred between the steel tubes due to insufficient spacing.

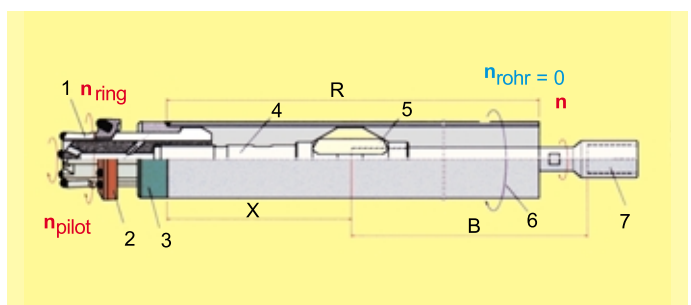
Failures have mainly been triggered by clayey-silty interlayers or layers of mylonites and/or sandy layers. A minor water ingress, despite systematic dewatering by wells, contributed to many of the local failures observed.

Lessons learned by these observations result in the following design considerations:

- At the end of the umbrella section, forepoling of the steel tubes shall extend beyond the face to cover at least a possible failure surface at an angle of 45°, see Figures 4, 5.
- If sand or gravel lenses are to be expected, two rows of tubes shall be provided at each location, see Figure 4.
- A sufficient bearing of the steel tubes shall be provided at the beginning of the enlarged section by separate reinforcement, see detail in Figure 4.
- Adopting a constant cross-section requires the removal of steel tubes during the first rounds of advance; this area is further to be supported by steel spiles depending on the ground conditions locally encountered, see Figure 5.

STRUCTURAL DESIGN OF TUBE UMBRELLAS

Structural considerations are necessary to define the requirements of the steel tubes. These include the diameter and thickness of pipes based on the distance of each other regarding the advance length as well as on the ground parameters. Questions in the design of tube umbrellas arise in choosing the



Obr. 2 Schéma vrtacího nástroje
Fig. 2 Configuration of drilling tool for steel pipe installation

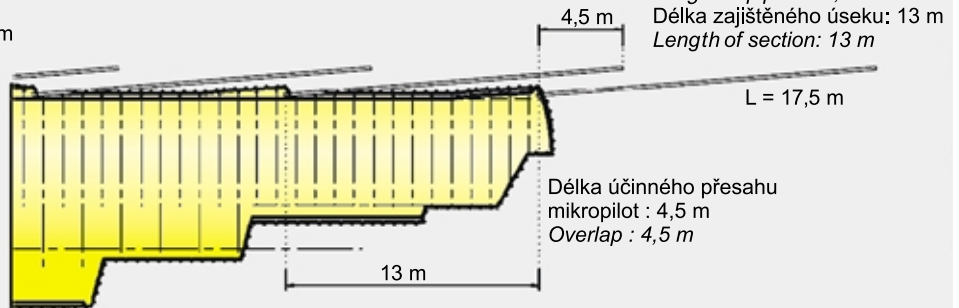
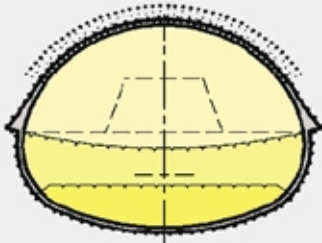
K určení zatížení působícího na injektážní deštník navrhuje Möhrke [2] použít teorii síla. Za tohoto předpokladu závisí zatížení jak na geometrických parametrech, jako je šířka tunelu, délka záběru a výška nadloží, tak na parametrech zeminy: kohezi, úhlu tření a koeficientu horizontálního zemního tlaku. Möhrke nevyvinul statický model pro návrh trubek a jejich podepření.

structural model and in assuming the load acting on the tubes. On the basis of axial symmetric finite element calculations a simple but realistic model is developed for that purpose.

Anagnostou [1] describes an iterative method for the structural design of tube umbrellas based on a beam model rigidly supported on the primary tunnel lining and elastically supported ahead of the tunnel face. Since the

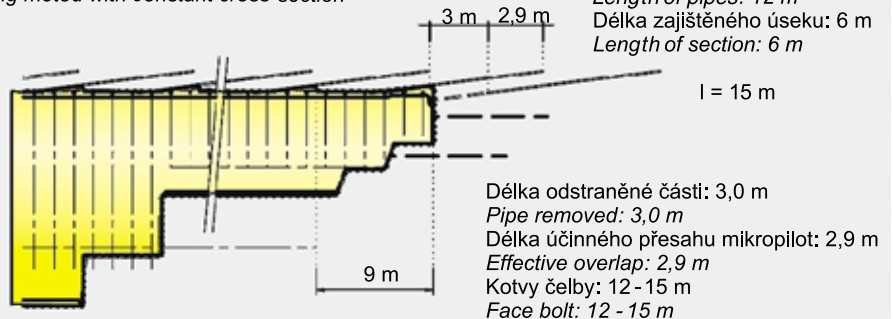
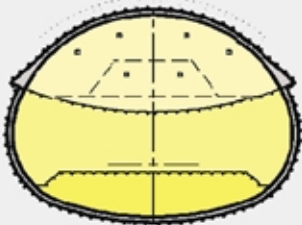
Tunel Lange Issel - horizontální členění výrubu s částečným rozšířením průřezu
Tunnel Lange Issel - heading /bench/ invert tunneling method with partly enlarged cross-section

Osová vzdálenost mikropilot : 0,4 m
Spacing of pipes : 0,4 m

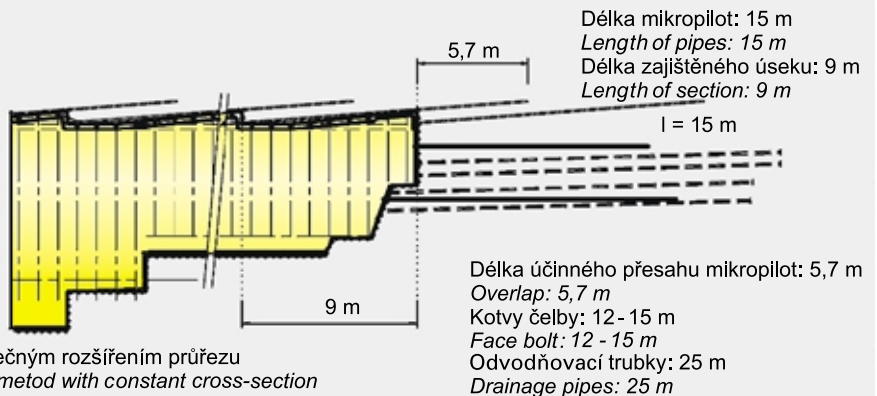
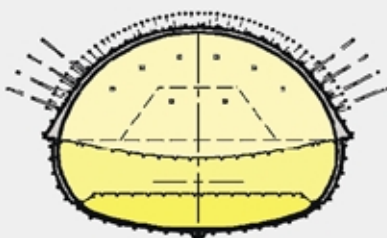


Tunel Stammham - horizontální členění výrubu bez rozšíření průřezu
Tunnel Stammham - heading /bench/ invert tunneling method with constant cross-section

Osová vzdálenost mikropilot: 0,3 m
Spacing of pipes : 0,3 m

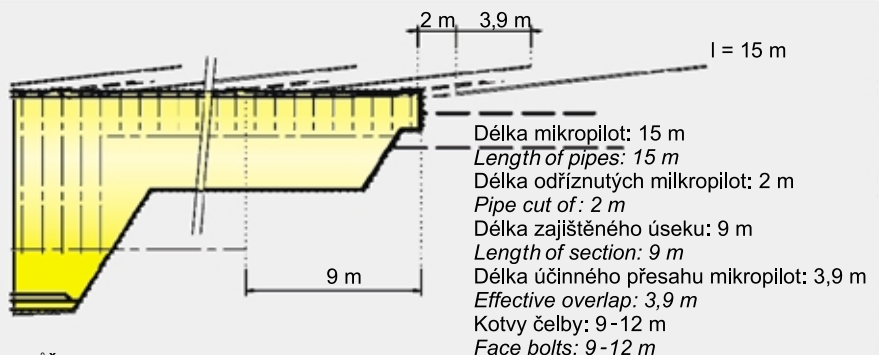
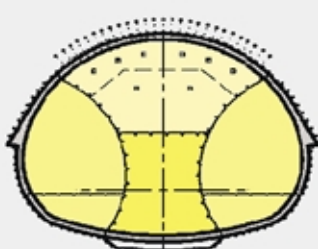


Osová vzdálenost mikropilot: 0,3 / 0,4 m
Spacing of pipes : 0,3 m / 0,4 m



Tunel Euerwang - horizontální členění výrubu s částečným rozšířením průřezu
Tunnel Euerwang - heading /bench/ invert tunneling method with constant cross-section

Osová vzdálenost mikropilot: 0,4 m
Spacing of pipes : 0,4 m



Tunel Irlahüll - vertikální členění výrubu s konstantním průřezem
Tunnel Irlahüll - double side drift tunneling method with constant cross-section

Obr. 3 Různá schémata mikropilotových deštníků
Fig. 3 Various tube umbrella arrangements

VÝPOČETNÍ MODEL

Mikropilotové deštníky většinou nevytvářejí klenbu okolo tunelu přenášející zatížení jako ostění, ale působí v podélném směru jako nosník, který podepírá nezajištěnou zeminu během provádění záběru. Nosník podepírá na jednom konci ostění a na druhém konci zemina před čelbou tunelu. Kromě svislého zatížení přenášejí trubky také podélné síly vyvolané deformací čelby tunelu. Tato skutečnost však není v tomto článku zohledněna. K vytvoření jednoduchého modelu pro statický návrh injektážních deštníků byla použita metoda konečných prvků. Vzhledem k tomu, že mikropiloty působí především v podélném směru, musí i zvolený model konstrukce tunelu tuto skutečnost zohledňovat. Pro zjednodušení byl zvolen osově symetrický model, který s dostatečnou přesností vystihuje chování mikropilotových deštníků.

Po iniciování primárního stavu napjatosti modelu se instalují ocelové trubky a zemní kotvy zajišťující čelbu. V dalších krocích se modeluje postup výstavby tunelu:

- 1) odtěžení horniny;
- 2) vybudování ostění tunelu ze stříkaného betonu, které je účinné ve vzdálenosti jedné délky záběru za čelbou (viz obr. 6).

Parametry zeminy:

$$E = 200 \text{ MN/m}^2, \nu = 0.35, c = 20 \text{ kN/m}^2, \varphi = 30^\circ, \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

Geometrické rozměry:

Průměr tunelu: 14 m, nadloží: 15 m, délka záběru: 1 m

Stříkaný beton

Tloušťka: 25 cm, Youngův modul pružnosti: 7500 MN/m²

Zajištění čelby

Zemní kotvy 20 Ø 25 mm, ocel

Deštník z mikropilot

Trubky Ø 88,9 mm, tloušťka 8 mm, v osové vzdálenosti 350 mm

VÝSLEDKY ANALÝZY

Nejdůležitější výsledky studie představují deformace a ohybové momenty trubek. Deformace v určitém bodě se začnou tvořit ještě před tím, než k tomuto bodu dorazí ražba. Největšímu nárůstu deformací došlo v nezajištěné oblasti. Schéma na obr. 7 ukazuje deformovaný tvar trubek po provedení záběru v bodech odpovídajících vzdálenosti 8 m, 9 m a 10 m. Obrázek je doplněn o náčrtek, který objasňuje situaci po provedení záběru ve vzdálenosti 8 m a definuje volnou délku.

Ohybové momenty (obr. 8) ukazují typický tvar pružně podepřeného nosníku s malými kladnými i zápornými hodnotami v blízkosti konců trubek a velkými hodnotami blízko nezajištěné oblasti. Vzhledem k rozložení ohybových momentů v obr. 8 s maximem v rámci volné délky a minimem za čelbou tunelu se nabízí použít statický model tvořený náhradním nosníkem kloubo-

support capacity at the tunnel face is limited he also considers the bearing capacity of the tunnel face, which is determined by the strength of the ground and by rock bolts stabilizing the tunnel face. In the example with little overburden Anagnostou assumes the full overburden pressure acting on the tube umbrella in order to design a stiff structure to limit surface settlements.

Möhrke [2] suggests that the silo theory be used to determine the load acting on the tube umbrella. With this assumption the load depends on geometric parameters like the width of the tunnel, the advance length and the height of overburden as well as on the ground parameters cohesion, friction angle and the horizontal earth pressure coefficient. He does not develop a structural model for the design of the tubes and their support.

The aim of this paper is to give an easy access to the structural design of the tubes.

MODEL OF ANALYSIS

Tube umbrellas usually do not form a closed ring around the tunnel to carry ground load like the tunnel lining but act as beam bridging the unsupported ground during the advance. They are supported on one side by the tunnel lining and on the other side by the ground ahead of the tunnel face.

In addition to the beam effect the tubes transfer forces longitudinally resulting from deformations of the tunnel face thus relieving the tunnel face. This is not considered in this paper. To develop a simple model for the structural design of tube umbrellas numerical investigations are carried out using the Finite Element Method. Since the tubes mainly act as longitudinal elements the construction of the tunnel has to be modeled longitudinally. As a simplification, which is sufficiently accurate for the study of the behavior of the tube umbrella, an axisymmetric model is chosen.

After applying the primary state of stress in the model the steel tubes and rock bolts for face support are installed. At the next step the tunnel is advanced step by step with the shotcrete lining being active one advance length behind the face (refer to Figure 6).

Calculations have been carried out using typical ground parameters from cases in which tube umbrellas have been used. The results did not vary in a wide range. The results given in the paper are based on the parameters indicated in below.

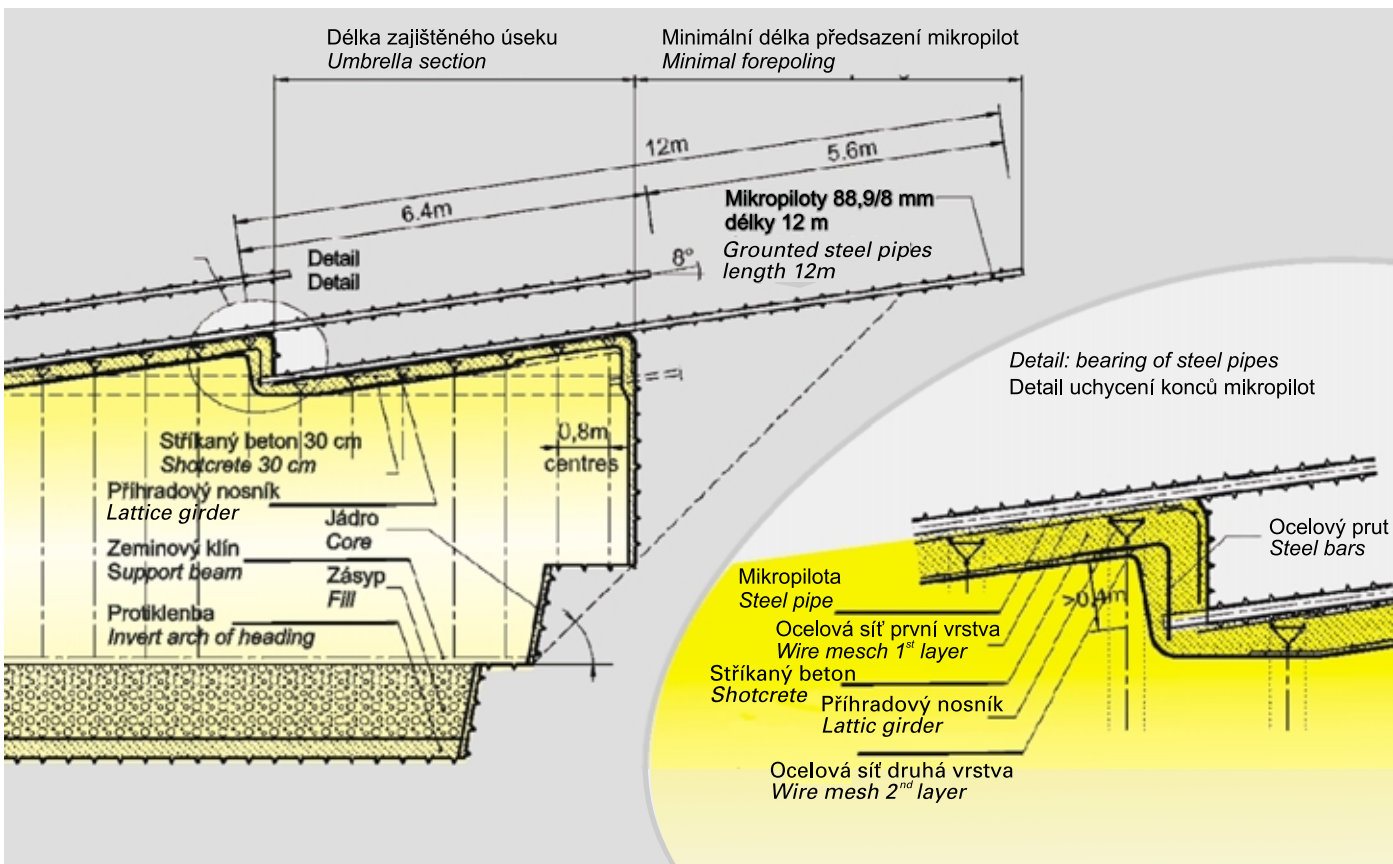
Ground parameters:

$$E = 200 \text{ MN/m}^2, \nu = 0.35, c = 20 \text{ kN/m}^2, \varphi = 30^\circ, \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

Geometry:

tunnel diameter: 14 m, overburden: 15 m, advance length: 1 m

Shotcrete



Obr. 4 Rozšířený průřez upravený pro použití mikropilotového deštníku
Fig. 4 Enlarged cross - section adapted to the instalation of the steel pipes

vě uloženým na jednom konci a vetknutým na konci druhém. Délku náhradního nosníku lze volit rovnu 1,5 násobku nepodepřené délky.

Výsledky spočtené na náhradním nosníku uvedeném na obr. 9 se velmi blíží ohybovým momentům vypočítaným pomocí metody konečných prvků (viz obr. 8).

Zatížení mikropilotových deštníků tvoří především tíha zeminy na volné délce a reakce zeminy před čelbou tunelu. Zatížení/reakce se určí pomocí diferenciální rovnice teorie nosníku:

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = -p$$

Bylo zjištěno, že zatížení zeminou p_1 vypočítané pomocí metody konečných prvků se přibližně shoduje se vzorcem, který sestavil Terzaghi pro teorii síla. Doporučuje se aplikovat toto zatížení na rozpětí trubky (1,5 nepodepřené délky). Zatížení p_1 se určí pomocí následujícího vzorce:

Legenda:

$$p_1 = \left(\gamma - \frac{2 \cdot c}{R_m} \right) \frac{R_m}{2 \cdot \lambda \cdot \tan \varphi} \left(1 - e^{-2 \cdot \lambda \cdot \tan \varphi \cdot \frac{H}{R_m}} \right) + p \cdot e^{-\lambda \cdot \tan \varphi \cdot \frac{H}{R_m}}$$

γ	měrná hmotnost zeminy
c	koheze
R_m	střední poloměr síla, vypočítaný za předpokladu, že síla je elipsou o menším průměru, který je roven rozpětí s (viz obr. 9), a větším průměru shodným s šířkou w tunelu: $R_m = 0,5 \cdot \sqrt{w \cdot s}$
λ	koefficient horizontálního tlaku, který se určí ze vzorce $\lambda = 1 - \sin \varphi$
φ	úhel vnitřního tření zeminy
H	výška nadloží

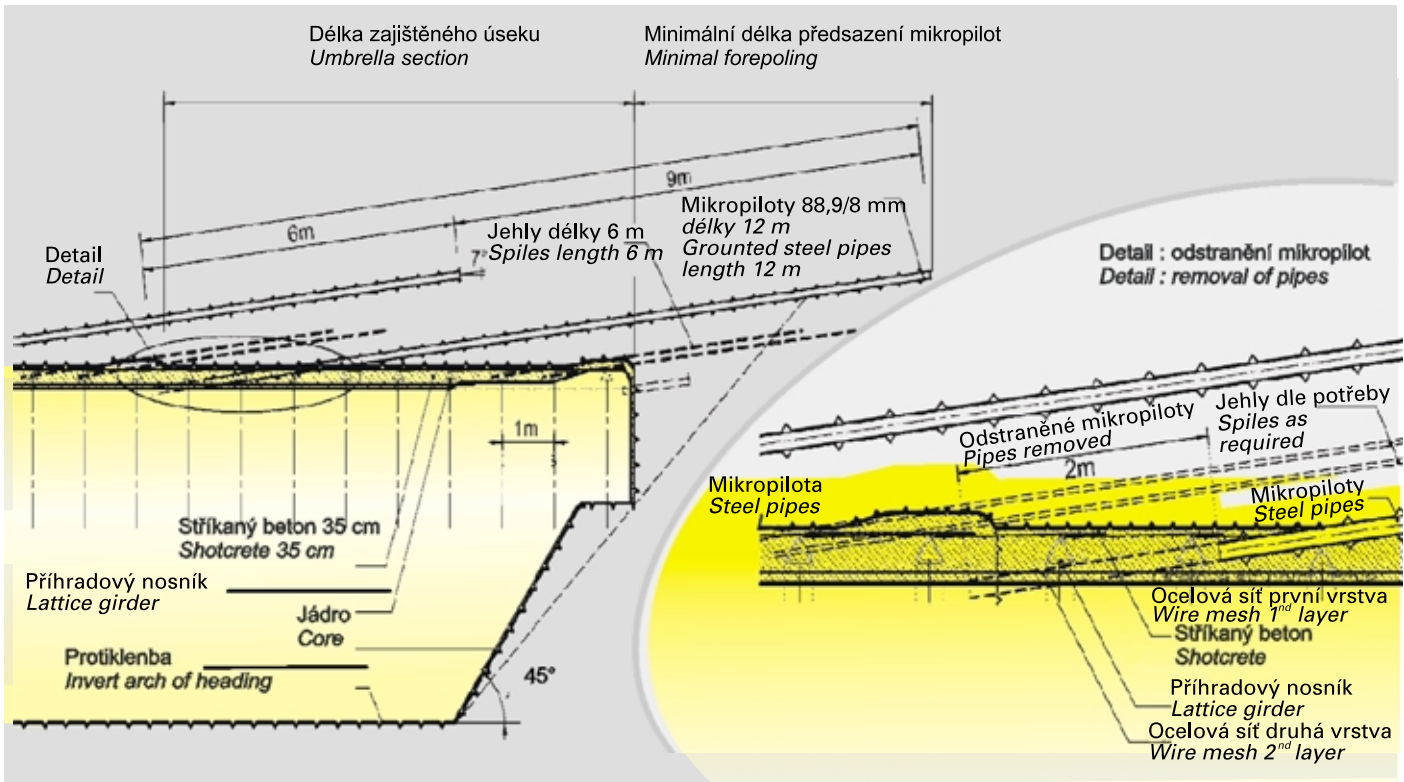
Thickness: 25 cm, Young's modulus: 7500 MN/m²
 Face support
 rock bolts 20 Ø 25 mm, steel
 Tube umbrella
 Ø 88.9 mm, thickness 8 mm, distance 350 mm

RESULTS OF ANALYSES

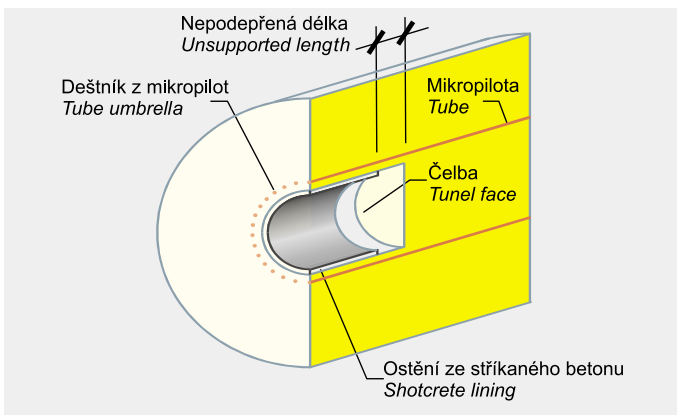
The most important results of the study are the deformations and the bending moments of the tubes. The deformations at a specific point of the tubes start before the excavation reaches that point. The highest gradient of the deformations is calculated in the unsupported area. The diagram in Figure 7 shows the deformed shape of the tubes after the advance of 8 m, 9 m and 10 m. The additional sketch in the figure explains the situation after 8 m of advance and defines the unsupported length.

Bending moments (Figure 8) show the typical shape of an elastically supported beam with small positive and negative values near the end of the tubes and high values close to the unsupported area. The distribution of the bending moments in Figure 8 with a maximum within the unsupported length and a minimum behind the tunnel face suggests to use a structural model consisting of a beam with a rotational degree of freedom on one side and fully constrained support on the other side. The span should be chosen as 1.5 times the unsupported length.

The simplified model shown in Figure 9 results in good approximation of the bending moments analyzed with the finite element model (refer to Figure 8).



Obr. 5 Ochranný deštník z mikropilot při konstantním průřezu
 Fig. 5 Tube umbrella with constant cross-section



Obr. 6 Model pro výpočet MKP
 Fig. 6 Finite Element Model

The loading of the tube umbrella mainly consists of gravitational ground loads at the unsupported length and of ground reaction in front of the tunnel face. The loads/reactions are derived using the differential equation of the beam theory:

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = -p$$

It has been found that the ground load p_1 calculated using the Finite Element Model is in good agreement with the formula developed by Terzaghi for the silo theory. It is suggested that this load is applied over the span (1.5 unsupported length) of the pipe. The load p_1 is derived using following formula:

$$p_1 = \left(\gamma - \frac{2 \cdot c}{R_m} \right) \frac{R_m}{2 \cdot \lambda \cdot \tan \varphi} \left(1 - e^{-2 \cdot \lambda \cdot \tan \varphi \cdot \frac{H}{R_m}} \right) + p \cdot e^{-\lambda \cdot \tan \varphi \cdot \frac{H}{R_m}}$$

Legend:

γ	specific weight of ground
c	cohesion
R_m	mean radius of the silo, which should be calculated assuming the silo as an ellipse with the small diameter equal to the span s (refer to Fig. 9) and the large diameter being the width w of the tunnel

p zatížení na povrchu terénu

Pomocí modelu uvedeného na obr. 9 lze trubky navrhovat podle jednotlivých norem pro navrhování ocelových konstrukcí (např. DIN 18800, EC 3). Navíc je nutné počítat s tím, že tlak reakce p_2 představuje další zatížení před čelbou. K prokázání stability čelby se doporučuje použít teorii posunů bloků. Výpočty metodou konečných prvků ukázaly, že k stanovení tlaku p_2 lze rozložit reakci B na délku s.

$$n_{el}: P_m = 0.5 \cdot \sqrt{w \cdot s}$$

λ horizontal pressure coefficient, which can be assumed as $\lambda = 1 - \sin \varphi$
 φ friction angle
 H overburden
 p load on ground surface

Using the model in Figure 9, the pipes can be designed according to the individual codes for steel design (eg. DIN 18800, EC 3).

In addition it has to be considered that the reaction pressure p_2 applies additional load ahead of the face. It is proposed to use the simple block sliding theory in order to prove stability. The Finite Element Calculations have shown that the reaction force B can be distributed over a length of 1.0 s to derive the pressure p_2 .

ZKUŠENOSTI Z POUŽITÍ V PRAXI

Obecné

Pokud budeme uvažovat s přesností vrtání $\pm 2\%$, musíme v případě trubky o délce 15 m brát v úvahu odchylku 0,3 m. Jestliže bude vzdálenost mezi trubkami menší než 0,4 m, nesmí délka trubek přesáhnout 15 m. Může se stát, že nebude možné dokončit všechny trubky, protože některé narazí na tvrdý kámen nebo jinou překážku. Chybějící ocelové trubky se musí během výrubu nahradit samozavrtávacími ocelovými jehlami.

Doposud nebyly zaznamenány žádné potíže při vrtání, ačkoli injektážní deštníky byly použity v mnoha různých zeminách. Během vrtání nebylo pozorováno vyplavování jemných částic zeminy technologickou vodou (40 ls⁻¹) používanou při vrtání.

Na několika stavbách se uskutečnily rozsáhlé testy, zaměřené na optimalizaci injektážního postupu. Bylo zjištěno, že zlepšení nelze dosáhnout ani za cenu použití dvojitých obturátorů. Příčiny jsou následující:

- mezikruží mezi ocelovou trubkou a zemínou dosahuje pouze několika milimetrů nebo může být zcela uzavřeno stlačenou zemínou;
- ventily se nemusí dostatečně otevřít;
- ventily nejsou samočinně uzavírací a závlhka proniká na nejnázřejší dostupná místa;
- dvojitě obturátory lze jen obtížně utěsnit v potrubích větších průměrů.

Pro dosažení dokonalého zainjektování prostoru mezi trubkou a zemínou i trubky samotné je nutné dodržet následující postup:

- obecně se doporučuje použít cementobentonitovou suspenzi s vodním součinitelem (poměrem voda:cement) od 0,5 do 0,8;
- ventily uzavřené PVC uzávěry by měly být v ocelových trubkách rozmístěny ve vzdálenostech od 0,5 do 1,0 m;
- injektáž by měla být provedena speciální pumpou se zapisováním tlaku a množstvím použité směsi pro kontrolu procesu injektování.

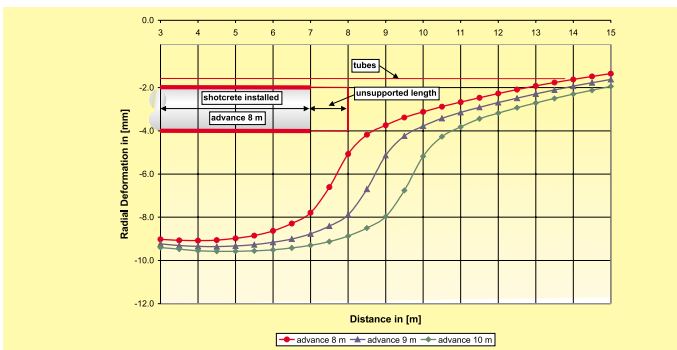
Použití mikropilotových deštníků je téměř povinné v případech, kdy tunel vede pod budovami nebo dálnicemi, z důvodu omezení deformací a následného poškození konstrukcí nacházejících se v oblasti ovlivněné tunelováním. Proto se ochranné deštníky z mikropilot používají v mnoha různých geologických podmínkách, viz tab. 2.

Tunel Lange Issel

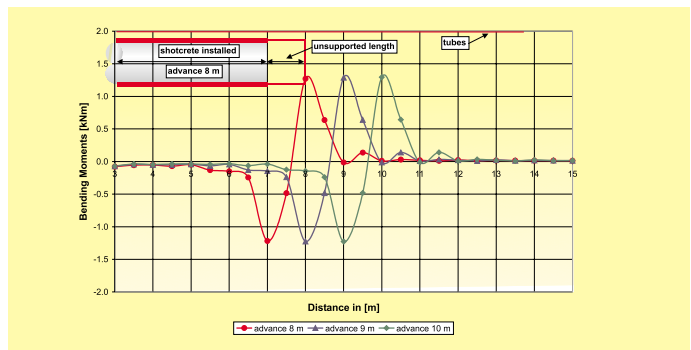
V tomto případě vedl tunel pod dálnicí s nadloží od 6 m do 7 m. Zastížená břidlice byla nevětrala a plochy břidličnatosti vzhledem k čelbě zapadaly, což znamenalo stabilní podmínky bez nutnosti zajištění čelby kotvami. Podcházení dálnice se monitorovalo rozsáhlou sítí povrchových měřicích bodů. Výpočty předpovídaly při horizontálním členění výrubu sedání povrchu 28 mm a sedání ve vrcholu kaloty 30 mm. Měření se zjistilo menší sedání, než se předpokládalo ve výpočtech.

Tab. 2 Geologické a geotechnické parametry na uvedených staveništích
 Tab. 2 Geology and geotechnical parameters of referenced sites

Tunel Tunnel	Geologické podmínky Geology	Koheze MN/m ² Cohesion MN/m ²	Úhel tření Angle of Friction	Modul pružnosti NM/m ² E-modulus NM/m ²
Lange Issel	Zvětralá břidlice Weathered slate	0,130	25°	80 – 150
Irlahüll	Usazeniny skládající se z písků, prachu a jílu Desposits consisting of sand, boulders, silt, clay	0,005	32,5°	30 – 50
Stammham	Usazeniny skládající se z písků, prachu, a jílu Desposits consisting of sand, silt, clay	0,005 – 0,020	20 – 30°	20–30
Euerwang	Rozpadlý pískovec nad prachovcem Decomposed sandstone above siltstone	0,005 0,050	32,5° 20°	60 50



Obr. 7 Radiální deformace mikropilot
 Fig. 7 Radial Deformation of the steel pipes



Obr. 8 Ohybové momenty na mikropilotě
 Fig. 8 Bending Moment of the steel pipes

Tunel Irlahüll

Při podcházení dálnice, kde nadloží tunelu tvoří různorodý málo ztuhněný násyp dálnice výšky od 6 do 20 m, vedla snaha o zmenšení deformací k vertikálnímu členění výrubu. Jelikož po proražení bočních štól dosahovaly deformace větších hodnot, než se předpokládalo, bylo pro zajištění kaloty použito deštů z mikropilot. Tab. 3 uvádí hodnoty předpokládané podle výpočtu (první hodnoty v tabulce) a limitní hodnoty přípustného sedání pro dálnici (za lomítkem).

Tab. 3 Srovnání vypočtených a měřených hodnot sedání povrchu

Sedání povrchu	Vypočtené	Měřené	Poměr
Ražení zleva	16/22 mm	25 mm	1,6/1,1
Ražení zprava	30/41 mm	41 mm	1,4/1,0
Vyhloubený střed	58/80 mm	86 mm	1,5/1,1

Tunel Stammham

Díky ostrému úhlu mezi osou tunelu a dálnicí přesahovala délka podcházení dálnice 200 m při výšce nadloží od 6 m do 10 m. Velmi různorodé geologické podmínky tvořily dobře ztuhněné usazeniny. Rozrušený, zvětralý a zkrasovatělý vápenec, vyskytující se mezi dnem a kalotou čelby, vyžadoval v některých místech při dně výrubu použití trhacích prací. Balvany nacházející se v usazeninách omezily sedání povrchu během ražby na hodnotu 2 – 4 mm a deformace kaloty dosahovaly 6 – 8 mm. Právě ve středu podcházené dálnice se při dočišťování z čelby vylomil balvan (2,0 x 1,0 x 0,6 m), který blokoval čochy pisku nasycené vodou a jejich následné uvolnění. V důsledku tohoto řetězce událostí vznikla dutina o objemu 18 m³. Šíření dutiny

planes inclined towards the face resulted in stable face conditions without face bolting. The underpassing of the highway was monitored by an extensive network of surface measuring points. Calculations resulted in surface settlements of 28 mm and roof settlements of 30 mm after heading/bench/invert excavation. Measurements revealed smaller settlements than calculated.

Tunel Irlahüll

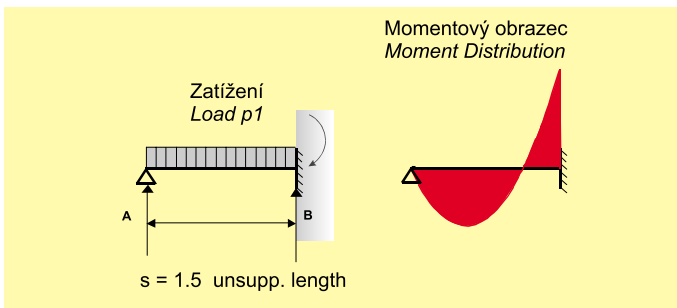
For the underpassing of a highway at an overburden ranging between 6 and 20 m, the double side drift method was chosen to reduce surface settlements. Due to heterogeneous ground conditions within the slope deposits and poor compaction of the highway embankment, higher deformations than expected were observed during the driving of the side drifts. As a result, tube umbrellas were implemented for heading excavation. The values expected based on calculation (1st number in the table) and the allowable settlement limit values for the highway (2nd number in the table) are given in Table 2.

Table 3 Comparison of calculated and measured surface settlements

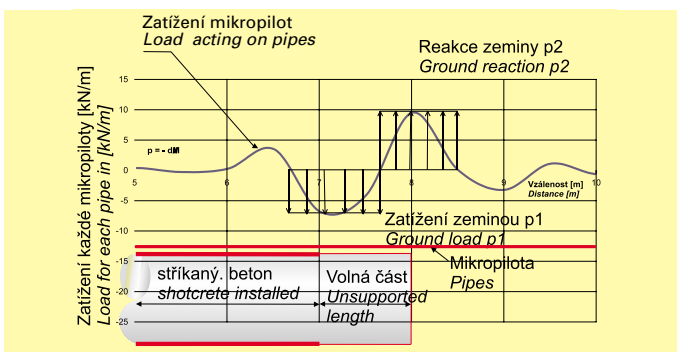
Surface Settlements	Calculated	Measured	Ratio
Left side drift	16/22 mm	25 mm	1,6/1,1
Right side drift	30/41 mm	41 mm	1,4/1,0
Core excavated	58/80 mm	86 mm	1,5/1,1

Stammham

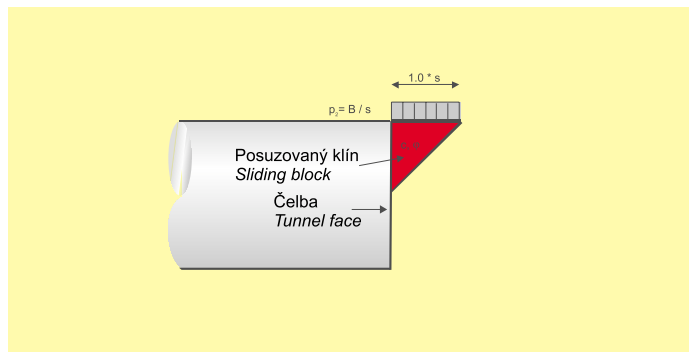
Due to the acute angle of the tunnel axis in relation to the highway, the underpassing extended over a length of more than 200 m at an overburden of 6 m to 10 m. Ground conditions were highly heterogeneous with well compacted soil deposits. Fractured and weathered karstic limestone varied between the base of the heading and the roof in some places necessitating blasting at the footings of the heading. Stiffening elements such as boulders which were embedded in the deposits limited the surface settlements during heading excavation to as low a value as 2 – 4 mm and to roof settlements in the range of 6 – 8 mm. Right at the centre of the highway underpassing, a boulder (2.0 x 1.0 x 0.6 m) broke out of the face during scaling. This boulder had blocked a water saturated sand lens, which was released at the moment the boulder fell down. As a result of this chain of events, a cavity of 18 m³ was formed, the development of which could be stopped by shotcreting up to the overlying steel pipes of the previously applied tube umbrella, see Figure 12. The immediate initiation of restoration works restricted the interruption of the highway traffic to one lane and a strengthening of the lin-



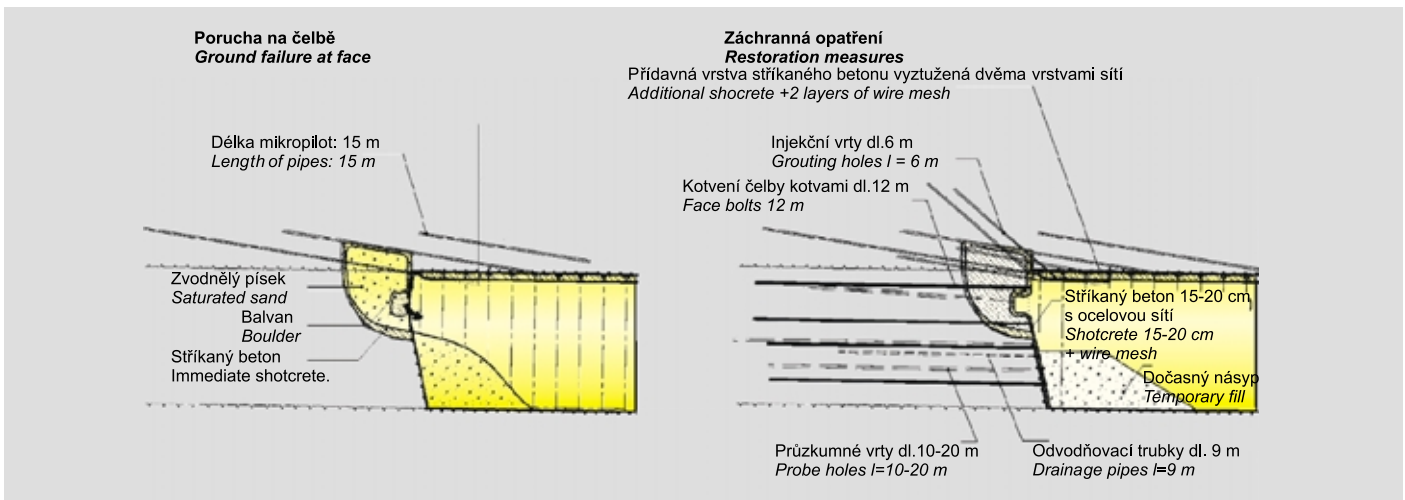
Obr. 9 Model náhradního nosníku
Fig. 9 Simplified Structural Model



Obr. 10 Zatížení mikropilot zemním tlakem
Fig. 10 Ground pressure acting on the steel pipes



Obr. 11 Posouzení stability čelby
Fig. 11 Stability analysis of the support



Obr. 12 Lokální porušení a záchranná opatření na tunelu Stammham
Fig. 12 Local collapse and restoration measures at the Stammham tunnel

zastavilo použití stříkaného betonu provedeného až k ocelovým trubkám předem realizovaného mikropilotového deštníku (viz obr. 12). Okamžité započítání zajišťovacích prací umožnilo obnovení provozu na dálnici alespoň v jednom pruhu. Obnovení prací přerušovaných v souvislosti se závažem a jeho zmáháním umožnilo zesílení ostění.

Tunel Euerwang

U severního portálu tunelu Euerwang se nade dnem výrubu narazilo na zcela rozpadlý pískovec. V této oblasti zajišťovala stabilitu nadloží trysková injektáž prováděná z čelby tunelu. Jakmile ke kalotě tunelu vystoupil prachovec, který ležel pod vrstvami pískovců, začalo se zajištění provádět mikropilotovými deštníky, viz obr. 3. Vodu z rozhraní tvořeného zvětralým pískovcem a prachovcem odváděly drenážní trubky délky 25 m osazené stejnou vrtnou technologií jako trubky tvořící výztužné prvky mikropilot.

ZÁVĚR

Mikropilotové deštníky se z ekonomických důvodů používají stále častěji. Vzhledem k tomu, že metodou deštníků se nevytvářejí kolem výrubu klenby, pouze dojde k vyztužení zeminy, je nutné volit vzdálenost mezi ocelovými trubkami (max. 0,4 m) a přesah s ohledem na nepříznivé geologické podmínky. Je zřejmé, že deštník vytvořený ze dvou řad injektovaných ocelových trubek podstatně zvýší bezpečnost v případě, kdy zemina není konzistentní. Jak jsme prokázali, k bezpečnému návrhu prvků deštníku vedou jednoduché statické úvahy.

ODKAZY

- [1] Anagnostou, G.: Standsicherheit im Ortsbrustbereich beim Vortrieb von oberflächennahen Tunneln. Städtischer Tiefbau: Bautechnik und funktionelle Ausschreibung, Internationales Symposium Zürich, März 1999
- [2] Möhrke, W.: Tunnelvortrieb an der Eisenbahnstrecke Platamon – Leptokaria. Felsbau 17 (1999) Nr. 5
- [3] Pelizza, S & Barisone, G. & Campo, F. & Corona G. 1989. Neolithic site kept safe under Italian umbrella, Proceedings of the International Congress on progress and Innovation in Tunnelling (Neolitické naleziště ukryté pod italským deštníkem. Jednání mezinárodního kongresu pro pokrok a inovaci v tunelování), Toronto, Kanada, září 1989.
- [4] Schikora, K. & Eierle, B & Bretz, H. 2000. Technisch-wirtschaftlicher Vergleich von ausgeführten Rohr- und Spießschirmen am Beispiel des Tunnels Farchant, STUVA: Unterirdisches Bauen 2000 – Herausforderungen und Entwicklungspotentiale, Forschung und Praxis, Heft 38.

ing allowed the break-through to be executed at the very location of the restored collapse area.

Tunnel Euerwang

At the northern entrance of the Tunnel Euerwang a completely decomposed sandstone was encountered above the base of the heading. In this area forepoling using jet grouting was introduced. As soon as the underlying siltstone elevated up to the roof of the tunnel a tube umbrella was introduced, see Figure 3. Due to the fact that at the surface of the siltstone water was penetrating, 25 m long drainage pipes have been installed using the same technique as for the grouted steel pipes in order to drain the water at the interface of decomposed sandstone and siltstone which varied in height.

CONCLUSION

Due to economic reasons, tube umbrellas consisting of grouted steel pipes are increasingly used. Yet in view of the fact that with the grouted steel pipe method no arch around the excavation will be formed, but the ground will be reinforced, spacing between steel pipes (max. 0.4 m) and overlapping shall be chosen on the conservative side to allow for adverse ground conditions. It is to be recognised that a grouted steel pipe umbrella arranged in two rows will increase safety considerably in case ground conditions are not consistent. It has been shown that simple structural considerations result in a safe design of the tube umbrella.

REFERENCES

- [1] Anagnostou, G.: Standsicherheit im Ortsbrustbereich beim Vortrieb von oberflächennahen Tunneln. Städtischer Tiefbau: Bautechnik und funktionelle Ausschreibung, Internationales Symposium Zürich, März 1999
- [2] Möhrke, W.: Tunnelvortrieb an der Eisenbahnstrecke Platamon – Leptokaria. Felsbau 17 (1999) Nr. 5
- [3] Pelizza, S & Barisone, G. & Campo, F. & Corona G. 1989. Neolithic site kept safe under Italian umbrella, Proceedings of the International Congress on progress and Innovation in Tunnelling, Toronto Canada September 1989.
- [4] Schikora, K. & Eierle, B & Bretz, H. 2000. Technisch-wirtschaftlicher Vergleich von ausgeführten Rohr- und Spießschirmen am Beispiel des Tunnels Farchant, STUVA: Unterirdisches Bauen 2000 – Herausforderungen und Entwicklungspotentiale, Forschung und Praxis, Heft 38.



ELTODO dopravní systémy s.r.o.

Společnost je zaměřena na dodávky a služby v oblastech dopravních a tunelových systémů.

Maximální bezpečnost provozu na pozemních komunikacích je naším prvořadým cílem.

Komplexní dodávky a servis tunelových technologií

- energetický systém, ventilace a osvětlení
- bezpečnostní systém SOS
- pevné a proměnné dopravní značení
- řídicí systém technologie a dopravy

Řídicí systém technologie a dopravy je vybaven softwarem vyvinutým společností ELTODO dopravní systémy s.r.o. Koncepte řídicího systému odpovídá nejnovějším evropským standardům. Hlavní důraz je kladen na maximální spolehlivost zajištěnou kompletní redundancí celého systému.

Realizované stavby: Strahovský a Těšnovský tunel v Praze
Husovický a Pisárecký tunel v Brně
Hřebečský tunel u Svitav
čtyři dálniční tunely u Adany (Turecko)

Komplexní dodávky a servis dopravních ústředí a zařízení světelné dopravní signalizace

- návrhy dopravního řešení celých oblastí
- výstavba světelné signalizace na klíč
- instalace dohledových a řídicích dopravních ústředí
- aplikace moderních prvků řízení

Realizované dodávky: MIGRA central - Praha 5, VSR - Brno, VSR - Plzeň,
ELS AREA - Hradec Králové
SITRAFFIC WATCH - Ostrava

Komplexní dodávky a servis telematických aplikací

- dodávky proměnných informačních tabulí a dálničních portálů
- integrace dopravních technologií do nadřazených dispečerských center
- automatické vyhodnocení dopravních a meteorologických dat a následný přenos informací směrem k veřejnosti
- dodávky meteorologických systémů

Komplexní dodávky a servis technologií pro dopravu v klidu

- dodávka a montáž kompletních parkovacích systémů
- dodávky a montáž parkovacích automatů
- dodávky naváděcích proměnných informačních tabulí
- integrace parkovacích systémů do nadřazených celků

ELTODO dopravní systémy s.r.o.

Novodvorská 1010/14, 142 01 Praha 4

tel.: 02/61343739, fax: 02/61345625

e-mail: eds@eltdo.cz, www.eltdo.cz

UPLATNĚNÍ NRTM PŘI VÝSTAVBĚ METRA V KODANI

THE NATM APPLICATION ON THE COPENHAGEN METRO

DIPLOM. Ing. PAUL BONAPACE, ILF CONSULTING ENGINEERS

Výstavba metra v Kodani probíhá v první fázi z centra do sousedních městských částí Frederiksberg a Amager na západě a jihovýchodě města. Centrem města prochází trasa v podzemí, posledních 6 km ve čtvrti Amager vede nad zemí na náspech a viaduktech. Dva jednokolejné traťové tunely, dlouhé asi osm km, spojují jednotlivé stanice vybudované v otevřené stavební jámě. Ražba tunelů ve vápencích s nadloží 25 m probíhá pomocí zeminových razičích štítů, aby nedošlo k ovlivnění hladiny podzemní vody pod Kodani. Pro tunelová křížení, šachty a propojky a pro zvláštní stavební objekty, jako výhybny a kolejové spojky byla použita nová rakouská tunelovací metoda (NRTM). Zajištění objektů tvoří stříkaný beton a kotvy, definitivní ostění z monolitického betonu a mezilehlá izolace z plastových pásů po celém obvodu díla.

Projektovými a stavebními pracemi (Design & Build) bylo na podzim roku 1996 pověřeno mezinárodní společenství firem. Projekty částí ražených NRTM zpracovávala firma ILF Consulting Engineers. V létě 1997 začala výstavba hloubením dvou šachet o průměru 12 m a 20 m ve vápenci do hloubky 30 m a dvou kaveren pro kolejová odbočení o délce 65 m. Článek pojednává o projektování a výstavbě těchto objektů.

PŘEHLED STAVEBNÍCH OBJEKTŮ BUDOVANÝCH NRTM

Podzemní úsek metra délky 8 km obsahuje 14 objektů ražených pomocí NRTM. V první fázi výstavby se jedná celkem o šest unikových šachet s propojkami, tři větrací šachty, dvě kaverny pro kolejové odbočky se spojovacími tunely, dva startovací tunely pro razičí štíty a jednu kavernu pro podzemní kolejovou spojku.

Unikové šachty o světlem průměru 7,6 m napojují na traťové tunely malé propojky. Ražba větších ventilačních šachet o světlem průměru 11,3 m a nutných větších propojek probíhala v předstihu ještě před ražbou traťových tunelů. Razičí štíty byly pak protaženy skrz tunelová křížení. Dvě šachty o světlem průměru 15 m a 20 m slouží zároveň pro navážení materiálu pro razičí štíty a odvoz rubaniny. V těchto případech vedou oba traťové tunely přímo prostorem šachty.

Navržené rozvětvení trasy na severo-jihní a západovýchodní větev vyžaduje vybudovat dva rozplety. Obě kaverny, potřebné pro umístění kolejových výhybek, mají rozpětí asi 14 m. Z provozních důvodů musí být zhruba uprostřed podzemní části trasy umístěna kolejová spojka, která usnadňuje údržbu jinak oddělených traťových tunelů. Kaverna kolejové spojky délky 80 m o světlem rozpětí asi 15 m je situována v centru města pod historickými budovami a představuje díky své poloze velmi citlivý stavební objekt.

Celá trasa probíhá pod hladinou moře s průměrnou mocností skalního nadloží 20 – 25 m, což vyžaduje zvláštní opatření k udržení hladiny podzemní vody.

GEOLOGIE A HYDROGEOLOGIE

Kodaň se nachází přímo na břehu moře, většina jejího území leží pouze 2 – 10 m nad mořskou hladinou. Podloží města sestává ze subhorizontálních lavic terciérních sedimentů (obr. 1). Mocnost vrstvy navážek nepřesahuje 10 m. Pod nimi následují kvartérní ledovcové sedimenty, prostrádané polohami jílu, písku a štěrků z ledovcového okraje o mocnosti 8 až 15 m. Pro výstavbu metra rozhodující nejspodnější formaci tvoří kodaňský vápenc, rozdělený na svrchní, střední a spodní zónu o celkové mocnosti od 35 m až do 50 m. Vápenné sedimenty jsou charakteristické velkým rozpětím tvrdosti, která se pohybuje od měkké konzistence „zubní pasta“, přes diageneticky nezpevněné vápenné písky až k tvrdosti křemene (flint) a tato tvrdost se mění po vzdálenosti centimetrů až decimetrů. S narůstajícím stupněm zvětrání masivu stoupá i hodnota součinitele filtrace, a tím i propustnost prostředí. Na přechodu vrstev podloží do kvartérního pokryvu, který probíhá převážně horizontálně, se místy nacházejí extrémně tvrdé, silně rozpukané vápencové lavice.

In its first phase, the Copenhagen Metro Project has been implemented from the City centre to the Frederiksberg and Amager districts, on the west and south-east side of the city. The line passes across the city centre in the tunnels, with the last 6 km section in the Amager district elevated, using embankments and viaducts. Individual stations built in open boxes are interconnected by two single-track tunnels about 8 km long. The tunnels were driven in limestone, under a 25 m deep cover, by Earth-Pressure-Balance-Machines (EPBMs) not to affect the water table under Copenhagen. Tunnel junctions, shafts and connecting adits, as well as special-purpose structures as crossovers and track connections have been driven by the New Austrian Tunneling Method (NATM). The support consists of sprayed concrete and rock bolts, intermediate waterproofing membrane installed along the whole circumference of the tunnels and cast in-situ concrete final lining.

The design-build contract was awarded to an international consortium of companies in the autumn of 1996. The design of the NATM driven sections was developed by ILF Consulting Engineers. The construction works started in the summer of 1997 by sinking two shafts in limestone, 12 m and 20 m in diameter respectively, depth up to 30 m, and two 65 m long Y-junction caverns. This paper deals with the process of designing and building those structures.

SUMMARY OF STRUCTURES BUILT BY THE NATM

The 8 km long underground section of the Metro comprises 14 structures driven by the NATM. These are six escape shafts with connecting adits, three ventilation shafts, two caverns for Y-junctions with connecting adits, two starter tunnels for the EPBMs, and one cavern for an underground crossover. The escape shafts with diameters of 7.6 m are connected to running tunnels via small connecting adits. The excavation of the larger ventilation shafts 11.3 m in diameter and larger connection adits had been carried out in advance, before the running tunnels excavation. The EPBMs were pulled through the tunnel junction then. The two shafts with a net diameter of 15 m and 20 m respectively, are also utilised for the material supply and mucking out. The running tunnels pass directly through the shaft space in those cases.

The designed branching of the alignment into a north-west and west-east lines requires construction of two junction chambers. The two caverns needed for rail switches have a span of about 14 m. A crossover cavern is necessary roughly at the midpoint of the underground section of the route for operational reasons. It facilitates the maintenance of the otherwise separated running tunnels. The 80 m long crossover cavern having a span of about 15 m is situated in the City centre, under historical buildings, and represents a very sensitive construction thanks to this position.

The whole alignment lies under the sea level, and the rock cover is 20 – 25 m thick on the average. This requires special measures to maintain the groundwater table.

GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY

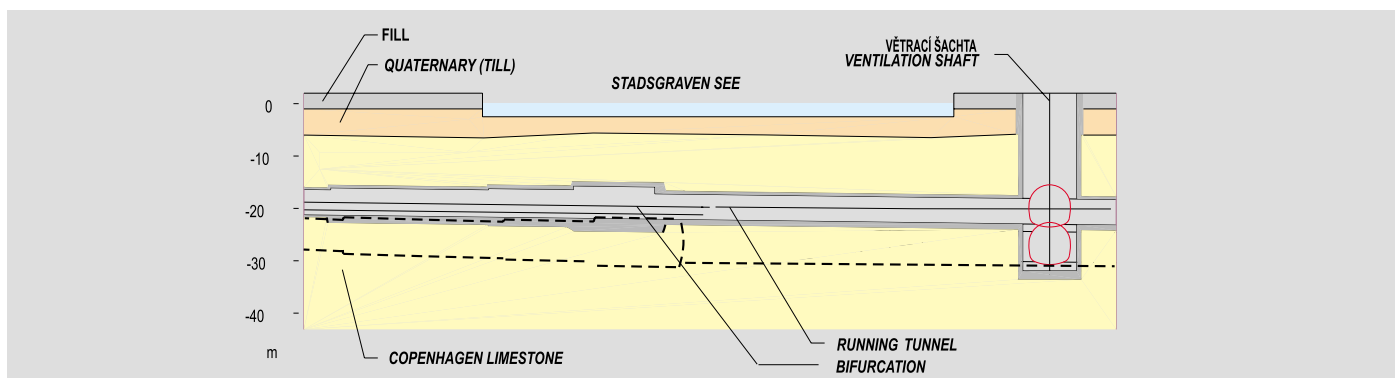
Copenhagen is located directly at the seashore, with major part of its area lying only 2 – 10 m above the sea level. The city's sub-base comprises sub-horizontal bands of the Tertiary sediments (see Fig. 1). Man-made fill thickness is less than 10 m. The Quaternary glacial sediments follow, 8 to 15 m thick, alternating with interbeds of clay, sands and gravels from glacier edge. The lowest formation of Copenhagen limestone is crucial for the metro construction. It is divided into upper, middle and lower zones with a combined thickness of 35 to 50 m.

Calcareous sediments are characterised by a large range of their hardness, varying from a very soft "tooth paste" consistency, through diagenetically non-consolidated lime sand to quartzite hardness (flint). The hardness changes within a distance of centimetres or decimetres. The value of filtration coefficient and permeability of the environment grows with the rising degree of the mass weathering. Extremely hard, heavily fractured limestone tables are locally found at the transition of the sub-base to the Quaternary cover, running mostly horizontally.

The water table depth varies between 2 and 6 m under the ground level. The ground water within the area of interest forms two horizons, the upper one in the Quaternary permeable materials (the cover) and the lower one in limestones. The degree of the two horizons interference and the value of relevant geological formations permeability represent the basic issues, which had to be assessed before and during the excavation work. Since many historic buildings in Copenhagen City centre have been founded on timber piles, the tender required such a solution, which would lead to maintaining the existing level of the upper groundwater horizon, preventing the access of air to the piles, thus protecting the buildings against damage due to possible activation of the process of the piles rotting.

DESIGN AND THE CONSTRUCTION CONCEPT

The contract did not allow long-term lowering of water table, and it restricted the temporary lowering of the water level to a value of several decimetres even during the construction works. For structures built by the NATM this



Obr. 1 Typický geologický řez v Kodani
Fig. 1 Typical geological section of Copenhagen

Hladina podzemní vody se pohybuje v rozmezí 2 až 6 m pod úrovní terénu. V zájmové oblasti tvoří podzemní voda dva horizonty, horní v kvartérních propustných materiálech (nadloží) a spodní ve vápencích. Míra vzájemného ovlivnění obou horizontů a hodnota propustnosti příslušných geologických formací představuje zásadní otázky, které bylo třeba před a během ražby posoudit. Protože mnoho historických budov v centru Kodaně je založeno na dřevěných pilotách, požadoval zadavatel takové řešení, které by vedlo k zachování stávající úrovně hladiny horního horizontu podzemní vody, aby nedocházelo k přístupu vzduchu, a tím k možnosti aktivace hnilobného procesu pilot, což by mohlo vést ke vzniku škod na budovách.

PROJEKCE A KONCEPT VÝSTAVBY

Smlouva nepřipouštěla dlouhodobé snižování hladiny podzemní vody a i během výstavby omezovala dočasné snížení hladiny jen na hodnotu několika decimetrů. Pro objekty, budované NRTM, to znamená zajištění výrubu pomocí dvou ostění, přičemž definitivní ostění tvoří železobetonová konstrukce dimenzovaná na plný tlak vodního sloupce. Hydroizolace těsní celý obvod profilu tunelu a sestává z jedné vrstvy plastové membrány rozdělené do více polí, která vzájemně oddělují těsnicí spárové pásy a umožňují v případě netěsnosti dodatečně zainjektování.

Protože výstavbu tunelů pod vodou podle principů NRTM za výše uvedených podmínek umožňuje jen ražba s přetlakem vzduchu a v daných podmínkách by nebyla díky vysokému tlaku vody hospodárná, bylo nutno posoudit a zodpovědět následující otázky, které mají pro volbu konceptu ražby rozhodující vliv:

- Doba stability výrubu a nutnost okamžitého uzavření profilu;
- Množství skutečných přítoků vody do výrubu a ovlivnění horizontu podzemní vody při ražbě bez přetlaku vzduchu;
- Rozpojitelnost horniny s ohledem na zadavatelem vyloučené trhací práce, zejména v prognózovaných polohách flintu.

Před výstavbou soutěže na výběr dodavatele stavebních prací proběhl intenzivní geologický průzkum podél celé trasy podzemního díla. Stratigrafickou homogenitu potvrdily četné vrty, vlastnosti horniny však nemohly být jednoznačně interpretovány pouze z výsledků vrtných prací.

Materiály v nadloží, tvořené pestrou směsicí hlíny, písku a štěrku, jakož i prekonsolidovaného jílu s ojedinělými valouny granitu vykazují téměř celou šíři spektra geotechnických vlastností. Také kodaňský vápenec charakterizuje enormní rozpětí výsledků vrtných prací a lze jej proto jen stěží jednoznačně charakterizovat. Pevnost horniny kolísá během několika málo centimetrů vrtu mezi extrémními hodnotami pevnosti v tlaku od 0,5 MPa do 500 MPa, modul pružnosti se pohybuje v rozmezí 100 MPa a 100 000 MPa a soudržnost od 0 do 1000 kPa.

Pomůckou při rozhodování se staly zkušenosti z ražby malých kanalizačních štol, které se během posledních desetiletí razily v převážně stabilním vápenci v oblasti kodaňského přístavu. Dostupná literatura uváděla ojedinělé silné přítoky spodní vody, ovšem bez větších závalů. Větší podzemní díla, jaká stavba metra představuje, nebyla dosud v Kodani realizována. Interpretace předchozích zkušeností, získaných z ražeb malých děl, však přesto bylo možné do jisté míry použít.

Na základě znalostí inženýrsko-geologických poměrů byla zvolena koncepce výstavby pomocí NRTM. Ještě ve fázi nabídky se dodavatelská firma rozhodla pro ražbu pomocí frézy, osazené na podvozku bagru, a pro zajištění výrubu pomocí ocelových příhradových oblouků, kotev a vyztuženého stříkaného betonu. Tunelový profil převážně podkovovitě tvaru (viz obr. 2) má ploché dno s vozovkou pro pojiždění stavebních strojů z monolitického betonu a drenážními trubkami uloženými ve štěrkovém obsypu pod vozov-



Obr. 2 Traťový tunel ražený NRTM s křížením
Fig. 2 NATM running tunnel and junction

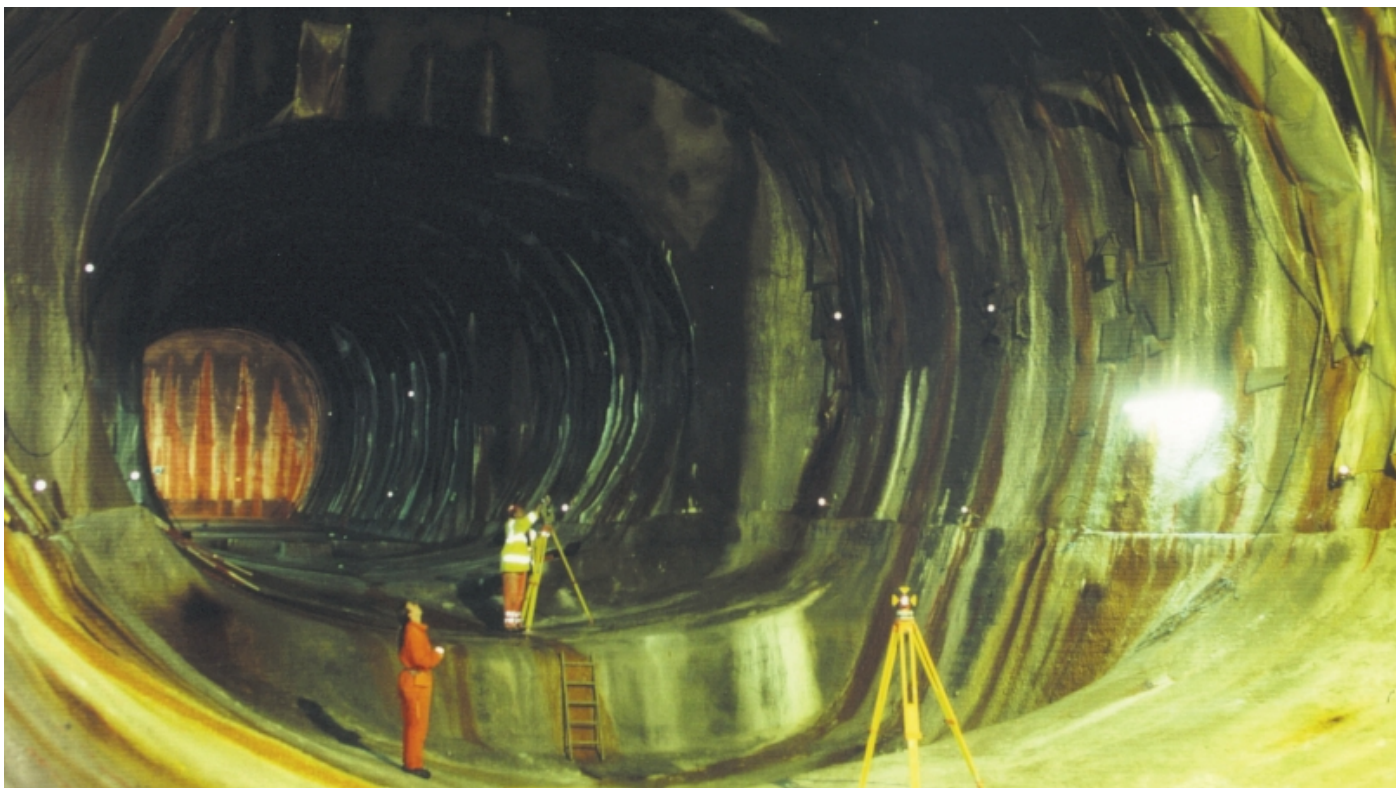
means that the excavation is to be supported by two liners, with dimensions of the final lining reinforced concrete structure designed to withstand full hydrostatic head. Watertight insulation seals the whole tunnel circumference. It consists of one layer of plastic membrane divided into separated fields by waterbars. This division allows subsequent sealing of leaks by grouting. Using NATM principles for the above-mentioned conditions was possible by tunnelling under the air pressure only, which would not have been economical for such high water pressure. Therefore, it was necessary to consider and answer the following questions having decisive influence on the choice of construction concept:

- The stand-up time of the ground and a necessity to close the excavated profile immediately?
- The volume of actual water inflow into the excavation, and the influence of driving without the air pressure on the groundwater level?
- Excavation of the rock considering the prohibition of blasting by the Client, namely in the anticipated flint interbeds?

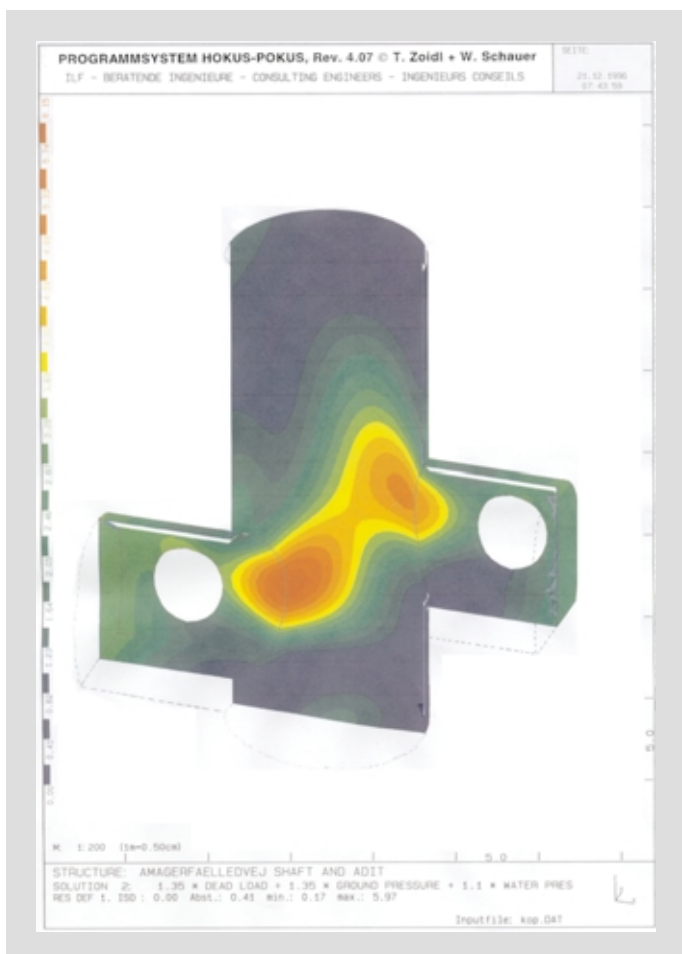
An intensive geological investigation along the whole tunnel route had been carried out before calling the tender for the civil works contract. The stratigraphical homogeneity was confirmed by numerous boreholes. But properties of the rock could not be interpreted unambiguously on the basis of the drilling work only.

The materials in the overburden, consisting of a mixture of loam, sand and gravel, as well as pre-consolidated clay with isolated granite boulders, exhibit nearly full width of the geotechnical properties spectrum. Also the Copenhagen Limestone can hardly be characterised unambiguously because of the enormous range of the investigation drilling results. The rock strength varies within several centimetres of a borehole between extreme values of compressive strength of 0.5 Mpa and 500 Mpa, modulus of elasticity ranges from 100 Mpa to 100,000 Mpa, and cohesion from 0 to 1,000 kPa. The experience of construction of small sewerage tunnels driven in past decades in mostly stable limestone in the Copenhagen harbour area became a tool in the decision-making. The available literature mentioned isolated strong groundwater inflows, but without serious excavation collapses. Larger underground works as the metro construction have not been carried out in Copenhagen yet. Despite this fact, the interpretation of the previous experience gained in excavation of small tunnels could be utilised in some ways. The choice of the NATM excavation concept was based on the knowledge of the engineering geological conditions. Already in the tendering phase, the contractor decided to use a roadheader mounted on an excavator undercarriage for the excavation, and steel lattice girders, rockbolts and reinforced shotcrete for the excavation support. The mostly horseshoe shaped tunnel cross section (see Fig. 2) has a flat bottom with a cast-in-situ concrete roadway for movement of construction equipment. Drainage pipes are laid in gravel bed under the roadway. Apart from lattice girders, which were omitted, the components of the support of the vertical shafts remained identical with those of the tunnels. Partial dewatering of the environment occurred after installation of Swellex rockbolts. Its aim was to reduce water pressure on the shotcrete primary lining. The dewatering of the massif was compensated for by sealing grouting carried out from the surface, in advance of the excavation work. Undesired lowering of the water table was prevented by a system of wells, which allowed pumping water from the lower horizon to the upper one.

Dimensions of the primary and secondary liners were designed by structural analyses. It was crucial for proper procedure of designing and determination of the construction cost that realistic parameters of the rock mass were determined, which were acknowledged after review by authorised bodies. The values specified for the ground model, moving at the bottom quarter of



Obr. 4 Kaverna pro kolejovou odbočku s ostěním ze stříkaného betonu po skončení ražby
Fig. 4 Bifurcation - primary shotcrete lining after the excavation completion



Obr. 3 Větrací šachta: deformace vnitřní obezdívky při působení horninového a vodního tlaku

Fig. 3 Ventilation shaft: Deformation of secondary lining as a result of ground and water pressure

kou. Ve svislých šachtách bylo od příhradových nosníků upuštěno, přičemž ostatní prvky zajištění výrubu zůstaly shodné jako v tunelu. Po osazení kotev Swellex došlo k částečnému odvodnění prostředí s cílem snížení tlaku vody na primární ostění ze stříkaného betonu. Odvodnění masivu bylo kompenzováno těsnicími injektážemi provedenými z povrchu v předstihu před započítím razičských prací. Nežádoucím snížením hladiny podzemní vody zamezoval systém studní, kterými byla čerpána podzemní voda ze spodního do vrchního horizontu.

Pro dimenzování primárního i sekundárního ostění byly provedeny statické výpočty. Pro správný postup při projektování a stanovení stavebních nákladů bylo rozhodující nalezení realistických parametrů horninového masivu, které byly uznány zkušebními (kontrolními) instancemi. Hodnoty stanovené pro model prostředí, které se pohybovaly ve spodní čtvrtině pětistupňové klasifikace pevnosti kodaňského vápence, dávaly opět spíše pesimistickou prognózu, ale ze statických důvodů neznamenal žádnou radikální změnu původního konceptu výstavby. Geotechnická měření prováděná během ražby ve vápenci potvrdila, že skutečné chování horninového masivu je lepší, než chování modelového prostředí, popsané geotechnickými parametry použitými jako vstupní hodnoty statických výpočtů. Zatěžovací stavy pro konečné posouzení komplexně pojatých objektů šachet v místě křížení s propojkami a traťovými tunely byly řešeny pomocí trojrozměrných modelů (viz obr. 3) metodou konečných prvků tak, aby vypočtené rozdělení vnitřních sil v definitivním ostění v místech křížení správně vystihlo jejich reálný průběh.

Z hlediska stability výrubu a jeho zajištění posuzoval výpočetní model chování horninového masivu, primárního ostění ze stříkaného betonu a v případě kaveren pro kolejové odbočky simuloval také proudění podzemní vody. Výsledky výpočtů prokázaly nutnost použít u větších průřezů kaveren spodní klenbu ze stříkaného betonu. Vlastní dimenzování ostění ze stříkaného betonu bylo pro mnohé jednotlivé objekty řešeno samostatně pomocí méně náročných programů na výpočet deskových a prutových konstrukcí. Přitom byly zohledněny zkušenosti z probíhající ražby, jako např. výsledky konvergenčních měření a výsledky modelových výpočtů provedených pomocí metody konečných prvků, metody konečných diferencí, jakož i zatížení prouděním podzemní vody.

VÝSTAVBA A ZKUŠENOSTI Z RAŽBY

Pro ražbu šachet v pokryvných útvarech až ke skalnímu podloží byly zvažovány různé metody, jako např. kesonování s ostěním z tybinků, věnce z převrtávaných pilot s vnitřním ostěním z monolitického železobetonu, štětovnicové podzemní stěny s betonovými výztuhami, atd.

Nakonec se ukázala jako nejvhodnější následující varianta:

- vytvoření souvislé podzemní stěny zaražením štětovic až do skalního podloží;
- utěšující injektáže, obzvláště v přechodových oblastech mezi nesoudržnými materiály a skalním podložím, protože zaražení štětovic do části tvrdé skalní vrstvy bylo velmi komplikované;
- instalování studní pro snížení hladiny podzemní vody uvnitř stavební jámy;
- vyhloubení šachty zajištěné vyztuženým stříkaným betonem, přičemž je ostění dimenzováno na plný tlak vodního sloupce. Od kotvení v nesoudržných materiálech bylo upuštěno;
- osazení mezilehlé izolace a vybetonování definitivního železobetonového ostění.

Pro zajištění stability výrubu při ražbě v nesoudržných zeminách sloužily v případě potřeby vakuovací jehly, vhodné členění čelby a okamžité zajištění zeminy stříkaným betonem a ocelovými sítěmi. Ve skalním podloží probíhala ražba šachty s délkou záběru 1 až 2 m s okamžitým zajištěním líce výrubu doplněným o kotvy Super-Swellex délky 3,6 m. Prosakující voda byla jímána do drenážního potrubí a z jímek v úrovni dna odčerpávána ven ze šachty. Ražba a zajištění krátkých propojek a tunelových křížení následovaly ihned, jakmile hloubka šachty dosáhla jejich úrovně.

Beton primárního ostění byl stříkán suchou cestou ze suché směsi dodávané na stavbu v uzavřených kontejnerech a obsahující přísadu práškového urychlovače. Flexibilní metoda stříkání umožnila čisté a efektivní řešení pro mnoho malých stavenišť budovaných pomocí NRTM ve zvodnělém kodaňském podloží.

Ražba traťových tunelů, jejichž výška dosahuje až 7 m, probíhala plným profilem. Délky záběru činily 1,5 až 2 m. Velké profily kaveren byly členěny na kalotu, jádro a dno. Pro 4000 m³ výrubu a zajištění jedné kaverny (viz obr. 4) nepřesahovala doba výstavby při dvou jedenáctihodinových směnách denně necelé dva měsíce.

Hornina se chovala podle očekávání bez větších deformací, což potvrdila průběžně prováděná geotechnická měření. Konvergence 20 m širokých šachet i tunelů se pohybovaly v oblasti přesnosti měření. Instalované tlakoměrné podušky ukazovaly pouze minimální zatížení primární obzdivky. Sedání povrchu byla měřitelná jen v oblasti několika milimetrů a nebyl zjištěn žádný vliv na okolní zástavbu. Horizont podzemní vody v propustných materiálech je zřejmě od puklinové spodní vody ve vápencích tak výrazně oddělen, že během ražby nenastalo žádné okamžité snížení hladiny v horním horizontu. Naměřené snížení hladiny podzemní vody v hodnotách několika decimetrů při výkonu čerpadel v šachtách 10 až 20 l/s bylo vyrovnáváno pomocí vratných studní ze spodního horizontu tak, že nedošlo ke hnití žádné z dřevěných pilot.

K zaměření výrubu profilu sloužil pevně instalovaný programovatelný laserový profilér, který měla razičská směna stále k dispozici a jehož obsluhu prováděl předák. Geodet přítomný na stavbě nezávisle na postupu ražby zajišťoval pouze instalaci a kontrolu přístroje. Geodetické zaměření os a měření konvergencí primárního ostění probíhalo za pomoci speciálního softwaru a automatického teodolitu. Výsledky byly po vyhodnocení měření okamžitě k dispozici zástupcům vedení stavby, geotechnikům a geodetům pomocí počítačové sítě systémem „on-line“. Kontrolu skutečného tvaru profilu zajišťoval vedle geodetického zaměření tunelový scanner, který plošně a s fotografickou přesností zaznamenával nadvýrubu a podvýrubu.

POZNATKY A ZAJÍMAVOSTI

Stavbu metra v Kodani provádí společenství evropských firem, složené z podniků pěti různých národností. Použití různých jazyků a pracovních postupů nabízí výměnu zkušeností, jejíž rozsah přesahuje běžný pracovní rámec.

Vedle praktických poznatků o chování horninového prostředí a potvrzení modelových předpokladů projektanta se ukázalo, že významnou roli hraje dobrá příprava a organizace výstavby jednotlivých stavebních objektů zkušenými odborníky. Obzvláště při ražbě pomocí NRTM je velmi důležité, aby byli v průběhu výstavby zástupci projektanta, vedení stavby a dodavatele ve stálém kontaktu a mohli v příslušných oblastech a ve smyslu společné strategie činit rozhodnutí, za která nesou odpovědnost. Přitom se jako smysluplná ukázala přítomnost zástupce projektanta přímo na stavbě, kde mohl kontrolovat úpravy projektu na základě skutečně zastižených inženýrsko-geologických podmínek. Jen tak je vymezen a zároveň zaručen prostor pro rozhodování odpovědných pracovníků zúčastněných stran na bázi vzájemné dohody, což není sice vždy samozřejmé, ale pro zdárný průběh a hospodárnost výstavby podzemních děl pomocí NRTM naprosto nezbytné.

the five-degree strength classification scale of the Copenhagen limestone, gave again a rather pessimistic prognosis. But they meant no radical change in the original construction concept in terms of the structural analyses. Geotechnical measurements carried out during the excavation in limestone confirmed that actual behaviour of the rock mass was better than the behaviour of the model described by the geotechnical parameters used as input values of the structural analyses. Loading stages for final assessment of the comprehensively conceived structures of the shafts at the locations of the intersection with connection adits and running tunnels were solved by means of three-dimensional Finite Elements Method (FEM) models (see Fig. 3), so that to fit the real variations of the distribution of internal forces in the final liner at the intersection locations with the calculated variations. From the viewpoint of the excavation stability and its support, the calculation model assessed the behaviour of the rock mass, shotcrete primary lining and, in the case of the caverns for track branches, it also simulated the groundwater flow. The calculation results proved a necessity of application of sprayed concrete invert at larger cross sections. The design of the shotcrete lining was solved for many of the individual structures separately by less complex slab and framed structures computation programs. The experience of the ongoing excavation was taken into consideration, e.g. the results of convergence measurements, results of the model calculations carried out by the FEM, the Finite Differences Method, as well as loading by groundwater flow.

CONSTRUCTION METHODS

Various methods were considered for the excavation of shafts in the material covering the bedrock, e.g. caissons with a segmental lining, circular hard-hard secant piles with cast-in-situ reinforced concrete internal lining, sheet piles with concrete walers, etc.

Eventually, the following alternative proved to be the most suitable:

- *Creation of a continuous diaphragm wall consisting of sheet piles driven into the bedrock*
- *Sealing grouting, especially in transition areas between non-cohesive materials and the bedrock, as driving the sheet piles into a hard rock layer was very complicated*
- *Installation of wells for the water table lowering inside the construction pit*
- *Excavation of the shaft supported by reinforced shotcrete, with the lining designed to withstand full water head. Application of anchors in non-cohesive materials was abandoned*
- *Installation of intermediate waterproofing system and casting of the final reinforced concrete lining.*

When needed, vacuum needles, suitable face division, and immediate support of ground with shotcrete and steel mesh were applied to ensure the stability of excavation in non-cohesive ground. In the bedrock, shaft sinking was carried out with 1 – 2 m round lengths. The rock was support was applied immediately, with an addition of 3.6 m long Super-Swellex rockbolts. Seeping water was collected into drainage pipes, and pumped from sumps built at the bottom level out of the shaft. The excavation of short connection adits and tunnel intersections followed immediately when the shaft depth had reached their level.

The primary shotcrete lining was applied using the dry process. Powder accelerator was added to the dry mix supplied to site in closed containers. The flexible method of spraying allowed a simple and effective solution for many small sites where the NATM was used for excavation in the water bearing Copenhagen sub-base.

Full-face excavation was applied at running tunnels, whose height reaches up to 7 m. Round lengths were 1.5 – 2 m. Large profiles of caverns were divided into top heading, bench and invert. The excavation and support of one 4,000 m³ cavern (see Fig. 4) did not take more than two months, at two working shifts of eleven hours per day.

The rock behaved as anticipated, without larger deformations. This was confirmed by continuous geotechnical measurements. The convergence of the 20 m wide shafts and tunnels varied within the measurement accuracy. Pressure cells indicated a minimum load on the primary liner.

Ground surface settlement was measurable within a range of several millimetres only, and no impact on neighbouring buildings was discovered. The groundwater horizon existing in permeable materials is probably separated from the fissure water in limestones so clearly that no immediate lowering of water table in the upper horizon occurred during the excavations. The measured groundwater level lowering of several decimetres, by the shaft pumps output of 10 to 20 litres/s, was offset from the lower horizon by means of recharge wells. No rotting of the wooden piles occurred.

Each mining crew had a stationary programmable laser profiler available, its foreman used it for surveying the excavation profile during the shift. The site surveyor carried out the installation and checking of the instrument only, independently of the excavation progress. Geodetic survey of centre lines and measurement of the primary lining convergences were carried out by a special software and automatic theodolite. The results were available to the site management, geotechnical staff and surveyors through an on-line computer network system immediately after the measurements evaluation. Apart from the geodetic survey, the actual shape of the profile was checked by a tunnel scanner, which recorded overbreaks and underbreaks with a photographic accuracy.

LESSONS AND MATTERS OF INTEREST

The Copenhagen Metro has been built by a joint venture of European companies comprising five different nationalities. The use of different languages and working procedures has offered an exchange of experience outside the common scope of work.

Practical knowledge of the rock behaviour confirmed assumptions used for mathematical models.

Good planning and organisation of the works on the individual structures performed by civil engineering professionals proved itself to play an important role. With NATM excavation in particular, it is very important for the representatives of the designer, project management and contractor to be in a permanent contact, to be able to make decisions in the areas which they are responsible for within the meaning of the joint strategy. Designer's presence directly on the site turned out reasonable as it allowed checking on design modifications implemented on the basis of actually encountered engineering geological conditions. Only in this manner is the space for responsible staff of the project parties to make decisions on the basis of mutual agreement ensured, and in the same time guaranteed. This fact is not always natural, but is totally indispensable for successful development and economic efficiency of underground works constructed by the NATM.

PROJEKT NOVÉHO TŘEBOVICKÉHO TUNELU

THE NEW TŘEBOVICE TUNNEL PROJECT

Ing. PETR SVOBODA
ILF CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.

ÚVOD

Optimalizace traťového úseku Krasíkov – Česká Třebová je součástí výstavby 2. železničního koridoru. Článek popisuje navržené technické řešení nového třebovického tunelu, který je součástí uvedeného traťového úseku. Stávající dvoukolejná trať je mezi stanicemi Třebovice a Rudoltice v Čechách vedena jako dvě samostatné, stavebně jednokolejné tratě. Kolej č. 2 provozovaná ve směru z Rudoltic do Třebovic prochází starým třebovickým tunelem. Kolej č. 1 vede po povrchu a je provozována ve směru z Třebovic do Rudoltic. Toto kolejové uspořádání vzniklo ve třicátých letech minulého století při zdvoukolejňování hlavních železničních tratí ve směru západ – východ s ohledem na sklonové poměry. Projekt stavby tunelu vypracovala firma ILF Consulting Engineers, s. r. o., jako subdodávku pro firmu Metroprojekt, a. s., která zpracovala projekt stavby celého traťového úseku.

INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické prostředí, v kterém bude realizována stavba, je tvořeno tercierními jíly tuhé až pevné konzistence s výskytem písčitých proplátek a čoček. Písečné polohy, uzavřené v nepropustném komplexu neogenních jílu, jsou zpravidla zvodnělé s napjatou hladinou podzemní vody. Kvartérní pokryv ležící na neogenních jílech tvoří antropogenní, fluvialní a fluviodeluvialní sedimenty o celkové mocnosti v ose tunelu od 2,8 do 10,3 m. Fluvialní sedimenty, zastoupené různě zrnitými písků, tvoří ve střední části projektovaného tunelu podstatnou část nadloží.

V těchto kvartérních fluvialních sedimentech se vytváří mělký kolektor spodní vody závislý na množství srážek. Hladina podzemní vody se v kvartérních sedimentech objevuje asi 1 – 7 m pod povrchem. Zjištěný výkyv hladiny, způsobený povrchovými srážkami, činil maximálně 1 – 1,5 m. V tercierních jílech je podzemní voda vázána téměř výhradně na písčité vložky a polohy s dobrou průlinovou propustností. Samotné jíly tvoří pro vodu prakticky nepropustné prostředí. Ve střední části tunelu průzkum zastihl v hloubce 21,0 m rozsáhlou akumulaci zvodnělých písků, vytvářejících významný kolektor se značnou kapacitou podzemní vody. Přítomnost zvodnělých poloh vytváří v tomto již tak staticky nekvalitním prostředí značný rizikový faktor.

Navážky většího rozsahu se vyskytují v blízkosti vjezdového portálu, kde je stávající železniční trať vedena na násypu. Násyp tvoří s největší pravděpodobností místní vytěžené kvartérní materiály, zejména soudržné zeminy charakteru šterkovitých jílu.

V místě vytěžené pískovny u komunikace první třídy I/43 Česká Třebová – Svitavy se nachází v současnosti již uzavřená skládka tuhého komunálního odpadu. Během provedeného průzkumu ani místním šetřením se nepodařilo



Obr. 1 Vizualizace - pohled na vjezdový třebovický portál
Fig. 1 Visualisation - a view of the Třebovice entrance portal

INTRODUCTION

The optimisation of the Krasíkov – Česká Třebová rail line section is part of the project of the Railway Corridor 2. The article describes the technical solution of the new Třebovice tunnel, located on the above-mentioned rail line section.

The existing double-track line between the Třebovice and Rudoltice v Čechách stations consists of two in terms of construction independent single-track lines. The track No.1, operates in the direction from Rudoltice to Třebovice, passes through the old Třebovice tunnel. The track No.1 operates from Třebovice to Rudoltice and leads at grade. This arrangement of the lines originated in the 1930s in the process of doubling of main railway tracks at the west-east direction with respect to their gradients.

The tunnel design was developed by ILF Consulting Engineers, s.r.o. as a sub-contract work for Metroprojekt a.s., who prepared the overall design of the whole rail line section.

GEOLOGICAL CONDITIONS

Geology in which the construction will be carried out consists of Tertiary clays of stiff to solid consistency, with occurrence of sandy interbeds and lenses. The sandy interbeds, closed in an impermeable complex of Neogene clays, are usually water bearing, with confined groundwater level. The Quaternary nappe overlying the Neogene clays is formed by anthropogenic, fluvial and fluvial-diluvial sediments of a total thickness from 2.8 to 10.3 m at the tunnel axis. The fluvial sediments represented by various granular sands form a substantial part of the overburden at the central part of the designed tunnel.

A shallow groundwater collector, depending on the volume of precipitation, originates in these Quaternary fluvial sediments. The groundwater table appears about 1 – 7 m under the surface in the Quaternary sediments. A maximum movement of the groundwater table caused by atmospheric precipitations amounted to 1 – 1.5m. Groundwater in the Tertiary clays is nearly always connected with sandy inserts and interbeds with good intrinsic permeability. The clays proper create an environment virtually impermeable for water. The investigation encountered a vast accumulation of water bearing sands in the central part of the tunnel, at a depth of 21.0 m, forming a significant collector of a considerable ground water capacity. In terms of statics, the presence of the water bearing interbeds represents an important risk factor within this generally low quality environment.

Man-made fills of a greater extent occur in the vicinity of the exit portal, where there is the existing rail track on an embankment. Most likely the embankment consists of local excavated Quaternary materials, cohesive soils of a gravelly clays character above all.

A currently cancelled municipal solid waste landfill exists in the space of an abandoned sand pit near to the Česká Třebová – Svitavy I/43 primary road. The trials to determine both the exact extent of the landfill and the type of the waste during the investigation failed. The Consultant proposed execution



Obr. 6 Vizualizace - pohled na vjezdový portál a zárubní di
Fig. 6 Visualisation - A view of the entrance portal and retaining wall

Tab. 1 Fyzikálně-mechanické vlastnosti zastížených materiálů - charakteristické hodnoty
Table 1 Physical and mechanical properties of materials encountered - characteristic values

Parametr Parameter		1. Navážky Man-made fills	2. Písčité hlíny Sandy loams	3. Jíly s nízkou plasticitou Low plasticity clays	4. Písek jemně zrněný Poorly grained sand	5. Štěrky jílovité Clayey gravel	6. Jíl s vysokou plasticitou High plasticity clay	7. Jíl tuhý až pevný s vysokou až velmi vysokou plasticitou High to very high plasticity, stiff to solid clay	8. Písek jemně zrněný Poorly grained sand
Zatřídění dle ČSN 73 1001 Classification according to the CSN 73 1001		F3MSY, F4CSY	F3MSO	F6CL, F4CS	S2SP, S3SF	G2GC	F8CH, F2CG	F8CH, F8CV, F6CL	S2SP, S3SF
Objemová tíha vlhká Wet unit weight	γ_n (kN m ⁻³)	18,0	18,0	19,3	17,5	19,5	20,0	19,5	18,0
Modul přetvárnosti Modulus of deformation	E_{def} (MPa)	4	4	6	15	10	6	8 (7,9 - 15,0)	20
Poissonovo číslo Poisson's ratio	ν (1)	0,35	0,35	0,35	0,28	0,35	0,35	0,42	0,30
Totální úhel vnitřního tření Apparent angle of internal friction	φ_u (°)	0	0	0	-	-	0	0 (0,0 - 3,6)	-
Totální soudržnost Apparent cohesion intercept	C_u (kPa)	30	40	40	-	-	60	90 (50 - 140)	-
Efektivní úhel vnitřního tření Effective angle of internal friction	φ_{ef} (°)	17	25	25	29	25	17	15 (12,2 - 18,4)	30
Efektivní soudržnost Effective cohesion	C_{ef} (kPa)	10	18	20	0	10	20	23 (13 - 26)	0
Lineární bobtnavost Linear swelling property	b (kPa)	0,80	-	-	-	-	-	7 (1,3 - 22,6)	-
Bobtnací tlak v oedometru Swelling pressure in oedometer	(kPa)	-	-	-	-	-	-	120 (82 - 276)	-
Obsah organických látek Organic content	(%)	-	-	-	-	-	-	5 (1,5 - 14)	-

zjistit přesný rozsah skládky ani typ ukládaného odpadu. Pro zjištění alespoň přibližného rozsahu skládky navrhl zpracovatel dokumentace geofyzikální měření. Základní geotechnické parametry uvádí tab. 1.

STARÝ TUNEL

Ve vzdálenosti 120 m od nově navrhované trasy se nachází starý třebovický tunel. Archivní materiály a zkušenosti našich předků poskytly cenné informace o horninovém prostředí a těžkostech spojených jak s výstavbou tunelu, tak i předportálových zářezů. Stavebně a prostorově již nevyhovující tunel byl vybudován jádrovou metodou v letech 1842 – 1845 jako dvoukolejný za velkého pracovního nasazení a obětí všech zúčastněných. Během stavby došlo k více než pětinasobnému překročení rozpočtu. Ještě před zahájením ražby tunelu navrhl inspektor Negrelli zřízení tunelu v otevřeném zářezu. Proti této variantě stála celá řada námitek a zejména pak poukaz na obtíže

of geophysical measurements to determine the landfill extent at least approximately.

EXISTING TUNNEL

The existing Třebovice Tunnel is located at a 120m distance from the newly designed route. Archive documents and our ancestors' experience provided valuable information on the ground and the troubles connected with both the tunnel and pre-portal open cuts construction. The tunnel, inadequate in terms of its structure and space arrangement, was built using the German system within the years 1842 – 1845 as a double-track tunnel, with an immense endeavour and sacrifices by all participants. The budget was crossed more than fivefold. Inspector Negrelli had proposed that the tunnel construction be built in an open cut even before the tunnel excavation was started. A series of objections against this variant were raised, primarily an idea of the troubles connected with the construction of much smaller cuts at the tunnel portals. Also a construction of a deep cut instead of the tunnel was refused

spojené s výstavbou mnohem menších zářezů na portálech tunelu. Rovněž zřízení hlubokého zářezu na místo tunelu bylo odmítnuto s ohledem na vysoké náklady na údržbu a zajištění průjezdnosti.

Při ražbě a při zdění ostění způsobovalo velké problémy nestabilní horninové prostředí. V modrém plastickém jílu se za přítomnosti vzduchu opět nastartovaly velkým tlakem pozastavené hnilobné procesy. Navíc byl jíl vydatně dotován podzemní vodou z písčitých proplásků a čoček, z kvartérních pokryvů, ale i srážkovou vodou přiváděnou do podzemí těžními a přístupovými šachtami. Působením vody a vzduchu měnil jíl svoji konzistenci a bobtnal. Zemní jádro ponechané uprostřed tunelu jako opora pro výdřevu nevzdorovalo dostatečně zemním tlakům, výdřeva praskala. Zdivo patek klenby se bořilo do rozmáčeného jílu. Výstavba tunelu délky 508 m trvala 31 měsíců.

Krátce po zahájení provozu se však objevily závady na obezdívce, které vedly na některých místech k zajištění tunelu výdřevou a pečlivému sledování poruch. Situace vyvrcholila rozhodnutím o opuštění tunelu a zřízení objízdné trasy po povrchu se zahájením provozu v roce 1866.

Po vzniku Československé republiky bylo rozhodnuto tunel obnovit a provozovat v něm jednu z kolejí zdvoukolejněné tratě Olomouc – Česká Třebová. Tunel byl částečně znovu vyražena a opatřen novou obezdívkou. Profil tunelu měl napříště zůstat už pouze jednokolejný. Obnova tunelu trvala 24 měsíců. Směrové a výškové vedení koleje č. 2 umožnilo převést železniční trať přes sedlo u Třebovic ve směru Rudoltice – Třebovice příznivějšími sklonovými poměry.

NOVÝ TUNEL

Nový třebovický tunel délky 550 m se nachází v širokém plochem sedle tzv. Třebovské bráně, využívané již od pradávna jako dopravní cesty. Tunel je situovaný jižně od tunelu stávajícího, podchází vzdušné vedení 22 kV, silnici I/43 Česká Třebová – Svitavy a kolej č. 1 stávající trati Krasíkov – Česká Třebová. Tunel leží částečně v přímé a částečně ve směrovém oblouku o poloměru 850 m.

S ohledem na inženýrsko-geologické poměry dotčené lokality a dochované materiály o stavbě a rekonstrukci starého třebovického tunelu jsme zvažovali několik variant výstavby nového tunelu nebo i zřízení hlubokého zářezu. Vzhledem k dříve schválenému směrovému a výškovému vedení trasy byl vyloučen hluboký otevřený zářez. Z celé řady možností, od zřízení tunelu v otevřené stavební jámě po cyklickou ražbu pod ochranou klenby vytvořené mikrotunelováním popř. zmrazováním horniny, zvítězila metoda kombinující hloubení s ražbou pod ochranou stropní desky a podzemních stěn. Jedná se tedy o použití metody „želva“.

Zpracování celého projektu tunelu probíhalo pomocí počítače. Výhody digi-

because of the high cost of maintenance and problems in ensuring its passability.

The instable ground caused serious troubles in the course of the tunnel drive and masonry work. Putrefactive processes in the blue plastic clay, which had been suspended as a result of the high pressure, resumed in the presence of air. In addition, groundwater was amply supplied to the clay by sandy interbeds and lenses, the Quaternary cover, but also by storms bringing water underground through hoisting shafts and access adits. The clay changed its consistency and swelled by the presence of water and air. A ground core left in the tunnel centre as a support for timbering failed to resist the ground pressures sufficiently, the timbering broke. The masonry of the vault footings sunk into soaked clay. The 508m-long tunnel construction took 31 months.

Shortly after the tunnel operation commencing, defects in the lining appeared, resulting at specific locations in a necessity to support the tunnel by timbering and monitor the defects carefully. The situation culminated by a decision to abandon the tunnel and establish surface diversion routes, with the operation beginning in 1866.

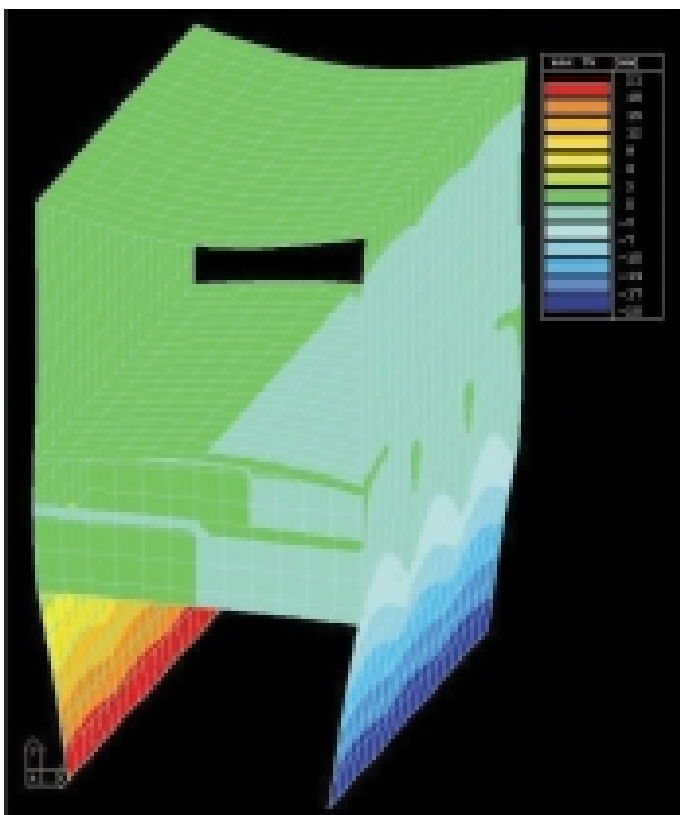
After the Czechoslovak Republic origination, it was decided that the tunnel would be restored and one of its two tracks operated on the Olomouc – Česká Třebová double-track line. The tunnel was partially re-excavated and equipped with a new liner. For the future, one track was to remain in the tunnel cross section only. The tunnel reconstruction took 24 months. The horizontal and vertical alignment of the track No.2 allowed the rail track to find more favourable gradient conditions for passing over the col at Třebovice in the direction from Rudoltice to Třebovice.

THE NEW TUNNEL

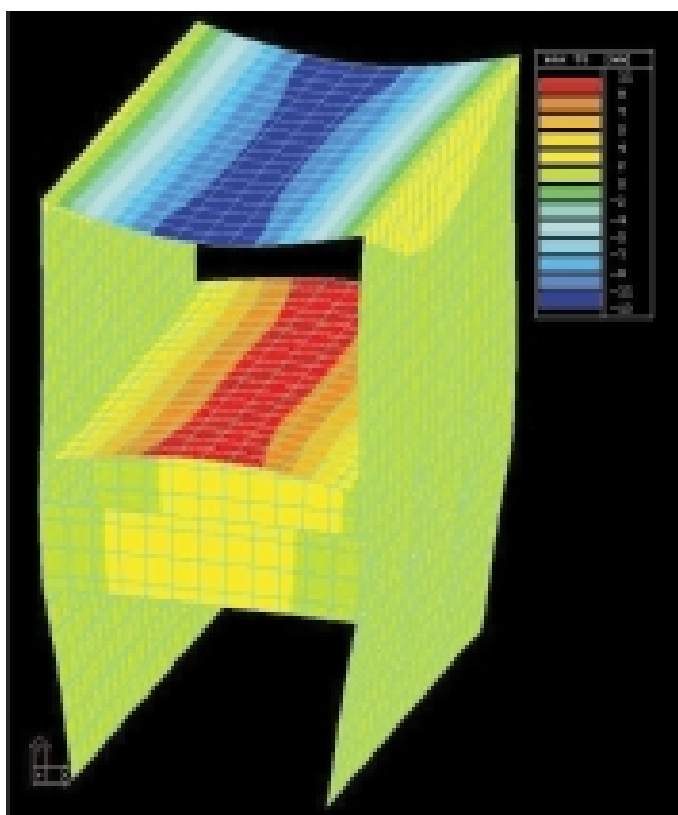
The new 550m long Třebovice tunnel is placed in a wide flat col, so-called Třebovice Gate, used as a transport route from of old. The tunnel is situated to the north of the existing tunnel. It passes under a 22 kV aerial line, the I/43 Česká Třebová – Svitavy road, and the track No.1 of the existing rail line Krasíkov – Česká Třebová. The tunnel is partially straight, partially in an 850 m radius curve.

We have considered several variants of the new tunnel construction, or even establishment of a deep open cut because of the engineering geological conditions of the given location and preserved documents on the existing Třebovice tunnel construction and reconstruction. The deep open cut has been excluded with respect to the horizontal and vertical alignment approved previously. A combination of cut-and-cover method and excavation under the protection of a roof deck and diaphragm walls, i.e. the "Turtle" method has won out of the number of options, starting from the tunnel construction in an open box to a cyclic excavation under the protection of a vault created by microtunnelling or ground freezing.

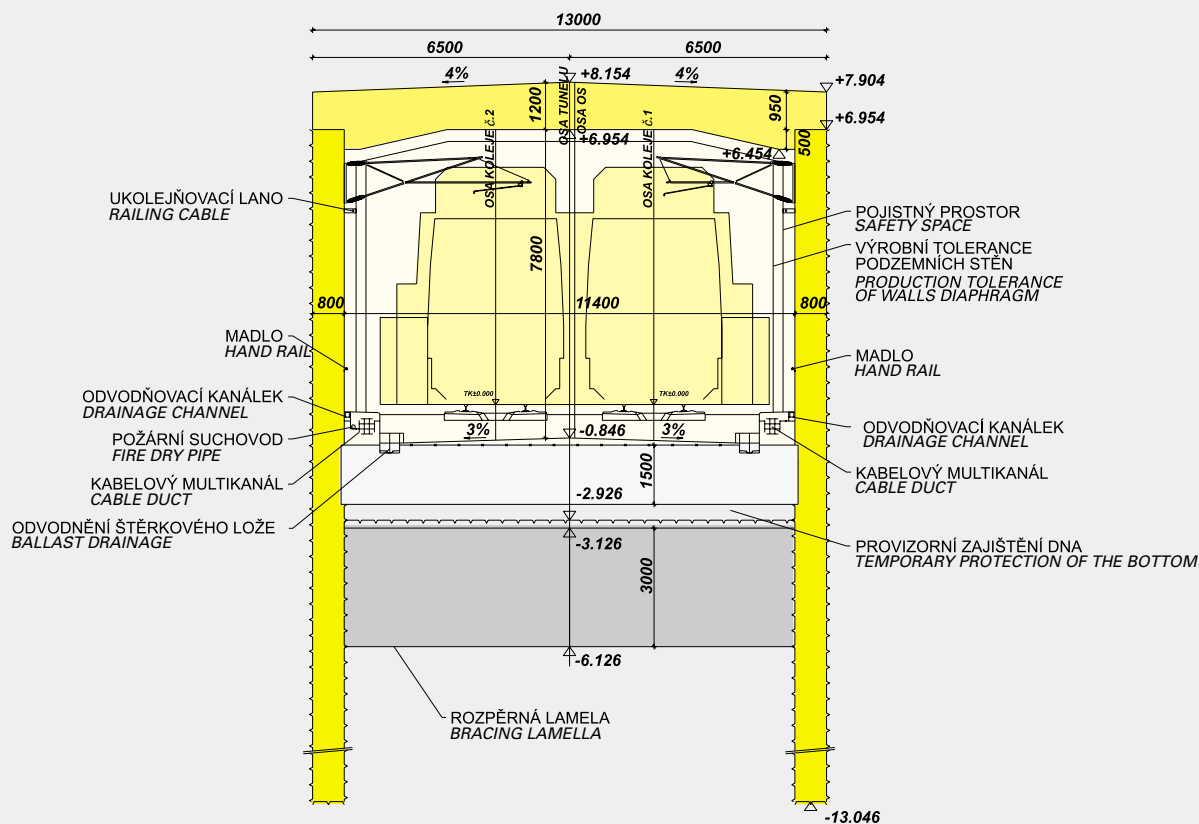
The whole design was developed using computer. Advantages of digital processing proved primarily in the earthwork design. A survey of the actual shape of the area surface served in establishing the surface digital model.



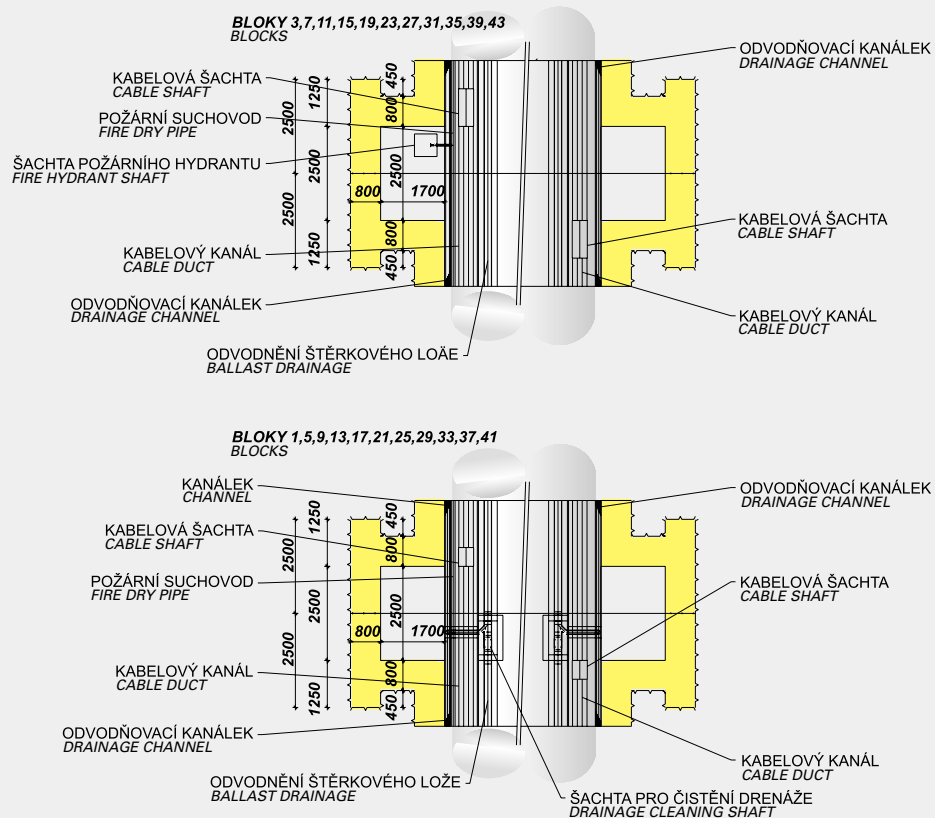
Obr. 2 Statický výpočet - vodorovné deformace
Fig. 2 Structural analysis - horizontal deformations



Obr. 3 Statický výpočet - svislé deformace
Fig. 3 Structural analysis - vertical deformations



Obr. 4 Příčný řez tunelu v podzemních stěnách
Fig. 4 Cross - section through the tunnel at the diaphragm walls



Obr. 5 Půdorys výklenků
Fig. 5 Recesses layout

tálního zpracování se projevily zejména u návrhu zemních prací. Pro vytvoření digitálního modelu terénu sloužilo geodetické zaměření skutečného tvaru stávajícího povrchu území. Model potom umožnil provést 3D návrh stavební jámy včetně rozdělení na jednotlivé etapy odtěžování a zpětného přesypání konstrukce.

POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ A PŘÍČNÝ ŘEZ

V podélném směru se tunel dělí na 44 tunelových pásů. Tunelovou troubou tvoří dvě řady podzemních stěn, prostě uložená stropní deska a částečně vetknutá deska spodní. Pouze portálový pás P2 (výjezdový, rudoltický portál) je budován v otevřené stavební jámě jako uzavřený rám. Délka bloku betonáže spodní (resp. horní) desky 12,5 m odpovídá délce tunelového pásu. Délka jedné lamely podzemní stěny je 6,25 m, tzn. dvě lamely v jednom pásu. Všechny vzdálenosti jsou měřeny na ose tunelu.

V místech zámků podélných lamel jsou pod úrovní dna tunelu vybudovány lamely příčné, rozpěrné. Na nutnost rozepřít podzemní stěny i ve spodní úrovni ještě před začátkem ražby poukázal statický výpočet (obr. 2 Statický výpočet - vodorovné deformace, obr. 3 Statický výpočet - svislé deformace). Rozepřením podzemních stěn lamelami zajišťuje stabilitu podélných podzemních stěn v předstihu již v okamžiku zahájení ražby. Zároveň odpadá složitá manipulace s rozpěrami pod stropní deskou tunelu.

Z hlediska použité nosné konstrukce je tunel rozdělen na dva typy, které se liší tloušťkou stropní desky a hloubkou podzemních stěn. Použití příslušného typu konstrukce odpovídá výšce nadloží a tunel dělí na tři úseky (části). V první části dlouhé 125 m má stropní deska výšku 900 mm, podzemní stěny o tloušťce 800 mm jsou hluboké 18 m. Ve střední části o délce 312,5 m mají podzemní stěny hloubku 20 m a výška stropní desky 1200 mm. Poslední třetí část délky 100 m má dimenze jednotlivých konstrukcí stejně jako část první. Spodní deska je po celé délce tunelu vysoká 1500 mm.

Příčný řez tunelu je navržen pro „Sdružený tunelový průjezdný průřez pro elektrizovanou trať“ s pojistným prostorem 300 mm podle návrhu normy ČSN 73 7508 – Železniční tunely. Nutné rozměry vnitřního teoretického líce ovlivňuje dále převýšení koleje 135 mm a výrobní tolerance podzemních stěn. Osa tunelu odvozená pro potřeby výstavby z os kolejí č. 1 a 2 je o 130 mm odsazená od osy kolejí (obr. 4 Příčný řez tunelu v podzemních stěnách). Tunel je vybaven záchrannými výklenky situovanými vstřícně po obou stranách tunelu. Vzdálenost výklenků je 25 m měřeno na ose tunelu. Ve výklencích jsou dále umístěny kabelové šachty a v každém druhém šachty s výtokovými ventily požárního suchovodu, zásuvky pro odběr elektrické energie a vypínače osvětlení (obr. 5 Půdorys výklenků).

Požární suchovod je stejně jako devítiovorové kabelové multikanály pro převod slaboproudých a silnoproudých vedení zabetonován do pochozí stezky o šířce 900 mm. Další bezpečnostní prvek představuje madlo osazené po obou stranách tunelu.

Trakční vedení je zavěšeno na nosných konzolách připevněných k boku ostění pomocí vysokopevnostních ocelových kotev \varnothing 20 mm, resp. \varnothing 16 mm, osazovaných do vrtů v železobetonovém ostění z betonu C25/30 dodatečně.

Odvodnění kolejového lože je řešeno v příčném směru vspádováním výplňového betonu pod kolejovým ložem od středu tunelu ve sklonu 3 % k postraním tunelovým stokám uloženým v drážce vytvořené ve spodní desce tunelu. Zde je umístěna drenážní roura o \varnothing 200 mm s plochým dnem. Voda je v podélném směru svedena ve sklonu tratě cca 7 % k rudoltickému (výjezdovému) portálu.

Podél podzemních stěn definitivního ostění jsou v pochozí stezce navrženy podélné odvodňovací žlaby. Úkolem těchto žlabů je zachytit případné průsaký přes ostění tunelu a zabránit tak namrzání pochozí stezky v zimním období.



Obr. 7 Vizualizace - ostění tunelu
Fig. 7 Visualisation - the tunnel liner

Subsequently the model allowed development of a 3D design of the construction pit, including its division into individual phases of excavation and backfilling of the structure.

THE STRUCTURAL SOLUTION AND CROSS SECTION DESCRIPTION

Longitudinally, the tunnel is divided into 44 tunnel belts. The tunnel tube consists of two rows of diaphragm walls, partially supported roof deck and partially restrained bottom slab. The P2 portal belt (exit, the Rudoltice portal) is built in an open pit as a closed frame. The length of one casting block of the bottom (or roof) slab of 12.5m corresponds to the width of one tunnel belt. The length of one panel of the diaphragm wall is 6.5 m, i.e. two panels are in one belt. All distances are measured at the tunnel axis.

Transversal bracing panels are constructed under the bottom level at the locations of the longitudinal panels' interlocking. The necessity of bracing the diaphragm walls also under the bottom level even before the excavation beginning was shown by the structural analysis. (Fig. 2 Structural analysis – horizontal deformations, Fig. 3 Structural analysis – vertical deformations) The bracing of the diaphragm walls by the panels provides the stability of the longitudinal diaphragm walls already at the moment of the excavation operations beginning. In the same time the complex handling braces under the tunnel roof deck is avoided.

From the load bearing structure aspect, the tunnel is divided into two types differing in the roof deck thickness and the diaphragm walls depth. Application of the particular type of structure depends on the overburden thickness. The tunnel is divided into three sections (parts). For the first section 125 m long, the deck is 900 mm thick, and 800 mm-thick diaphragm walls are 18 m deep. Diaphragm walls are 20 m deep and the roof deck 1,200 mm thick in the 312.5 m long central part. The last part, the third one, is 100 m long, and the dimensions of its individual structures are identical with those of the first part. The bottom slab is 1,500 mm thick along the whole length of the tunnel.

The tunnel cross section has been designed for the "Combined tunnel structure clearance for electrified railway" with a safety space of 300 mm, according to the draft standard ČSN 73 7508 – Rail Tunnels. In addition, the required dimensions of theoretical internal surface are affected by the track superelevation of 135 mm and manufacturing tolerances of diaphragm walls. The tunnel axis design, deduced for the construction needs from the axes of the tracks No. 1 and 2 is offset from the tracks' axes by 130 mm. (Fig. 4 Cross section through the tunnel at the diaphragm walls)

The tunnel is equipped with safety recesses situated in a non-staggered manner along either side of the tunnel. The recesses spacing is 25 m, measured on the tunnel axis. The recesses also contain cable shafts, and, in each other recess, shafts with outlet valves of fire dry piping system, electric outlets and light switches. (Fig.5 Recesses layout)

The fire dry piping is, same as the nine-way cable multiple cable ducts for low tension and power lines, embedded in the 900 mm wide concrete emergency walkway. Another safety element is a handrail installed along both sides of the tunnel.

Traction mains are suspended on carrier brackets fixed to the lining sides by means of high-strength steel anchors 20 mm or 16 mm in diameter, inserted subsequently into holes drilled into the C25/C30 reinforced concrete liner.

Rail bed drainage system has been solved by 3 % transversal sloping of blinding concrete under the rail bed from the tunnel axis to side tunnel ducts laid in a groove created in the tunnel bottom slab. There are drainage pipes 200 mm in diameter with flat bottom laid there. Longitudinally, water is led at the track gradient of about 7 % to the Rudoltice exit portal.

Longitudinal drainage ducts in the escape walkway have been designed along the diaphragm walls of the final lining. The purpose of those ducts is to intercept potential leakage through the tunnel lining, thus to prevent formation of ice on the escape walkway in winter season.



Obr. 8 Vizualizace - výjezdový rudoltický portál
Fig. 8 Visualisation - the Rudoltice exit portal

TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Práce na povrchu

Všechny práce prováděné z povrchu musí být z důvodu přeložky komunikace I/43 Svitavy – Česká Třebová rozděleny na dvě etapy.

Nejdříve se zhotoví objízdná komunikace a potom budou zahájeny práce na části jámy u rudoltického portálu tunelu. První fází je odtěžení stavební jámy na úroveň pro hloubení podzemních stěn. Stavební jáma bude odtěžována postupně po jednotlivých etážích na úroveň asi 426 m n. m. Výška jednotlivých etáží rozdělených 1,5 m širokými lavicemi nepřesahuje 4 m. Stabilitu všech etáží zajišťuje jednotný sklon 1 : 2 a 100 mm stříkaného betonu s jednou výtuznou sítí. Druhou etáž navrženou v písčitéch sedimentech (S2SP, S3SF) navíc zajišťují zarážené hřeby \varnothing 25 mm a délky 4 m.

Během odtěžování první části stavební jámy dojde k odkrytí skládky TKO. Podle geofyzikálních měření dno skládky zhruba odpovídá dnu stavební jámy. Vzhledem k neznámému charakteru uloženého odpadu musí přímo na místě rozhodnout o jeho zpracování kvalifikovaný pracovník.

Z úrovně dna stavební jámy budou do předem připravených vodicích zídek hloubeny a betonovány podzemní stěny po jednotlivých lamelách. Podélné železobetonové lamely ostění tunelu z betonu C25/30 a s výtuzí 10 505 (R) mají délku 6,25 m. Současně s lamelami tunelového ostění jsou v místech zámků lamel podélných betonovány rozpěrné lamely příčné z prostého betonu. Nosnou část rozpěrné lamely tvoří beton C25/30. Zbývající část lamely, určenou k vybourání při ražbě tunelu, vyplňuje beton C8/10.

Po úpravě koruny jednotlivých lamel se na upravený terén mezi podzemní stěny vybetonuje vrstva podkladního betonu, položí se separační PE folie a následně smontuje výtuz. Upravená koruna podzemních stěn bude ošetřena krystalizačním nástřikem. Do budoucí spáry se přípevní expanzní těsnicí pásy.

Na upravený terén je vybetonována stropní deska tunelu. Délka bloku betonáže desky odpovídá délce tunelového pásu a činí 12,5 m. Po odbednění je do připravených žlábků ztuhlým krystalizačním tmelem a vnější lic stropní desky se ošetří krystalizačním nástřikem. Následně se okolo stropní desky zřídí jílové těsnění a deska je zpětně přespána do tvaru původního terénu. Po provedení první fáze výstavby je komunikace I/43 Svitavy – Česká Třebová přeložena zpět do své původní osy a celý postup se opakuje na straně tunelu blíže k třebovickému portálu.

Práce pod ochranou stropní desky a podzemních stěn

Po ukončení zpětných zásepů následuje od rudoltického portálu dovrchní ražba kaloty tunelu. Úroveň dna kaloty je +0,574 od TK. Rozhodující roli hraje ochrana dna před poškozením těžkou dopravou, ale i před rozmáčením technologickou vodou nebo vodou z pískových čoček. Maximální délku záběru v kalotě určuje vzdálenost příčných rozpěrných lamel. Bezpečnost ražby zvyšují 10 m dlouhé průzkumné předvrty prováděné v předstihu pro zjištění a odvodnění zvodnělých poloh písků. Kalota bude odtěžena v celé délce tunelu.

Ražba druhé etáže probíhá ze dna kaloty s ústupem. Provizorní zajištění dna betonem C16/20 s výtuznou sítí následuje ihned po odtěžení. S minimálním technologickým odstupem za provizorním zajištěním musí být provedena betonáž spodní desky definitivního dna tunelu.

Před montáží výtuz se ošetří pracovní spáry krystalizačními nátěry a osadí těsnicí expanzní pásy. Po montáží výtuz je na povrch betonu provizorního zajištění dna aplikován krystalizační nástřik. Po zabetonování čela se vybetonuje 12,5 m dlouhý blok spodní desky.

Do předem připravených žlábků u pracovních spár bude ztuhlým krystalizačním tmelem. Zároveň se zatmelí i spáry zámků jednotlivých lamel podzemních stěn. Na očištěný povrch podzemních stěn je nanášen krystalizační nátěr.

Hloubený tunel

Tunelový pás P2, rudoltický (výjezdový) portál je budován v otevřené stavební jámě jako hloubený tunel. Technologie vyplývá z nevhodných terénních podmínek pro budování podzemních stěn. Stabilitu jámy zajišťuje kotvená pilotová stěna. Návrh pilotové stěny je vyvolán nutností zajistit základ mostního provizoria převádějící po dobu výstavby kolej č. 1.

IZOLACE, VODOTĚSNOST OSTĚNÍ

Ostění tunelu navržené jako jednopláškové z betonu odolného proti průsakům vody přebírá a plní mimo funkce nosné i funkci izolace. Pro posílení vodotěsnosti betonového ostění budou aplikovány na ostění krystalizační nátěry. Jedná se o doposud největší použití těchto materiálů v síti Českých drah.

Krystalické materiály jsou práškové kompozity na bázi portlandského cementu, velmi jemného křemičitého písku a mnoha aktivních chemikálií.

CONSTRUCTION METHOD

Surface operations

All operations performed from the surface have to be divided into two stages due to the I/43 road from Svitavy to Česká Třebová diversion.

First, the diversion road is to be built, and then the work on the pit at the Rudoltice tunnel portal can be started. The first stage consists in excavation of the construction pit to the level required for the diaphragm walls excavation. The construction pit will be excavated progressively, banquet by banquet, to a level of about 426 m a.s.l. The thickness of particular banquets divided by 1.5 m wide benches does not exceed 4 m. Stability of all banquets is ensured by a unified slope of 1:2 and 100 mm thick shotcrete with one layer of reinforcing mesh. In addition, the second banquet designed in sandy sediments (S2SP, S3SF) is supported by 4m long driven spiles 25 mm in diameter.

The municipal solid waste landfill will be uncovered in the course of the first part of the construction pit excavation. According to the geophysical survey, the landfill bottom roughly corresponds to the construction pit bottom. Because of the fact that the character of the deposited waste is unknown, a qualified professional has to decide on its processing just on the spot.

The diaphragm walls will be excavated and cast one panel after the other in a guide trench pre-prepared at the construction pit bottom level. The longitudinal C25/30 reinforced concrete panels with 10 505 (R) reinforcement are 6.25 m long. Concurrently with the tunnel lining panels, bracing transversal concrete panels are cast at the locations of the longitudinal panels locks, made from plain concrete. The load bearing part of the bracing panel is from C25/30 concrete. Remaining part of the panel, which is to be broken during the tunnel excavation, is from C8/10 concrete.

After treating the crowns of individual panels, a layer of blinding concrete will be poured on levelled ground between the diaphragm walls, a separation PE membrane will be placed, followed by reinforcement bars. The treated crown of the diaphragm walls will be provided with crystalline spray. Sealing bands will be fixed to the future joint.

The concrete tunnel roof deck is cast on the levelled ground. The length of 12.5 m of one block of deck built within one pouring operation corresponds to the width of one tunnel belt. After stripping the form a crystalline compound is compacted in prepared grooves, and external surface of the roof deck is provided with crystalline spray. Subsequently clay sealing is carried out around the roof deck, and the slab is backfilled to the original terrain shape. After completion of the construction phase one the I/43 road Svitavy – Česká Třebová will be relocated back to its original alignment, and the whole procedure will be repeated on the tunnel side closer to the Třebovice portal.

Operations under the protection of the roof deck and diaphragm walls

Uphill top heading excavation follows after completion of the backfills. The top heading bottom level is 0.574 above the top of rail level. Protection of the bottom against damage by heavy traffic or soaking with technological water or water from the sand lenses plays a deciding role. Maximum length of advances at the top heading depends on the distance of transversal bracing panels. The excavation safety is improved by 10 m long investigation boreholes drilled in advance to determine and drain water bearing sand interbeds. The top heading will be excavated within the overall tunnel length.

The excavation of the second banquet is carried out from the top heading bottom, at some distance. Temporary support of the bottom by C16/20 concrete with steel mesh follows just after the excavation. The bottom slab of the final invert has to be cast with a minimum technological break after the temporary support. Day joints are treated by crystalline spray before reinforcement placement, and expansion sealing strips are installed. Crystalline spray is applied on the concrete of the bottom temporary support after the reinforcement placement. The 12.5 m long block of the bottom slab is cast when the formwork stop end has been installed.

Crystalline compound will be compacted in pre-prepared grooves in the day joints. In the same time the interlocking joints between individual panels of the diaphragm walls are filled with the sealing compound. The crystalline spray is applied on cleaned surface of the diaphragm walls.

Cut-and-cover tunnel

The tunnel belt P2, i.e. the Rudoltice exit portal, is built in an open box excavation as a cut-and-cover tunnel. The technique follows from terrain conditions unsuitable for construction of diaphragm walls. The box stability is ensured by an anchored pile wall. The pile wall has been designed because of a necessity to provide foundation of a temporary bridge bearing the track No.1 during the construction time.

INSULATION, WATER-TIGHTNESS OF THE LINING

Apart from the load bearing function, the single pass tunnel lining, designed from water leakage resisting concrete, assumes and discharges the function of insulation. To improve the concrete liner's watertightness, crystalline paints will be applied on the liner. This has been a case of the largest scope of application of those materials throughout the network of České Dráhy (Czech Railways).

Před aplikací se směs míchá s vodou, čímž vznikne kašovitá směs, která se formou nátěru nebo nástřiku aplikuje na povrch betonu. Chemikálie vyvolají katalytickou reakci, způsobující tvorbu nerozpustných vláknitých krystalů v pórech a kapilárách betonu. Samotná vrstva krystalického nátěru nemá těsnicí funkci, beton se dotěsní přímo uvnitř kapilární struktury proti průnikům kapalin ve všech směrech. K aktivaci potřebují krystalizační látky vodu pronikající do konstrukce. Jedná se v podstatě o nosič aktivních chemických látek. Není to tedy povrchová izolace.

Krystalizační nátěr se aplikuje vždy na dostupné plochy ostění, tzn. horní líc stropní desky, vnitřní líc podzemních stěn a horní líc provizorního zajištění dna.

Na povrch pracovní spáry je opět použit nátěr krystalizačním materiálem jako základní opatření proti průniku vody. Do každé spáry se osadí dva expanzní těsnicí pásy a po zabetonování druhé části konstrukce se do předem připraveného nebo do ostění vysekaného pozlásku ve tvaru „U“ zhutní krystalizační tmel. Ten zde plní funkci pojistky při selhání expanzních pásků. Všechny spáry zámků lamel se vysekají na zdravý beton a spáry budou dotěsněny krystalizačním tmelem.

NÁVRH GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU

Kontrolní geotechnické sledování během výstavby je rozděleno na systém povrchového sledování během hloubení stavební jámy a měřicí systémy během ražby.

V rámci realizace povrchových zemních prací navrhujeme pro sledování chování horninového masivu standardní geodetickou metodu. Systém měření spočívá ve vytvoření měřicích profilů z pevných bodů, jejichž posun v čase se sleduje a vyhodnocuje. V jednotlivých profilech se po obou stranách stavební jámy rozmístí celkem šest pevných geodetických bodů. Ostatní metody použitelné z povrchu, jako např. inklinometrické vrty realizované na dně stavební jámy v těsné blízkosti podzemních stěn, jsme s ohledem na pochybné zajištění funkčnosti po zasypaní jámy vyloučili.

Monitoring realizovaný z tunelu během ražby slouží k měření deformací železobetonové konstrukce a změn v okolním geologickém prostředí, vyvolaných touto činností. Ke zjištění velikosti deformací včetně vývoje deformací a následnému porovnání s výpočtovými hodnotami jsou navržena geodetická měření, doplněná měřeními deformačními. Tato měření zajišťují malé strunové deformetry ve stropní a spodní desce a tyčové strunové deformetry v podzemních stěnách.

Při sledování změn v geologickém prostředí se omezujeme na sledování otevřeného dna tunelu. Při sledování deformací dna se jedná především o kluzný deformetr. Toto zařízení umožňuje monitorovat axiální deformace (zkrácení příp. prodloužení) podél měřené přímky, kterou představuje speciálně vystrojený svislý vrt v geologickém prostředí. Samotný měřicí přístroj je přenosná sonda a měření mají etapový charakter.

Pro doplnění informací ze dna hloubeného tunelu jsou navržena měřidla pórového tlaku. Předpokládáme, že vztlak působící na dno tunelu se projeví poklesem pórových tlaků, další vývoj pórových tlaků očekáváme při následném zatížení spodní deskou a konsolidací jílu v podzákladí. Osazení měřidel předpokládáme zatlačením přímo do odkrytého dna před pokládkou podkladního betonu. Navrhujeme použití piezometrů se strunovým čidlem na snímání tlaku vstupující vody.

ZÁVĚR

Nový třebovický tunel je objemem investičních nákladů určitě jedním z největších stavebních objektů v rámci modernizace koridorových tratí v České republice. Jedná se zároveň o dílo unikátní kubaturou budovaných podzemních stěn, navrženým jednopláštvým ostěním i rozsahem použitých krystalizačních nátěrů.

Realizace stavby klade velké nároky na koordinaci jednotlivých stavebních postupů, ale i kvalitu prováděných prací. Naší snahou bylo maximálně zjednodušit konstrukční řešení, a tím vlastní provádění stavebních prací. Přesto bude záležet na všech účastnících výstavby a především na technickém dozoru investora, zda bude tunel realizován v požadovaném termínu i kvalitě. Tak bude konečně po více než 150 letech realizován záměr inženýrů budujících dráhu z Olomouce do Prahy převést trať sedlem u Třebovic dvoukolejným tunelem.

LITERATURA:

Hons Josef - Velká cesta (1947)

ČD, DDC Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová, „nový třebovický tunel“ - podrobný geotechnický průzkum. GeoTec-GS, a. s., leden 2001

ČD, DDC Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová, „nový třebovický tunel“ - doplňkový geotechnický průzkum. GeoTec-GS, a. s., září 2001

ČD, DDC Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová, SO 55-21-01 Tunel Třebovice II, projekt stavby, ILF Consulting Engineers, říjen 2001

Crystalline materials are powder composites based on Portland cement, very fine silica sand and many other active chemicals. Before application the mixture is mixed with water. Resulting slurry is applied on concrete surface by brushing or spraying. The chemicals bring on a catalytic reaction causing development of insoluble fibrous crystals in concrete pores and capillaries. A layer of the crystalline paint itself does not exhibit the sealing function. Concrete is sealed against liquid leaking in all directions just inside its capillary structure. Any crystalline substance needs water seeping into the structure for its activation. Basically it is a carrier of active chemicals. It is no surface insulation.

Crystalline paint is always applied to accessible surfaces of the lining, i.e. to the upper surface of the roof deck, internal face of diaphragm walls and upper face of temporary bottom support.

The day joint surface is again treated with the crystalline substance paint as a basic measure against water leaking. Two expansion sealing bands are installed into each joint, and when the other part of the structure is cast, crystalline compound is compacted in an in advance prepared groove or in a U-shape groove pre-cut in the lining. The compound fulfils a function of insurance in case of the expansion strips failure.

All joints at the panels interlocking are to be cut out up to sound concrete, and the joints sealed by the crystalline compound.

GEOTECHNICAL MONITORING PROPOSAL

The checking geotechnical monitoring performed in the course of the construction works is divided into a system of surface monitoring during the construction pit excavation, and measurement systems during the excavation. In the framework of execution of surface earthworks, we propose the monitoring of the rock mass by standard surveying method. The measurement system consists in establishment of measurement profiles, whose movement with time is observed and assessed. Six firm surveying points are installed in individual profiles along either side of the box excavation. With respect to an uncertainty in securing their function after the open box backfilling, we excluded the other methods applicable from the surface, e.g. inclinometer boreholes realised at the open box bottom at a close vicinity of diaphragm walls.

The monitoring performed from the tunnel during excavation is used for measurement of the reinforced concrete slab deformation and changes in the surrounding geological environment resulting from this activity. Geodetic survey complemented by measurement of deformations has been proposed for the determination of the magnitude of deformations, including development of the deformations and subsequent comparison with design values. Those measurements are carried out with small vibrating wire strain meters in the roof and bottom slabs, and rebar vibrating wire strain meters installed in diaphragm walls.

In the process of monitoring changes in the geological environment, we confine ourselves to monitoring of the open bottom of the tunnel. Primarily we use gliding deformation meters. This apparatus allows monitoring of axial deformations (contraction or extension) along a measured straight line, which is represented by a specially equipped vertical borehole drilled in the geological environment. The measuring apparatus proper is a portable probe, and the measurements are of a multi-stage character. Pore pressure gauges have been proposed to supplement the information from the cut-and-cover tunnel bottom. We assume that the uplift pressure acting on the tunnel bottom will cause a decrease in pore pressures. We expect other development of the pore pressures during the subsequent loading by the bottom slab and consolidation of clay in the sub-base. We expect that the measuring instruments will be installed by pressing directly into the uncovered bottom, before blind concrete pouring. We propose application of piezometers with vibrating wire sensors transmitting the pressure of entering water.

CONCLUSION

In terms of capital expenditures, the new Třebovice tunnel ranks certainly among the largest constructions developed in the framework of the Corridor rail links in the Czech Republic. In the same time it is unique by the volume of diaphragm walls, by the design of the single pass lining, and the extent of crystallising paints applied.

Execution of the construction puts heavy demands on co-ordination of particular building procedures, but also on the quality of the works. The aim of our endeavour was to maximally simplify the design, thus also to ease the construction operations. Anyway, it will depend on all construction participants, on the construction supervision above all, whether the tunnel will or will not be completed on time and in good quality. Then the intention of the engineers building the railway from Olomouc to Prague to pass the Třebovice coll by a double-track tunnel will eventually be accomplished.

REFERENCES:

Hons Josef - Velká cesta (1947)

ČD, DDC Optimisation of the Krasíkov - Česká Třebová rail line section, "the new Třebovice tunnel" - detailed geotechnical investigation. GeoTec-GS a.s., January 2001

ČD, DDC Optimisation of the Krasíkov - Česká Třebová rail line section, "the new Třebovice tunnel" - complementary geotechnical investigation. GeoTec-GS a.s., September 2001

ČD, DDC Optimisation of the Krasíkov - Česká Třebová rail line section, SO 55-21-01 The Třebovice II tunnel, construction design, ILF Consulting Engineers, October 2001

NOVÉ TUNELY NA VYSOKORYCHLOSTNÍ TRATI NORIMBERG – INGOLSTADT, ÚSEK „STŘED“

NEW TUNNELS ON THE “MIDDLE” SECTION OF THE NUREMBERG – INGOLSTADT HIGH-SPEED LINE

Mgr. JIŘÍ ZMÍTKO, ILF CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.

ÚVOD

Příspěvek stručně charakterizuje jednu z největších v současnosti realizovaných tunelových staveb v Evropě. Jsou zde zahrnuty poznatky a skutečnosti z let 1999 a 2000. V základních rysech popisuje jednotlivé tunely a největší problémy spojené s jejich výstavbou. Podrobnější charakteristika jednotlivých tunelů, geologie a technologie výstavby by ovšem vyžadovala mnohem větší prostor než ten, který byl příspěvku vymezen.

Vysokorychlostní trať Norimberk – Ingolstadt (Mnichov) je součástí nově projektované vysokorychlostní sítě v SRN. Po sjednocení Německa vznikla v rámci jeho začlenění do dopravní infrastruktury EU potřeba nového železničního propojení měst: Berlín – Halle – Lipsko – Erfurt – Norimberk. Výsledkem má být trasa vysokorychlostní trati vedoucí od Skandinávie přes Berlín do Mnichova s napojením na Veronu v severní Itálii.

Takzvané „severojižní propojení“ stanovila Evropská unie jako prvořadý úkol v rámci „transevropské sítě“.

Realizace vytyčeného úkolu probíhá jak rekonstrukcí a optimalizací stávajících traťových úseků, tak i výstavbou zcela nových traťových úseků.

Parametry tratě Norimberk – Mnichov:

Celková délka:	171 km
Norimberk – Ingolstadt	89 km
Ingolstadt – Mnichov	82 km
Doba jízdy:	1 hodina
Sklonové poměry:	
Nové úseky:	max. 20 %
Optimalizované úseky:	max. 12,5 %
Cena:	1,98 mld. EUR

Trasa Norimberk – Ingolstadt je rozdělena na pět úseků: úseky 7.2 a 1.1, „jih“, „střed“ a „sever“. Článek detailně popisuje inženýrsko-geologické podmínky a způsob výstavby úseku „střed“.

ÚSEK STŘED

Směrově řešení úseku „střed“ kopíruje přibližně trasu dálnice A9 a průchod trasy pohořím Jura řeší prostřednictvím tří tunelových objektů. Směrem od jihu k severu to jsou: 7260 m dlouhý tunel Irlahüll, 650 m dlouhý tunel Schellenberg a 7700 m dlouhý tunel Euerwang. Mezi tunely Irlahüll a Schellenberg přetíná trasa údolí řeky Altmühl a mezi tunely Schellenberg a Euerwang údolí řeky Antlauter.

Firma ILF Consulting Engineers prováděla na objednávku Deutsche Bahn následující činnosti:

- vypracování projektové dokumentace
- geologickou dokumentaci, interpretaci výsledků geotechnických měření, prognózu geologické situace (optimalizaci technologického postupu v závislosti na IG podmínkách, případně změna technologických tříd výrubu)
- technický dozor investora (kontrolu kvality a množství prováděných prací)

Geodetická měření a tunelový scanner Dibit zajišťovaly firmy Angermaier a Geodata. Systém Dibit (Digitales Bildmeßsystem für den Tunnelbau) umožňuje pomocí stereofotogrammetrického snímání povrchu tunelu v jednotlivých dílčích etapách výstavby sledovat a prostorově vyhodnocovat odchylky od projektovaného tvaru v kterémkoli místě díla. Obrovskou výhodou systému DIBIT je, že nesleduje pouze jednotlivé body (jak je tomu při klasickém geotechnickém měření), ale snímkuje, vyhodnocuje a dokumentuje celý povrch zájmové plochy. V případě, že je nasazen ihned po provedení záběru před nastříkáním primárního ostění, umožňuje provádět snímkování pro geologickou dokumentaci výrubu. Dále může být snímkována primární i sekundární obezdívka. Je-li DIBIT použit při více stavebních fázích, vzniká možnost sledovat též objemy použitého materiálu a tloušťky jednotlivých vrstev ostění. Je-li snímkována jedna etapa v určitých časových odstupech, lze sledovat rovněž sedání a příčné a podélné posuvy. Jednotlivé fáze lze později porovnávat s projektovaným profilem nebo vzájemně mezi sebou. Tím vzniká možnost sledovat nadvýrubu či podvýrubu v kterémkoli místě tunelu, neboli lze přesně určit, jak se liší skutečné provedení od projektu.

Realizaci stavby zajišťovala firma HOCHTIEF, která si najímala jednotlivé subdodavatele. Z českých firem v rámci subdodávek prováděla ražbu od portálu Euerwang jih firma Metrostav, a. s., která po počátečním „seznamování“ dosahovala nejlepších výkonů v rámci úseku „střed“. Firma Subterra, a. s., se podílela na ražbě únikových východů a šachet.

INTRODUCTION

The paper briefly characterises one of the largest tunnel structures being currently built in Europe. It contains the knowledge and facts from the years 1999 and 2000, describing basic features of individual tunnels and the most serious troubles connected with their development. Obviously, a more detailed characteristics of the particular tunnels, the geology and method of their construction would have required much larger space than the space allocated to the paper.

The Nuremberg – Ingolstadt (Munich) high-speed rail line is part of the high-speed network being newly developed in the FRG. After the unification of Germany, in the framework of its incorporation into the EU traffic infrastructure, a need originated of developing a new link between cities: Berlin – Halle – Leipzig – Erfurt – Nuremberg. The final result should be a high-speed line running from Scandinavia via Berlin to Munich, with a link to Verona in northern Italy. The European Union set the so-called “north-east connection” as a principal task within the scope of the “Trans-European network”.

The set task is being implemented either by reconstruction and optimisation of existing railway sections, or by construction of brand new track sections.

The Nuremberg – Ingolstadt line parameters:

Overall length:	171 km
Nuremberg – Ingolstadt	89 km
Ingolstadt – Munich	82 km
Travel time:	1 hour
Gradient conditions:	
New sections:	max. 20
Optimised sections:	max. 12.5
Cost:	EUR 1.98 billion

The Nuremberg – Ingolstadt line is divided into five sections, i.e. sections 7.2 and 1.1, “South”, “Middle” and “North”. This article describes in detail engineering geological conditions and the construction method at the “Middle” section.

THE MIDDLE SECTION

Horizontal alignment of the “Middle” section copies approximately the A9 motorway’s route. Three tunnels have been designed to solve the alignment passing across the Jura mountain range. These are, from the north to the south, the 7,260 m long Irlahüll tunnel, 650 m long Schellenberg tunnel, and 7,700 m long Euerwang tunnel. Between the Irlahüll and Schellenberg tunnels the route traverses the Altmühl river valley, and between the Schellenberg and Euerwang tunnels it crosses the Antlauter river valley.

Based on Deutsche Bahn’s order, ILF Consulting Engineers carried out following operations:

- development of design documents
 - geological documentation, interpretation of geotechnical measurements results, prognosis of geological situation (optimisation of the technical procedure depending on EG conditions, or, as the case may be, modification of excavation classes)
 - execution of client’s supervision (quality inspection, quantity surveying)
- Angermaier and Geodata provided the geodetic survey and the Dibit tunnel scanner. The Dibit system (Digitales Bildmeßsystem für den Tunnelbau) allows monitoring and spatial assessing of deviations from the designed shape at any place of the works to be carried out by means of stereophotogrammetric scanning of the tunnel surface in relevant partial construction phases. A great advantage of the DIBIT system is that it not only monitors individual points (as it is at a conventional geotechnical measurement), but also takes photographs, and assesses and documents the whole area being surveyed. In case of its application just after the excavation advance, i.e. before spraying primary lining, it allows photographs for the geological documentation to be taken. In addition, both primary and secondary liners can be recorded. If the DIBIT is utilised over more construction phases, an opportunity arises to follow the volumes of material consumed and thickness of the lining individual layers. If one phase is recorded by taking pictures at certain time intervals, the settlement and transversal and longitudinal displacements can be monitored too. The particular phases can be later compared with the designed cross section or between each other. Thus a possibility originates to follow overbreaks or underbreaks at any place of the tunnel, i.e. to determine exactly how the actual tunnel deviates from the design.

TUNELY

Stručná geologická charakteristika

Celá oblast tvoří komplex několik stovek metrů mocného souvrství sedimentárních hornin s převládajícím sklonem vrstev mírně ukloněných k jihu. Tunel **Irlahüll** prochází od jižního portálu třetihorními jílovitopísčitymi sedimenty, po nichž následují druhohorní (jurské) a dolomitické vápence. Prakticky celá ražba v karbonátech specifických vysokým stupněm zkrasování, které se projevovalo jak špatnou kvalitou horniny, tak i výskytem podzemních dutin. Dutiny nabývaly často rozměrů několika desítek metrů. Některé podzemní prostory vyplňovaly sesuté hlinité zvětraliny s bloky vápence, jiné byly volně průchodné. Po zkrasovatělých vápencích následovala formace vrstevnatých (mistry až masivních), krasověním prakticky nepostižených vápenců.

Ražba tunelu **Schellenberg** probíhala kromě portálových úseků v celé délce ve vrstevnatých vápencích.

Tunel **Euerwang** byl od jihu ražen ve vápenatých prachovcích, které později přecházely v jílovité prachovce až jílovce. Horniny často obsahovaly velké množství fosilií, zvláště schráněk amonitů. Směrem k severu následovaly střípkovitě rozpadavé, jemně písčité jílovce, tvořící podstatnou část délky tunelu. Severní portál tvořily převážně jemnozrnné sedimenty. Ve dně stavební jámy se nalézaly černé plastické jíly, v nadloží s vrstvami slabě zpevněných pískovců, písků a jílovitých písků.

Technologie výstavby tunelů

Všechny tunely byly raženy Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM), která díky své flexibilitě nejlépe vyhovuje požadavku bezpečné a ekonomické realizace tunelů ve složitých a proměnlivých IG podmínkách.

Vzhledem k délce tunelů Irlahüll a Euerwang začala ražba vybudováním přístupových tunelů ražených úpadně směrem ke středu budoucího tunelu. Toto řešení umožnilo razit tunel směrem od středu k portálům. S určitým zpožděním za ražbou od středu tunelu pak započala i ražba od jižních a severních portálů. Otevření 4 čeleb na každý tunel výrazně zkrátilo celkovou dobu výstavby. Po dobu ražby sloužily přístupové tunely k dopravě rubaniny a větrání pracovišť, po dokončení objektů budou plnit funkci únikových cest. Optimalizací organizace práce i úsporu nákladů umožnilo využití pouze jednoho zařízení staveniště, zajišťujícího obě ražby a operativní přemísťování techniky mezi tunely.

Ražba tunelu Irlahüll ze středu směrem k portálům probíhala za použití kombinace trhacích prací a ražby tunelovým bagrem, ve zvlášť zkrasovělých úsecích postačoval k rozpojování hornin tunelový bagr. Při použití horizontálním členění výrubu se pohybovala délka záběru od 1 m do max. 1,7 m (u jižní ražby), resp. max. 2 m (u severní ražby). Jako nezbytné se ukázalo pravidelné předvrtávání čelby, které sloužilo k jednoduché a rychlé detekci krasových dutin. Při provádění předvrtání se sledovala rychlost vrtání a barva výplachu. Na výsledcích průzkumu závisel návrh dalšího postupu, eventuálně vrtné schéma. Zhruba ve staničení 1530 m jižní ražby došlo k extrémnímu zhoršení situace, kdy se na jedné straně čelby objevila dutina o výšce asi 20 m, v jejímž stropě „visely“ zaklíněné bloky o objemu 2 – 3 m³ (viz obr. 2, 3). Dutina pokračovala šikmo ve směru ražby do neznámé hloubky. K vyplnění dutiny došlo až po nasypaní přes 1500 m³ rubaniny ze severní ražby. K oddělení nebezpečného prostoru od vlastního ostění tunelu sloužila



Obr. 1 Umístění stavby
Fig. 1 The construction position

The construction implementation was provided by HOCHTIEF, who hired several sub-contractors. Czech companies were also used. Metrostav, a.s., constructed the South portal of the Euerwang tunnel excavation, reaching the best outputs within the "Middle" section after initial process of "acquainting", and Subterra, a.s., participated in escape exits and shafts excavation.

TUNNELS

A brief characteristic of geology

The whole area is formed by a complex of several hundreds of meters of a mighty series of measures of sedimentary rocks, with a prevailing slight dip of the measures towards the south.

The Irlahüll tunnel passes from the South portal through the Tertiary clayey – sandy sediments, followed by the Mesozoic (Jurassic) and dolomite limestones. Virtually all excavation took place in carbonates specific by a high degree of karstification, which manifested itself through poor rock quality and underground cavities occurrence. The cavities sizes often achieved several meters. Some underground spaces were filled with slipped loamy detritus containing limestone blocks, others were freely passable. A formation of bedded (locally even massive) limestone, practically unaffected by the karstification, followed after the karstified limestone.

With the exception of the portal sections, the Schellenberg tunnel excavation was carried out along its overall length in bedded limestone.

The Euerwang tunnel was driven in chalky siltstones changing later to clayey siltstones to claystones. The rocks often contained a significant amount of fossils, primarily ammonite shells. Towards the north, quarrying fine sandy claystones followed along a substantial part of the tunnel length. Fine-grained sediments prevailed at the North portal. Black plastic clays were found at the construction box bottom while at the overburden there were layers of weakly consolidated sandstones, sands and clayey sands.

The tunnel construction method

All tunnels were driven by the New Austrian Tunnelling Method (NATM), which, thanks to its flexibility, suits the best the requirement of safe and economic construction of tunnels in complex and variable EG conditions.

Because of the length of the Irlahüll and Euerwang tunnels, the excavation started by construction of access tunnels driven downhill to the future tunnel's midpoint. This solution made the tunnel excavation from the midpoint towards portals possible. The excavation from the portals South and North began with a certain delay after the excavation from the tunnel midpoint. The four points of attack existing at each tunnel reduced the overall construction period significantly. The access tunnels were used for mucking out and ventilation of work places throughout the excavation time. Once the structures are completed, they will serve as escape ways. The fact that only one construction site was established for the two tunnel drives and the tunnels operatively shared mechanical equipment made optimisation of the work organisation and cost savings possible.

The Irlahüll tunnel excavation from the middle towards portals was carried out using a combination of drill-and-blast and face excavator. The face excavator was sufficient for excavation in extremely karstified sections. The advance per cycle at the horizontal face sequencing varied from 1 m to max. 1.7 m at the southern drive, or max. 2 m at the northern drive. Regular drilling ahead of the face to detect karst cavities proved indispensable. The drilling velocity and the drilling fluid colour were monitored in the advance drilling. The proposal on the further procedure or the drilling pattern depended on the exploration results. The situation worsened extremely, roughly at chainage of 1,530 m of the southern drive. A cavity about 20 m high appeared on one side of the face, with 2 – 3 m³ loose rock blocks wedged at the roof (see Fig. 2, 3). The cavity continued at an angle in the drive direction up to an unknown depth. Over 1,500 m³ of muck had to be brought from the northern drive to fill it. A concrete slab and protective wall were cast under the loose rock blocks to separate the dangerous space from the tunnel lining. Then about 50 m long adit was mined at the top heading centre, serving as an exploration gallery. When the extent of the problematic section had been verified, the works continued by enlarging the adit excavation to the full top heading cross section. The vault of the adit became part of the top heading roof, thus protecting this section against rockfall in an advance. In principle this method was a modification of a vertical excavation sequencing with the walls excavated and supported consequently.

The northern drive was performed in relatively good quality rock, and the troubles with karst cavities were not encountered so frequently. Not too big underground channels appeared carrying minor groundwater streams. A rather small opening was disclosed during trimming of the core profile at chainage 335 m (about 200 m behind the face). The opening allowed access to a 2 – 5 m wide crack perpendicular to the tunnel centre line. The dimensions of the cavity, containing a big stream at its bottom, reached up to 50 m in depth and over 100 m in length. Since it practically was not in contact with the tunnel, it was left in its original condition. The only measure was the performance of a more detailed survey of its neighbourhood and subsequently its strengthening and supporting by anchors.

The frequent and many times totally unexpected occurrence of cavities whose extent crossed original anticipations resulted in a necessity to carry out a backward detailed verification of their extent. Geophysics application seemed to be the simplest way. The 100 m long tunnel section which the extent and size of the cavities had already been verified in during the excavation was chosen for the purpose of the selection of geophysical measure-

deska a ochranná stěna vybetonovaná pod „visícími“ bloky horniny. Ve středu kaloty byla poté vyražena zhruba 50 m dlouhá štola, která zastávala funkci průzkumné štoly. Po ověření rozsahu problémového úseku pokračovala ražba rozšířením výrubu štoly do celého profilu kaloty. Klenba štoly tvořila součást klenby kaloty, čímž tuto část v předstihu zajišťovala proti vypadávání materiálu. V podstatě se jednalo o modifikaci vertikálního členění výrubu s tím, že boky byly odtěženy a zajištěny následně.

Severní ražba probíhala v poměrně kvalitní hornině a problémy s krasovými dutinami se nevyskytovaly tak často. Několikrát se objevily nevelké podzemní „kanály“, kterými protékaly drobné podzemní toky. Při začistování profilu jádra ve staničení 335 m (zhruba 200 m za čelbou kaloty) došlo náhodně k otevření nevelkého otvoru, jenž zpřístupnil zhruba 2 – 5 m širokou trhlinu situovanou kolmo k ose tunelu. Rozměry dutiny, na jejímž dně tekla velká voda, dosahovaly až 50 m hloubky a více než 100 m délky. Jelikož se tunelu prakticky nedotýkala, byla ponechána v původním stavu, pouze oblast v jejím okolí byla detailněji prozkoumána a poté dodatečně zpevněna a prokotenena.

Častý a mnohdy zcela neočekávaný výskyt dutin, jejichž rozsah předčil původní očekávání, vedl k nutnosti zpětného detailního ověření jejich rozsahu. Nejjednodušší se jevílo využití geofyziky. Pro výběr dodavatele geofyzikálních měření byl vybrán 100 m dlouhý úsek tunelu, ve kterém došlo k ověření rozsahu a velikosti dutin již během ražby. Geofyzikální měření však buď nebyla schopna dutiny detekovat vůbec, nebo poskytovala pouze nedostatečné a nejednoznačné výsledky. K detekci dutin proto sloužilo zdlouhavé a pracné předvrtávání plnoprofilových vrtů do dna tunelu. Stejně jako v případě předvrtávání čelby se dokumentovala rychlost vrtání a barva výplachu. Zvláště kritická místa byla prozkoumána jádrovými vrty. Dodatečné práce IG průzkumu značně zpomalily stavbu tunelu.

Jižní portál tunelu Irlahüll je situován ve svažované stavební jámě, zajištěné stříkaným betonem a kotvením. Vlastní ražba probíhala v soudržných terciérních zeminách, převážně jílovitých píscích, jílech a jílovcích. Vzhledem k nepříznivým vlastnostem materiálu probíhalo odtěžování pouze po záběrech v kalotě délky max. 1 m s okamžitou stabilizací dílčích výrubů stříkaným betonem. Primární ostění se skládalo z příhradových nosníků, dvou vrstev KARI sítě a stříkaným betonem tloušťky 30 cm. K omezení deformací přispívalo rozšíření paty kaloty, do které byly v exponovaných místech navrženy mikropily. Obavy z výskytu tekutých písků vedly k použití vakuového odvodnění okolního masivu. Během ražby nedošlo k zastížení žádné z těchto poloh. Po postupném zlepšení kvality horniny se v některých místech začalo používat trhacích prací. Prostředí tvořily jednotlivé pevné bloky horniny obklopené pestrá škálou jemnozrnných zemin jílovitopísčitého cha-

ments contractor. Unfortunately, the geophysical measurements were either totally incapable of detecting the cavities or they provided insufficient and ambiguous results only. Therefore a time-consuming and labour-intensive method of pre-drilling full-profile boreholes to the tunnel bottom was applied for the cavities detection. Same as in the case of the face pre-drilling, the boring velocity and drilling fluid colour were documented. Exceptionally critical locations were surveyed by core drilling. Those additional operations of the EG investigation slowed-down the tunnel construction significantly.

The South portal of the Irlahüll tunnel is situated in a sloped construction pit supported by sprayed concrete and anchors. The excavation proper took place in cohesive Tertiary grounds, mostly clayey sands, clays and claystones. Due to unfavourable properties of the material, the excavation continued in steps only, with the top heading advance lengths of 1 m as a maximum and immediate stabilisation of partial openings by shotcrete. Primary lining comprised lattice girders, two layers of KARI mesh and 30 cm thick sprayed concrete. Restriction of deformations was improved by widening the top heading footings and micropiles bored into the footings in exposed places. Fears of occurrence of quicksand led to application of vacuum drainage dewatering the neighbouring massif. No quicksand was encountered during the excavation. Once the rock quality had started to improve progressively, blasting operations commenced in some locations. The environment consisted of individual firm blocks of rock surrounded by a wide range of fine-grained ground of a clayey-sandy character. Obviously it was a heavily weathered surface of Neozoic limestones with cavities filled by Tertiary sediments. Absolutely unexpected situation occurred in a place where two thirds of the face were formed by weathered limestone and remnants of cohesive clayey-sandy ground. About 80 m³ of even-grained dry sand fell suddenly to the free space. The tunnel cover was not thicker than 20 m at that location. The collapse caused an immediate creation of a funnel-shape depression in a field above the tunnel. The fallen sand formed a cone in the opening, which, after stabilising by shotcrete, prevented further sand from falling from the overburden during the saving operations. Grouting and consolidating the ground secured the stability of the area above the vault. Once the collapsed section had been overcome, the excavation continued without problems. The presence of the sandy material was a great surprise not only for the mining crew and the construction supervision but also for local geologists.

The North portal of the Irlahüll tunnel (see Fig. 4, 5) is situated in a slope under the A9 six-lane motorway. For that reason maximum stability of the excavation had to be secured, and deformations of the cover restricted to a minimum level.

At the beginning the excavation was carried out in the Altmühl River's allu-



Obr. 2 Jeskyně zastížené během ražby tunelu Irlahüll
Fig. 2 Cavities encountered during the Irlahüll tunnel excavation



Obr. 3 Kaverny v podzemí Irlahüll
Fig. 3 Caverns in the Irlahüll underground



Obr. 4 Pohled na severní portál tunelu Irlahüll
Fig. 4 A view of the Irlahüll tunnel North portal



Obr. 5 Pohled na severní portál tunelu Irlahüll
Fig. 5 A view of the Irlahüll tunnel North portal

akteru. Jednalo se zřejmě o silně zvětralý povrch druhohorních vápenců s dutinami vyplněnými třetihorními sedimenty. Zcela neočekávaná situace nastala v místech, kde čelbu ze dvou třetin tvořil zvětralý vápenec a zbytky soudržné jílovitopískité zeminy. Došlo zde k náhlému „vysypání“ zhruba 80 m³ stejnozrného suchého písku do volného výrubu. Nadloží tunelu v těchto místech nepřesahovalo 20 m. Zával se okamžitě projevil vznikem trychtýřovité propadliny v poli nad tunelem. Vysypání písku utvořil v prostoru výrubu kužel, který po stabilizaci stříkaným betonem bránil po dobu sanačních prací dalšímu vysypávání písku z nadloží. Stabilitu oblasti nad klenbou zajišťovala proinjektovaná a zpevněná zemina. Po překonání místa závalu již probíhala ražba dál bez problémů. Přítomnost písčitého materiálu představovala značné překvapení jak pro razičskou osádku a stavební dozor, tak i pro místní geology.

Severní portál tunelu Irlahüll (viz obr. 4, 5) je situován ve svahu pod šesti-proudou dálnicí A9. Z tohoto důvodu bylo nutno zajistit maximální stabilitu výrubu a deformace nadloží omezit na minimum.

Ražba probíhala nejprve v náplavech řeky Altmühl, tvořenými nesoudržnými, středně ulehými písky, místy s příměsí štěrku, které přecházely do sva-hových sutí tvořených ostrohrannými úlomky vápence o velikosti do 8 cm, s písčítými a hlinitými vložkami. Poté již následovaly rozpukané vrstevnaté vápence.

První fázi prací představovalo přispánví přítěžovacího násypu ke stávajícímu násypu dálnice, z jehož etáže se realizovalo přikotvení části portálového svahu pramencovými kotvami. Vlastní ražba začala pod ochranou v předstihu navrtaného deštníku z mikropilót. V celém úseku pod dálnicí probíhala ražba s vertikálním členěním výrubu a s důrazem na rychlé uzavření dílčích profilů. Díky provedeným opatřením proběhl podchod dálničního tělesa bez vážnějších problémů a bez negativních projevů tunelování na konstrukce v nadloží.

Vzhledem k malé délce tunelu Schellenberg probíhala ražba pouze od jižního portálu. Problematické portálové úseky v nestabilních nesoudržných zeminách s nízkým nadložím byl řešen metodou „želva“. Jednalo se o ražbu tunelu pod ochranou v předstihu vybudované klenby. Bednění klenby tvořila vhodně vytvarovaná rostlá zemina. Výhodou metody je snížení objemu zemních prací, hloubky stavební jámy, a tím i snížení rizika ztráty stability svahů jámy. Po vybudování klenby „želvy“ byla stavební jáma opět zasypána a ražba probíhá pod ochranou klenby bez nebezpečí prolomení nadloží.

Vzhledem k obtížnému zajištění stability opěrů při ražbě jádra tunelu i vlastních patek želvy bylo navrženo zpevnění nesoudržných materiálů pomocí tryskové injektáže. Po překonání portálového úseku již ražba probíhala ve vrstevnatých vápencích bez výrazných problémů.

K zahájení ražby tunelu Euerwang došlo ze středového záchranného tunelu směrem k portálům. Jak jižní, tak i severní ražba probíhala v monotónním souvrství, tvořeném jemně písčítými jílovcí s tenkými vrstvičkami a ččkami jemnozrných pískovců. Masív byl zvodnělý a docházelo zde k plošným přítokům o vydatnosti několika l/s. Vlivem uvolňování primární napjatosti v hornině a přítoku vody docházelo k neustálému vypadávání a odprýskávání horniny z čelby. Nezbytností se proto stalo okamžité zajištění čelby stříkaným betonem. Prakticky v celém úseku probíhala ražba bagrem s výjimkou několika míst s vyšším výskytem pískovcových poloh, kde se v malé míře použily trhací práce. Délka záběrů byla s ohledem na vlastnosti horniny jen 1,2 m, s osazením předražených jehel v každém záběru.

Jižní portál je situován ve svahu zajištěném stříkaným betonem a hřebíkováním. Začátek ražby probíhal ve svahových sutích a silně zvětralých vápenatých prachovcích, které měly charakter zahliněné balvanité sutě. Materiál se choval jako značně nestabilní a neustále hrozilo vypadávání horniny z čelby a klenby. Pro zajištění bezpečnosti bylo nutno použít velké množství předražených jehel.

Kvalita horniny se však postupně zlepšovala. Problém představovaly pouze rozvěvené zahliněné pukliny, které někdy způsobovaly vypadávání velkých bloků horniny z čelby a klenby. S postupující ražbou a vzdáleností čelby od portálu se zvětšovala délka záběrů a přecházelo se výhradně k použití trhacích prací. Ve staničení 388,3 m se však neočekávaně objevila krasová dutina, kterou protékal podzemní potok o vydatnosti zhruba 10 l/s (obr. 6). Zvláštností bylo, že se tento krasový systém nalézal v horninách, které



Obr. 6 Podzemní potok na čelbě tunelu Euerwang
Fig. 6 Underground stream at the Euerwang tunnel face

vium, consisting of non-cohesive medium dense sands, locally with addition of gravel, transiting to slope debris formed by sharp fragments of limestone up to a size of 8 cm, with sandy and loamy inserts. Fractured bedded limestones followed then.

The first phase of the works consisted in adding a stabilising fill to the existing motorway embankment. Anchoring of a part of the portal slope with cable anchors was carried out from the partial levels of the fill. The excavation proper started under the protection of an in-advance-drilled micropile umbrella. A vertical sequence was used for the excavation of the whole section under the motorway, with a stress placed on quick closing of partial profiles. Owing to the measures adopted, the motorway embankment was passed under without any serious problem and without negative manifestations of the tunnelling in the above laying structures.

Because of the short length of the Schellenberg tunnel, the excavation was carried out from the South portal only. The problematic portal section built under a shallow cover of instable non-cohesive grounds was solved by the "Turtle" method. This means a tunnel excavation protected by an in-advance-constructed vault. The formwork for the vault consisted in suitably shaped natural ground. The advantage of this method is reduction in the earthwork volume, diminishing the depth of the construction pit, thus also reduction of the risk of lost stability of the pit slopes. The construction pit was backfilled after the vault construction. The risk of the overburden collapse is avoided by excavating under the completed vault.

Since it was difficult to secure the stability of the side wall areas during excavation of the tunnel core and the vault footings, stabilisation of non-cohesive materials by jet grouting was designed. The excavation continued in bedded limestones without significant problems once the portal section had been overcome.

The Euerwang tunnel excavation started from a central emergency escape tunnel towards portals. Both the southern and northern excavation was carried out in monotonous series of strata formed by fine sandy claystones with laminas and lenses of fine-grained sandstones. The rock mass was saturated and area inflows occurred with an intensity of several litres per second. Permanent breaking and outburst of the rock from the face occurred as a result of continuous primary stress relaxation in the rock, and water inflows. Therefore immediate application of shotcrete on the face became a necessity. The excavation was carried out by an excavator effectively along the whole section, excepting several locations with higher occurrence of sandstone interbeds where blasting was applied in a small extent. The advance length was, because of the rock properties, 1.2 m only, with installation of spiles in each cycle.

The South portal is situated in a slope supported by sprayed concrete and soil nails. The excavation started in slope debris and heavily weathered lime siltstones, exhibiting a character of loamy bouldery debris. The material behaviour was very instable. Breaking of the rock from the face and roof threatened permanently. A big amount of spiles had to be used to secure the safety.

However, the rock quality improved step by step. The only trouble was the open cracks with loamy fill, causing from time to time falling of large blocks of rock from the face and vault. The length of rounds increased with the progressing excavation and distance of the face from the portal, and drill-and-blast started to be used. But a karst cavity appeared unexpectedly at chainage 388.3 m, with a 10 litre/s flow underground stream (Fig. 6). It was peculiar that this karst system was found in grounds which are not subject to karstification and no other demonstration of the karstification was encountered. The whole underground system is probably a continuation of the karst system existing in the tunnel cover. It evacuated water from a vast area, which fact was proved by presence of pebbles of various rocks. Although this event slowed-down the works progress for a short time only, and the excavation continued without troubles after sealing off and draining water away from the tunnel.

The Euerwang North portal locality was formed by the Quaternary nappes represented by sandy loams with places filled with limestone loamy debris.



Obr. 7 Konstrukce „želvy“ na severním portálu Euerwang
Fig. 7 The "Turtle" vault structure at the North portal of the Euerwang tunnel

běžně krasovění nepodléhají a ani zde se nevyskytl jiný projev krasovění. Celý podzemní systém je zřejmě pouze pokračováním krasového systému v nadloží tunelu a odváděl vodu z rozsáhlého okolí, o čemž svědčil výskyt valounků nejrůznějších hornin. Tato událost však pouze na krátkou dobu zpomalila postup prací a po zatěsnění a svedení vody mimo tunel pokračovala ražba bez problémů dál.

Lokalita severního portálu tunelu Euerwang byla tvořena kvartérními pokryvy zastoupenými písčitymi hlínami s místy vyplněnými vápencovou zahliněnou sůtí. V nižších polohách následovaly písky až silně zvětralé nesoudržné pískovce. V úrovni počvy tunelu se nalézaly plastické jíly a jílovce tmavě šedé až černé barvy s obsahem fosílií, tuhé až měkké konzistence.

Portálový úsek je řešen želvou délky 48 m (obr. 7). Vzhledem ke specifickým geologickým podmínkám byla želva vybetonována mezi dvě pilotové stěny a sloužila tak jako rozpěra a náhrada kotvení pilotových stěn.

Po odtěžení zemního tělesa pod želvou pokračovala ražba podle zásad NRTM v písčitych zeminách. Neustálý problém ovšem způsobovalo vysypávání a sesouvání nesoudržných písčitych poloh, což vyvrcholilo vznikem komínu v klenbě tunelu. Po sanaci pokračovala ražba dál, postupně však docházelo k plastickým deformacím okolních zemín, nárůstu přítoků vody. Situace vyvrcholila deformací a porušením části ostění. Došlo k zastavení ražby a celý úsek byl následně zajištěn vějíři z „vysokotlakých“ mikropilot. Další ražba pokračovala již pod ochranou těchto „vějířů“ realizovaných v předstihu

Bezpečnostní vybavení tunelů

V rámci požadavků na zajištění bezpečnosti jsou každých 1000 m vyraženy únikové východy umožňující jak únik osob, tak i příjezd záchranných a požárních vozidel. Únikové objekty byly vyraženy jednak jako samostatné tunely (štoly) menšího profilu nebo rovnoběžně s tunelem a následně propojeny s tunelem prorážkou, jednak jako hloubené šachty.

ZÁVĚR

Realizace náročných stavby ve složitých a mnohdy nepředpokládaných inženýrsko-geologických podmínkách ukázala význam a nutnost stále kontroly probíhající prací, sledování IG podmínek a správnou interpretaci výsledků geotechnických měření. Důležitým předpokladem zdárné realizace tunelů je dodržování technologické kázně ze strany stavebních firem a jejich schopnost okamžitě zareagovat na vzniklou situaci. Neočekávané situace kladly vysoké nároky na odbornou úroveň všech účastníků výstavby a schopnost rychlého reagování na vzniklou situaci. Na základě zastížených podmínek docházelo operativně ke změnám v zajištění výrubu a úpravám technologického postupu ražby tak, aby bylo nalezeno bezpečné a ekonomické řešení.

Sands to heavily weathered non-cohesive sandstones followed at lower levels. Plastic clays and claystones of dark grey to black colour of a stiff to soft consistency, with a content of fossils, were found at the tunnel invert level.

The portal section has been solved by the "Turtle" method within a length of 48 m (Fig. 7). Because of specific geological conditions, the vault was cast between two pile walls. Thus it served as bracing and substitution of the pile walls anchoring.

When the excavation of the ground body under the vault had been completed, the tunnel driving continued by the NATM, in sandy soils. However, there was a continuing problem caused by non-cohesive sandy interbeds falling and sliding down. It culminated by an overhead cavity in the vault. The excavation continued after the repair, but plastic deformations of surrounding soils and an increase in water inflows started to appear progressively. The situation culminated by deformation and collapse of a part of the lining. The excavation work was suspended and the whole section was subsequently supported by fans of "high-pressure" micropiles. Remaining excavation was performed under the protection of those in-advance-built fans.

Safety equipment of the tunnels

Escape exits enabling both the escape of persons and access for emergency and fire-fighting vehicles have been excavated at intervals of 1,000 m in the framework of safety requirements. Escape objects were excavated either as independent tunnels (adits) of a smaller diameter, or in parallel with the tunnel, breaking subsequently through into the tunnel, or as escape shafts.

CONCLUSION

The implementation of the complex construction under difficult and many times unexpected engineering geological conditions showed the importance and necessity of continuous inspection of progressing works, monitoring of EG conditions and correct interpretation of the geotechnical measurements results. A crucial condition of successful realisation of tunnels is adherence to specifications by civil engineering companies and their ability to respond immediately to a new situation. Unexpected situations put heavy demands on the professional level of all participants of the construction process, and on the ability to respond quickly to the new situation. Operative changes in the excavation support were implemented and the excavation technological procedure amended on the basis of the conditions encountered so that a safe and economic solution was found.

INZERÁT
Angermeier

TUNEL VEPŘEK – PRVNÍ TUNEL ČESKÝCH DRAH V NOVÉM TISÍCIETÍ

VEPŘEK – THE FIRST CZECH RAILWAYS' TUNNEL IN THE NEW MILLENIUM

Ing. JIŘÍ WOHLMUTH, ČESKÉ DRÁHY, s. o., DDC, o. z., STAVEBNÍ SPRÁVA PRAHA

České dráhy získaly v minulých měsících své první zkušenosti s ražbou železničního tunelu metodou NRTM (Nová rakouská tunelovací metoda). Nedávno zprovozněný dvoukolejný 390 metrů dlouhý tunel Vepřek, na úseku 1. železničního koridoru Kralupy nad Vltavou – Vraňany, byl tím místem, v němž byla progresivní metoda aplikována v síti ČD vůbec poprvé.

Tunel Vepřek se především napřími stávající trať, která má několik protisměrných oblouků (obr. 1). Tato úprava umožní zvýšení rychlosti vlaků na 160 km/hod.

Dnes jsou tedy k dispozici první konkrétní výsledky a zkušenosti jak v postupu ražeb, tak rovněž v postupu provádění izolací či jednotlivých cyklů betonáže a dalších činností. Stojí za připomenutí, že tunelové dílo bylo realizováno firmou Metrostav, a. s., divize 5, zpracovatelem dokumentace (včetně realizační) byla firma ILF Consulting Engineers, s. r. o. Je možná otázkou, zda 390 metrů dlouhé dílo tunelu je tím optimálním vzorkem k některým závěrům. Dá se totiž předpokládat, že správné rozvinuté ražby i ověření si některých ukazatelů přímo se podílejících na ekonomické stránce realizace mohou, při stavbách nepoměrně delších tunelů, přinést hodnoty jiné. Nicméně už nyní získané údaje mohou být přinejmenším dobrým základem pro úvahy a představu v přípravě nových tunelů ražených metodou NRTM. A to jak v kruzích investorských, tak rovněž v kruzích zhotovitelových.

Z mnoha získaných zajímavých statistických údajů se nabízí připomenout, že vlastní ražické práce byly zahájeny necelé tři měsíce od zahájení prací (obr. 2), v konkrétním případě po odtěžení asi 21 000 m³ stavební jámy děčínského portálu. Ražba kaloty včetně primárního ostění byla v plném rozsahu 272 metrů dokončena (obr. 3) za 111 dní nepřetržitého provozu (ražba jádra 103 dní, ražba dna 102 dní). K dispozici jsou i další údaje. Mimo jiné se potvrdilo, že pracovní postup nabývá na rychlosti až s přibývajícím metry. Bylo velice dobře, že se navzdory již zmíněnému poměrně krátkému rozsahu ražené části podařilo na základě uspokojivých hodnot měření předávaných ihned pracovním monitoringem aplikovat jednu ze základních zásad NRTM, kterou je variabilita vystrojení primárního ostění. Z ekonomického pohledu tak bylo možné získanými úsporami redukovatého vystrojení primárního ostění eliminovat dílčí nárůsty z míst, kde bylo naopak nutné ve smyslu NRTM přijmout opatření a postupovat se zahuštěným rástrem ocelové výtuzě (úprava kroku ražby). Právě zmíněný moment, kdy došlo ke snížení délky záběru (1,3 m) přinesl i další zajímavý poznatek. Kratší záběr se nepromítl do plnění časového HMG. Menší výměry síti a stříkaného betonu v jednom záběru byly časově méně náročné než při kroku 1,7 m, který byl v dřívějším rozsahu ražeb stanoven projektem, což znamenalo opakování technologického cyklu častěji. Přechodně navýšení výtuzě se sice promítlo finančně, ovšem v dalším postupu se podařilo získat prostředky na krytí nárůstu. Kladem bylo zajištění větší bezpečnosti práce ve chvíli, kdy strop kaloty zůstává nezajištěn. Z řady prováděných měření (obrys výrubu, poloha rámu Bretex atd.) se ukázalo, že poměrně značnou pozornost je nutné věnovat zaměření tvaru primárního ostění po jeho dokončení. Z něho lze totiž získat orientačně spotřebu betonové směsi sekundárního ostění a už v tomto okamžiku tak lze reagovat na případný dopad do ceny objektu.

Betonáže desetimetrových sekci definitivního ostění tunelu Vepřek byly provedeny v období 151 dní (betonáž spodní klenby 76 dní paralelně s betonáží horní klenby 102 dní, ostatní dny technologické přestávky) a probíhaly ve smyslu odsouhlaseného technologického postupu nepřetržitě. Vedle kontroly systému ochrany výtuzě proti účinkům bludných proudů bylo nutné věnovat mimořádnou pozornost dodržení správného krytí výtuzě. Ukázalo se, že poměrně velký rozměr klenby způsoboval, že udržet výtuzě ve správné poloze bylo značně obtížné. Proto byla před betonáží prováděna důsledná kontrola systému betonových distančních podložek stabilizujících polohu výtuzě (obr. 4). Nepodcenění této problematiky se vyplatilo a v celém rozsahu tunelu se podařilo dosáhnout povrchu bez výraznějších odlišností a nedostatků. Samostatnou kapitolou byl systém chrániček v konstrukci definitivního ostění, jimž jsou zavedeny kabely ke svítidlům a zásuvkám. Správně uchycení do systému výtuzě a kontrole polohy musí být znovu věnována zvýšená pozornost. Výsledek z realizace byl rovněž uspokojivý, neboť pouze zlomek chrániček byl při zatahování kabeláže neprůchodný. Navzdory zvyklostem pro ukládání betonových směsí, zvláště v místech, kde není vybudováno zařízení vlastní betonárky a směs je dopravována po ose, je dobré trvat na zavedení takové formulace do technologického předpisu, která zajistí přítomnost záložních mechanismů (čerpadlo pro dopravu směsi, příp. náhradní zdroj, vibrátory atd.). Krátce řečeno, pokud možno ještě před zahájením betonáže definitivního ostění je nutno eliminovat na minimum možné výpadky nebo přerušení betonáže. Samostatnou kapitolou v získaných zkušenostech může být množství výtuzě definitivního ostění. Ukázalo se, že rozdíl mezi odhadem výtuzě definitivního ostění v projektu stavby vůči skutečně zabudovanému množství ve smyslu

The Vepřek tunnel will help to straighten the existing track alignment, which has several reverse curves (see Fig. 1). This solution will allow the train speed to be increased up to 160 km/h.

There are first factual results and experience available now of both the excavation and waterproofing procedures, or particular cycles of concrete casting and other operations. It should be noted that the tunnel was built by Metrostav, a.s., Division 5, and complete design documentation was carried out by ILF Consulting Engineers s.r.o.

It may be questionable whether a 390 m long tunnel is the optimal sample for making conclusions. This is because it should be expected that refined organisation of mining operations and verification of some indicators directly participating in the economic aspect of the works could bring different values in case of much longer tunnels. Anyway, even the existing data can be at least a good basis for considerations and ideas in the process of planning new NATM driven tunnels, both in the sphere of employers and contractors.

Out of the great amount of interesting statistical data available, we can remind that the mining operations proper started less than three months after the works commencement (see Fig. 2), to be specific, after excavation of an about 21,000 m³ construction pit at the Děčín portal. Top heading excavation including primary liner was completed in its full extent of 272 metres (see Fig. 3) within 111 days of a continuous operation (bench excavation 103 days, invert excavation 102 days). Also other data are available.

Among others, it has been proved that the work progress accelerates with growing tunnel length. It was very positive that despite the above-mentioned relative shortness of the mined section, one of the NATM fundamental principles, i.e. the variability of the primary support, was successfully applied thanks to the satisfactory measurement values promptly supplied by the monitoring office. Thus it was possible, from an economic aspect, to eliminate local needs for special support measures (closer spacing of lattice girders, changes in the round length) and achieve savings by reducing the extent of primary support in other sections. The above-mentioned measure consisting in reduction of the round length (to 1.3 m) brought another interesting experience. The shorter round did not reflect on the ability to meet the works schedule. Smaller areas of the mesh and shotcrete in one excavation round were less time consuming than those at the 1.7 m advance, which was prescribed by the design in most cases, thus the technological cycle had to be repeated more frequently. The temporary increase in the support material consumption had financial impacts, but financial means to cover the increase were recovered in following rounds. A positive was higher working safety in the periods when the top heading roof remained unsupported. It was concluded on the basis of measurements (excavation line, position of Bretex lattice girders etc.) that relatively great attention had to be paid to the survey of the primary lining shape after its completion. This was because the data provided by this survey could be used for an orientation assessment of concrete mix consumption on the secondary lining, allowing a possible impact into the construction cost to be responded already at that moment.

The 10 m long sections of the Vepřek tunnel final lining were concreted continuously, within 151 days in total (casting of invert 76 days, in parallel with 102 days of vault casting, technological breaks in the other days). Concrete was placed continuously, in compliance with the technological procedure approved. Apart from inspection of the system of reinforcement protection against the impacts of stray currents, extraordinary attention had to be paid to assure the correct concrete cover. It turned out that the relatively large span of the vault caused serious difficulties in keeping the reinforcement bars in correct position. For that reason an uncompromising inspection of the system of concrete spacers stabilising reinforcement bars in position (see Fig. 4) was carried out before concrete pouring. It paid off that this issue was not underestimated. Surface without significant deviations and shortcomings was achieved within the whole tunnel length. The system of conduits embedded in the final lining structure, carrying cables to lighting fittings and receptacles, was a special chapter. Increased attention had to be paid to proper fixation of this equipment to the reinforcement system and checking its position. The result in practice was also satisfactory as a fraction of the conduits were found blocked during pulling the cables through.

In spite of the customs of concrete mixture placing, it is reasonable, especially in those locations where a site concrete batching plant is not available and concrete is carried by trucks, to insist on introduction of such clause into the technological procedure, which will ensure the presence of stand-by equipment (concrete pump, vibrators, emergency power supply etc.). In brief, the risk of downtimes in the process of concrete casting must be eliminated or reduced to minimum before the final lining casting commencement, if possible.

A separate chapter of the experience gained can be the amount of the final lining reinforcement. It turned out that there was a quite surprising difference between the final lining reinforcement quantity assessed in the final design and the quantity installed actually according to the detailed design documents. The quantity had been underestimated, and this fact was subsequently transferred to the bid price. An idea suggests itself, based on the com-

prováděcí dokumentace byl vcelku značný. Odhad byl podceněn, to se promítlo i do ceny. Na základě dokončeného díla se nabízí doporučit zpracovateli zadávací dokumentace přehodnotit odhad projektanta a na tomto základě upravit i odhad množství výztuže pro potřebu výzkazu výměr. K řešení této velice citlivé záležitosti pomohou až další získané zkušenosti z nových staveb.

Systém mezilehlé izolace systémem Carbofol s požární odolností byl prováděn v rozmezí 88 pracovních dní, přičemž průměrný postup na jednu směnu činil 8 m čistého profilu, bez vyklenků. Potom, co se podařilo na zásah odběratele již na začátku minimalizovat počet opravovaných míst na jednotlivých spojích izolace a účelně tak snížit možná místa poruch, probíhaly práce velice plynule v kvalitním provedení (obr. 5). V místech s větší výrony vody na bocích klenby byl dodatečně aplikován i systém materiálů na bázi geodrénu, jako systém posilující. Toto řešení se osvědčilo a při osazování poměrných pásů izolace počet pracovních v méně vlhkém prostředí. Zkušenost přinesla i práce s mechanismem na svařování jednotlivých pásů. Při výpadku el. energie byl spoj nekalitní a musel být opraven. Proto je nutné věnovat celé záležitosti pozornost a ošetřit ji už v technologickém postupu a trvat na záložním agregátu či jiném řešení. Podobně důležité je dbát na detaily v místech napojení izolace, kde by nemělo být zapomenuto na nutnost provádění kontroly jednotlivých spojů prováděných TDI tak, aby případné úpravy izolace nevedly k nárokům na vícepráce. Kontrolní měření jsou součástí běžné činnosti a musí s nimi počítat jak projektant, tak zhotovitel. Posledním doporučením může být především pozornost detailu na styku hloubených a ražených částí tunelu (obr. 6), kde byl aplikován vedle klasické ochrany izolace textilií ještě subtilní zástřík stříkaným betonem. Do této chvíle se zdá, že jeden z nejdůležitějších prvků v konstrukci tunelu – izolační systém, je na tunelu Vepřek funkční, bez zjevných poruch.

Z praktického pohledu se při osazování izolačních pásů Carbofol velice osvědčil pomocný prvek na konstrukci pojízdného lešení, osazený ve vrchliku klenby, který usnadnil manipulaci s rozvinutým a poměrně těžkým pasem izolace a současně zajišťoval přitlačení izolace v povrchu primárního ostění.

V závěru stavby byly osazeny v klenbě tunelu prvky závěsu trakčního vedení. Nakonec byl po několika připomínkách navržen a realizován systém uchycení včetně ochrany před účinky bludných proudů. Zvolené řešení by se mělo stát námětem pro zamýšlení kompetentních pracovníků ČD a mělo by být ve formě odsouhlaseného vzorového listu aplikováno u všech budoucích tunelů ČD se stejným trakčním systémem. Nejen z hlediska ekonomického, ale především proto, že zásah do klenby tunelu je v daném případě přiměřený, a to je jistě velice důležité. Každý další zásah nad rámec provedený na tunelu Vepřek konstrukci klenby neprospívá.

Po zkušenostech při stavbě hloubených částí tunelu se doporučuje provádění zhutněných zásepů v blízkosti izolační materiálem ze šterkopísku. Důvodů je několik. O vhodnosti materiálu není pochyb, zároveň je sníženo nebezpečí poškození izolace v porovnání s jinými zásepovými materiály (např. zpětný zásep z vytěženého materiálu). Protože prostor mezi stěnami jámy a konstrukci tubusu tunelu bývá z ekonomických důvodů minimalizován, nelze zpravidla hutnění zásepů provádět strojně, ale na dílčí výšku pouze ručními prostředky. Zásep ze šterkopísku je výhodný i z toho důvodu, že u hutněných vrstev je dosažení hodnot zhutnění méně náročné a prakticky zaručené.

Závěrem lze snad ještě zmínit jednu zkušenost. Vzhledem k tomu, že obvykle v čase zahájení stavby a ještě krátce potom nedisponuje zhotovitel kompletním a funkčním zařízením staveniště včetně možnosti odběrů sjednaných médií, doporučuje se doplnit v textu zadávacích podmínek takovou formulaci, která zaváže zhotovitele k zakalkulování cen za pořízení náhradních (záložních) energií do cenové nabídky. Tím lze eliminovat v budoucnosti jednání o případných úhradách za podobné odběry.

Jak tedy dopadla premiéra NRTM v síti ČD, sluší se otázka na závěr. Potvrzením dobré kvality by mohl být kladný závěr hlavní prohlídky konané v polovině dubna letošního roku. Dnešní doba je ale především o financování i ekonomických výsledcích. Ani ne 5% nárůst ceny díla proti ceně nabídky může být jistě velice dobrým výsledkem za 16měsíční realizaci. Jinak ale lze rovněž konstatovat, že za dobrým výsledkem jsou i kvalitní zadávací dokumentace zpracovaná ČD, s. o. DDC, o. z., SSP, kvalitní realizační dokumentace vypracovaná firmou ILF Consulting Engineers, s. r. o., a v neposlední řadě i dobrá práce zhotovitele, firmy Metrostav, a. s., divize 5.



Obr. 1 Protisměrné oblouky zmizí a trat' povede novým tunelem Vepřek
Fig. 1 Counter-directional curves will be abandoned and the track will pass through the new Vepřek tunnel

pleted works results that an author of tender documentation should reassess designer's assessment and, based on this reassessment, change also the assessment of the reinforcement quantity used for the bill of quantities. Obtaining additional experience from new projects should help in solving this sensitive issue.

The Carbofol system of fire resistive intermediate waterproofing was installed within 88 working days, with an average advance of 8 m of net profile per shift (without niches). After the client's successful action at the beginning of the work resulting into minimisation of the number of spots to be rectified at the insulation joints, thus into reduction of the number of places of potential defects, the work progressed very fluently and in a good quality (see Fig. 5). Locations of more intensive water seepage from the vault sides were treated by an additional geodrainage, as a supplementary measure. This solution acquitted itself, and the work with relatively sizeable waterproofing membrane were done in dryer conditions. Experience was also gained of the work with the membrane welding apparatus. A joint had to be repaired due to poor quality in case of power failure. It is therefore necessary to pay attention to this matter, to allow for it already in the method statement and insist on a standby power supply or another solution. Of similar importance is the care of details at the insulation joints, where the necessity of inspecting individual joints by client's supervision should not be forgotten so that the insulation repairs, if any, do not constitute entitlement to issuance of a variation order. Check measurements are part of common activities, and both the designer and contractor have to allow for them. The last recommendation can be that care should be taken of the detail at the interface of cut-and-cover and mined tunnel sections (see Fig. 6). There was a subtle layer of shotcrete applied there, in addition to the conventional insulation protection by geotextile. Till now one of the most important components of the tunnel structure, the waterproofing system, has seemed to be functional, without apparent defects.

From a practical point of view, a supplementary element installed at the top of the movable form's arch acquitted itself well. It simplified handling the unrolled and relatively heavy waterproofing membrane, and in the same time pressed the insulation to the primary lining surface.

At the end of construction components of the traction mains suspension were installed in the tunnel vault. The clamping system including a protection against stray currents was approved eventually, after several objections. The adopted solution should become a topic of contemplation for competent employees of CR and should be applied on all future CR's tunnels having the same traction system. A standard exhibit sheet should be approved and issued. This is not suggested from an economic point of view only, but also because the impact of this work on the tunnel vault was adequate in the given case, which is certainly very important. Any other operation affecting the vault, carried out beyond the scope of the traction work performed on the Vepřek tunnel, is not favourable for the vault structure.

With the experience of the cut-and-cover tunnel sections, gravel sand is recommended for execution of compacted backfill in the vicinity of waterproofing. There are several reasons. There is no doubt that the material is suitable, in the same time the risk of damaging the waterproofing is reduced compared with other backfill materials (e.g. backfilling with muck). As the space between the walls of the excavation and the tunnel structure is usually minimised for economic reasons, the backfill compaction can not be usually done mechanically, but only in steps with small equipment. The gravel sand backfill is also advantageous because reaching the compaction values is less demanding and practically guaranteed at compacted layers.

To conclude, another experience could be mentioned. Since a contractor usually does not have a complete functioning site equipment including a possibility to use public utility services at the start of the construction and even after, it is recommended that a clause should be added to tender conditions, which will bind the contractor to allow for substitute (standby) powers in the bid. Doing so, future discussions about contingent payments for power can be eliminated.

A final question should be asked - how has the first application of the NATM within the CR network come off? The positive conclusion of the principal inspection carried out in the middle of April 2002 could be considered as a confirmation of good quality of the works. But the present era is more concerned with finances and economic results. The less than 5% works price increase as against the bid price can certainly be acknowledged as a very good result of the 16-month works performance. It also can be stated that the good quality tender documents prepared by České Dráhy s.o., DDC o.z. SSP, the detailed design developed by ILF Consulting Engineers s.r.o., and, last but not least, good work performed by the contractor, Metrostav a.s., Division 5, contributed to this accomplishment.



Obr. 2 V lednu 2001 byly vyraženy bagrem Liebherr 932 první metry kaloty
Fig. 2 In January 2001 the first metres of the top heading were excavated



Obr. 3 Datum prorážky kaloty - 7. května 2001 v 14,24 hod.
Fig. 3 Top heading break through on May 7, 2001 at 2:24 p.m.



Obr. 9 Děčínský portál s malou gabionovou zdí
Fig. 9 The Děčín portal with a small gabion wall



Obr. 4: S příslušným předstihem postupovaly práce na výztuži ostění
Fig. 4: Reinforcing work was progressing with a necessary advance



Obr. 5 Záběr, který potvrzuje dosažení vysoké úrovně provedení mezilehlé izolace
Fig. 5 The picture confirms the high level of the intermediate insulation workmanship



Obr. 6 Na styku hloubených a ražených částí byla důkladná pozornost věnována detailu styku izolace...

Fig. 6: A thorough care was paid to the waterproofing joint at the cut-and-cover and mined parts contact



Obr. 7 Pro betonáž v hloubených částech bylo používáno bednění PERI

Fig. 7 PERI form was used for concrete casting in the cut-and-cover section



Obr. 8 Tunel po dokončení betonáže je připraven pro pokládku kolejí

Fig. 8 The tunnel ready for laying the track after concrete operations completion

ŘÍZENÍ ODEZVY HORNINY – MILNÍKY DO ROKU 1970

THE CONTROL OF GROUND RESPONSE – MILESTONES UP TO THE 1960s

PROF. KALMÁN KOVÁRI, SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZÜRICH

(dokončení článku publikovaném v č. 4/2001, 1-2/2002)

4. KOMBINOVANÉ POUŽITÍ PRVKŮ ZAJIŠTĚNÍ

Viděli jsme, že kombinace systematického kotvení horninovými svorníky a stříkaných betonů byla používána v několika zemích již od třicátých let minulého století s tím, že důraz byl kladen hlavně na svorníky (obr. 19). Se zavedením prvního „skutečného“ zařízení na stříkání betonu švýcarským inženýrem G. Sennem v roce 1950 (Teichert 1979), které pracovalo s maximální velikostí kameniva 25 mm, mělo účinnost 3 m³/hod. a obsahovalo další důležitá provozní vylepšení, započala nová éra „metody stříkaného betonu“. Brzy se dospělo k poznání, že ostění ze stříkaného betonu může převzít důležitější roli v řízení odezvy horniny, než tomu bylo dříve. Rozšíření tohoto názoru urychlila naléhavá potřeba vodních tunelů pro velký počet nových hydroelektrárenských projektů, a o něco později také pro dopravní tunely ve střední Evropě. Stříkanému betonu byla přiřazována stejná, nebo v první fázi nadšení dokonce i vyšší důležitost, než měla předtím kombinace horninových svorníků a ocelových rámy. Velmi brzy se však zjistilo, že neúčinnější metodou řízení odezvy horniny, a tedy nejekonomičtější řešením, je v mnoha případech kombinace těchto prvků zajištění.

Nový typ zařízení na stříkání betonu byl poprvé použit ve velkém měřítku roku 1952 na 26,7 km dlouhém vodním tunelu pro hydroelektrárnu Maggia na jihu Švýcarska. Tunel měl vyražený příčný profil 21,4 m². Podle vedoucího stavebního dozoru (Sonderegger 1955) „byl stříkaný beton použit s velkým úspěchem namísto dočasné výdřevy jako okamžité zajišťování v málo pevné hornině... Efekt stříkaných betonů je spatřován ve vyplňování otevřených spár na líci výrubu. Tímto způsobem se brání od samého počátku pohybu horninových bloků.“ Také si všiml, že stříkaný beton má za úkol „vyplňovat mezery mezi ocelovými rámy, tvořícími mezi nimi druhotnou klenbu. Ostění ze stříkaného betonu se výborně osvědčilo i jako definitivní ostění namísto ostění z monolitického betonu“. Z pozoruhodné publikace Frey-Bära (1956) je zřejmé, jak si inženýři uvědomovali význam těchto nových poznatků, když autor hovoří o „nových druzích metod zajišťování“, a tvrdí toto: „Stříkaný beton v kombinaci se svorníky je výborný prostředek pro zajištění tam, kde bylo dříve zapotřebí provádět časově náročnou těžkou výdřevu. Ve stříkaném betonu mají inženýři k dispozici prostředek, který má několik předností. Velkou adaptabilitu v použití co se týká tloušťky a velikosti plochy na líci výrubu, a zvýšenou rychlost postupu, jelikož práce na čelbě nejsou rušeny.“ Dále „ostění ze stříkaného betonu, je-li provedeno okamžitě po vyrubání, je schopno nést tlak horniny“. Frey-Bär svůj článek uzavírá podrobným srovnáním nákladů na metr tunelu, vynaložených na jednotlivé prvky zajištění, a říká: „Je nutno si pamatovat, že tyto tři tak rozdílné prvky (horninové svorníky, stříkaný beton a ocelové rámy) se dají vzájemně kombinovat.“

Rakouský inženýr Rabcewicz v roce 1964 napsal: „K prvnímu úspěšnému použití stabilizace povrchu stříkaným betonem jako nedílné součásti procesu ražení tunelů v nestabilních zeminách namísto použití dřeva nebo oceli jako dočasné výtuzě došlo na stavbě tunelu Lodano-Losogno pro hydroelektrárnský komplex Maggia ve Švýcarsku v letech 1951 – 1955“ (obr. 20). Je jasné, že s ohledem na nepřetržitě užívání stříkaných betonů po celém

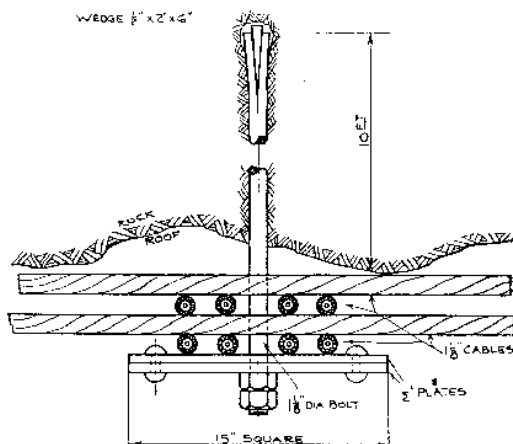
(completion of the article published in the No. 4/2001, 1-2/2002 of this journal)

4. COMBINED APPLICATION OF SUPPORT ELEMENTS

We have seen that systematic rock bolting and guniting were already applied in combination in several countries since the 1930s, the emphasis lying mainly on the rock bolts (fig. 19). With the introduction of the first “true” shotcrete machine by the Swiss engineer G. Senn in 1950 (Teichert 1979) for a max. aggregate size of 25 mm, with an efficiency of 3 m³/h and other major operational improvements, a new era started for the “shotcrete method”. It was soon realised that a shotcrete lining may assume a more important role in controlling ground response than was the case earlier. The urgent need for waterway tunnels for a great number of new hydroelectric schemes and, somewhat later, also for traffic tunnels in Central Europe, accelerated the spread of this view. Shotcrete assumed the same or in the first enthusiastic stage even a higher importance than rock bolt and steel sets did earlier. Very soon, however, it was realised that in many cases a combination of these support elements provides the most efficient method for controlling ground response and therefore the most economical solution.

The new type of shotcrete machine was first applied 1952 on a large scale in the 26.7km long Verbano waterway tunnel of the Maggia Hydroelectric Scheme in Southern Switzerland having an excavated section of 21.4 m². According to the resident engineer (Sonderegger 1955), “Shotcrete was applied with great success in place of a temporary support (timbering) as an immediate support in weak rock. (...) The effect of gunite and shotcrete is seen in the filling out of open joints on the rock surface. In this way, from the beginning, a movement of rock blocks is impeded.” He also noticed that shotcrete had the task “to fill the gap between steel sets, forming a secondary arch between them. The shotcrete lining proved itself excellently also as a final lining, instead of cast-in-place concrete as well”. A remarkable publication of Frey-Bär (1956) reveals the consciousness of engineers of the importance of these developments when he speaks of “new types of support methods”, asserting the following: “Shotcrete in combination with rock bolting is an excellent means of support where earlier time-consuming heavy timbering was required. With shotcrete the engineers have a means at their disposal with several advantages: great adaptability in the application as to the thickness and the extension of the area on the rock surface and the increased rates of advance because the work at the face is not disturbed.” Furthermore, “shotcrete lining sprayed immediately after an attack is capable of withstanding rock pressure.” Frey-Bär concludes his paper with a detailed comparison of the costs per tunnel metre of the individual support measures and says: “It is to be remembered that the three so different elements (rock bolts, shotcrete and steel sets) can be combined with each other.”

The Austrian engineer Rabcewicz wrote in 1964: “The first successful application of surface stabilisation by shotcrete for tunnels in unstable ground as an integral part of the driving process, instead of using timber or steel as temporary support, was carried out in the Lodano-Losogno tunnel for the Maggia Hydroelectric Scheme, Switzerland 1951-1955” (Fig. 20). In view of the continuous world-wide application of guniting since the 1920s, this sta-



Obr. 19 Detail vyztužení hory klínovými kotvami; McIntyre Mine, Canada (Keely 1934)
Fig. 19 Detail drawing of rock support with slit-and-wedge bolts and cables; McIntyre Mine, Canada (Keely 1934)



Obr. 20 Použití stříkaných betonů a svorníků na vodních tunelech hydroelektrárny Maggia (úsek Pecchia - Caveragno), Švýcarsko 1952-1955 (Foto s laskavým svolením D. Pradera)
Fig. 20 Use of shotcrete and bolts in the waterway tunnels of the Maggia Hydroelectric Scheme (section Pecchia - Caveragno), Switzerland 1952-1955 (Photos courtesy D. Prader)

světě již od dvacátých let minulého století toto prohlášení nebylo pravdivé. Ukazuje na to, že Rabcewicz objevil význam stříkaných betonů až po tomto použití.

Sennovo zařízení na stříkání betonů (dodávané tehdy firmou ALIVA, Baden, Švýcarsko) bylo v Rakousku poprvé použito na stavbě hydroelektrárny Prutz-Imst v letech 1953 – 1954 a na stavbě komplexu Schwarzach v letech 1955 – 1954 (Rotter 1958). Co se týká použití v rakouských dolech: „Prvním místem, kde měl v roce 1957 rakouský báňský průmysl odvahu vstoupit na nepronádané území použití stříkaných betonů (stroj ALIVA), byl olovnatý důl – kromě prvního vyzkoušení v solném dole Bad Ischl v roce 1953“ (Rainer 1961). V Itálii byl v roce 1958 opatřen ostěním ze stříkaných betonů, kombinovaných s ocelovými příhradovými rámy, 15,2 km dlouhý vodní tunel (průměr 7 m) pro hydroelektrárnský komplex Monastero v Comu. Používalo se Sennovo zařízení (obr. 21). Zajímavá publikace dodavatele stavby (Curzio 1963) tohoto díla a stavbě velkoprofilových silničních tunelů v Itálii nese příznačný název: „Nové systémy tunelových staveb.“ Z jeho zprávy je vidět, že se na těchto stavbách prováděla systematická měření deformací za dozoru G. Obertiho (ISMES, Bergamo). Mezi roky 1958 a 1960 se stříkané betony použily na tunelu Serra Ripoli na dálnici „Autostrada del Sole“ (Zanon 1960).

Retrospektivně lze říci, že do šedesátých let 20. století již byly technické prostředky i vědecké základy „metody stříkaných betonů“ dostatečně vytvořeny. Tato metoda rychle a kompletně vytlačila výdřevu na celém světě. Pojem „metoda stříkaného betonu“ byl běžně používán ve všech německy mluvících zemích, tj. v Rakousku, Německu a Švýcarsku. Podobné výrazy lze nalézt i v jiných jazycích, například „sprutbetongmetode“ ve švédštině.

V roce 1963 Rabcewicz, který v jednom příspěvku přejmenoval „metodu stříkaného betonu“ na „Novou rakouskou metodu“, hovoří o „metodě stříkání betonu a svorníkování, která byla vyvinuta a vyzkoušena v Rakousku“. Rabcewicz se vyjadřuje ještě jasněji, když říká, že „kvůli tomu, ve které zemi vznikla“, se metoda jmenuje „Nová rakouská tunelovací metoda“. Později se více rozšířilo používání zkratky NRTM. Až dosud je NRTM definována v rakouské normě jako „tunel, stavěný s použitím technologie nezapažené čelby, s ostěním budovaným v tunelu ze stříkaného betonu, které slouží jako zajištění výrubu, často navíc podle potřeby s použitím zemních kotev, svorníků a trnů“ (Zpráva HSE 1996).

Ve většině publikací se přičítají Rabcewiczovi a dalším protagonistům NRTM zásluhy za dvě nebo dokonce více věcí: První z nich je nahrazení výdřevy jako celku, druhou je možnost použití tenkých tunelových ostění. „Použití tenké slupky ze stříkaného betonu namísto těžké výdřevy nebo ocelových podpěr a silného betonového ostění bylo skutečně pionýrským činem, který vyžadoval výjimečnou odvahu. Proto je tato koncepce právem nazývána NRTM“ (Poisel a Engelke 1994). Zde pouze poznamenáváme, že k opuštění výdřevy směřovali inženýři na celém světě po celou historii tunelování. Příkladem je článek O'Rourkeho z roku 1913, který má typický název: „Eliminace výdřevy v tunelování ve skalních horninách. Návrh.“ Ten říká: „Cokoliv, co se dá udělat pro zmenšení potřeby výdřevy nebo její úplné vynechání, je v tunelářském umění ohromně důležité.“ Další trvalou zásluhou je, že díky NRTM je možno provádět tenké tunelové ostění, uzavřené do prstence pomocí protiklenby. Uvádíme zde pouze jeden příklad, ilustrující 10. zásadu NRTM (obr. 22a): „Tenké dočasné a definitivní ostění,“ které naznačuje, že dřívě se vždy provádělo těžké vyztužování, bez ohledu na horninové poměry. Slovem „dnešní“ se označuje tunel, stavěný pomocí NRTM, a slovo „dřívější“ znamená tunel z období tunelování před NRTM. Müller (1978) rozlišuje v historii tunelování devět takových znaků. Jako příklad příčného řezu tunelu, který se vyznačuje tenkým ostěním a protiklenbou, však lze uvést známý krabicový tunel (Box Tunnel) na západní železniční trati (the Great Western Railway) (obr. 22b), vyprojektovaný v roce 1836 Brunelem (Sandström 1963).

Taková zkrácení historie tunelování lze nalézt v oficiálním dokumentu NRTM (Definice a zásady v 10 jazycích), vydaném v roce 1978 rakouskou státní skupinou ITA.

Mezi nejčastější argumenty, používané k ospravedlňování přejmenování „metody stříkaného betonu“ na NRTM, patří:

tement is of course not true. It shows that Rabcewicz only discovered the importance of shotcreting after this application.

In Austria Senn's shotcrete apparatus (supplied at that time by ALIVA, Baden, Switzerland) was first applied in the Prutz-Imst Hydroelectric Scheme 1953-1954 and at the Schwarzach Scheme 1955-54 (Rotter 1958). As to the applications in mining in Austria, "The lead mine was the first in Austria's mining industry having the courage to break new ground with the application of shotcrete (ALIVA machine) in 1957 – apart from a first test in the Salt Mine Bad Ischl in 1953." (Rainer 1961). In Italy 1958 the 15.2 km long waterway tunnel (d=7 m) of the Monastero Hydroelectric Scheme at Como was lined with shotcrete in combination with steel lattice girders, using Senn's machine (Fig. 21). A remarkable publication of the Contractor (Curzio 1963) on these works, as well as on large diameter road tunnels in Italy, carries the typical title: "New Systems of Tunnel Construction". It is seen from his report that systematic deformation measurements were carried out at these sites under the supervision of G. Oberti (ISMES, Bergamo). Between 1958 and 1960, shotcreting was also applied in the Serra Ripoli Tunnel of the "Autostrada del Sole" (Zanon 1960).

In retrospect one can say that by the 1960s the technological means as well as the scientific background of the "shotcrete method" were well established. Quickly it completely ousted timbering world-wide. The term "shotcrete method" was used commonly throughout the German speaking countries, i.e. in Austria, Germany and Switzerland. Similar expressions can be found in other languages, for example "sprutbetongmetode" in Swedish.

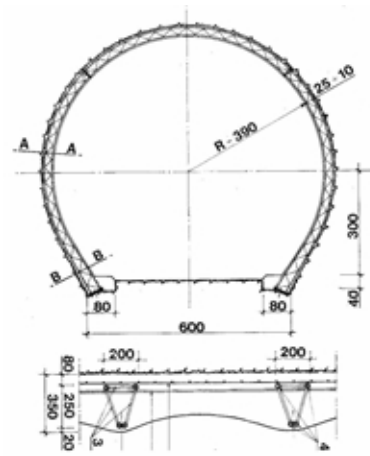
In 1963 Rabcewicz, who in a paper renamed the "shotcrete method" to "New Austrian Tunnelling Method", speaks of a "shotcreting-rock bolting-method having been developed and tested in Austria." Rabcewicz is even more explicit saying that "due to its country of origin", the method is called "New Austrian Tunnelling Method". Later the acronym NATM became widely used. Still today NATM is defined by the Austrian code as "a tunnel constructed using open face excavation techniques and with a lining constructed within the tunnel from sprayed concrete to provide ground support, often with the additional use of ground anchors, bolts and dowels as appropriate". (HSE report 1996).

In most publications two even more important claims are made for Rabcewicz and other NATM protagonists: At first the replacement of timbering as a whole and secondly, the possibility of applying thin tunnel linings: "This was truly a pioneer work and it required enormous courage to employ a thin-sprayed concrete skin instead of heavy timbering or steel supports and a thick concrete lining. Therefore this concept was justifiably called NATM." (Poisel and Engelke 1994). Here we only mention that in all the history of tunnelling engineers world-wide were in the process of abandoning timbering. An example is a paper of O'Rourke from 1913 having the typical title "Elimination of Timbering in Rock Tunnelling: A Proposal". He says: "Anything that can be done to reduce or avoid the necessity of timbering is of greatest importance in the art of tunnelling." Another constant claim is that thanks to NATM, the tunnel lining can be kept thin and closed to a ring by an invert. We consider here only one example illustrating the 10th NATM principle (Fig. 22a): "Temporary and final lining slim" suggesting that earlier, irrespective of the ground conditions, constantly heavy support was made. "Today" indicates the NATM-tunnel and "earlier" stands for tunnels of the "pre-NATM" period in tunnelling. With nine such figures the history of tunnelling is stigmatised by Müller (1978). However, as an example for a tunnel profile featuring a thin lining and an invert, reference can be made to the famous Box Tunnel on the Great Western Railway (Fig. 22b) designed by Brunel in 1836 (Sandström 1963).

Such distortions of the history of tunnelling can be found in the official document on NATM (Definition and Principles, in 10 languages) issued 1978 by the Austrian National Group of the ITA.

Among the most frequently used arguments to justify the renaming of the "shotcrete method" to NATM are the following:

- Rabcewicz invented and patented NATM as early as 1948.
- Rabcewicz introduced rock bolting and shotcreting into tunnelling.



Obr. 21 Použití příhradových rámu a stříkaného betonu na tlakovém tunelu Monastero, Itálie 1958 (Curzio 1963)
Fig. 21 Use of lattice girders with shotcrete in the Monastero pressure tunnel, Italy 1958 (Curzio 1963)

- Rabcevicz vynalezl a dal si patentovat NRTM již v roce 1948.
- Rabcevicz zavedl používání horninových svorníků a stříkaného betonu v tunelářství.
- Brunner vynalezl a dal si patentovat NRTM v roce 1955.
- Müller a Pacher byli též považováni za „otce NRTM“.
- U NRTM se hornina nese sama.

Tyto argumenty jsou nepodložené:

Rabceviczův patent („Postup provádění ostění podzemních výrubů, konkrétně tunelů“), vydaný v roce 1949, se týká pouze ostění z pýchovaného betonu, uzavíraného ihned na čelbě do prstence. Navrhl provádění měření deformací, kterými se kontroluje vývin horninového tlaku. Vzhledem k extrémní tuhosti tohoto ostění (obr. 23) však je zřejmé, že měření nemělo žádný praktický smysl. V této chybné myšlence má jeden ze svých kořenů tvrzení, že NRTM je i „observační metodou“. Rabcevicz svůj patent stáhl již v roce 1952 (Spang 1996). V tomto patentu není ani zmínka o horninových svornících a stříkaném betonu. Přesto vždy tvrdil, že NRTM je jeho patentovaným vynálezem. I historici NRTM později potvrdili: „Od svého exilu v Jižní Americe si dal patentovat NRTM v roce 1948.“ (a3 Bau 1994). Dokonce i ve své doktorské práci (Rabcevicz 1950), kterou dokončil v prosinci 1950, ukázal, že tehdy neměl ani ponětí o nových směrech vývoje v oblasti technologie zajišťování. Primárním zajištěním je pro něj stále pouze ostění z pýchovaného nebo čerpaného betonu s tloušťkou 30 cm. S horninovými svorníky se seznámil až v době svého spojení se švédskou společností Svenska Enterprand a. b. na začátku padesátých let 20. století. Se skromnými výsledky použil nějaké horninové svorníky způsobem, jakým byly použity na stavbě Delaware Project v New Yorku („šest dnů po vyražení“) a stříkané betony v kaverně hydroelektřárenského komplexu v Brazílii. Jeho první článek o svorníkování se objevil v roce 1953. Po něm následovaly další dvě publikace bez osobního vkladu. V roce 1957 podává Rabcevicz zprávu o laboratorních zkouškách svorníkování v modelovém nesoudržném materiálu, jejichž výsledky byly nereprodukovatelné. Jeho první článek o použití stříkaného betonu a svorníkování se objevil v roce 1961. Jak bylo uvedeno výše, v roce 1963, po vydání této publikace, přejmenoval „metodu stříkaného betonu“ na NRTM.

Shromáždili jsme dostupné články z celého světa o vývoji a použití stříkaného betonu a horninových svorníků od doby jejich vynalezení. Počet stránek, publikovaných za jeden rok, je zřejmý z obr. 24. Je možno rozpoznat kontinuitu v oblasti stříkaného betonu, která byla samozřejmě narušena druhou světovou válkou. Co se však týká svorníků, jejich vynález kolem roku 1910 zůstával nepovšimnut až do čtyřicátých let. Potom však došlo k explozivnímu nárůstu zájmu o jejich použití a další vývoj. Když byl v roce 1963 zaveden pojem NRTM, pocházelo od protagonistů NRTM pouze velmi málo publikací. Ty se datují až od poloviny padesátých let.

Brunner podal v roce 1955 přihlášku patentu („Metoda výstavby štol, tunelů a šachet v tlačivých horninách“) v Rakousku a také v Německu. Patent byl udělen v roce 1956. Brunner byl například zapojen do stavby výše uvedeného tunelu Serra Ripoli v Itálii (Zanon 1960). Později zdůrazňovali význam Brunnerova vynálezu protagonisté NRTM, kteří například říkali: „NRTM si dal Brunner patentovat v roce 1958 a poté ji vypustil do čekajícího světa...“ (Darling 1990). Navrhl archaickou metodu ražby s více štolami, a domníval se, že to bylo dostatečné k tomu, aby se jednoduše nahradila výdřeva v tlačivé hornině tenkým ostěním ze stříkaného betonu, aniž by se použily jakékoliv horninové svorníky nebo ocelové rámy (obr. 25). Brunner pracoval jako mistr na několika tunelech, kde používal Sennovo zařízení. Přivlastnil si výhradní právo na provádění stříkaných betonů při ražbách. Z tohoto důvodu byl jeho patent brzy napaden, a díky rozhodnutím příslušných soudů byl jeho patent zrušen již v roce 1966 v Německu a v roce 1967 v Rakousku (Spang 1996). Podle dvou „patentů NRTM“ je NRTM definována jako metoda ražby jak „na plný profil“, tak „členěný“.

Pacher až do roku 1968 nepublikoval nic o ražení tunelů s použitím svorníkování nebo stříkaného betonu. Jeho návrh speciální křivky odezvy horniny ve tvaru žlabu v roce 1964 nabyl za léta takové důležitosti, že získal pověst jednoho z „otců NRTM“. Údajně úspěšným použitím této křivky, které umožňuje minimalizovat horninový tlak, se zabývá mnoho zpráv v literatuře

- Brunner invented and patented NATM in 1955.
- Müller and Pacher were also to be considered “fathers of NATM”.
- With NATM the ground supports itself.

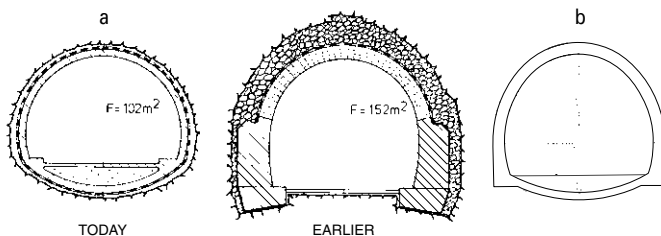
These arguments are unfounded:

The patent of Rabcevicz (“Procedure for lining of underground openings, specifically tunnels”) issued in 1949 only deals with a tamped concrete lining, closed immediately at the face to a ring. He proposed deformation measurements to check the development of rock pressure, which obviously had no practical meaning due to the extreme stiffness of the lining (Fig. 23). The assertion that NATM represents also an “observational method” has one of its origin in this erroneous idea. The patent was withdrawn by Rabcevicz already in 1952 (Spang 1996). There is no mention in this patent of rock bolts and shotcrete. Notwithstanding, he always claimed that NATM was his patented invention. Also NATM historians confirmed later: “From his exile in South America, he patented NATM in 1948.” (a3 BAU 1994). Even in his doctoral thesis (Rabcevicz 1950), which he completed in December 1950, he demonstrated that he had no idea at that time about the new developments in support technology. He is still dealing only with tamped or pumped concrete linings having a thickness of 30 cm as primary support. Only during his connection with the Swedish company Svenska Enterprand A.B. in the early 1950s did he become acquainted with rock bolts. In the manner of the Delaware Project in New York he applied some rock bolts (“six days after the excavation had taken place”) and guniting in the rock chamber of a hydroelectric scheme in Brazil with modest results. His first paper on rock bolting appeared 1953 followed by two other publications without any personal contribution. In 1957 Rabcevicz reports on laboratory tests with rock-bolting in a cohesionless model material with no reproducible results. His first paper on the application of shotcrete and rock-bolting appeared in 1961. After this publication, as mentioned above, in 1963 he renamed the “shotcreting method” to NATM.

We have collected the papers, as far as available, from all over the world on the development and application of shotcrete and rock bolts since the time of their invention. The number of pages published per year is depicted in Figure 24. One can recognise continuity for shotcrete, obviously interrupted by the Second World War. In the case of rock bolts, however, their invention around 1910 went unnoticed until the 1940s. But then there was an explosive interest in their application and further development. When the term NATM was introduced in 1963 very few of the publications were from the protagonists of NATM, which date only from the mid-1950s.

Brunner, in 1955, applied for a patent (“A method for the construction of adits tunnels and shafts in squeezing rock”) in Austria and also in Germany. The patent was issued 1956. Brunner was involved, for example, in the construction of the above mentioned Serra Ripoli Tunnel in Italy (Zanon 1960). Later the importance of Brunner’s invention was emphasized by NATM protagonists saying for example: “NATM was patented by Brunner in 1958 and launched on a waiting world...” (Darling 1990). He proposed an archaic multiple adit method of tunnelling and he thought that it was enough to simply replace timbering in squeezing ground by a thin shotcrete lining without using any rock bolts or steel sets (Fig. 25). Brunner worked as foreman in several tunnels, using Senn’s machine. He claimed for himself the sole right for the application of shotcrete in tunnelling. Therefore, his patent was soon attacked and owing to decisions of the responsible courts his patent ceased to exist as early as 1966 in Germany and 1967 in Austria (Spang 1996). According to the two “NATM-patents”, NATM is defined as both a “full face” and a “sequential” method of excavation.

Pacher, until 1968, did not publish anything on tunnelling applying rock bolting or shotcrete. His proposal of a special trough-shaped ground response curve in 1964 gained over the years such importance that he got the reputation of being one of the “fathers of NATM”. Many reports in the NATM literature deal with the allegedly successful application of this curve permitting minimising rock pressure. It can be shown that his concept violates the fundamental principles of the conservation of energy in the same way the idea of perpetuum mobile (perpetual motion) does. However, NATM protagonists today still defend the erroneous postulate of Pacher saying that: “it is rea-

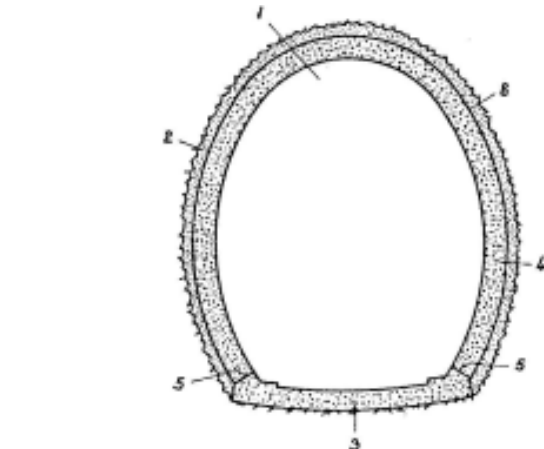


Obr. 22 a. 10. zásada NRTM: „Tenké provizorní i definitivní ostění“ (Müller & Fesker 1978) – dnes a dříve

b. Brunelův krabicový tunel, Great Western railway, Londýn 1836 (Sandström 1963)

Fig. 22 a. 10th principle of NATM: “Temporary and final lining slim” (Müller & Fecker 1978)

b. Brunel’s Box Tunnel, Great Western Railway, London 1836 (Sandström 1936)



Obr. 23 Rabceviczův patent na NRTM (1948) pro plnoprofilovou ražbu s dvěma betonovými ostěním, prováděnými do bednění
Fig. 23 Rabcevicz’s NATM patent (1948) for full face excavation with two concrete linings both erected behind a formwork

k NRTM. Lze ukázat, že jeho koncepce porušuje základní principy zachování energie stejným způsobem, jako myšlenka perpetua mobile (nekonečný pohyb). Protagonisté NRTM však dodnes obhajují chybný Pacherův postulat, a říkají, že: „je rozumný, i když až dosud nemohl být ověřen měřeními nebo numerickými simulacemi“ (Kolymbas 1998). Také Müller se nakonec přidal k NRTM (Müller a Spaun 1977). Byl to jeho nápad trivializovat vědu a technologii klasického tunelování pomocí jeho 22 aforistických zásad NRTM. Správné formulace, které mezi nimi nalezneme, byly vypůjčeny z vědeckého dědictví mezinárodního tunelářství. Jiné jsou typické pro ideologii NRTM. Uvažte zásadu NRTM č. 6: „Nestavte ostění ani příliš brzy, ani příliš pozdě, a ani příliš tuhé, ani příliš poddajné“ (Müller a Fecker 1978). Na druhou stranu nás Müller varuje „seběmenší odchýlení od zásad může být škodlivé pro bezpečnost lidí a konstrukce“ (Müller 1979). Co se týká klíčového argumentu „u NRTM se hornina podpírá sama“, odvoláváme se na Simms (1844).

5. ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY

Stříkané betony a kotvy jsou běžnou praxí. Všechny klasické metody výstavby tunelů, kaveren a šachet v zeminách i horninách dnes všeobecně používají pro dočasné zajištění výrubu stříkaný beton s nebo bez kotev a ocelové rámy. Pojem „metoda stříkaného betonu“ byl v technické literatuře používán od dvacátých let minulého století. Nikdo by se nestavěl proti nedávno publikovaným směrnicím institutu stavebních inženýrů Spojeného království (the UK Institution of Civil Engineers), které končí závěrem: „zajištění tunelu stříkaným betonem se často hovoří jako o NRTM. Aby se zabránilo nedorozuměním, bude tento návod všeobecně používat termín „ostění ze stříkaného betonu“ (OSB).“ Toto druhé pojmenování je odvozeno od pseudovědeckého charakteru „myšlenkové stavby“ NRTM. To již bylo předvedeno jinde (Kováří 1994). V tomto článku jsme mohli dokázat, že v NRTM je obsaženo i hrubé plagiátorství. Pseudovědci a plagiátorství jsou dvěma stranami jedné mince, a oba pocházejí z nedostatku intelektuální poctivosti. Přihlédneme-li k enormnímu a trvalému úsilí mezinárodního tunelářského společenství od začátku 19. století pochopit odezvu horniny a vyvinout vhodné prostředky pro zajištění výrubu, tj. stříkaný beton, horninové svorníky a ocelové rámy jako alternativy výdřevy, musíme se ptát sami sebe, zda přejmenování „metody stříkaného betonu“ na „Novou rakouskou tunelovací metodu“ není intelektuálním pirátstvím.

DOSLOV:

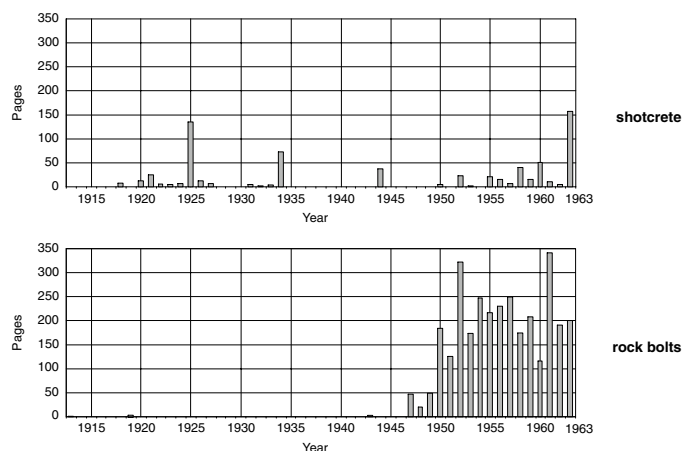
Článek profesora Kovářího je hlubokou a zasvěcenou sondou do historie novodobého tunelového stavitelství, jejíž téměř dvousetleté trvání zaznamenalo převratné změny jak v názorech na vznik a vývoj horninových tlaků, tak zejména v adekvátních metodách provizorního i definitivního vystrojování výrubu.

Obě zmíněné sféry jsou zajímavě dokumentovány dobovými autorskými citacemi, v některých případech je bohužel srozumitelnost citací snížena v důsledku několikanásobných překladů. Je však zřejmé, že většina „milníků“ vzpomínutých profesorem Kováříkem sehrála ve vývoji podzemního stavitelství podstatnou roli a jsem přesvědčen, že tato historická reminiscence je i v současnosti poučná a poutavá, byť některé její části nemusí být našimi čtenáři všeobecně akceptovány.

Mám na mysli především vztah k NRTM; polemika k této problematice proběhla na stránkách TUNELU již v roce 1995/96 a není záměrem redakční rady ji znovu otvírat. Nicméně je pro všechny čtenáře i po letech užitečné sledovat v celé šíři článku nově formulovanou argumentaci profesora Kovářího k tématu NRTM.

Je velmi potěšující na závěr konstatovat, že využití principů NRTM na tunelových stavbách v ČR bylo zatím veskrze úspěšné, byť podmínky výstavby byly ve většině případů mimořádně náročné.

Za redakční radu: Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.



Obr. 24 Vývoj počtu publikovaných stránek na téma „stříkaný beton“ a „kotevní svorníky“ do roku 1963

Fig. 24 Evolution of the number of published pages on “shotcreting” and “rock bolting” up to 1963

sonable, although it could not up till now be verified by measurements or numerical simulations“ (Kolymbas 1998).

Also Müller eventually aligned himself with NATM (Müller and Spaun 1977). It was his idea to trivialize the science and technology of conventional tunnelling with his 22 aphoristic NATM principles. The formulations among them that are correct were borrowed from the scientific patrimony of international tunnelling. Others are typical of the NATM ideology. Consider the 6th NATM principle: “Construct the lining not too early or too late, and not too rigid or too flexible” (Müller and Fecker 1978). Müller, on the other hand, warns us “the slightest deviation from the principles may be detrimental to the safety of the workmen and to the structure.” (Müller 1979).

As to the key argument “with NATM the ground supports itself” we refer to Simms (1844).

5. CONCLUDING REMARKS

Shotcrete and anchors are well-established. Today all conventional construction methods in soil and rock, in tunnels, caverns and shafts, generally use as a temporary support measure, shotcrete with or without anchors and steel arches. The term “shotcrete method” has been employed in the technical literature since the 1920s. Nobody would oppose the UK Institution of Civil Engineer’s recently published guidelines (1996) concluding: “The use of sprayed concrete support for a tunnel is often erroneously referred to as NATM. In view of this, and to avoid any confusion, this guide will generally use the description ‘sprayed concrete linings (SCL)’.” The latter derives from the pseudoscientific character of NATM’s “edifice of thoughts”. This was shown elsewhere (Kováří 1994). In this paper, we could prove that NATM also involves cross plagiarism. Pseudoscience and plagiarism are the two sides of the same coin and both arise from a lack of intellectual integrity. Considering the enormous and continuous effort of the international tunnelling community since the 1800s to understand ground response and to develop suitable means of support, i.e. shotcrete, rock bolts and steel arches as providing alternatives to timbering, one asks himself whether renaming the “shotcrete method” to the “New Austrian Tunnelling Method” is intellectual piracy.

EPILOGUE:

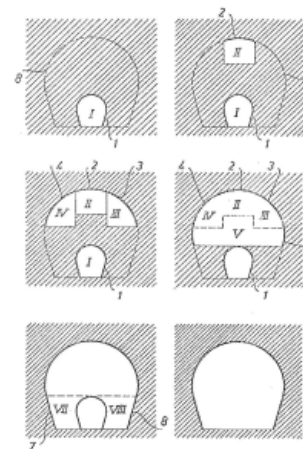
The article by Professor Kováří is a thorough and sophisticated insight into the history of modern tunnel engineering, whose more than two hundred years’ long duration marked revolutionary changes both in views of origins and development of rock compressions, and especially of adequate methods of temporary as well as final support of an excavation.

Both aforementioned fields are interestingly documented by contemporary authors’ quotations, however, in some cases legibility of the quotations is unfortunately lowered due to multiple translations. However, it is obvious that majority of the “milestones” mentioned by Professor Kováří played an essential part within development of the underground engineering and I am convinced that this historical reminiscence is currently instructive as well as interesting, although some of its parts may not be generally accepted among our readers.

What I keep in mind is especially relation to the NATM; discussion on this topic took place on pages of the TUNEL already in 1995/96 and it is not intention of the Editorial Board to open it again. Still, even after these years it is useful for all of our readers to keep track of the newly formulated argumentation by Professor Kováří concerning the NATM in context of the entire article.

It is very pleasing to state in the conclusion that application of the NATM principles on tunnel structures in CR has been generally successful so far, despite extraordinarily complicated construction conditions in most cases.

For the Editorial Board : Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.



Obr. 25 Brunnerův patent na NRTM (1955) na členěný výrub se zajištěním pomocí stříkaných betonů a bez svorníků

Fig. 25 Brunners’ NATM patent (1955), sequential excavation with shotcrete support and without rock bolting

LITERATURA/REFERENCES

- a3 BAU (1994). NATM: Bankruptcies, Bad luck and Breakdowns. Vol. 21 (12): 82-88 (in German).
- Andrews, K. E., McIntyre, A.R. (1964). Some Aspects of High Speed Hard Rock Tunnelling in the Snowy Mountains. *Civil Engineering Transactions* (September): 51-70.
- Anonymous (1869). Eisen beim Gruben-Ausbau. Glückauf 28.
- Anonymous (1869). Über Schachtabteufen. Glückauf 31.
- Anonymous (1919). III. Grubenausbau, Streckenausbau mit eisernen Ankern. *Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen* (Berlin): 7-9.
- Anonymous (1931). Hetch Hetchy Tunnel Construction (California). *Engineering News Record*: 96-100.
- Anonymous (1933). Hazardous Tunneling at Hetch Hetchy (California). *Engineering News Record*: 701-704.
- Anonymous (1951). Diversion Tunnel Driving without Liners - Keyhole Dam, Wyo. *Engineering News-Record* (May 17): 30-31.
- Anonymous (1951 & 1953). Roof Bolting for Tunnel Support. *Water Power* (May): 161.
- Anonymous (1957). Guniting at the McIntyre Porcupine Mines, Limited. *Mining in Canada*: 349-355.
- Anonymous (1960). Gebirgsanker im österreichischen Bergbau. *Montan-Rundschau, Sonderheft Tunnel- und Stollenbau* (Juni): 181.
- Beyl, Z. S. (1945 & 1946). *Rock Pressure and Roof Support* (Parts I-VI). *Colliery Engineering*.
- Bierbaumer, A. (1913). *Die Dimensionierung des Tunnelmauerwerks*. Leipzig und Berlin, Engelmann.
- Bucky, P. B. (1950). *Theory and Principles of Roof Bolting*. *Mining Congress Journal* (June): 65.
- Conway, C. C. (1948). *Roof Support With Suspension Rods*. *Mining Congress Journal* 34(6): 32-37.
- Culmann, K. (1866). *Die graphische Statik*. Zürich.
- Curzio, P. Q. (1963). *Nuovi sistemi di costruzione di gallerie*.
- Darling, P. (1990). *What is the NATM*. *Tunnels & Tunnelling* (Summer, special Issue): 7.
- Drinker, H. S. (1888). *Tunneling, Explosive Compounds and Rock Drills*. New York, John Wiley & Sons.
- Endersbee, L. A. (1999). *The Snowy Vision and the Young Team - the First Decade of Engineering for the Snowy Mountains Scheme*. Proc. Symp. "The Spirit of the Snowy Fifty Years On". Australian Academy of Technological Sciences and Engineering. Cooma, Australia: 39-58.
- Engesser, F. (1882). *Über den Erddruck gegen innere Stützwände*. *Deutsche Bauzeitung*: 36.
- Fayol, M. (1885). *Note sur les Mouvements de Terrain*. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale* 14: 805-871.
- Forbes, J. J. (1950). *Progress in Roof Bolting*. Proc. Illinois Mining Institute: 21-27.
- Frey-Bär, O. (1956). *Sicherung des Stollenvortriebes*. *Schweiz. Bauzeitung*: 567-572.
- Fröhlich, K. (1948). *Die Verbindung stählerner Streckenbögen*. Glückauf: 543-555.
- Gremmler, E. (1933). *Messungen und Beobachtungen des Gebirgsdruckes am Ausbau von Ausrichtungsstrecken*. Glückauf 69: 417-425, 444-449.
- H.V. (1926). *Das Spritzbeton- oder Torkretverfahren*. *Neue Zürcher Zeitung* (Blatt 4, Nr. 20 Mittagsausgabe 1291).
- Heggstad, R. (1953). *La Construction des Voutes des Grandes Salles Souterraines*. *Monde Souterrain* (Avril-Juin).
- Heggstad, R. (1956). *Trends in Norwegian Practice in Water Power Development*. 5. Weltkraftkonferenz, Wien.
- Heim, A. (1878). *Mechanismus der Gebirgsbildung*. Basel.
- Hilgard, K. E. (1921). *Die amerikanische Zementkanone und ihr Anwendungsbereich*. *Schweiz. Bauzeitung LXXVIII* (8): 92-104.
- Hopper, R. C., Lang T., Mathews, A. (1972). *Straight Creek Tunnel*. Proc. RETC, Chicago.
- Health & Safety Executive (1996). *Safety of New Austrian Tunnelling Method (NATM) Tunnels, A review of Sprayed Concrete Lined tunnels with particular reference to London Clay*. HSE Books.
- Janssen, H. A. (1895). *Versuche über Getreidedruck in Silozellen*. Z.d.V. Deutscher Ingenieure: 1045.
- Keeley, D. E. (1934). *Guniting at the McIntyre Mine*. *The Canadian Institute of Mining and Metallurgy* 37.
- Knox, J. and O. Potter (1920). *Use of Gunite on the 81st Level, Calumet & Hecla Conglomerate Mine*. *The M.C.M. Alumnus* IX (4): 1-6.
- Kobilinsky, M. (1955). *Der Durchstich Is_re-Arc des Kraftwerks Randens*. *Schweiz. Bauzeitung* (53): 811-814.
- Köhler, G. (1900). *Lehrbuch der Bergbaukunde*, Verlag von Wilhelm Engelmann.
- Kolymbas, D. (1998). *Geotechnik - Tunnelbau und Tunnelmechanik*. Springer.
- Kommerell, O. (1912). *Grundlagen für die statische Berechnung von Tunnelmauerwerk*. Berlin.
- Kovári, K. (1994). *Erroneous Concepts behind the New Austrian Tunnelling Method*. *Tunnels & Tunnelling*.
- Kovári, K. (1994). *Sulla esistenza del NATM: concetti erronei del nuovo metodo austriaco per la costruzione di gallerie*. *Gallerie e grandi opere sotterranee*. Dicembre, No 44.
- Kovári, K. (1995). *Concepts erronés de la "Nouvelle méthode autrichienne" de construction de tunnels*. *Revue Française de Géotechnique*, No. 70.
- Lang, T. A. (1958). *Rock bolting speeds Snowy Mountain Project*. *Civil Engineering* (Feb).
- Lang, T. A. (1961). *Theory and Practice of Rock Bolting*. *Transactions of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers* 220: 333-348.
- Lüthgen, W. (1929). *Stempellose Abbaustrecken, ein Beitrag zur Gebirgsdruckbeherrschung*. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* 65 (12): 393-395.
- Maillart, R. (1923). *Über Gebirgsdruck*. *Schweiz. Bauzeitung* 81(14).
- Martin, D. O. (1954). *Une nouvelle application du boulonnage des roches*. *Travaux/Juliet* 1954: 608-609.
- Mathet, M. (1888). *Boisage en fer*. *Compt. rend. soc. ind. min.*: 60-62.
- Mayer, A. (1925). *Beton und Eisenbeton im Bergbau untertage*. *Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate* 73: B243-B307.
- Miller, P. S. (1952). *Roof Bolting in Tunnels*. *Mining Congress Journal*(June).
- Mohr, F. (1957). *Measurement of Rock Pressure*. *Mine & Quarry Engineering May*: 178-189.
- Müller, L. (1979). *Grundlegende Überlegungen zur Anwendung der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode*. *Vorträge zu der Fachtagung der Tiefbau-Berufsgenossenschaft, St. Englmar*.
- Müller, L. and E. Fecker (1978). *Grundgedanken und Grundsätze zur „Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“*. *Grundlagen und Anwendung der Felsmechanik*. *Felsmechanik Kolloquium Karlsruhe, Clausthal*.
- Müller, L. and G. Spaun (1977). *Soft Ground Tunnelling under Buildings in Germany*. *Softground Tunnellings under Buildings*. Proc. 9th Int. Conf. on Soil mech. Found. Engn., Tokyo.
- Nolan, W. A. (1952). *Roof Bolting in the Western Department*. *The Delaware Water Supply News* 14 (155).
- O'Rourke, J. (1913). *Elimination of Timbering in Rock Tunneling: A Proposal*. *Engineering News* 69 (7): 324-325.
- Pfähler (1872). *Verbauen mit T-Eisen auf der Grube Altenwald*. *Preussische Zeitschrift* 20: 121-128.
- Pierce, J. C. (1953). *Pinning Up an Aqueduct Roof*. *Compressed Air Magazine* May: 128-130.
- Poisel, R. and H. Engelke (1994). *Zu den Konzepten der NÖT*. *Felsbau* (5): 330-337.
- Pollish, L.; Breckenridge, R.N. (1954). *Rock Bolting in Metal Mines of the Northwest*. *Mining Engineering* (July): 709-715.
- Pressel, K. (1906). *Die Bauarbeiten am Simplontunnel*. *Schweiz. Bauzeitung XLVII*.
- Price, P. H., Cross, A. T. (1951). *Geologic Considerations in Roof Bolting*. *Coal Mine Modernization*: 97-111.
- Proctor, R. V. and Th.L. White (1946). *Rock Tunneling with Steel Supports*. Youngstown, Ohio, The Youngstown Printing Co.
- Rabcewicz, L. (1950). *Das Hilfsgewölbe*. *Dissertation, Univ. Graz*.
- Rabcewicz, L. (1957). *Modellversuche mit Ankerung in kohäsionslosem Material*. *Die Bautechnik* 31 (5): 171-173.
- Rabcewicz, L. (1957). *Die Ankerung im Tunnelbau ersetzt bisher gebräuchliche Einbaumethoden*. *Schweiz. Bauzeitung*.
- Rabcewicz, L. (1961). *Spritzbeton und Ankerung als Hilfsmittel zum Vortrieb und als endgültiger Tunnelausbau*. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*: 166-173.
- Rabcewicz, L. (1963). *Bemessung von Hohlraumbauten*. *Die „Neue österreichische Bauweise“ und ihr Einfluss auf Gebirgsdruckwirkungen und Dimensionierung*. *Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Sonderdruck Vol I/3-4*.
- Rabcewicz, L. (1964). *The New Austrian Tunnelling Method*. *Water Power*.
- Rainer, H. (1961). *Erfahrungen mit Spritzbeton im Grubenbetrieb der Bleiberger Bergwerks-Union*. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* 106(5/6): 197-203.
- Rice, G. S. (1918). *Cement Gun in Mining Work - I + II*. *Engineering and Mining Journal* 105(13 + 14).
- Ritter (1879). *Statik der Tunnelgewölbe*. Berlin.
- Ritter, H. U. (1952). *Grundzüge und Ziele der Entwicklung des neuzeitlichen Abbaustreckenbaus, erläutert an Beispielen aus dem Grubenbetrieb*. Glückauf: 603-625.
- Rotter, E. (1958). *Anwendung von Spritzbeton*. *Wien, Schriftenreihe d. Österreichischen Wasserwirtsch.verbandes*: 5-44.
- Rziha, F. (1867). *Lehrbuch der Gesamten Tunnelbaukunst*. Berlin, Verlag von Ernst & Korn.
- Sandström, G. E. (1963). *The History of Tunneling, Underground Workings Through the Ages*. London, Barrie and Rockliff.
- Schlick (1827). *Über den Stollen oder die Brücke unter der Themse*. In: *Tunnel, Orte des Durchbruchs*. Jonas Verlag, Marburg.
- Schlüter, H. (1920). *Praktische Bedeutung des Torkretbaues und seine Nutzbarmachung für die deutsche Betonindustrie*. *Zement* (19): 229-234.
- Schneider, R. (1880). *Die Eisenzimmerung im Vergleiche zur Holzzimmerung*. *Österr. Z. Berg- und Hüttenwesen*.
- Schmuck, H. K. (1957). *Theory and Practice of Rock Bolting*. *Quarterly of the Colorado School of Mines* 52 (3).
- Simms, F. W. (1844). *Practical Tunnelling*. London, Messrs. Troughton and Simms.
- Spang, J. (1996). *Tunnelbau im Untertagebau*. *Tunnelbau Taschenbuch*. DGGT.
- Sonderegger, A. (1955). *Stollenbau für das Kraftwerk Verbanö*. *Nobel-Hefte*.
- Szilard, A. (1925). *Das Torkretverfahren und seine technischen Probleme*, Julius Springer, Berlin.
- Talobre, J. (1957). *La statique du boulon d'ancrage dans les travaux au rocher*. *Construction*: 439-445.
- Teichert, P. (1979). *Die Geschichte des Spritzbetons*. *Sonderdruck aus Schweizer Ingenieur und Architekt* 47:1-12.
- The Institution of Civil Engineers (1996). *Sprayed concrete linings (NATM) for tunnels in soft ground*. Telford.
- Thomas, E., Seeling, C.H., Perz, F., Hansen, M.V. (1948). *Control of Roof and Prevention of Accidents from Falls of Rock and Coal*. *Washington, US Bureau of Mines*: 1-9.
- Thomas, E., Barry, A.J., Metcalfe, A. (1949). *Suspension Roof Supports, Part I&II*. *Mining Congress Journal*.
- Tübben, L. (1923). *Neuerungen im Feuerschutz beim Grubenbetrieb*. Glückauf Februar (8): 190-193.
- von Kármán, T. (1911). *Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck*. Z.d.V. Deutscher Ingenieure 55.
- Weigel, W. W. (1943). *Channel Irons for Roof Control*. *Engineering and Mining Journal* 144 (5): 70-72.
- Weiss, E. (1952). *Kosten sparende Auszimmerung von Tunneln*. *Der Bauingenieur* 27 (10): 382-383.
- West, G. (1988). *Innovation and the rise of the tunnelling industry*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Wiesmann, E. (1912). *Über Gebirgsdruck*. *Schweiz. Bauzeitung* 60 (7).
- Wiesmann, E. (1914). *Über die Stabilität von Tunnelmauerwerk*. *Unter Berücksichtigung der Erfahrungen beim Bau des Hauenstein-Basistunnels*. *Schweiz. Bauzeitung LXIV* (3): 27-32.
- Willmann, E. (1920). *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. *Tunnelbau*. Engelmann, Leipzig.
- Woodruff, S. D. (1954). *Rock Bolts. Theory and Practice in Tunnel Construction and Rock Excavation* (Part 1 + 2). *Western Construction* (July and August): 61-64 / 76-80.
- Würker, R. (1934). *Material, Profil und grundsätzliche konstruktive Massnahmen beim Streckenausbau mit Stahl*. *Technische Hochschule zu Aachen*. Aachen.
- Zanon, A. (1960). *Ausbruch von Autobahntunneln in ganz besonders schwierigen Bergarten*. *Geologie und Bauwesen*: 45-59.
- Zignoli, V. (1965). *Il Traforo del Monte Bianco*. *Autostrade* 6 (Giugno): 3-44.

KŘÍŽENÍ TUNELŮ MRÁZOVKA S KANALIZAČNÍM SBĚRAČEM P V OBLASTI JIŽNÍHO PORTÁLU

THE CROSSING OF THE MRÁZOVKA TUNNELS WITH THE INTERCEPTOR SEWER P IN THE AREA OF THE SOUTH PORTAL

FRANTIŠEK TRÁZNÍK, Ing. MILOŠ HRDLIČKA, Ing. KAREL KARMAZÍN, INSET, s. r. o.

ÚVOD

Navržená trasa technicky velmi náročného městského silničního tunelu Mrázovka ve svém jižním vyústění navedla všechny čtyři tunelové trouby do bezprostřední blízkosti významného kanalizačního sběrače P (viz obr. 1).

Jakkoli měl zpracovatel projektu při stanovení optimálních parametrů tras tunelů na zřeteli bezkolizní vykřížení s tělesem sběrače, výsledné řešení převedení tunelů přes sběrač nebylo snadné. Zejména kontaktní způsob křížení dvoupruhových tunelů VTT a ZTT se sběračem je přiznáním logické priority určité spádových poměrů podzemních komunikací v tunelu a jejich vyvedení jižními portály.

Světle vzdálenosti výrubu spodní klenby jednotlivých větví tunelů a vrcholu vnitřní klenby provozovaného sběrače + 0,7 m u západní tunelové trouby (ZTT), -0,7 m u východní tunelové trouby (VTT), + 4,9 m u trouby A (TTA) a + 6,0 m u trouby B (TTB) nejlépe vystihují náročnost navržené koncepce (viz obr. 2, 3, 4).

V rámci přípravy a zpracování projektu rizikového křížení byly získány všechny potřebné informace o charakteru horninového prostředí v bezprostředním okolí sběrače. Byl ověřen i aktuální stavební stav jeho konstrukce včetně polohového a výškového zaměření skutečného průběhu trasy místem křížení.

Projekt pak nabídl komplexní řešení s akcentováním ochrany a zesílení konstrukce sběrače nejen z prostoru budovaných tunelů, ale i zevnitř sběrače. Bezpečnost jeho provozu byla jistěna návrhem technicko-organizačních opatření a souborem observačních metod s monitorovacím režimem.

V relativně vstřícném stanovisku provozovatele kanalizačního sběrače, společnosti Pražské vodovody a kanalizace, a. s., i správce Pražské vodohospodářské společnosti, a. s., k navrženému koncepčnímu řešení překonání sběrače tunelovými troubami, byly stanoveny výrazné omezující technické podmínky.

Investor, zastoupený VIS, a. s., a projektant tunelové části SATRA, s. r. o., (GP PUDIS, a. s.) je akceptovali a byly zapracovány do realizační projektové dokumentace. Ta komplexně vyřešila způsob vlastního provedení rážeb v oblasti křížení včetně návrhu trhacích prací a souboru bezpečnostních měření ošetřujících konstrukci sběrače ohrožovanou výstavbou tunelů.

V čase, kdy začala být popisovaná problematika aktuální, byl již plně funkční „komplexní monitoring“ zřízený VIS, a. s., pro celé staveniště tunelů Mrázovka. Databáze s výsledky všech měření a důležitých informací spravovaná kanceláří monitoringu byla trvale přístupná vybraným účastníkům výstavby. Soubor bezpečnostních měření ve sběrači včetně monitorování nepříznivých vlivů výstavby tunelů na jeho konstrukci a provoz byl začleněn do již fungujícího bezpečnostního a informačního systému.

KANALIZAČNÍ SBĚRAČ P

Představuje bezesporu nejvýznamnější součást podzemní infrastruktury dotčené výstavbou tunelů Mrázovka. Odvádí splaškové vody z oblasti tzv. Jihozápadního města a obsluhuje spádovou oblast hl. města Prahy s více než 150 tis. obyvatel. Jeho odstavení z provozu, resp. přepojení, je možné jen v omezeném čase a za bezdeštného průtoku. Byl vybudován hornickým způsobem raženou štolou v 80. letech minulého století. Jeho konstrukce spočívá v kruhovém betonovém ostění \varnothing 2160 mm litém do bednění, ve spodní polovině opatřeném keramickou vystýlkou kynety z P dlaždic uložených na cementovou maltu (viz obr. 5).

Úsek sběrače dotčený výstavbou tunelů byl dlouhý asi 120 m. Uvnitř byly vymezeny podúseky, vždy pod dvojicí tunelových trub ZTT+TTA a VTT+TTB. Nejbližší vstup do zájmového úseku sběrače byl možný revizní kanalizační šachtou vzdálenou asi 220 m. Po zahájení rážeb byl na základě požadavku provozovatele sběrače dodatečně navržen a zřízen další vstup do sběrače přímo z tunelu ZTT. Přístupová chodba vyražená do západní stěny ZTT byla zakončena šachtou zaústěnou přímo do stropu sběrače.

STAVEBNÍ A GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM

V přípravné fázi zpracování projektu křížení zadal projektant SATRA, s. r. o., naši společnosti INSET, s. r. o., zjištění a ověření zásadních informací o sběrači a dotčené oblasti. Požadavek odpovídal odbornému záběru útvarů geofyziky, diagnostiky a geodézie.

Proveden byl doplňující geologický a geofyzikální průzkum v přilehlém okolí trasy, testy kvality betonového ostění jádrovými vrty a georadarem posouzen charakter prostředí za rubem ostění.

Zjištěné vady stavebního stavu sběrače lze označit jako charakteristické pro podzemní díla realizovaná v uvedeném období. Nedokonalé založení prostory mezi pažením provizorní výstroje a výrubem, nestandardní tloušťka betonového ostění, volně nevyplněné prostory za rubem ostění, zejména ve

INTRODUCTION

The design of the alignment of the technically very exacting road tunnel Mrázovka brought all the 4 tunnel tubes very close to a major interceptor sewer P at the southern tunnel mouth (see Fig.1).

Despite the fact that the designer had a collision free crossing with the sewer in view in the process of determination of optimal parameters of the tunnels' routes, the final solution of getting the tunnels across the interceptor was not easy. Namely the manner of crossing the double-lane ETT and WTT tunnels with the interceptor, getting into a contact, means acknowledgement of the logical priority of determination of level-related conditions of underground roads in the tunnel and their surfacing at the southern portals.

Net distances between the invert excavation for individual tunnel branches and the top of the internal vault of the operating interceptor of + 0.7m for the western tunnel tube (WTT), -0.7m for the eastern tunnel tube (ETT), +4.9m for the tube A (TTA) and +6.0m for the tube B (TTB) are best indicating the exactness of the concept proposed (see Fig. 2, 3, 4).

All necessary information on the character of rock mass in a close vicinity of the interceptor was obtained in the phase of planning and designing the risky crossing. Also its actual structural condition was verified, including surveying of its actual line and level at the crossing location.

The design offered a global solution then, with accentuation of the protection and reinforcement of the interceptor structure to be performed not only from the tunnels being built, but also from the interceptor's interior. Its safe operation was secured by a proposal for technical and operational measures, and by a set of observational methods based on a monitoring regime.

A relatively friendly opinion on the designed conceptual solution of the tunnel tubes passing under the interceptor, issued by the interceptor sewer's operator, Pražské vodovody a kanalizace a.s., and its administrator, Pražská vodohospodářská společnost a.s., prescribed significant restricting technical conditions.

The client, represented by the VIS a.s. company, and consulting engineer for the tunnels SATRA s.r.o. (GP PUDIS a.s.) accepted them, and they were incorporated into the detailed design. The detailed design solved the manner of the excavation in the crossing area comprehensively. It also contained a proposal for drill and blast operations, and a set of safety measurements concerning the interceptor's structure endangered by the tunnel construction.

At the time when the above-described issue started to be acute, the "overall monitoring", established by VIS a.s. for the whole construction site of the Mrázovka tunnels, had been fully functional. The database containing results of all measurements and important information, which was administered by a monitoring office, was permanently available to selected participants of the project. The set of safety measures applied in the interceptor, including the monitoring of adverse influences affecting its structure as a result of the tunnel construction, was incorporated into the already functioning safety and information system.

THE INTERCEPTOR SEWER P

Without question, it represents the most important part of the underground infrastructure affected by the Mrázovka tunnels development. It collects sewage from the area of so-called South-western City, and serves an attraction zone of the Prague capital with a population over 150 thousand. Suspension of its operation or a switchover is possible within a limited time only and at a rainless flow. It was built by mining a gallery in the 80s of the "past century". Its structure consists in a circular concrete lining 2,160mm in diameter, cast behind a formwork. The flume at its invert is clad in ceramic P tiles laid into cement mortar (see Fig. 5).

The section of the interceptor affected by the tunnel construction was about 120m long. Sub-sections were determined within this section, i.e. under the pair of the tunnel tubes WTT+TTA and ETT+TTB respectively. The closest entry into a particular section of the interceptor was possible through a sewerage manhole at a distance of about 220m. Another entrance to the interceptor, directly from the WTT tunnel, was designed and built after the beginning of the excavation operations, at the interceptor operator's request. An access adit, drifted into the western wall of the WTT, was terminated by a shaft leading directly into the interceptor's roof.

ENGINEERING AND GEOPHYSICAL INVESTIGATION

At the planning phase of the crossing design development, SATRA s.r.o., the design engineer, placed an order with our company INSET s.r.o. for determination and verification of basic information on the interceptor and the affected area. The order conformed to the professional scope of our departments of geophysics, diagnostics and geodesy. There were performed a complementary geological and geophysical investigation in the proximity of the

vrchlíku klenby – známé „tunelářské hříchy“.

S využitím těchto informací zpracoval ateliér KO-KA projekt sanace konstrukce sběrače a návrh dočasného zabezpečení klenby ocelovou TH výtuzí (viz. obr. 6). Realizace se úspěšně zhostila spol. KANKOL, s. r. o. Podstatná část popsaných činností byla provedena v obtížných podmínkách za provozu sběrače s regulovaným průtokem splašků.

PROJEKT BEZPEČNOSTNÍCH MĚŘENÍ A MONITORINGU V KANALIZAČNÍM SBĚRAČI

Při projednávání podmínek ražby tunelů v oblasti sběrače byly specifikovány všechny očekávané nepříznivé vlivy stavby na konstrukci sběrače a zvažena možná rizika provozu sběrače v kritické fázi výstavby. Součástí projektové dokumentace byl i návrh trhacích prací zpracovaný firmou BARTOS-ENGINEERING. V něm byly předběžně stanoveny velikosti mezních náložů v závislosti na pozici epicentra odštělu ke sběrači pro tu kterou technologickou fázi ražby (kalota, jádro, spodní klenba).

V rozhodnutí o povolení trhacích prací zpřesnil povolující OBU v Kladně omezující podmínky a rozsah bezpečnostních měření. Trhací práce v bezprostřední blízkosti konstrukce sběrače byly vyloučeny.

Výběr metod měření a sledování nepříznivých vlivů ražeb tunelů na sběrač byl pak stanoven takto:

1. měření seizmické odezvy trhacích prací a technických vibrací na konstrukci;
2. kontrola tvarové stálosti ostění konvergenčním měřením, resp. registrovaní změny napětí v horninovém prostředí místa křížení sběrače s tunelí;
3. měření napětí za rubem ostění sběrače;
4. dokumentace stavebního stavu sběrače před zahájením ražeb, kontrolní pochůzky v průběhu ražby tunelů a dokumentace po ukončení výstavby.

V observačním charakteru souboru navržených překryvných měření byl založen předpoklad pružné úpravy četnosti a rozsahu jednotlivých typů měření v závislosti na významu aktuálně naměřených hodnot a vývojových trendů.

Délkový interval ražby tunelů nad sběračem, ve kterém byla navržena nejvyšší intenzita měření, byl projektem stanoven pro každý tunel a příslušnou fázi výstupu (kalota, jádro a opěři, dno) individuálně. Počátek měření byl zpravidla stanoven dosažením vzdálenosti čelby 25 m před průsečík os tunelů a sběrače, ukončení pak po vzdálení čelby 15 m, resp. 20 – 25 m (podle fáze výstupu) za osu křížení.

SEISMICKÁ MĚŘENÍ

Byla orientována především ke sledování úrovně seizmických účinků trhacích prací. Současně však byl instalovaný systém využíván k průběžnému monitorování dynamického zatížení konstrukce sběrače vibracemi od pojezdu

line, testing of concrete lining quality by means of core boring, and assessment of the character of rock environment behind the lining by means of a ground-penetration radar.

Structural defects, which were disclosed on the interceptor, can be described as characteristic for underground structures built in the above-mentioned period. Imperfect packing of the spaces between the temporary support lagging and rock face, non-standard thickness of the concrete liner, loose unfilled spaces behind the lining, namely at the crown, i.e. well known "tunneling sins".

Using this information, the KO-KA atelier developed the design of the rehabilitation of the interceptor's structure and a proposal on a temporary support of the vault with TH steel frames (see Fig. 6). The work was successfully carried out by KANKOL s.r.o. A significant part of the above-described activities was performed under difficult conditions, without any interruption to the interceptor's operation, with a controlled flow of sewage.

THE DESIGN OF SAFETY MEASUREMENTS AND MONITORING INSIDE THE INTERCEPTOR SEWER

In the course of negotiations on the conditions of the tunnels excavation in the area around the interceptor, there were specified all anticipated adverse impacts affecting the interceptor structure due to the construction works, and considered possible risks to its operation in the critical phase of the construction. Also the design of blasting operations, developed by BARTOS – ENGINEERING, was a part of the design package. It set preliminary limits on the explosive charges weight depending on the position of a blasting epicentre to the interceptor for a particular technological stage of excavation (top heading, bench, invert).

In its blasting permission, the Regional Mines Department of Kladno specified the restricting conditions and the scope of safety measurements more accurately. The drill and blast operations in the immediate vicinity of the interceptor's structure were forbidden.

The following scope of measurement methods and monitoring of adverse impacts of the excavation of the tunnels on the interceptor was set out:

1. Measurement of the seismic response of blasting operations and technical vibrations on the structure,
2. checking on the shape stability of the liner by means of convergence measurement, or registration of a change in the stress in the rock environment at the location of the interceptor – tunnels crossing,
3. measurement of stress behind the interceptor's lining,
4. documentation of the interceptor's structural condition before the beginning of the excavation check inspections in the course of excavation of the tunnels, and documentation after the works completion.

The observational character of the set of designed overlapping measurements allowed flexible modifications in the frequency and scope of individual measurement types, depending on the significance of measured values and development trends.

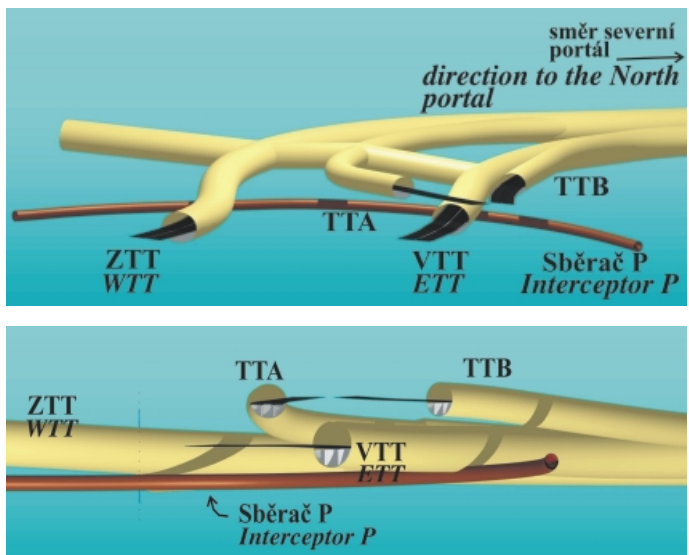
The length of a section of the tunnels excavation above the interceptor, for which the highest intensity of measurements was proposed, was set out by the design for each tunnel and particular excavation stage (top heading, bench and side-wall area, invert) individually. The beginning of the measurement was usually given by arrival of the face to the distance of 25m from the crossing point of the tunnel and interceptor centre lines. It was finished after reaching a face distance of 15m and 20 – 25m behind the crossing axis respectively, depending on the particular excavation stage.

SEISMIC MEASUREMENTS

Above all, they were oriented towards monitoring of the magnitude of seismic impact of the drilling and blasting operations. However, at the same time,



Obr. 1 Přehledná situace stavby s vyznačenou zájmovou oblastí
Fig. 1 The site lay-out with the area of interest marked out



Obr. 2, 3 Znázornění náročnosti navržené koncepce
Fig. 2, 3 Indicatin of the exactness of the proposed concept

mechanizmů v tunelech, vrtání mikropilotů u konstrukce sběrače ve spodní klenbě tunelů ZTT a VTT. Snímače vibrační byly zabudovány do vyvrtání v betonovém ostění, samostatně byla příloženými snímači instrumentována i keramická vyzdívká (viz obr. 7, 8). „Seizmické“ profily byly zpravidla umístěny pod osou a pravým a levým opeřím tunelů. Na obr. 9 je znázorněna poloha pod VTT.

Objektivní posouzení seismické odolnosti konstrukce sběrače a spolehlivé nastavení max. limitů přípustného dynamického zatížení bylo poměrně obtížné. Norma ČSN 73 00 40 neposkytuje pro tento případ relevantní oporu. Odborná diskuse vedená zainteresovanými stranami výstavby, zatížená existencí reálných rizik, vyústila ve společný návrh max. limitů:

- pro betonové ostění 80 mm/sec
- pro keramickou vyzdívkou 50 mm/sec.

První výsledky měření upozornily na možné ovlivňování příložených snímačů na keramické vyzdívkové silným akustickým efektem, generovaným uvnitř tělesa sběrače odstřely v tunelech. Izolováním celého tělesa snímačů montážní pěnou byl nežádoucí vliv spolehlivě eliminován.

Sledováním rážby přístupové chodby ze ZTT a dále šachty zaústěné do sběrače byly získány první detailnější informace o účincích trhacích prací v těsné blízkosti sběrače. Po vyhodnocení I. etapy měření a vyhodnocení kontrolní obhlídky stavu konstrukce sběrače bylo na základě návrhu autorského dozoru trhacích prací odsouhlaseno technickou radou akce sjezdoce-ná max. limitu dynamického zatížení obou částí konstrukce na 80 mm/sec. Měřicí stanice propojená kabely se snímači byla umístěna v kanceláři dodavatele stavebních prací SUBTERRA, a. s., OJ 13 asi 300 m od místa měření.

MĚŘENÍ KONVERGENCÍ

Sledování případných deformací ostění sběrače bylo zaměřeno především k monitorování nežádoucích účinků trhacích prací, jako doplňující kontrolní měření. Současně však poskytovalo informace o stabilitě tvaru konstrukce a umožňovalo zprostředkovanou představu o změnách jejího zatížení vlivem výlomových a stavebních činností v nadloží. Jako směrnou hodnotu konvergenčí pro konstrukci sběrače ve vertikálním i horizontálním směru stanovil projektant 10 mm (max. denní nárůst 5 mm). Celková max. hodnota konvergenčí byla omezena na 20 mm.

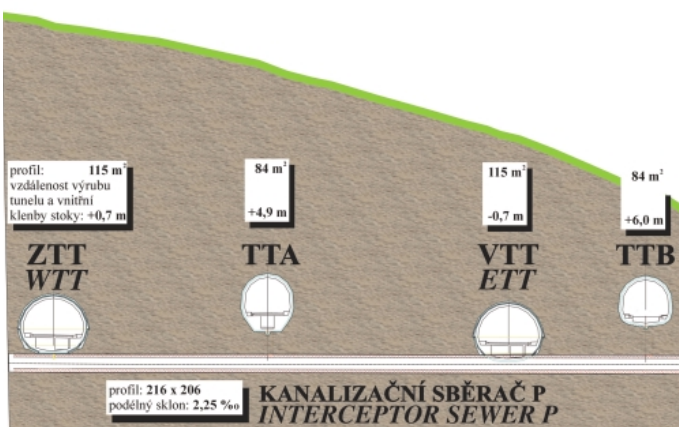
Konvergenční kulové body v provedení z nerezové oceli byly instalovány prostřednictvím kotevnic trnů v klenbě konstrukce, ve třibodové konfiguraci na měřený profil. Ve stejném stažení byl instalován dvoubodový horizontální profil ke sledování keramické vyzdívkou.

Režim měření byl stanoven projektem. Kromě základních časových intervalů určoval frekvenci měření konvergenčí v reálném čase s přihlednutím k aktuální pozici výlomových prací ke sběrači a k dosahovaným hodnotám seismického zatížení od trhacích prací. Zjištěné deformace příčného profilu se pohybovaly max. v řádu prvních jednotek mm. Proto byly v průběhu výstavby tunelů snižovány četnosti měření i počty instalovaných profilů, např. u ZTT z 9 na 5. Z obr. 9 je patrné umístění konvergenčních bodů pro VTT.

Při měření konvergenčním pásmem byla nutná častá regulace průtoku splašků ve sběrači. K vyloučení nežádoucích zásahů do provozního režimu kanalizace vyvinul útvar vývoje INSET automatizovaný systém měření s kabelovým přenosem do měřicí stanice s přímým grafickým výstupem na obrazovku. Základem měřicí sestavy jsou řízené předepnuté invarové struny zakončené v elektronických snímačích délkových změn upevněných na instalované konvergenční body. Zařízení pracovalo naprosto spolehlivě s přesností odečtu pod 0,1 mm.

MĚŘENÍ NAPĚTÍ ZA RUBEM OSTĚNÍ

Měření této veličiny bylo uplatněno pod tunelem ZTT v místech průmětu jeho opeř a vrcholu kaloty do sběrače. Zabudovány byly 3 ks obdélníkových hydraulických podušek 100 x 300 mm do klenby za betonové ostění sběrače. Při instalaci bylo s výhodou využito již popsáno nevyplněného prostoru za rubem klenby. Šikmými jádrovými vrty Ø 120 mm délky 350 mm byla provrtána betonová konstrukce. Otvorem byly vloženy a stabilizovány tlakové podušky za ostění s vývodem k elektronickému snímači umístěnému ve stropu sběrače. Podušky byly spolehlivě aktivovány výplňovou injektáží při sanaci konstrukce sběrače.



Obr. 4 Podélný řez sběračem P v místě křížení s tubusy tunelů Mrázovka
Fig. 4 Longitudinal section through the interceptor sewer P at the crossing with the Mrazovka tunnel tubes

the installed system was utilised for continuous monitoring of dynamic loads on the interceptor structure due to vibrations induced by the mining equipment moving in the tunnels and drilling for micropiles at the WTT and ETT inverts close to the interceptor. Vibration sensors were installed into boreholes made in the concrete liner. An independent instrumentation with surface-mounted sensors was provided at the ceramic tiling (see Fig. 7 and 8). The "seismic" profiles were usually positioned under the centre line and the right and left side walls of the tunnels. The position under the ETT is shown in Fig. 9.

An objective assessment of the seismic resistance of the interceptor structure and a reliable setting of maximum limits of allowable dynamic loading were relatively difficult. The ČSN 73 0040 standard does not provide any relevant support for this case. A professional discussion among interested parties of the construction, influenced by the existence of realistic risks, ensued into a joint proposal on maximum limits:

- For the concrete lining 80 mm/s
- for the ceramic tiling 50 mm/s.

Initial measurement results signalled a possibility of the surface-mounted sensors on the ceramic tiling being influenced by a strong acoustic effect generated inside the interceptor by blasts in the tunnels. This undesired effect was reliably eliminated by insulating the whole bodies of the sensors with assembly foam.

First more detailed information on the effects of blasting operations in the close proximity of the interceptor was obtained by monitoring of the excavation of the access adit from the WTT and excavation of the shaft to the interceptor. After evaluation of the first phase of the measurement and assessment of the results of the check inspection on the structural condition, on the basis of a proposal by the blasting consultant's supervisor, the technical board of the project approved unification of the dynamic loading maximum limit for the both parts of the structure to be of 80 mm/s.

The measurement station, interconnected with the sensors with cables, was in the office room of SUBTERRA a.s. OJ13, civil engineering contractor, at a distance of about 300m from the measurement location.

CONVERGENCE MEASUREMENT

The observation of possible deformations of the interceptor's liner was focused primarily on monitoring of undesired effects of blasting operations, as a complementary checking measurement. Although, at the same time, it provided information on the stability of the structure's shape, and allowed a mediated understanding of changes in its loading caused by excavation and building activities at the overburden. The consulting engineer set out a target value of 10 mm for the interceptor structure convergence, at both vertical and horizontal directions. The aggregated maximum value of the convergence was limited to 20mm.

Spherical convergence bolts made of stainless steel were installed by means of anchoring dowels at the vault, in a triple-point configuration for one measured profile. A double-point horizontal profile for monitoring of the ceramic tiling was installed at the same chainage.

The measurement regime was set out by the design. Apart from the basic time intervals, it stipulated the frequency of the real time convergence measurements, respecting the topical location of the excavation operations with regard to the interceptor, and the values of seismic loading achieved due to blasting operations. The identified deformations of the cross section ranged within the order of first units of mm. For that reason the frequency of measurements and number of installed profiles were reduced in the course of the construction of the tunnels, for example from 9 to 5 on the WTT. The location of convergence points on the ETT is obvious from Fig. 9.

The flow of sewage in the interceptor had to be regulated frequently for measurement with the convergence tape. To avoid undesired affecting of the operational regime of the sewerage, the INSET's development department developed an automated measurement system with cable transmission to the measurement station, with a direct graphical display on the screen. The basic element of the measurement system are controlled-pretensioned invar wires terminating in electronic transducers of length changes, mounted on the installed convergence bolt. The instrument worked totally reliably, with the reading accuracy under 0.1mm.

MEASUREMENT OF STRESS BEHIND THE BACK SIDE OF THE LINER

The measurement of this data was applied under the WTT at the spots of the vertical projection of its side walls and summit of its crown into the interceptor. 3 pieces of rectangular hydraulic pads 100 x 300mm were built into the vault, behind the concrete liner of the interceptor. The above-mentioned unfilled space behind the vault lining was advantageously utilised in their installation. Inclined 120mm diameter, 350mm long core holes were drilled through the concrete structure. Pressure pads with an outlet to an electronic transducer placed at the roof of the interceptor were inserted through the hole behind the liner. The pads were reliably activated by backfill grouting during the rehabilitation work on the interceptor structure.

The measurements carried out in the course of the excavation of the WTT did not provide any significant findings. An increase in stress was registered, induced by the saving grouting. The measured values in the range 90 - 110 kPa were anticipated. Therefore the measurement ceased to be required for the other places of the crossing.

DOCUMENTATION OF THE INTERCEPTOR SEWER AND MONITORING OF CHANGES IN ITS CONDITION

Before the work in the tunnels were started, there had been carried out a detailed inspection of the face of the lining, with description, photographic and video documentation. A rough, inconclusive testing of the bond strength between the tiling and concrete liner was carried out by comparing acoustic responses on tapping individual ceramic segments. Quality of mortar at the ceramics-concrete joint was checked at two places by means of core boring. When the maximum limits of the seismic loading were reached or crossed, there were performed partial inspections and a comparison with the state determined by the initial condition survey. Also the cohesion of the ceramic tiling was verified by the above-described manner.

Měření v průběhu výlomových prací ZTT nepřinesla významná zjištění. Byl registrován nárůst napětí vyvolaný sanační injektáží a naměřené hodnoty v pásmu 90 – 110 kPa se řadily mezi údaje očekávané. Proto nebylo měření po další místa křížení již navrhováno.

DOKUMENTACE KANALIZAČNÍHO SBĚRAČE A SLEDOVÁNÍ ZMĚN STAVU

Před zahájením prací v tunelech byla provedena podrobná prohlídka líce ostění s popisem, foto a video-dokumentací. Orientační, neprůkazný test přilnavosti vyzdívkvy k betonovému ostění byl proveden porovnáním akustické odezvy poklepu na jednotlivé keramické segmenty. Na dvou místech byla kontrolována jádrovým vrtem kvalita malty na spáře keramika – beton.

Při dosažení, resp. překročení max. limitů seizmického zatížení byly provedeny dílčí obhlídky a porovnání se stavem zjištěným při úvodní pasportizaci. Již popsaným způsobem byla ověřována i soudržnost keramického obkladu.

PRŮBĚH A VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Na základě průběžného hodnocení výsledků byly rozsah a četnost měření skutečně v průběhu výstavby efektivně přizpůsobovány konkrétní situaci. U sledování ostění sběrače konvergenčním měřením došlo k postupné redukci měřených profilů i omezení počtu měření. Měření napětí za ostěním sběrače bylo předčasně ukončeno. Větší rozsah měření byl naopak žádoucí při sledování dynamických účinků trhacích prací, zvláště pak při jejich „atomizaci“ v bezprostřední blízkosti sběrače.

Poměrně brutální ohrožení konstrukce sběrače se očekávalo od trhacích prací s epicentrem v blízkosti křížení (ZTT, VTT). Proto seizmické měření bylo dominantní metodou sledování jejich nepříznivého vlivu. Měřicí systém byl trvale v provozním režimu. Při dosažení nastavených prahových hodnot byl automaticky spuštěn záznam. Předpokládané časy jednotlivých odstřelů byly zhotovitelem trhacích prací telefonicky avizovány obsluze měření a bezprostředně po odstřelu bylo provedeno vyhodnocení. Průběh vyhodnocení aktuálního odstřelu a přípravy odstřelů následujících vyžadoval součinnost všech zúčastněných. Naměřené hodnoty byly s využitím prvotních podkladů střelmistra (TVO) zpracovány INSET, informace s dosaženými hodnotami předána TVO (v případě přiblížení limitům autorskému doзору trhacích prací BARTOS – INGENIERIG) a do dvou hodin po vyhodnocení odeslána kanceláři monitoringu stavby. Parametry následujícího odstřelu byly na základě vyhodnocení odstřelu předcházejícího korigovány. V zásadě disciplinovaný a zodpovědný přístup zhotovitele trhacích prací SUBTERRA, a. s., příznivé výsledky všech typů měření a ověřený spolehlivý způsob monitorování umožnily rozšířit použití trhacích prací do bezpro-



Obr. 5 Pohled do sběrače P
Fig. 5 A view inside the interceptor sewer P



Obr. 7 Umístění snímače rychlosti kmitání na parapetu keramické vyzdívkvy sběrače
Fig. 7 Installation of a vibration velocity sensor on a parapet of the ceramic tiling of the interceptor

DEVELOPMENT AND RESULTS OF THE MEASUREMENTS

The scope and frequency of the measurements were efficiently adapted to particular situations on the basis of continuous assessment of the measurement results. As to the monitoring of the interceptor's liner, the number of convergence measurement stations and convergence measurements was reduced step by step. The measurement of stress behind the interceptor's lining was terminated prematurely. On the other hand, a larger scope of measurement was desirable in monitoring of the effects of blasting operations, particularly in their "atomisation" at the immediate proximity of the interceptor.

It was expected that the interceptor's structure would be put in a relatively brutal jeopardy by the blasting operations having their epicentre in the proximity of the crossing (the WTT, ETT). Therefore the seismic measurement was the dominating method of monitoring their adverse impact. The measurement system was at an operational mode permanently. Recording was turned on automatically when the pre-set threshold values had been reached. The blasting contractor announced the expected times of individual blasts to measurement instrumentation operators, and the assessment was carried out immediately after the blasting. The process of evaluation of the previous blast and preparation of the following blasts required co-operation of all participants. The measured values, with utilisation of primary data provided by the blasting superintendent, were processed by INSET, the information with the values achieved was handed over to the blasting superintendent (and to BARTOS – ENGINEERING, the blasting consultant's supervisor, in a case of the values approaching the limits), and, not later than 2 hours after the evaluation, the information was sent to the monitoring site office. The parameters of the next blast were corrected on the basis of the previous blast evaluation.

The generally disciplined and responsible attitude of the blasting contractor, SUBTERRA a.s., the favourable results of all types of measurements, and the verified reliable way of monitoring allowed extension of the use of blasting operations up to the immediate proximity of the interceptor, where they had not been considered by the proposal. Since the rock at this location was difficult to disintegrate, the possibility of applying the blasting contributed significantly to the expedition of the works progress. The results are shown in Fig. 10 and 11.

To maintain the objectivity of this information, we have to admit that exceeding of the seismic loading limits occurred exceptionally as a result of several undisciplined blasts. The worst ones induced a response of 150 – 200 mm/s. Although, it is correct to notice at this place that the set out level of the maximum limits was much more than safe.

Out of the total number of the blasts at the crossing location of 391, the set out maximums were crossed at 13 blasting events, on one of the sensors, usually within one time degree. The measured highest values of the seismic loading within a range of 150 – 200 mm/s were registered at the frequency range 60 – 85Hz and 50 – 100Hz for the WTT and ETT respectively.



Obr. 6 Dočasné vyztužení sběrače v místě křížení s VTT a ZTT, ruční měření konvergenčí, patrné jsou i snímače automatického měření
Fig. 6 Temporary support of the interceptor sewer at the crossing with the ETT and WTT, manual convergence measurement, also the sensors of the automatic convergence measurement system are visible



Obr. 8 Snímač rychlosti kmitání zabudovaný v betonovém ostění sběrače
Fig. 8 A vibration velocity sensor installed at the concrete lining of the interceptor

střední blízkosti sběrače, kde se o nich v původním návrhu neuvažovalo. Právě tam byla zastížena hornina obtížně rozpojitelná a možnost využití trhacích prací významně přispěla k urychlení postupu prací. Výsledek zachycují obrázky 10 a 11.

K udržení objektivitu této informace musíme přiznat i výjimečné překročení limitů seizmického zatížení sběrače několika neukáznými odstřely. Nejvyšší z nich vyvolaly odezvu 150 až 200 mm/sec. Při té příležitosti je však vhodné připomenout, že nastavená úroveň max. limitů byla vysoko na straně bezpečnosti.

Z celkového počtu odstřelů v místě křížení 391 byla při 13 odstřelech překročena stanovená maxima na jednom ze snímačů, zpravidla jen v jednom časovém stupni. Naměřené nejvyšší hodnoty seizmického zatížení v rozsahu 150 – 200 mm/s byly registrovány ve frekvenčním pásmu 60 – 85 Hz pro ZTT a 50 – 100 Hz pro VTT.

ZÁVĚR

Z poznatků a zkušeností získaných sledováním rizikové fáze výstavby tunelů lze nabídnout následující závěr:

1. Dodržováním technologické kázně při realizaci a za podmínky racionálního rozsahu spolehlivě fungujícího monitoringu lze s jistotou navrhovat, resp. připustit bezprostřední kontakt nové ražby s provozovanými objekty kanalizační sítě.
2. Při stanovení mezí seizmického zatížení obdobných konstrukcí lze uvažovat s hodnotami 100 mm/s.
3. Všechna měření uvnitř kanalizační sítě navrhovat jako automatická s kabelovým přenosem k měřicí stanici.
4. Seriozním přístupem k podmínkám provozovatele dotčené kanalizační sítě vytvářet příznivé podmínky pro nutnou technickou součinnost. Tyto podmínky jsou v současné době úspěšně plněny při výstavbě křížení traťového tunelu metra IV.C se stokou F pražské kanalizační sítě. Popsaný způsob ochrany významného podzemního díla dotčeného novou výstavbou není jistě unikátní. Zatím však není zcela běžné, aby investor, projektant i zhotovitel věnovali takovou pozornost skrytým, přesto však významným objektům. Často převažuje přístup řízený principem vyšší „váhové kategorie“ nově budované stavby a pak náhled veřejnosti i na povité tunelování bývá nepříznivé.

LITERATURA

- A. Dvořák: Základy inženýrské seismiky. Praha, 1969
 R. Poděl, J. Voda: Seizmické účinky trhacích prací a jejich posuzování. Pardubice, 1984
 A. Dvořák: Seizmické účinky trhacích prací na stavby. Praha, 1978
 ČSN 730040: Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva
 M. Hrdlička: Sledování vlivu ražby ZTT a TTA na sběrač P. INSET, s. r. o., Praha 2001



Obr. 9 Měření prováděná v místě křížení VTT a sběrače. Tlak za obzdvívkou byl měřen pouze pod ZTT

Fig. 9 Measurements carried out at the ETT- interceptor crossing. The pressure on the liner was measured under the WTT only.



Obr. 10 Obnažené těleso sběrače P napříč dnem tunelu VTT
 Fig. 10 Exposed body of the interceptor P leading across the bottom of the ETT tunnel

CONCLUSION

It is possible to offer the following conclusion, derived from the knowledge and experience gained by the monitoring of the risky phase of the tunnel construction:

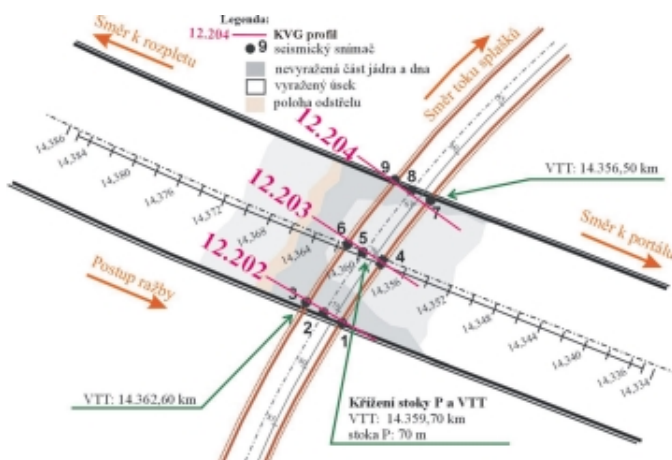
1. It is possible to propose or to allow an immediate contact of a new excavation with operating sewers when the technological discipline in realisation is maintained and the monitoring is performed reliably, at a rational scope.
2. It is possible to consider values of 100 mm/s in determination of seismic loading limits for similar structures.
3. All measurements inside a sewer should be designed as automatic ones, with cable transmission to a measurement station.
4. Favourable conditions for a technical co-operation should be developed by a well-intentioned attitude towards the conditions set out by the operator of a sewerage network in question.

The above conditions are currently being complied with successfully on the construction of the crossing of the IV.C subway running tunnel with the sewer F of the Prague sewerage network.

The above-described manner of protection of an important underground structure affected by a new development is certainly not unique. Although, it has not been quite a common custom for a client, designer and contractor to pay such the attention to hidden, although important structures. An attitude directed by a principle of a higher "weight category" of a newly built structure often prevails. As a result, even sincere tunnelling endeavour is viewed by the public negatively.

REFERENCES

- A. Dvořák: Fundamentals of Engineering Seismics, Prague, 1969
 R. Poděl, J. Voda: Seismic effects of drill and blast operations and their assessment, Pardubice 1984
 A. Dvořák: Seismic effects of blasting operations on Structures, Prague, 1978
 ČSN 73 0040: Loading of structures by technical seismicity and their response
 M. Hrdlička: Monitoring of the impact of the WTT and TTA on the P sewer interceptor, INSET s.r.o., Prague, 2001



Obr. 12 Křížení stoky P a VTT
 Fig. 12 ETT interceptor P crossing



Obr. 11 Těleso sběrače ve dně VTT. Mikropiloty v těsné blízkosti boků sběrače jsou součástí ochranné konstrukce nad jeho klenbou.

Fig. 11 The body of the interceptor at the bottom off the ETT. Mikropiles in the close proximity of the interceptor are a part of the supporting structure above its arch.

TRAMVAJOVÁ TRATĚ HLUBOČEPY – BARRANDOV, ZAKLÁDÁNÍ ESTAKÁDY PŘES RŮŽIČKOVU ROKLI

TRAM TRACK HLUBOČEPY – BARRANDOV, FOUNDATION OF THE ESTACADE OVER RŮŽIČKOVA GORGE

Ing. JIŘÍ STRAKA, NOVÁK & PARTNER, s. r. o., INŽENÝRSKÁ PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ
Ing. PETR MIČUNEK, ŽS BRNO, a. s.

ÚVOD

Myšlenka dopravního spojení mezi Hlubočepý a nově budovanou sídlištní aglomerací na Barrandově formou tramvajové tratě je stará 30 let a byla již zakotvena v urbanistické studii sídliště. V roce 1988 byl schválen investiční záměr, ale až v roce 1994 schválila rada Zastupitelstva hlavního města Prahy přípravu realizace tramvajové tratě. Přípravou a realizací stavby byla pověřena akciová společnost Inženýring dopravních staveb.

Celková délka tramvajové tratě činí 3,5 km a je na ní umístěno 6 zastávek. Je rozdělena na desítky objektů, z nichž nejvýznamnějšími jsou dvě mostní estakády o celkové délce 770 m a dva podjezdy o celkové délce 365 m. Celá trasa tramvajové tratě Hlubočepý – Barrandov řeší nejen nově ekologické dopravní spojení, ale v daném území představuje také výrazný městotvorný prvek. Všechny zastávky, které budou od sebe barevně odlišeny, tvoří výrazné architektonické prvky a vzniknou kolem nich přirozená centra. Jednotnou architektonickou koncepcí tratě včetně jejího vybavení odpovídající počátku 3. tisíciletí vypracoval ing. arch. Patrik Kotas.

V roce 1999 bylo vydáno územní rozhodnutí a v roce 2001 byla vypsána veřejná obchodní soutěž. Vítězem se stalo sdružení firem Subterra, a. s. a ŽS Brno, a. s. Investorem stavby je Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s., generálním projektantem je Metroprojekt Praha, a. s. Zpracovatelem DSP a RDS obou mostních estakád je projektová kancelář Novák a Partner, s. r. o., zhotovitelem obou objektů mostních estakád je ŽS Brno, a. s., závod MOSAN.

MOSTNÍ ESTAKÁDY

Všeobecně

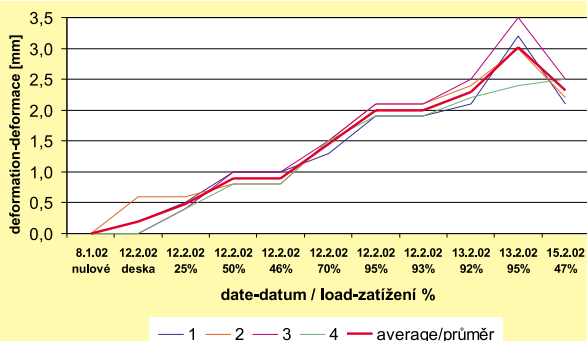
Trasa tramvajové tratě překonává od tramvajové smyčky v Hlubočepích směrem k Novému Barrandovu značný výškový rozdíl a přitom prochází ve velmi členitém terénu údolí Dalejského potoka a Růžičkovy rokli. Její niveleta rychle nabírá stoupání 6,0 % a vede po mostní estakádě dlouhé 472 m, která překračuje Hlubočepskou ulici, železniční trať Praha-Rudná a přimyká se k ulici K Barrandovu. Dále je vedena 110 m po terénu, aby po další mostní estakádě délky 298 m a stoupání 6,2 % překonala Růžičkovu rokli. Poté pokračuje podél výstupní barrandovské komunikace do zastavěné části sídliště Barrandov. Mostní estakády procházejí vesměs ve svazích s hustým porostem a vysokými stromy.

Tvar mostních estakád je navržen tak, aby vyhovoval požadovaným technickým parametrům vyplývajícím z postupu výstavby, odpovídal architektonickému pojetí celé tramvajové tratě a přitom maximálně zapadal do daného prostředí. S ohledem na průběh terénu a jeho nepřístupnost v místě přemostění je pro výstavbu nosných konstrukcí navržena metoda vysouvání.

ZAKLÁDÁNÍ A SPODNÍ STAVBA

Mostní objekty jsou založeny hlubinně na šachtových pilířích nebo vrтанých pilotách. S ohledem na členitost území a proměnnost geologických poměrů je však zakládání obtížné a náročné.

Skalní podklad tvoří devonské horniny - břidlice nebo vápence s krasovými



Tab. 1 Časový průběh deformací

Tab. 1 Deformation in the course of time

INTRODUCTION

The idea of traffic connection between Hlubočepý and the newly constructed residential agglomeration in Barrandov using a tram track is already 30 years old and was already mentioned within urban study of the residential area. An investment project was approved in 1988, but it was not until 1994 when council of the board of representatives of the capital of Prague authorized preparation works for realization of the tram track. Inženýring dopravních staveb a.s. was delegated preparation as well as realization of the construction.

Total length of the tram track reaches 3,5 km where 6 stations are located. It consists of tens of objects, from which two bridge estacades in total length 770 m and two 365 m long underpasses are the most significant ones. The entire tram track Hlubočepý – Barrandov represents not only a new ecological traffic connection, but within the given area also a significant urban-forming element. All of the stations, which will also be distinguished by colours, will form striking architectural elements while natural centres will form around them. Unified architectural concept of the track, including its equipment correspondent to beginning of the third millennium, was elaborated by Ing. Arch. Patrik Kotas.

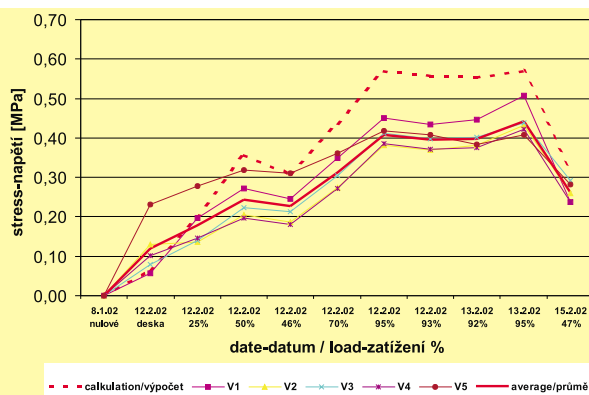
A territorial decree was issued in 1999 and a competitive tender was called in 2001. An association of companies Subterra Inc. a ŽS Brno Inc. won the tender. Dopravní podnik Praha a.s. is the owner, Metroprojekt Praha a.s. the main designer. Designer of DSP and RDS by both bridge estacades will be the design office Novák a Partner s.r.o., contractor for both bridge estacades will be ŽS Brno a.s., division MOSAN.

BRIDGE ESTACADES

General information

The tram track path proceeds from the tram loop in Hlubočepý towards Nový Barrandov through a considerable altitude difference and at the same time passes through a very segmented terrain of valley along the Dalejský brook and the Růžičkova gorge. Its elevation quickly gains a 6% ascent and passes over a 472 m long bridge escapade, overcoming Hlubočepská street, railway track Prague – Rudná and adjoining to the street K Barrandovu. It is further conducted 110 m on the terrain in order to reach another 298 m long bridge escapade and thus overcome the Růžičkova gorge. It continues along the terminal Barrandov station into settled part of the residential area Barrandov. The bridge estacades mostly pass through slopes covered with thick bushes and high trees.

Shape of the bridge estacades is designed so that it would suit to the required technical parameters, deriving from the construction procedure, and at the same time to correspond to architectural concept of the entire tram track as well as to maximally fit into the given environment. With regards to the terrain and its inaccessibility in place of the bridge, a method of incremental launching is designed for construction of the load bearing structures.



Tab. 1 Časový průběh napětí

Tab. 1 Stress in the course of time

jevy a s poruchami až do velkých hloubek (přes 100 m), s překryvem deluviálních sedimentů - svahových hlín a sutí a navážek proměnné mocnosti. S ohledem na bezpečnost stávajícího kanalizačního sběrače a sběrných nádrží byla požadována hloubka zakládání až pod jejich úroveň při současném kontrolním měření deformací. Vzhledem k četným poruchám bylo nutno zajistit dohled odpovědného geologa na stavbě a upravovat hloubku založení dle zjištěných skutečností.

Ve spodní části trasy podél Hlubočepské ul. jsou základové poměry jednoduché. Skalní podloží tvoří pevné vápence nebo břidlice s překryvem náplav Hlubočepského potoka a navážek. V tomto úseku je realizováno založení na vrтанých pilotách \varnothing 1,20 m, vetknutých do skalního podloží. V úseku za Hlubočepskou ul. stoupá trasa již svahem údolí. Skalní podloží tvoří podrcené vápence (lokálně břidlice) s proměnnou hloubkou zkrasovatění s překryvem svahových hlín a sutí. Situaci dále komplikuje stávající kanalizační řad, který probíhá v těsné blízkosti trasy. Zakládání je prováděno na šachtových pilířích \varnothing 3,80 m hloubky až 30 m, se základovou spárou pod úrovní stoky Q. S ohledem na výskyt krasových dutin je prováděno během hloubení monitorování georadarem.

Specifickou lokalitou je staveniště pilířů 3 a 4 v korytě Hlubočepského potoka vyvolávající jeho následnou přeložku a u pilířů 8 a 9, které jsou situovány v ochranném pásmu dráhy v bezprostřední blízkosti tratě ČD. Pro pilíř č. 9 je nutno vybudovat zpevněný přejezd kolejí a ochranné konstrukce drážního provozu. Pilíř je vzhledem k obtížné poloze u kolejí ČD zakládán mělce na mikropilotách.

Spodní stavbu Hlubočepské estakády tvoří železobetonové kruhové pilíře průměru 2,70 m s výškou od 5,90 m do 13,73 m. Pilíře mostu Růžickovy rokle jsou navrženy železobetonové kruhové duté o průměru 3,40 m s tloušťkou stěny 55 cm. Výška pilířů se pohybuje od 13,46 m do 26,59 m. Horní části pilířů jsou zakončeny hlavicemi proměnného elipsovitého půdorysu.

ZAKLÁDÁNÍ ESTAKÁDY PŘES RŮŽICKOVOU ROKLI

V současné době již dokončil ŽS Brno – závod Mosan hlubinné založení celého objektu a dokončuje se výstavba pilířů, opěr a výroby pro nosnou konstrukci. Opěra 0 a pilíře 1 až 7 jsou založeny na šachtových pilířích profilu 3,80 m s proměnnou hloubkou 10 až 30 m, opěra 7 s vazbou na přílehlou výrobu je založena na vrтанých pilotách profilu 1,50 m. S ohledem na složitě geologické poměry byl v předstihu proveden geologický vrt v ose každé podpory a základové poměry detailně konzultovány se zpracovatelem doplňujícího inženýrsko-geologického průzkumu. Situaci dále komplikuje stávající kanalizační řad Q. S ohledem na těsný souběh trasy mostu se stávajícím kanalizačním sběračem bylo nutno dle požadavku správce zahloubit šachtové pilíře až pod jeho úroveň. U pilířů 4 a 5 se předpokládala geologická porucha s podrcením a zkrasovatěním vápenců do hloubek přes 100 m a s nutností sanace paty šachtových pilířů většími mikropiloty či jinou úpravou dle výsledků zkoušek. Výhodou zakládání na šachtových pilířích je detailní ověření geologických podmínek s možností zkoušek in situ i v úrovni základové spáry a s možností prohloubení a rozšíření spodní části a tedy i plochy základové spáry dle výsledků zkoušek.

Dle průzkumných vrtů zasáhla poloha poruchy pilíře č. 3, 4, a 5. Pilíř č. 3 byl prohlouben až na skalní podloží, u pilířů č. 4 a 5 však s ohledem na nedosažitelnost skalního podloží bylo nutno zakládat v rozložených vápencích charakteru štěrku s jílovitými vrstvami. Hloubka šachtových pilířů byla upravena z projektovaných 20 m na cca 24 až 26 m do štěrku pod jílovitou vrstvou. Při vlastním hloubení štěrku odpovídala vrstva podrcených vápenců s různě mocnými vložkami jílu s velkým vyvrážděním, takže sklon vrstev byl velmi proměnný a v oblasti základových spár dosahoval až 60°- 80° a projektovanou základovou spárou procházela šikmo vrstva plastického jílu. Z tohoto důvodu bylo nutno prohloubit základ až do pevnějšího podloží



Obr. 2 Východní pohled na budoucí estakádu přes Růžickovu roklič
Fig. 2 Eastern view of the future estacade over Růžickova gorge



Obr. 3 Napínací pistole
Fig. 3 Tension pistons

FOUNDATION AND THE SUBSTRUCTURE

Bridge objects are constituted underground on shaft pillars or bored piles. With regards to the segmented terrain and variability of geological conditions, however, the founding is complicated and demanding.

The bedrock consists of Devonian rocks – slates or limestones with karst phenomena and faults into large depths (over 100 m), covered with diluvial sediments – slope loams, gravel and fills of various thickness.

With regards to safety of the existing sewer collector and accumulation tanks, a foundation depth was required to reach under their bottom level, with concurrent checking measurement of deformations. And regarding common faults, it was necessary to secure a supervision by a responsible geologist at the construction yard and to adjust the depth according to learned facts.

Foundation conditions are simple in lower track section along the Hlubočepská street. The bedrock consists of solid limestones or slates, covered with alluviums of the Hlubočepský brook and fills. A foundation on \varnothing 1,20 m bored piles, anchored to the bedrock, is realized in this section. In section beyond the Hlubočepská street, the track already ascends up the valley slope. Bedrock consists of crushed limestones (locally slates) with various levels of karstic activity, covered with slope loams and gravel. Situation is further complicated by an existing sewer, which is conducted in close vicinity of the track. The foundation is being realized on \varnothing 3,80 m shaft pillars of 30 m in depth at most, with a foundation base below level of the Q sewer. With regards to occurrence of karstic cavities, a monitoring using a georadar is being carried out.

There are specifications at construction yards of the pillars 3 and 4 in trench of the Hlubočepský brook, evoking its subsequent dislocation, and by pillars 8 and 9, which are located in the right of way of the ČD rails. As for the pillar 9, it was necessary to construct a reinforced crossing of the rails and protective structures for the railway operation. Due to complicated position next to the ČD rails, the pillar is being founded shallowly on micropiles.

Substructure of the Hlubočepská estacade consists of reinforced concrete circular pillars, 2,70 m in diameter with height from 5,90 m to 13,73 m. Bridge pillars over the Růžickova gorge are designed as reinforced concrete, circular and hollow, 3,40 m in diameter and walls 55 cm wide. Height of the pillars ranges from 13,46 m to 26,59 m. Upper parts of the pillars are terminated with heads of variable elliptic shape.

Foundation of estacade over the Růžickova gorge

As of now, ŽS Brno a.s., division MOSAN, has already finished underground foundation of the entire object while construction of pillars, reinforcements and prefabrication plant for the load bearing structure is before completion. Abutment 0 and pillar 1 through 7 are founded on shaft pillars with 3,80 m cross section and variable depth between 10 and 30 m. Abutment 7 with connection to the adjacent assembling structure is founded on bored piles with 1,50 m cross section. With regards to complicated geological conditions, a geological bore along axis of each pier was realized in advance and the foundation conditions subsequently into detail discussed with the supplementary engineering-geological exploration contractor. Situation is being further complicated by the existing Q sewer. Regarding close concurrence of the bridge track with the existing sewer collector, it was necessary, according to requirements of the administrator, to place the shaft pillars still below its level. By pillar 4 and 5, a geological fault with crushed and karstic activity of limestones in depths exceeding 100 m and from that deriving need for remedial measures at the shaft pillars' base, using a fan of micropiles or similar adjustment according to measurement results, were estimated. There is an advantage of founding on shaft pillars in detailed verification of the geological conditions with the possibility of in situ tests, even in the level of the foundation base, and possibility of deepening and expansion of the lower section, thus even of area of the foundation base, according to measurement results.

According to exploratory bores, that fault area stroke the pillar 3, 4 and 5. Pillar 3 was excavated all the way to bedrock, by pillars 4 and 5 it was necessary, due to inaccessibility of the bedrock, to found in decomposed limestones in form of gravel with clayey layers. Depth of the shaft pillars was adjusted from designed 20 m to app. 24 to 26 m into gravel below the clayey layer. During the excavation, a layer of crushed limestones with variously thick inlets of clays with significant folding corresponded to the gravel. The dip of the layers was very variable and at the foundation levels reached even 60° to 80° while the designed foundation base was crossed by inclined layer of plastic clay. From this reason it was necessary to excavate the foundation into more solid bedding in depth of 29 to 30 m. The designed pre-tensioned continuous load bearing structure requires a minimum differential settlement of supports within 10 mm and calculation value for settlement of the pillars 4 and 5 ranged between 25 and 50 mm compared to other pillars founded on solid limestones. Because of this, a loading test was carried out in order to verify the deformation modulus and to accelerate consolidation of the bedding. Size of the settlement will be monitored during the construction for eventual elevation rectification of the bearings.

REALIZATION AND PROGRESS OF THE CONSTRUCTION

Along the entire object section, the track ascends up a steep valley slope and therefore it was largely complicated to provide access as well as minimal working platforms. Spaces for the excavation were significantly minimized, which also placed increased demands on organization of the individual working activities.

Mechanical as well as manual method was used for rock disintegration works. An elaboration of small-scale blasting works was then a chapter on its own. As from the mechanical equipment, mostly mobile types of machines were used. For excavation in softer rocks, an RDK device with amplitude of 10 to 12 m proved satisfactory. Vertical transport for the technology of

v hloubce 29 až 30 m. Navržená předpjatá spojitá nosná konstrukce vyžaduje minimální nerovnoměrný pokles podpor do 10 mm a výpočtová hodnota sedání pilířů 4 a 5 se pohybovala v řádu 25-50 mm oproti ostatním pilířům založeným v pevných vápencích. Z tohoto důvodu byla provedena zatěžovací zkouška pro ověření deformačního modulu a urychlení konsolidace podloží. Velikost sedání bude během stavby monitorována pro případnou výškovou rektifikaci ložisek.

PROVÁDĚNÍ A POSTUP VÝSTAVBY

V celém úseku objektu stoupá trasa strmým svahem údolí, a proto bylo značně obtížné zajistit příjezd a minimální pracovní plošiny. Prostory pro samotná hloubení byly značně minimalizovány, což s sebou přinášelo zvýšené nároky na organizaci jednotlivých pracovních činností.

K rozpojování horniny byl použit strojní i ruční způsob. Samostatnou kapitolou bylo pak provádění trhacích prací malého rozsahu. Ze strojních zařízení se použily většího zařízení mobilního typu. Pro zahlubování v měkkých horninách se osvědčil stroj typu RDK s dosahem 10-12 m. Svislá doprava pro technologii trhacích prací a v hloubkách do asi 17 m byla realizována jeřáby typu OVJ, hlouběji pak typu ADK.

Stěny šachtového pilíře byly rozepřeny prstenci z ocelové důlní výztuže K 21 v osové vzdálenosti 1 m. Pažení horní části bylo provedeno jako příložené ocelovým pažením, ve střední a spodní části stříkaným betonem v kombinaci s výztužnou sítí. Tato primární výztuž byla prováděna v tl. 150 mm.

V rámci 1 pracovního záběru se provedlo:

- navrtání čelby za účelem provádění TPMR
- trhací práce malého rozsahu (TPMR)
- prohloubení výkopu šachtového pilíře o 1 m – max 1,5 m pod rozpěrný rám
- osazení KARI sítě výšky 1,5 m
- osazení rozpěrného rámu profilu K21 a zajištění závěsem na horní rám v hloubce 1 m
- nástřík betonu (torkretu) na stěny a výztužné sítě do úrovně spodního prstence v tloušťce 150 mm (min. 100 mm)
- vystrojení hloubení lezním oddělením, rozvody médií

Použití trhacích prací k rozpojování horniny bylo odvislé od pevnosti zastřežených hornin při hloubení šachet, tj. byly provedeny u šachet pro mostní podpěry č. 0, 1, 2 přes Růžičkovu roklí a č. 11, 10, 8, 7 při estakádě Hlubočepské. V blízkém okolí se nachází Barrandovská radiála, železniční trať ČD, betonové retenční nádrže a samotný sběrač Q, obytná zástavba a inženýrské sítě městské vybavenosti. Objektem v zájmové oblasti stavby se staly i samotné čerstvé betonové konstrukce budoucích estakád. Z důvodu stanovení stupně porušení u pozemních stavebních konstrukcí (kat. A, B, C, D, E) na 0, tj. bez porušení, bylo dominantně použito opatrné technologie trhacích prací (OTP) s použitím velmi malých náloží v členěném postupu hloubení a jejich vyloučení v těsném kontaktu se stokou Q. Úseky hloubení do 8 m byly limitovány vůči působení přetlakových účinků na okolí. Výpočtové hodnoty dynamického zatížení staveb a ostatních objektů byly při samotném provádění konfrontovány se skutečnými formou seismických měření doplněných o dilatometrická měření. Při provádění byly dodržovány i tlakovzdušné a fyziologické přípustné hodnoty.

S ohledem na předpokládaný výskyt krasových dutin se prováděno monitorování prostorů dna a stěn georadarem. Při vlastní ražbě byly případné dutiny převážně již druhotně vyplněny měkkým materiálem bez nároku na další sanaci. Současně s ražbou probíhalo i upřesňování geologické situace. Na

blasting works in depths within 17 m was realized by cranes of OVJ type, in deeper locations by ADK type.

Walls of the shaft pillar were supported with rings of the steel colliery arches K 21 in axial distance of 1 m. Formwork of the upper part was realized as additional steel formwork, in the middle part using shotcrete in combination with reinforcing mesh. This primary support was realized in width of 150 mm.

Within the frame of the first working phase, it was realized:

- bores in the face in order to carry out SSBW
- small-scale blasting works (SSBW)
- deepening of the shaft pillar excavation by 1 to max. 1,5 m below the bracing frame
- installation of a 1,5 m high KARI mesh
- installation of a bracing frame of K 21 cross section in 1 m depth, and provision by suspension on the upper frame
- application of 150 mm thick (min. of 100 mm) shotcrete on walls, and reinforcement mesh till the level of lower ring
- equipment of the ditch with a by-lane, media installation

Use of blasting works for rock disintegration works was dependent on solidity of the actual rocks found during shafts excavations, i.e. they were used in shafts for bridge supports 0,1,2 over Růžičkova gorge and in shafts 7, 8, 10, 11 for Hlubočepská estacade. The Barrandovská artery, ČD railway track, concrete retention tanks and the Q sewer, civil structures and engineering networks of the urban grid all can be found in the vicinity. Even the new concrete structures of future estacades have become object of interest within the area of construction. From the reasons of specification of the level of damaging of surface structures and buildings (cat. A, B, C, D, E) to be 0, i.e. without damage, a cautious technology of blasting works was predominantly used, using very small charges during segmented proceeding of excavation and exclusion of their direct contact with the Q sewer. Excavation sections till 8 m were limited against the impact of overpressure effects on the surrounding. Calculation values of the dynamical loading of structures and other objects were during the realization confronted with the actual methods of seismic measurements, supplemented with dilatometric measurement. Physiological as well as air pressure related allowed limits have been kept during the realization.

With regards to estimated occurrence of karstic cavities, monitoring of the bedding and walls was carried out using a georadar. During the own excavation, eventual cavities were, mostly already secondarily, filled with softer material without demands for further remedial measures. Along with the excavation, refining of the geological situation advanced. Based on ascertained conditions in which the work will be carried out, a correspondent technological procedure, which had been elaborated as an alternative one, was determined.

Speed of advancement corresponded to the given conditions and ranged between 1,5 and 2 m per day in dependence on the depths and selected technology.

After the required bedding level was reached and the foundation level was approved by geologist, secondary reinforcement was installed. Then, concrete placement of the shaft pillar into required level was realized – app. 3 m below the working platform. Concrete placement was being carried out without lateral day joints along the entire pillar height in layers. Core of the pillar was made of concrete mix C20/25 Sap 5a with S3 consistency. During gradual concrete placement of the first core, measurement of development of



Obr. 1 Západní pohled na budoucí estakádu přes Růžičkovu roklí
Fig. 1 Western view of the future estacade over Růžičkova gorge



Obr. 4 Hloubení strojem RDK
Fig. 4 Excavation using the RDK machine



Obr. 6 Betonáž šachtového pilíře
Fig. 6 Concrete placement of the shaft pillar



Obr. 5 Šachtový pilíř
Fig. 5 Shaft pillar

základě zjišťovaných poměrů, ve kterých bude dílo vedeno, byl stanovován odpovídající technologický postup, který byl zpracován jako alternativní. Rychlost postupu odpovídala daným podmínkám a pohybovala se 1,5 - 2 m na den v závislosti na hloubkách a zvolené technologii.

Po dosažení předepsané úrovně dna a převzetí základové spáry geologem se osadila sekundární výztuž. Poté se provedla betonáž šachtového pilíře do předepsané úrovně – cca 3 m pod pracovní plošinu. Betonáž se prováděla bez příčných pracovních spár po celé výšce pilíře po vrstvách. Jádru pilíře bylo zhotoveno z betonové směsi C20/25 Sap 5a o konzistenci S3. Po dobu plynulé betonáže jádra se provádělo měření vývinu hydratačního tepla. Na základě opatření plynoucích z naměřených hodnot byly nadále provedeny ostatní výplně jader pilířů.

V současné době je již vyhloubeno asi 210 m důlního díla. Ražení probíhalo ve velice složitých a různorodých hydrogeologických podmínkách, kdy jsou u hlubočepské estakády základové spáry situovány i pod hladinou řeky Vltavy. Samotné technologie jednotlivých operací a provádění hloubení v městské zástavbě byly velmi různorodé, což s sebou přinášelo zvýšené nároky na zkušenosti razičů a jejich technické vedení. I vzhledem k nepříznivým skutečnostem při zakládání byl dodržen harmonogram založení, a tím byly vytvořeny předpoklady ke zdárnému ukončení stavby ve smluvním termínu.

ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA NA PILÍŘI Č. 4 A 5

Pro snížení sedání pilířů 4 a 5 se v předstihu provedla železobetonová základová deska tloušťky 3 m a jejím přikotvením se vyvolala předčasná částečná konsolidace podloží a ověřil deformační modul (obdoba zatěžovací zkoušky). Pro vyhodnocení účinnosti byla prováděna měření a sledování napjatosti a deformace základové desky i podloží v jednotlivých fázích:

- 1- po vybetonování desky
- 2- před napínáním 1 čtveřice kotev
- 3- po napnutí 1 čtveřice kotev na 50 % (2,4 MN)
- 4- po napnutí 1 čtveřice kotev na 100 % (4,8 MN)
- 5- po zakotvení
- 6- před napínáním 2 čtveřice kotev
- 7- po napnutí 2 čtveřice kotev na 50 % (7,2 MN)
- 8- po napnutí 2 čtveřice kotev na 100 % (9,6 MN)
- 9- po zakotvení
- 10- před dopnutím 1 čtveřice kotev
- 11- po dopnutí 1 čtveřice kotev na 100 %
- 12- po odkotvení 1 čtveřice kotev

ZATĚŽOVÁNÍ ZÁKLADOVÉ DESKY

Zatížení základové desky bylo vyvoláno 8 dočasnými šestipramencovými zemními kotvami Lp 15,5 - 1800, max. silou 1,29 MN, projektované délky 23 a 28 m s kořenem délky 15 m. Skutečné délky vrtů se prodloužily a volné délky kotev byly 13,0 a 17,5 m. Pro minimální ztráty a maximálně rovnoměrné zatěžování byly napínány současně vždy 4 kotvy a zakotveny při max. osově síle 1,20 MN. U pilíře 5 se 1 čtveřice kotev ještě dodatečně doplnila na 100 % a následně uvolnila. Z technologických důvodů se pro vrtání, osazování a předpínání kotev zvětšil průměr šachtového pilíře v prostoru základové desky z 3,80 m na 4,20 m, ale i tak bylo pracoviště velmi stisněné a nebylo možno zvýšit počet zemních kotev.

MĚŘENÍ A SLEDOVÁNÍ

Pro měření napjatosti v podzákladí bylo osazeno a měřeno 5 měřících vaků - 4 po obvodu v hlavních osách a 1 pod středem desky. Měření sedání se provádělo u 4 měřících bodů po obvodu základové desky v hlavních osách oproti pevným bodům na oddílované obezdívce šachty (ocelové rámy K21) s přesností 0,1 mm. Kontrolně se zaměřil i povrch obezdívky šachtového pilíře před a po zkoušce. Časový průběh zkoušky a naměřené hodnoty jsou vyneseny v příložených grafech. Z porovnání zatížení a deformací byl upřesněn deformační modul podloží pro upřesnění reálných hodnot sedání. Vrtáním kotev byl doplněn i geologický průzkum ještě cca 30 m pod základovou spáru a následnou tlakovou injektáží kořenů došlo i k částečnému zpevnění podloží. Sledování napjatosti a sedání bude dále monitorováno během výstavby pro upřesnění nadvýšení s případnou možností i dodatečné výškové rektifikace ložisek.

ZÁVĚR

Stavba TT Hlubočepy - Barrandov je významnou dopravní stavbou na území hlavního města srovnatelná s dostavbou jednotlivých tras metra. Technická náročnost mostních objektů s ohledem na obtížné základové poměry dané lokalitě a u nás ojedinělý způsob výstavby vysouváním zakřivené konstrukce s brzděním ve značném spádu 6,2 % a časový tlak na dokončení díla kladou vysoké nároky na přípravu, projekt i realizaci díla. Bude třeba provádět řadu kontrolních měření a sledování konstrukce při její realizaci i při jejím provozu. Již v rámci projektu byly použity nestandardní postupy, alternativní výpočetní modely, kontrolní výpočty na specializovaných pracovištích apod. Na vyřešení řady problémů během prací na projektu i při realizaci spolupracují se zodpovědným projektantem, kanceláří Novák & PARTNER, s. r. o., a dodavatelem obou mostních estakád ZS Brno, a.s., pracovní týmy dalších projekčních a dodavatelských firem.

Veškerá projekční a prováděcí činnost je kromě vyřešení technických problémů s výstavbou nejen náročných mostních konstrukcí, ale celé řady dalších objektů trasy podřízena časovému tlaku spojenému s termínem zahájení zkušebního provozu TT stanoveným na 15. 12. 2003. K zajištění tohoto termínu je třeba pokračovat v započaté spolupráci všech zúčastněných partnerů výstavby a přispět tak k vytvoření ojedinělého stavebního díla, které bude přínosem v dalším urbanistickém vývoji města.

the hydration heat was carried out. Based on measures deriving from the measured values, fillings of further pillar cores were realized.

As of now, app. 210 m of the underground works has already been excavated. Excavation proceeded in very complicated and diversified hydrogeological conditions, when at the Hlubočepská estacade the foundation bases are located even below level of the Vltava river. Own technologies of individual operations and realization of excavation within urban settlement were very diversified, and that brought along increased demands on experience of the miners and their operation management. Despite unfavourable facts during the founding operations, timetable of the founding has been kept and thus grounds for successful completion of the structure within contractual date laid.

Loading tests at pillars 4 and 5

In order to reduce settlement of pillars 4 and 5, a 3 m wide foundation slab from reinforced concrete had been installed in advance and by its anchoring a premature partial bedding consolidation was evoked and subsequently verified by the deformation modulus (analogy of the loading test). After evaluation of effectiveness, measurements and monitoring of the tension as well as deformation of the foundation slab and bedding within individual phases were being carried out:

- 1- after concrete placement of the slab
- 2- before tensioning of the first anchor quaternion
- 3- after tensioning of the first anchor quaternion on 50% (2,4 MN)
- 4- after tensioning of the first anchor quaternion on 100% (4,8 MN)
- 5- after anchoring
- 6- before tensioning of the second anchor quaternion
- 7- after tensioning of the second anchor quaternion on 50% (7,2 MN)
- 8- after tensioning of the second anchor quaternion on 100% (9,6 MN)
- 9- after anchoring
- 10- before final tensioning of the first anchor quaternion
- 11- after final tensioning of the first anchor quaternion on 100%
- 12- after releasing of the first anchor quaternion

LOADING OF THE FOUNDATION SLAB

Loading of the foundation slab was evoked by 8 temporary six-strand ground anchors Lp 15,5 - 1800, under a max. force of 1,29 MN, with designed length 23 a 28 m and 15 m long base. Actual bore lengths were extended while loose lengths of anchors were 13,0 a 17,5 m. In order to have minimal losses as well as maximal equal loading, always all the 4 anchors were tensioned and anchored at the same time under a maximum axial force of 1,20 MN. By pillar 5, one anchor quaternion was additionally tensioned on 100% and subsequently released. From technological reasons concerning boring, installation and pre-tensioning of anchors, diameter of the shaft pillar in area of the foundation slab increased from 3,80 to 4,20 m, but still even then was the workplace very confined and thus the number of ground anchors could not be increased.

MEASUREMENT AND MONITORING

In order to be able to measure tension below the foundation, 5 measurement kits were installed - 4 along periphery in main axes and 1 below the slab's centre. The settlement measurement was carried out by 4 measurement points along periphery of the foundation slab in main axes compared to solid points on the dilation-free shaft lining (steel frames K21) with a 0,01 accuracy. Surface of the shaft pillar lining before and after the test was measured just for check. Time course during the test and obtained values are stated within enclosed graphs. From comparison of the loading and deformations, a deformation modulus of the bedding for determination of the actual settlement values was refined. Through anchor boring, a geological exploration still app. 30 m below the foundation level was additionally realized and using a subsequent pressure grouting of the bases, a partial bedding consolidation was reached. Monitoring of the tension as well as settlement will be further supervised during the construction in order to determine elevation and eventual possibility of additional elevation rectification of the bearings.

CONCLUSION

The structure TT Hlubočepy - Barrandov is a significant traffic structure within area of the capital of Prague, comparable perhaps only with extension of individual subway lines. Technical complexity of the bridge objects with regards to complicated foundation conditions of the given locality and by its unique method of construction by incremental launching of curved structure with braking in large descent of 6,2 % as well as time pressure on work completion put high demands on preparation, design as well as realization of the work. Several checking measurements will have to be carried out while the structure will have to be monitored during realization as well as by operation. Already within the frame of design, unconventional methods have been used, such as alternative calculation models, backup calculations within specialized workplaces etc. Along with the responsible designer Novák & PARTNER s.r.o. and contractor for both bridge estacades ZS Brno, a.s., working teams of other designing and contracting companies cooperate in solving problems during works on design as well as during realization. The entire designing and realization activity is, beside dealing with technical problems during construction of not only complicated bridge structures, but also of entire row of other objects, exposed to time pressure connected with the date of commencement of trial operation of the TT as of 15.12. 2003. In order to keep this date, it is necessary to continue in started cooperation of all concerned construction partners and thus contribute to creation of a unique civil engineering works, which will itself be a contribution to further urban development of the city.

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

WORLD OF UNDEGROUND CONSTRUCTION

LEFORTOVSKÝ TUNEL V MOSKĚ

Na pozvání stavební organizace TRANSSTROJ prezentoval autor tohoto článku spolu s ing. J. Štefanem řídicí a bezpečnostní systémy dodávané pro vybavení tunelů společností Eltodo EG a Eltodo dopravní systémy. Zároveň byla prezentována situace v bezpečnostních standardech a projektu Ministerstva dopravy a spojů „Analýza a řízení rizik v tunelech pozemních komunikací“. Prezentace se účastnilo osmnáct projekčních a dodavatelských organizací převážně z Moskvy a byl položen základ pro další a širší spolupráci. Kolegové mají zájem například o převedení technických podmínek TP98 Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací a TP154 Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací do ruskiny. Kromě toho je velmi zaujala činnost Výboru pro bezpečnost, který pracuje v rámci národního komitétu ITA/AITES.

Vedení společnosti TRANSSTROJ zorganizovalo návštěvu naší delegace v nově raženém Lefortovském tunelu. Ten je ražen razicími stroji a práce jsou vedeny velmi profesionálně. V současné době je vyraženo přes 300 metrů. V dalším textu jsou shrnuty některé poznatky, hlavně ve formě fotoreportáže. Další údaje, hlavně z hlediska volby technologie ražení, jsou v článku [1].

Trasa tunelu prochází pod řekou Jauza a teritoriem unikátního historického souboru staveb a parků nazývaných také Moskevské Versailles. Trasa je součástí třetího moskevského okruhu, který je po částech stažen od osmdesátých let. V oblasti Lefortova byla trasa přerušena a byly zvažovány varianty přemostění estakádou, hloubení nebo ražení tunel a také se uvažovalo o objízďce tohoto území. Postupně byly jednotlivé varianty vylučovány a v roce 1996 rozhodla moskevská vláda o raženém tunelu a jeho trase. Ihned v dalším roce byl vyhlášen mezinárodní tendr na projekt, který vyhrálo konsorcium projekčních organizací Mosinzprojekt, Metrogiprotans, Gidrospeceprojekt a dvě zahraniční společnosti. Vlastní výběrové řízení na realizaci tunelu vyhrála společnost Metrogiprotans, která patří do korporace Transstroj. Podélný profil tunelu celkové délky 2,5 km (část prováděná razicími stroji 2,056 km) je na obr. 1. Relativně velké stoupání u obou portálů (4,5 %) odpovídá platným národním normám Silnice pro motorová vozidla SNiP 2.05.02-85. Z hlediska dnešních poznatků, týkajících se bezpečnosti budoucího silničního provozu by však bylo vhodnější, zejména s ohledem na očekávané vysoké intenzity budoucího dopravního provozu, uspořádat spádové podmínky v tunelech do max. 2,5% stoupání.

Pro realizaci tunelu byl vybrán razicí stroj společnosti Herrenknecht o průměru 14,2 m. Vlastní tunel bude mít čistý průměr 12,35 m a železobetonové dílce ostění jsou silné 70 cm. Příčný profil je znázorněn na obr. 2 a je zde patrné, že dopravně tvoří tunel tři jízdní pruhy, každý široký 3,5 m, a bude použita příčná ventilace. Další detaily o vybavení tunelu budou diskutovány na další schůzce v Moskvě.

Tento razicí stroj nejprve prošel vzdálenost 2560 m v Hamburku pod Labem při ražení čtvrté trouby Labského tunelu. Zde byla dosažena horizontální a vertikální odchylka maximálně +/- 30 mm a ve složitých geologických podmínkách byl průměrný denní postup 5,5 m. Celý stroj byl poté repasován s tím, že byl hlavně upraven vlastní štít stroje pro geologické podmínky Moskvy a elektrická a hydraulická soustrojí byly vyměněny pouze pokud to bylo nutné. Do současné doby se nevykřily při ražbě sebemenší problémy. V kontraktu na dodávku razicího stroje byla uzavřena dohoda, že pracovníci firmy Herrenknecht se účastní po dobu tří měsíců ražby, a tím i zaškolí místní pracovníky. V další části článku je fotoreportáž z návštěvy tunelu Lefortovo.

ZÁVĚR

Na závěr dovolte osobní poznámku autora článku: Rozhodně nejsem odborníkem na ražbu tunelů, ale na druhé straně jsem měl možnost navštívit a vidět několik razicího strojů v zahraničí. Byl jsem velmi rád, že jsme měli možnost tento tunel vidět. Je zde odváděna téměř dokonalá práce. Celou stavbou, včetně hal pro separaci bentonitu, jsme prošli v polobotkách, aniž bychom se kdekoli zamazali. Všude vládne dokonalý pořádek a velmi dobrá organizace práce.

Myslím si, že je nutné navázat s našimi kolegy z Ruska užší kontakty a vyměňovat si zkušenosti. Na poli řízení dopravy a bezpečnosti v tunelech byly kontakty navázány a ruská strana má zájem na jejich pokračování. Také by prospělo publikování našich zkušeností v časopisu tunelové asociace Ruska Metro i tonneli, který sice vychází pouze rusky, ale má vysokou odbornou úroveň a je čten širokou odbornou veřejností.

Poděkování:

Autor děkuje ing. J. Smolíkovi z tunelové sekce Silniční společnosti za odbornou korekturu a doplnění článku a ing. J. Štefanovi za fotografické dokumentování návštěvy.

LITERATURA

[1] Jackov B., Sinickij G a další: Lefortovské tunely; Jak stavět – hloubením či ražením (rusky), Metro i tonneli, č. 4, August 2001



Obr. 1 Podélný profil tunelu

Fig. 1 Longitudinal tunnel profile

LEFORTOVO TUNNEL IN MOSCOW

Upon invitation from engineering company TRANSSTROJ, author of this article along with Ing. Stefan presented controlling and safety systems supplied for tunnel equipment by companies Eltodo EG and Eltodo Traffic Systems. At the same time, a situation within safety standards and project of the Ministry of Transport and Communications "Analysis and management of risks in tunnels at road communications" was presented. 18 designing and supplying organizations mostly from Moscow took part in the presentation while grounds for further and broader cooperation have been laid. Colleagues for instance expressed interest for transferring the specification TP98 "Technological equipment of road tunnels" as well as TP154 "Operation, administration and maintenance of road tunnels" into Russian. Beside that, they were attracted by activity of the Committee on safety, which works within framework of the ITA/AITES national committee. Management of the TRANSSTROJ company organized an excursion into the newly excavated Lefortovo tunnel for our delegation. It is being excavated using a tunnel boring machine and the works are being carried out very professionally. As of now, more than 300 m are excavated. Some information, mostly in the form of figure report, is summarized in the following text. More information, especially from the viewpoint of selection of the excavation technology, can be found in article [1].

Tunnel route underpasses the Jauza river and crosses a territory of unique set of historical structures and parks, also called "Moscow Versailles". The route is a part of the third Moscow ring road, which is by sections under construction since the eighties. In the area of Lefortovo, the route was halted and alternatives such as estacade bridge, cut-and-cover or mined tunnel or even bypass road were being considered. Individual options have been gradually eliminated and in 1996, the Moscow government decided for mined tunnel and its alignment. Already in the following year, an international tender was called on the project, which was later won by consortium of designing organizations Mosinzprojekt, Metrogiprotans, Gidrospeceprojekt and two foreign companies. The competitive tender for realization of the tunnel was won by Metrogiprotans, which belongs to the Transstroj corporation. Longitudinal tunnel profile in the total length of 2,5 km (the section realized by TBM 2,056 km) is on fig. 1. A relatively steep ascending by both portals (4,5 %) respects valid national regulations "Roads for motor-drive vehicles" SNiP 2.05.02-85. However, from the viewpoint of today's knowledge concerning safety of the future traffic operation, it would be more suitable, especially with regards to expected high intensity of the traffic operation, to adjust slope conditions in the tunnels to a maximum ascent of 2,5 %.

For realization of the tunnel, a TBM of the Herrenknecht company with the cutterhead diameter of 14,2 m was selected. The own tunnel will have a net diameter of 12,35 m while lining blocks from reinforced concrete will be 70 cm wide. Cross profile can be seen on Fig. 2 and it is clear that as far traffic is concerned, the tunnel will consist of 3 lanes each 3,5 m wide while lateral ventilation will be used. Further details about tunnel equipment will be discussed during our next meeting in Moscow. This driving machine first proceeded the distance of 2560 m in Hamburg below Elbe during excavation of the fourth tunnel tube of the Elbe tunnel. As for here, a horizontal and vertical deviation of +/- 30 mm at most was reached while within complicated geological condition, the average daily progress made 5,5 m. The entire machine was then sold under main condition that the own machine shield was adjusted to geological conditions of Moscow. Electrical and hydraulic aggregates were replaced only when necessary. Up until now, absolutely no problems have appeared during the excavation. Within contract on supply of the driving machine, an agreement was signed that employees of the Herrenknecht company will for the period of 3 months participate at the excavation and thus also educate local workers. Next part of the article contains figure report from excursion to the Lefortovo tunnel.

For realization of the tunnel, a TBM of the Herrenknecht company with the cutterhead diameter of 14,2 m was selected. The own tunnel will have a net diameter of 12,35 m while lining blocks from reinforced concrete will be 70 cm wide. Cross profile can be seen on Fig. 2 and it is clear that as far traffic is concerned, the tunnel will consist of 3 lanes each 3,5 m wide while lateral ventilation will be used. Further details about tunnel equipment will be discussed during our next meeting in Moscow.

This driving machine first proceeded the distance of 2560 m in Hamburg below Elbe during excavation of the fourth tunnel tube of the Elbe tunnel. As for here, a horizontal and vertical deviation of +/- 30 mm at most was reached while within complicated geological condition, the average daily progress made 5,5 m. The entire machine was then sold under main condition that the own machine shield was adjusted to geological conditions of Moscow. Electrical and hydraulic aggregates were replaced only when necessary. Up until now, absolutely no problems have appeared during the excavation. Within contract on supply of the driving machine, an agreement was signed that employees of the Herrenknecht company will for the period of 3 months participate at the excavation and thus also educate local workers. Next part of the article contains figure report from excursion to the Lefortovo tunnel.

CONCLUSION

In conclusion please allow personal observation of the author: I am definitely no professional in the field of tunnel excavation, but on the other hand I have had the opportunity to visit and see for myself several tunnel boring machines abroad. I was very glad to have this opportunity to see this tunnel. An almost perfect work is being carried out here. We went through the entire construction site, including the halls for separation of bentonite, in our shoes without actually having any dirt of them. There is an outstanding order and good work organization everywhere.

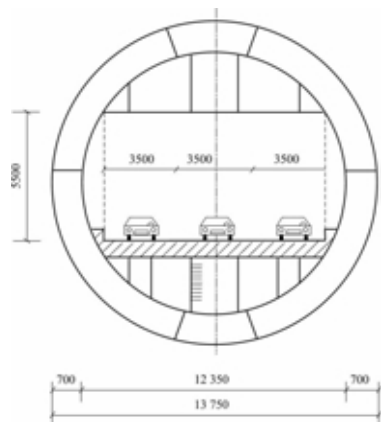
I think it is essential to establish closer contacts with our Russian colleagues as well as exchange experience. In the field of traffic control and safety in tunnels, contacts have already been established while the Russian side keeps interest in their continuance. It would also be a contribution to publish our experience within "Metro i tonneli" magazine of the Russian tunneling association, which, although being published only in Russian, has a high professional level and is read by vast professional community.

Special thanks:

The author would like to thank to Ing. J. Smolík from Tunnel Department of the Road Association for relevant feedback and perfection of the article as well as to Ing. J. Štefan for photo-documentation of the excursion.

LITERATURE:

[1] Jackov B., Sinickij G. et al: Lefortovo tunnels; How to construct – cut-and-cover or mining (in Russian), Metro i tonneli, no. 4, August 2001.



Obr. 2 Příčný profil tunelu
Fig. 2 Tunnel cross profile



Obr. 3 Montážní jeřáb – zde byl sestaven vlastní štít, nyní slouží jeřáb k zavážení segmentů ostění do tunelu.
Fig. 3 An assembling crane; the shield was assembled here, now the crane supplies lining into the tunnel



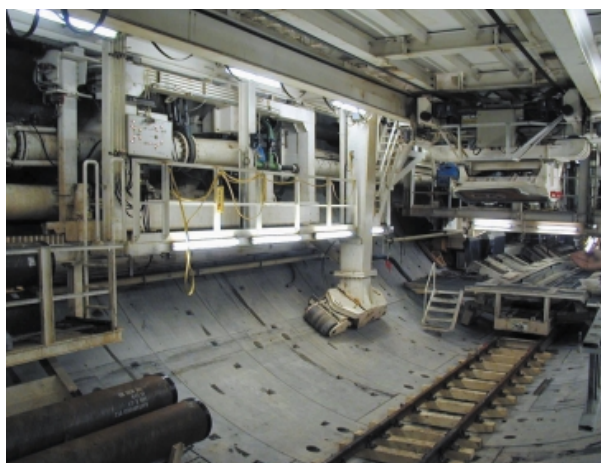
Obr. 4 Detail ze skladu železobetonových dílců. Vše je provedeno s maximální precizností. Každý díl je označen a má své místo ve skladu.
Fig. 4 Detail from storage of the reinforced concrete lining. Everything is carried out with highest precision. Every piece is labeled and has its place in the storage



Obr. 5 Montážní jáma a vstup do vlastního tunelu
Fig. 5 An assembling pit and access to the tunnel



Obr. 8 Celkový pohled na razicí stroj
Fig. 8 A global view of the boring machine



Obr. 7 Začátek hlavy stroje. Nalevo připraveno potrubí, které je prodlužováno po 6 m.
Fig. 7 Front end of the cutterhead. To the left a prepared pipeline, which takes place every 6 m.



Obr. 6 Hotová tunelová trouba. Nalevo potrubí pro přívod bentonitu a odvod zeminové suspenze, napravo pochozí lávka, napájecí kabely, vzduch apod. Celý profil je absolutně suchý, přestože je zde hladina spodní vody 2 m pod terémem.
Fig. 6: Final tunnel tube. To the left pipeline for inflow of bentonite and drain of spoil, to the right an emergency walkway, power cables, air etc The entire profile is absolutely dry, although there is a groundwater table of 2 m under the surface.

TECHNICKÉ ZAJÍMAVOSTI

TECHNICAL MATTERS OF INTEREST

REVOLUČNÍ TECHNOLOGIE BEZKONTAKTNÍHO MĚŘENÍ A 3D MODELOVÁNÍ

REVOLUTIONARY TECHNOLOGY OF CONTACTLESS MEASUREMENT AND 3D MODELLING

LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

LASER SCANNING

Laserové skenování je dokonalým spojením geodetické a fotogrammetrické metody a představuje zcela nový přístup k pořizování prostorových informací o inženýrských i podzemních konstrukcích. Tato mimořádná technologie znamená doslova revoluci pro terénní práci geodetů, neboť velmi výrazně snižuje pracovní zátěž a poskytuje přesné a zejména komplexní údaje o skutečném stavu objektů pro efektivnější 3D modelování a projektování.

Jeden z nejlepších současných systémů se v loňském roce objevil v v sortimentu geodetických a laserových zařízení společnosti LEICA Geosystems AG. Jedná se o 3D laserový skenovací systém Cyrax 2500, zkonstruovaný americkou firmou CYRA Technologies, Inc. Jako první v České republice systém Cyrax zakoupila Stavební geologie – Geotechnika, a. s., a od ledna 2002 tato progresivní technologie významně obohacuje nabídku služeb inženýrské geodézie SG – Geotechnika, a. s.

Princip nové technologie

Systém Cyrax umožňuje bezkontaktní zaměřování třírozměrné geometrie, 3D modelování a vizualizaci složitých staveb a konstrukcí, interiérů, podzemních prostor, libovolného terénu atp. s mimořádnou rychlostí, přesností, kompletností a bezpečností. Virtuální 3D model nasnímání objektu je pomocí softwaru Cyclone zobrazen ve formě tzv. mraku bodů (point clouds) a lze jej převést do CAD systémů ve 2D nebo 3D – nejběžněji do formátů DGN (MicroStation) nebo DWG, DXF (AutoCAD).

Systém kombinuje nejmodernější pulsní laserovou technologii, která detekuje přirozený povrch na vzdálenost až 100 m s optikou, která umožňuje sto tisíc 3D měření v několika minutách. Vysoké přesnosti zaměření každého bodu i při dlouhých záměrech dosahuje systém Cyrax použitím pulsního laseru s několika jedinečnými schopnostmi. Laser vysílá více než 1000 pulsů v každém skenovaném sloupci a pro získání vzdálenosti měří u každého bodu tranzitní čas. Systém registruje rovněž intenzitu odraženého záření, na jejím základě je vytvořen mrak bodů a podle intenzity záření je bodům přiřazen stupeň šedi nebo barva pro zobrazení.

Technické parametry

Skenér je vybaven digitální videokamerou pro snímání náhledů (preview) a určování zorného pole skenování, které může být maximálně 40° x 40°. Hustota bodů v nasnímání mraku, tj. minimální vzdálenost mezi sousedními body, může být až 0,25 mm, což umožňuje přesné zaznamenání všech detailů, maximální počet bodů v jednom skenu (zaměření) však nemůže přesáhnout hodnotu součinu 999 x 999. U každého bodu mraku jsou změřeny směry a vzdálenosti od přístroje, takže je přesně určena jeho prostorová poloha. Při doporučené pracovní vzdálenosti 1,5 m až 50 m systém Cyrax dosahuje prostorové přesnosti ±6 mm na jeden měřený bod nebo ±2 mm pro následně modelovanou plochu.

Zelený laser třídy II, který je bezpečný pro zrak, lze použít za jakýchkoliv světelných podmínek, dokonce i v naprosté tmě, a to bez narušení probíhajícího provozu nebo stavebních činností. Přístroj má hmotnost cca 20 kg, lze jej obsluhovat pouze jednou osobou a jeho rozměry umožňují transport otvorem šířky 460 mm. Může se otáčet kolem své osy o 360°, vertikální rotace je od +105° do -90°. Výrobce udává teplotu prostředí pro skenování je 0° až 40 °C. Skenér lze jednoduše přemístit podél proměřovaného objektu a nasnímat tak všechna skrytá místa. Speciální hemisferické terče zajišťují vzájemnou orientaci skenovaných scén a geometrickou orientaci celého modelu.

Silnou stránkou celého systému je jedinečný software Cyclone, který řídí skenovací proces, provádí vzájemné propojování mraků bodů, dovoluje pozorovat objekt z libovolné perspektivy, měřit vzdálenost mezi jednotlivými body, počítat plochy a kubatury, vytvářet rovinné řezy, profily a vrstevnice, přiřazovat objektům barvy a materiály atd. Podporuje automatizované modelování geometrických struktur a jejich přímý převod do přesného vektorového CAD modelu.

Zaručený dosah 100 m, rychlost snímání, snadné a přesné spojování snímků z více stanišť umožňují pracovat s laserovým skenerem v místech, kde konvenční měření nebyla dříve vůbec možná nebo byla velmi zdlouhavá, obtížná a nebezpečná, např. za plného provozu na dálnicích, železnicích, ve městech či průmyslových podnicích, strmých nebo převyšujících skalních stěnách.

Výhody progresivní technologie Cyrax

- přesné a kompletní zaměřování stávajícího stavu konstrukce, terénu nebo podzemního výrubu s výrazně vyšší produktivitou a finančními úsporami
- významné zkrácení práce v terénu či v tunelu při podstatně vyšší bezpečnosti
- měření na probíhající stavbě nebo za plného provozu, popř. redukce doby odstávky náročných provozů na minimum
- vysoká spolehlivost výsledků, eliminace chybných nebo nepřesných měření, získání ucelenějších informací, které podstatně snižují potřebu dalšího doměřování
- přesné a efektivní 3D modelování, vizualizace a generování 2D výkresů (půdorysy, řezy atp.)
- velmi rychle zpracování prostorových digitálních modelů terénu, podzemních i jiných konstrukcí
- časové i finanční úspory při projektování, snadné dodatečné změny a doplňování projektů.

Laser scanning is an outstanding combination of geodetic and photogrammetric method and presents an entirely new approach in acquiring spatial information by civil engineering as well as underground structures. This extraordinary technology means literally a revolution for the fieldwork of surveyors, because it significantly reduces the laboriousness of surveying and provides accurate and especially complex data on actual condition of objects for more effective 3D modeling and design.

One of the best current systems appeared last year within supply of LEICA Geosystems AG's geodetic and laser instruments. It is a 3D laser scanning system Cyrax 2500, constructed by the American company CYRA Technologies Inc. Stavební geologie – Geotechnika a.s. bought Cyrax as the first company in the Czech Republic and thus since January, 2002 this progressive technology significantly enriches the supply of engineering survey services of SG Geotechnika a.s.

Principle of the new technology

The Cyrax system enables contactless surveying of three dimensional geometry, 3D modeling and visualization of complicated buildings and structures, interiors, underground spaces, any ground surface etc. with an extraordinary speed, accuracy, completeness and safety. Virtual 3D model of the scanned object is then using the Cyclone software imaged in shape of so called point clouds and can be subsequently transferred to CAD systems in 2D or 3D – commonly into DGN (MicroStation) or DWG/DXF (AutoCAD) formats. The system combines the state-of-the-art laser pulse technology, which detects a natural surface up to a distance of 100 m with an optic device that allows hundred thousand 3D measurements in few minutes. The Cyrax system reaches high measurement accuracy of each point even by long-distance sights using a laser pulse with several unique abilities. The laser emits more than 1000 pulses in every scanned column and for very point measures the transposition time in order to obtain the distance. Moreover, the system also keeps track of intensity of the deflected rays, based on which the point clouds are created and according to which a greyscale or colours for image are assigned to individual points.

Technical parameters

The scanner is equipped with a digital camera for scanning previews and determination of the visual scanning range, which can reach the maximum of 40° by 40°. Density of points in the scanned cloud, i.e. minimal distance between two adjacent points, can be 0,25 mm at most, which allows accurate record of all details. Maximum amount of points in one scan (sight), however, cannot exceed multiplication 999 x 999. As for each cloud point, directions and distances from the device are already measured, so that its spatial position is accurately determined. By recommended working distance between 1,5 m and 50 m, the Cyrax system reaches a spatial accuracy of ±6 mm by one measured point or ±2 mm by subsequently modeled area.

Second class green laser, which is not harmful to eyes, can be used at any light conditions, even in absolute darkness, and still without interruption of the ongoing operation and construction activities. The device weighs 20 kg, can be handled by a single person and its dimensions allow transport through 460 mm wide passage. It rotates around its axis by 360°, vertical rotation ranges from +105° to -90°. The producer proposes a surrounding temperature for scanning of 0-40°C. Scanner can be easily moved along the surveyed object, and thus scan all hidden places. Special hemispheric targets ensure mutual orientation of scanned scenes as well as geometric orientation of the entire model.

The entire system has a great strength in the unique software Cyclone, which controls the scanning process, realizes mutual connection of the point clouds, allows to observe the object from any perspective, to measure the distance among individual points, calculate areas and volumes, create planar sections, profiles and contour lines, assign colors and materials to objects etc. It supports automatic modeling of geometric structures and their direct transfer into accurate vector CAD model.

Granted coverage of 100 m, scanning speed, easy and accurate connection of shots from more bases allow to work with the scanner in places, where conventional measurement would not be possible at all or very lengthy, complicated and dangerous, for instance by unlimited operation at highways, railways, in cities or industrial companies, steep or overhanging rock walls.

Advantages of the progressive technology Cyrax

- Accurate and complete survey of the current condition of a structure, ground surface or underground cut with remarkably higher effectiveness and financial savings;
- Significant reduction of working time in the field or tunnel with substantially higher safety;
- Measurement at progressing construction site or by unlimited operation, or eventually reduction of time gaps of complicated operations to minimum;
- High reliability of the results, elimination of faulty or inaccurate measurements, acquisition of more complex information, which significantly lowers the need for further measurement;
- Accurate and effective 3D modeling, visualization and creation of 2D drawings (ground plans, cross sections etc);
- Very fast processing of digital spatial terrain models of underground and other structures;
- Time and financial saves by design, easy additional alternations and supplements in the projects.

Application of the Cyrax system on underground engineering

- Survey of profiles during excavation
- Documentation and accurate calculation of overbreaks or underbreaks

Aplikace systému Cyrax pro podzemní stavitelství

- zaměrování profilů během ražby
- dokumentace a přesný výpočet kubatury nadvýrubů či podvýrubů
- okamžitá korekce skutečného stavu výrubu podle požadavků projektu
- optimalizace návrhu ostění tunelu
- dokumentace čelby a nevystrojeného líce výrubu
- zpracování trojrozměrného modelu geologických struktur v čelbě a v při lehlem nevystrojeném líci výrubu
- zjišťování tloušťky ostění
- srovnání dvou sad měření, získaných před a po zabudování ostění, umožní nedestruktivně dokumentovat skutečnou tloušťku ostění s velkou přesností v libovolném místě podélného profilu tunelu
- dokumentace stávajícího stavu tunelů a dalších podzemních staveb
- komplexní podklady pro projekt rekonstrukce tunelů s optimalizovanými náklady
- přesné zaměření průřeznosti profilů
- doplnění neexistující projektové dokumentace

Další inženýrské aplikace systému Cyrax

- zaměrování složitých technologických celků a konstrukcí
- zaměrování skutečného stavu budov, mostů, podjezdů, propustků a dalších objektů určených pro rekonstrukce – zpracování neexistující dokumentace
- mobiliář železničních tratí
- topografické mapování pro rozšiřování silnic a dálnic, tunelů, parkovišť, stavenišť, přehradních profilů
- zaměrování objemů zemních prací nebo skládek
- dokumentace průběhu výstavby nebo ražby, opakovaným zaměřováním a porovnáváním s projektem je prováděna kontrola přesnosti a kvality prací
- topografické mapování kamenolomů, strmých svahů (zářezů, sesuvů), tunelových portálů a skalních stěn – určení přesné geometrie a kubatury, mapování v dolech, jeskyních atd.
- celá oblast architektury, např. složité fasády a interiéry, dokumentace památek a uměleckých děl, 3D archeologie

- Immediate correction of reality in the heading according to design requirements
- Optimization of the tunnel lining design

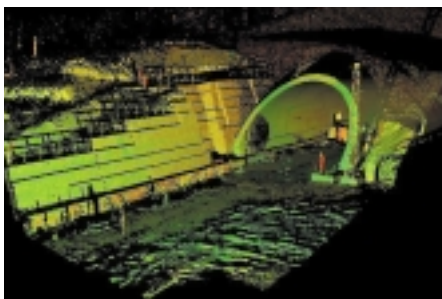
- Documentation of the face and unsupported excavation
- Elaboration of the three dimensional model of geological structures at the face and adjacent unsupported excavation surface

- Determination of the lining thickness
- Comparison of two measurement sets, acquired before and after the lining installation, will allow to non-destructively document the actual lining thickness with high accuracy in any spot of the longitudinal tunnel profile

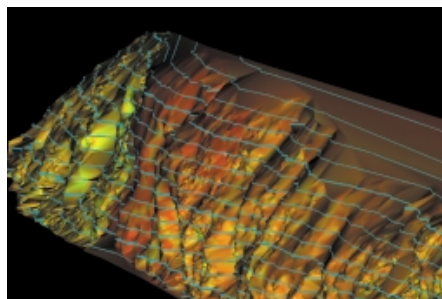
- Documentation of the current condition of tunnels and other underground structures
- Complex sources for design of tunnel reconstruction with optimized costs
- Accurate survey of clearance profiles
- Complementation of non-existent design documentation

Another civil engineering applications of the Cyrax system

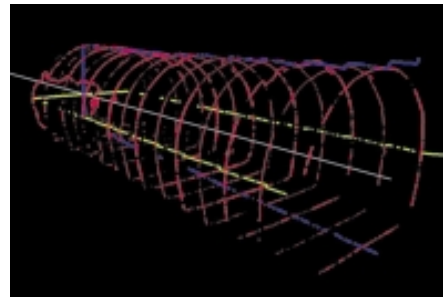
- Survey of complicated equipment complexes and structures
- Survey of actual condition of buildings, bridges, underpasses, passages and other objects intended for reconstruction – elaboration of non-existent documentation
- Railways' movables
- Topographic mapping for extensions of roads and highways, tunnels, car parkings, construction sites, dams etc.
- Survey of volumes of ground works or stockpiles
- Topographic mapping of quarries, steep slopes (of cuts or landslides), tunnel portals and rock walls – determination of accurate geometry and volume, mapping in mines, caves etc.
- Entire field of architecture, for instance complicated exteriors and interiors, documentation of monuments and artistic works, 3D archaeology



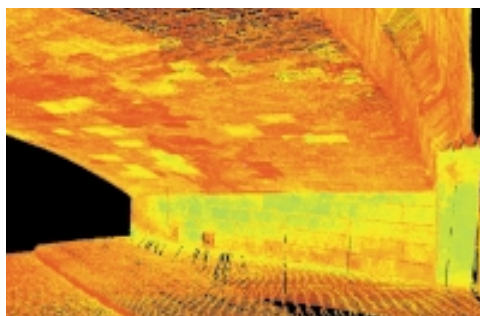
Obr. 2 Stavba tunelu Mléčkovosty na trati Kralupy – Vraňany naskenovaná systémem Cyrax – zobrazení portálu tunelu a gabionové zdi ve formě mraku bodů
Fig. 2 Construction of the Mléčkovosty tunnel on Kralupy – Vraňany line scanned by the Cyrax system – display of the tunnel portal and gabion walls using the point clouds



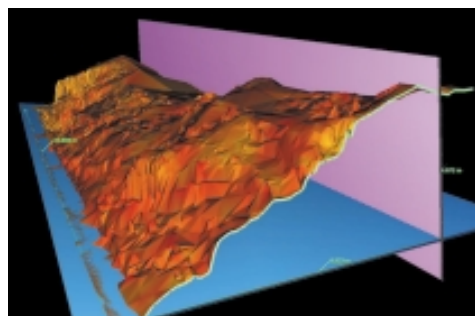
Obr. 3 Skalní odřez Hoštejn na Moravě – digitální model terénu vytvořený softwarem Cyclone – část odřezu se zobrazením vrstevnic
Fig. 3 Rock half-cut Hoštejn in Moravia – digital terrain model created by the Cyclone software – a part of the half-cut with display of contour lines



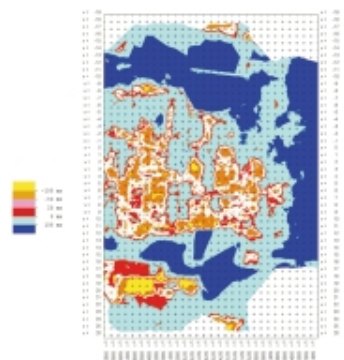
Obr. 4 Tunel Březno – zaměření předkleneb – příčné řezy a podélný řez v zobrazení softwarem Cyclone
Fig. 4 Březno tunnel – survey of pre-vaults – cross profiles and longitudinal profile displayed by the Cyclone software



Obr. 5 Karlův most naskenovaný systémem Cyrax - mráčko bodů
Fig. 5 Karlův Most – scanned by the Cyrax system – point clouds



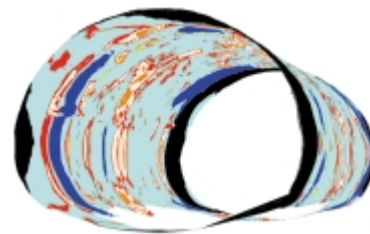
Obr. 8 Tramvajová trať Hlubočepy – Barrandov – digitální model části masivu určeného k odtěžení – podklad pro výpočet objemu
Fig. 8 Tram track Hlubočepy – Barrandov – digital model of the massif section determined for excavation – source for calculation of volume



Obr. 6 Tunel Mrázovka – rozvinutá část zaměřeného ostění tunelu – barevné odstupňování výšek – mapa odchylek od projektu
Fig. 6 Mrázovka tunnel – developed section through the surveyed tunnel lining - colour-scale contour lines – map of deviations from the design



Obr. 1 3D laserový skener Cyrax 2500 při měření
Fig. 1 3D laser scanner Cyrax 2500 during measurement



Obr. 7 Tunel Mrázovka – axonometrie části ostění tunelu – mapa odchylek
Fig. 7 Mrázovka tunnel – axonometry of the tunnel lining's section – map of deviations

První zkušenosti se systémem Cyrax

Od začátku roku 2002 použila SG-Geotechnika, a.s. technologii Cyrax při řešení mnoha nejrůznějších inženýrských a geotechnických úloh. Z těch významných lze uvést následující:

- **Hoštejn – skalní odřez**
V rámci modernizace II. železničního tranzitního koridoru SG-Geotechnika, a. s., realizovala zaměření stávajícího stavu skalního odřezu nad kolejistěm železniční stanice Hoštejn. Celková délka skalního odřezu byla 180 m, průměrná výška 15 m. Detailní zaměření bylo použito jako podklad projektu sanace skalního odřezu.
Skalní odřez probíhá v blízkosti kolejistě a místy je značně strmý. Podrobné zaměření konvenčními metodami by bylo zdlouhavé a nebezpečné. Technologií Cyrax byl svah zaměřen z bezpečné vzdálenosti, celková doba skenování byla 4 hodiny včetně zaměření souřadnic stabilizovaných bodů.
Použitím softwaru Cyclone byla provedena 3D vizualizace – digitální model terénu se zobrazením vrstevnic a příčných řezů. Pomocí softwaru Atlas byly určeny přesné plochy a kubatury, digitální model byl exportován do AutoCAD, ve kterém byl vytvořen projekt sanace odřezu. Použití systému Cyrax výrazně uspořilo čas i náklady při měření, celistvost, komplexní a přesné zaměření usnadnilo práci projektanta.
- **Tramvajová trať Hlubočepy – Barrandov – zaměření skalního masivu**
Detailní zaměření vápencového skalního masivu o délce 150 m bylo použito pro výpočet objemu odtěženého masivu. Technologií Cyrax byl masiv zaměřen za 2 hod., konvenčními metodami by zaměření trvalo cca 4 hod. Po vytvoření trojrozměrného digitálního modelu terénu byla určena přesná kubatura masivu, což eliminovalo dohady mezi zhotovitelem a investorem.
- **Tunel Mrázovka – primární ostění**
Přesné zaměření skutečného stavu primárního ostění západní i východní tunelové trouby mělo za cíl zjistit odchylky skutečného stavu ostění od projektu. Z naměřeného mračna bodů byla vybrána část v intervalu 10 až 45 m od pozice skeneru, tedy oblast, kde je zaručena přesnost určení prostorové polohy bodů (koule o poloměru 6 mm). Pomocí speciálních modulů softwaru Atlas byla vytvořena mapa odchylek stavu ostění od projektovaného profilu – jednak jako rozvinutý povrch tunelového pásu, jednak v axonometrickém zobrazení. Odchylky povrchu tunelu od projektu byly znázorněny barevně odstupňovanými vrstevnicemi. V předepsaných místech byly vykresleny příčné profily tunelu, opět s barevným zobrazením odchylek. Z naměřených hodnot byly snadno numericky vyhodnoceny plochy a kubatury všech odchylek skutečného stavu ostění od projektu.
- **Tunel Mlčechovosty – zaměření portálu**
Zaměření skutečného stavu tunelového portálu ve skalním zářezu. Dokumentace skutečného postupu těžby v návaznosti na monitorování vybraných měřicích bodů na povrchu zářezu a vlastního portálu tunelu.
- **Tunel Březno – předklenby**
Cílem zaměření bylo zjištění tvaru a skutečného uspořádání předkleneb prováděných technologií obvodového vrubu. Po zpracování naměřeného mračna bodů byly vykresleny příčné a podélné řezy a z nich určena přesná geometrie předkleneb.
- **Fasáda obytného domu – Praha**
Celkové zaměření skutečného stavu členité fasády včetně detailního zobrazení ozdobných prvků s následným převedením do trojúhelníkové sítě v AutoCAD.
- **Karlův most – Praha**
Přesné zaměření skutečné trojrozměrné geometrie klenby jednoho z oblouků včetně poprsních zdí a pilířů.

Závěr

U všech dosavadních praktických aplikací se laserový skenovací systém Cyrax plně osvědčil. Při měření bylo dosahováno mnohonásobně vyšší produktivity oproti konvenčním metodám a potvrdily se i další dříve uvedené výhody systému. Cyrax 2500 optimálně spojuje vysokou rychlost a přesnost měření s velkým dosahem, v kombinaci se softwarem Cyclone pro 3D modelování a vizualizaci se tato nová technologie řadí na přední místo mezi podobnými systémy. Nasazení technologie Cyrax v podzemním stavitelství představuje velmi rychlý a efektivní způsob získání přesných a komplexních informací o geometrii podzemního díla v jednotlivých etapách výstavby.

LITERATURA:

- 1) Firemní literatura CYRA Technologies, Inc.
- 2) Edwards R. et al.: Scanner opens new doors, Engineering Surveying Showcase, 4/2001
- 3) Kašpar M., Štroner M.: Laserový skenovací systém Cyrax, Stavebnictví a interier 11/2001
- 4) Wunderlich T.A.: Operational and Economic Prospects of Terrestrial Laser Scanning, sborník konference Optical 3-D Measurement Techniques, Vídeň 2001

First experience with the Cyrax system

Since the beginning of 2002, SG – Geotechnika a.s. used the Cyrax technology during solution of various engineering and geotechnical tasks. From the significant ones, the following can be mentioned:

- **Hoštejn – rock half-cut**
Within modernization of the II. railway transit corridor, SG – Geotechnika a.s. realized survey of the actual condition of a rock half-cut above the trackage of the railway station Hoštejn. The entire length of the rock half-cut reached 180 m, average height 15 m. Detailed survey was used as a source of design for the rocky half-cut rehabilitation.
The rock half-cut runs along the rails and is partially very steep. Detailed measurements using conventional methods would have been lengthy and dangerous. Using the Cyrax technology, the slope was surveyed from a safe distance, scanning including measurement of coordinates of the stabilized points took altogether 4 hours.
Using a Cyclone software, a 3D visualization – digital terrain model with displayed coordinates and cross profiles – was elaborated. Using the Atlas software, accurate areas and volumes were determined, digital model was exported into AutoCAD, in which the design for the rock half-cut removal was created. Use of the Cyrax system significantly saved time and costs of measurement while complete, complex and accurate measurement simplified the designer's work.
- **Tram track Hlubočepy – Barrandov – survey of a rock massif**
Detailed survey of a 150 m long limestone rock massif was used in order to calculate volume of the exploited massif. Using the Cyrax technology, the massif was targeted in 2 hours while use of conventional methods would take app. 4 hours. Following formation of a three dimensional terrain model, an accurate massif volume was determined, which subsequently eliminated quarrels between contractor and employer.
- **Mrázovka tunnel – primary lining**
Accurate survey of actual condition of primary lining in the western and eastern tunnel tube has a goal to learn about deviations of the actual lining condition from the design. From the surveyed point clouds, a section in the interval of 10 to 45 m from the scanner's position was selected, where the accuracy of determination of the spatial points position (sphere with 6 mm radius) is ensured. Using special modules of the Atlas software, a map of deviations of the actual lining condition from the designed profile – both as an advanced area of the tunnel belt and in axonometric display. Deviations of the tunnel surface from project were highlighted using color-scale contour lines. Tunnel cross profiles were illustrated where instructed, again using colored highlight of deviations. Areas and volumes of all deviations of the actual lining condition from design were easily calculated from the measured values.
- **Mlčechovosty tunnel – portal targeting**
Targeting of the actual condition of a tunnel portal in a rocky cut. Documentation of the actual mining procedure in connection to monitoring of selected measuring points on surface of the cut and on the tunnel portal.
- **Tunel Březno – pre-vaults**
The survey goal was to ascertain shape and actual arrangement of the pre-vaults, realized using technique of the peripheral slot. Following processing of the measured point clouds, cross and longitudinal profiles were illustrated and based on them accurate geometry of the pre-vaults determined.
- **Exterior of a residential building – Prague**
Complex survey of actual condition of an articulated façade including detailed image of decorative elements with subsequent transfer into an AutoCAD triangle network.
- **Karlův Most – Prague**
Accurate targeting of actual three dimensional geometry of one of the spans including chest walls and pillars.

Conclusion

By all practical applications so far, the laser scanning system Cyrax proved fully worthy. A multiplied effectiveness in comparison with conventional methods was reached while other advantages of the system stated earlier were confirmed. Cyrax 2500 optimally combines high speed and accuracy of measurement by large range, and in combination with the Cyclone software for 3D modelling and visualization, this new technology ranks among top systems of its kind. Application of the Cyrax system within underground engineering represents a very fast and effective way for obtaining accurate and complex information on geometry of the underground structure in individual phases of the construction.

LITERATURE:

- 1) Inner company literature CYRA Technologies, Inc.
- 2) Edwards R. et al.: Scanner opens new doors, Engineering Surveying Showcase, 4/2001
- 3) Kašpar M., Štroner M.: Laserový skenovací systém Cyrax, Stavebnictví a interier 11/2001
- 4) Wunderlich T.A.: Operational and Economic Prospects of Terrestrial Laser Scanning, proceedings from a conference - Optical 3-D Measurement Techniques, Vienna 2001

Ing. Vladimír Pachta, SG GEOTECHNIKA, a. s.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

NEWS FROM TUNNELING CONFERENCES

28. VÝROČNÍ ZASEDÁNÍ VALNÉHO SHROMÁŽDĚNÍ ITA/AITES – SYDNEY 2002

Mezinárodní tunelářská asociace svolala své osmdesáté valné shromáždění členských zemí do Sydney v termínu 2. - 6. března v souvislosti se Světovým tunelářským kongresem pořádaným Australskou tunelářskou společností (AUCTA). Účastnily se ho reprezentanti, delegáti, hosté a členové pracovních skupin (WG) 34 z 52 členských zemí asociace.

ITA/AITES TWENTY-EIGHTH ANNUAL MEETING- SYDNEY 2002

The international Tunnelling Association held its twenty-eight meeting in Sydney from 2 to 6 March, in conjunction with the World Tunnel Congress 2002 organised by the Australian Tunnelling Society /AUCTA/. The meetings were attended by representatives, delegates, observers and working group members from 34 of the 52 Member Nations of the Association.

Přítomné členské státy:

Member Nations represented:

South Africa, Germany, Australia, Austria, Belgium, Brazil, Canada, Colombia, Korea, Denmark, Egypt, United States of America, Finland, France, Greece, Iran, Italy, Japan, Lesotho, Morocco, Norway, New Zealand, Netherlands, Poland, Czech Republic, Romania, United Kingdom, Russia, Singapore, Slovakia, Sweden, Switzerland, Thailand, Turkey.

Nezúčastněné členské státy:

Member Nations not represented:

Algeria, Saudi Arabia, Argentina, Bulgaria, Chile, China, Croatia, Spain, Hungary, India, Iceland, Israel, Malaysia, Mexico, Portugal, Slovenia, Ukraine, Venezuela.

Nový výkonný výbor (EC): New Executive Council:			
členové/members	země/country	funkce/office	období do/until
A. Assis	Brazil	President	Until 2004
A.M. Muir Wood	United Kingdom	Honorary President	Until 2004
A. Haack	Germany	Past President	Until 2004
H. Parker	USA	Vice President	Until 2004
K. Sorbraten	Norway	Vice President	Until 2004
J.-P. Godard	France	Past Vice President	Until 2004
J. Hess	Czech Republic	Past Vice President	Until 2004
A. Nordmark	Sweden		Until 2004
J. McKelvey	South Africa		Until 2004
K. Ono	Japan		Until 2005
H. Wagner	Austria		Until 2003
H. Oud	Netherlands		Until 2004
J. Zhao	Singapore		Until 2005
Y. Erdem	Turkey		Until 2005
C. Berenguier		Secretary General	
Poradci/experts			
G. Ash	Australia		Until 2003
F. Vuilleumier	Switzerland		Until 2004

Členství

Asociace zaregistrovala členství dvou nových zemí (Chile a Chorvatsko) a 11 nových členských subjektů (1 korporaci a 10 individuálních členů). Celkový počet členských zemí je 52 a 273 přidružených členů (92 korporací a 181 individuálních členů) po započtení nových a rezignujících.

Sdělovací prostředky

- Tribune: čtyři čísla minulého ročníku o 152 stranách byla vydána nákladem asi 3000 výtisků. Navíc bylo vydáno zvláštní číslo pod názvem „Why go underground?“ a rozesláno správním úřadům, mezinárodním asociacím atd., aby prezentovaly ITA a také aby sloužily jako prostředek k přesvědčování vedoucích činitelů a manažerů o nezbytném využití podzemí v některých případech.

- TUST: v roce 2001 byla publikována 4 čísla obsahující 33 příspěvků autorů z 21 různých zemí. Bylo vydáno zvláštní číslo pod názvem „Tunnelling in Taiwan“.

V příštím roce si dal TUST za cíl zvětšit počet čísel ze 4 na 5 v roce s 40 – 45 články autorů z 20 – 25 zemí. Pracovní skupina ITA WG 2 „Výzkum“ bude své dvě zprávy publikovat v TUST. Mimo to se plánuje vydat zvláštní číslo zaměřené na „Tunnelling in Japan“.

- Web site (<http://www.ita-aites.org>) by se postupně měla stát hlavním prostředkem komunikace mezi členy ITA. V roce 2002 bude aktivováno spojení mezi TUST a členskými zeměmi a bude zahájeno soukromé fórum pro členskou organizaci. Internetová stránka dnes obsahuje na 1000 stran a byla navštívena měsíčně 5000 různými návštěvníky z více než 95 zemí.

ITA Open session

Byla letos věnována velice významnému tématu: „Fire and Life Safety“. S ohledem na nedávné vážné a katastrofální požáry v silničních tunelech, jako např. v tunelu Mont Blanc, v tunelu Tauern a Svatogothardském tunelu, vyžaduje toto téma intenzivní diskusi na mezinárodní úrovni. Open session ITA k tomu poskytla impuls spolu s workshopy pořádanými ITA ve švýcarském Lausanne v březnu 2002. Zdůraznila úsilí pracovní skupiny ITA WG 6, která se zabývá zásadními otázkami požární bezpečnosti v tunelech v součinnosti se sesterskými organizacemi.

Příští výroční zasedání

- Amsterdam 14. – 17. dubna 2003 u příležitosti Světového tunelářského kongresu ITA/AITES 2003 „(Re)claiming the Underground Space“
- Singapore 22. – 27. května 2004 během Světového tunelářského kongresu ITA/AITES 2004 „Underground Space for Sustainable Urban Development“
- Turecko v roce 2005 na pozvání turecké národní skupiny.

Podle tiskového komuniké zpracoval:

In accordance with the press release compiled by:

Ing. Karel Matzner

PŘEHLED ČINNOSTÍ PRACOVNÍCH SKUPIN ITA/AITES

WG 02 Výzkum (Research)

Práce

- dokončené:

Současný stav navrhování tunelů z hlediska seismiky (State of Art Report on Seismic Design of Tunnels)

Membership

The Association has registered the membership of two new Member Nations (Chile and Croatia) and of 11 new Affiliate Members (1 Corporate Member and 10 Individual Members); the total results to 52 Member Nations and 273 Affiliate Members (92 Corporate Members and 181 Individual Members) taking into account radiations and resignations.

Communication

Tribune: last year four issues of Tribune (152 pages) were published and about 3000 copies per issue were edited. In addition, a special issue entitled “Why go Underground?” will be widely distributed to Governments, international associations, etc. In order to present ITA, and also to serve as a good means to convince authorities or managers of the necessity to go underground in some cases.

-Tunnelling and Underground Space Technology (TUST): in 2001, four issues of TUST were published, consisting of thirty-three papers written by authors coming from twenty-one different countries. In addition, a special issue has been edited on “Tunnelling in Taiwan.”

Next year TUST aims to increase its issues from 4 to 5 per year, consisting of a total of 40 to 45 papers written by authors coming from 20 to 25 countries. The ITA Working Group No 2 “Research” will bring two reports into TUST: Moreover, a special issue focused on “Tunnelling in Japan” is planned to be published.

-Web site: would gradually become the main means of communication between members of ITA; in 2002 links will be activated with TUST and Member Nations and a private forum for Corporate Members will be set up. The web site now contains about 1 000 pages and is visited by 5 000 different visitors per month coming from more than 95 countries.

ITA open session

ITA Open Session 2002 was devoted to a very topical subject: “Fire and Life Safety“. Considering the recent severe and catastrophic fire accidents in road tunnels as in the Mont-Blanc-Tunnel, the Tauern Tunnel and the St-Gotthard Tunnel, this item calls for an intensified discussion on an international basis. The ITA Open Session gave an excellent stimulus in this direction following the ITA organised workshops in Lausanne, Switzerland, in March 2000 and amending the efforts of ITA Working Group 6, dealing with structural fire safety in Tunnels, in correspondence with the sister organizations.

Next Annual meetings

- Amsterdam (Netherlands) from 14 to 17 April 2003, during the ITA-AITES 2003 “(Re)claiming the Underground Space“.

- Singapore from 22 to 27 May 2004, during the ITA-AITES 2004 “Underground Space for Sustainable Urban Development“.

- Turkey in 2005 on invitation of the Turkish National Group.

OVERVIEW OF ACTIVITY OF THE INDIVIDUAL WORKING GROUPS

WG 02 Research studies

-completed:

Report on Seismic Design of Tunnels

- in progress:

Settlement induced by urban tunnelling

- rozpracované:
Sedání vyvozené tunelováním v městském zástavbě (Settlement induced by urban tunnelling)
Analýza riziku (Risk Analysis)
Staveništní průzkum (Site Investigation)

WG 03 Smluvní praktiky (Contractual Practises Underground Construction)
Práce
- rozpracované:
Cenové návrhy tendrů pro projektanty a dodavatele (Evaluation of Tenders for Consulting Engineers and Contractors)
Opatření pro lepší řízení podzemních akcí (The Need for Better Management of Underground Projects)
Užití DRB (dispute resolution board) jako alternativy pro řešení rozporů (The Use of DRB as an Alternative Dispute Resolution Mechanism)

WG 04 Plánování podzemí (Subsurface Planning)
Práce
- dokončené:
Závěrečné projednání konceptu materiálu „Přístupové cesty do podzemních prostor“ (Access Ways to Underground Space) – sumarizace národních materiálů k problematice přístupových a únikových cest pro silniční tunely, stanice metra, podzemní parkinky a podzemní obchodní pasáže. Pracovní skupina ukončí svou činnost vydáním čistopisu.

WG 05 Bezpečnost a zdraví (Health and Safety in Works)
Práce
- rozpracované:
Bezpečnost při tunelování (Safety in Tunnelling) konečný text pro závěrečné projednání s Executive Council ITA/AITES
Revize Směrnice pro bezpečnost práce při tunelování (Tunnelling Safety Guidelines)

WG 06 Údržba a opravy podzemních objektů (Maintenance and Repair of Underground Structures)
Práce
- rozpracované:
Ohniodolnost tunelových konstrukcí (Resistance of Tunnel Structure to Fire), revize ve spolupráci se zástupci PIARC, členům prac. skupiny byly zaslány návrhy kritérií bezpečnosti v tunelech.

WG 12 Užití stříkaného betonu (Shotcrete Use)
Práce
- dokončené:
Přehled ohniodolných malt (Overview of Fire Protection Mortars)
- rozpracované:
Podpěrný mechanismus stříkaného betonu (Shotcrete Support Mechanism) – probíhá diskuse k této problematice.
Vodotěsné ostění (Watertight Linings) – práce bude doplněna referenčními listy.

WG 13 Přímé a nepřímé výhody podzemních staveb (Direct and Indirect Advantages of Underground Structures)
Práce
- dokončené:
Pod zemí nebo na povrchu – rozhodování pro volbu umístění MHD (Underground or Above Ground – Making the Choice for Urban Mass Transit System) – konečný text pro závěrečné projednání s Executive Council ITA/AITES. Výsledné znění bude publikováno v časopisu Tunnelling and Underground Space Technology.

WG 14 Mechanizace výkopových prací (Mechanization of Excavation)
Práce
- dokončené:
Novelizace dřívějšího materiálu Klasifikace a definice razicích strojů (Classification and Definizion of TBMs)
- rozpracované:
Sestava klíčových hesel a novelizace databáze pro potřeby uživatelů

WG 15 Podzemní stavby a životní prostředí (Underground Works and the Environment)
Práce
- rozpracované:
Zpracovávají podklady z anketních informací, zahrnujících aktuální podzemní stavby s environmentálním posláním (shromážděny informace o asi 200 stavbách) a shromažďují příspěvky pro druhé téma „Problematika tunelových ražeb pomocí TBM z hlediska životního prostředí“.

WG 16 Kvalita (Quality)
Práce
- rozpracované:
Kvalita po stránce technické a procedurální

WG 17 Dlouhé tunely ve velkých hloubkách (Long Tunnels at Great Depth)
Práce
- rozpracované:
Dotazníková akce k problematice ohodnocení rizika plynoucího z extrémních podmínek a opatření vedení stavby od počátečních fází na projektu až po uvedení do provozu (problematika zúžena na tunely silniční a železniční).

WG 18 Výcvik (Training)
Práce
- rozpracované:
Dotazníková akce – základní data o tunelových stavbách v členských zemích (projektované i realizované)
Sběr informací od ostatních WG mající použitelnost pro výuku a výcvik

WG 19 Klasické tunelování (Conventional Tunnelling)
Skupina nově založená, na vstupním jednání členové přednesli informace

Risk Analysis
Site Investigation

WG 03 Contractual Practises Underground Construction
Studies
- in progress:
Evaluation of Tenders for Consulting Engineers and Contractors
The Need for Better Management of Underground Projects
The Use of DRB (Dispute Resolution Board) as an Alternative Dispute Resolution Mechanism

WG 04 Subsurface Use
Studies
- completed:
Final discussion of the draft “Access Ways to Underground Space”- summarization of national materials to the problems of access and exit ways for road tunnels, subway stations, underground parkings or underground shopping malls. The Working group will finish its activity by publication of the final draft.

WG 05 Health and Safety in Works
Studies
- in progress:
Safety in Tunnelling – final draft for last discussion with the ITA/AITES executive council
Revision of the Tunnelling Safety Guidelines

WG 06 Maintenance and Repair of Underground Structures
Studies
- in progress:
Resistance of Tunnel Structure to Fire – revision in cooperation with the PIARC representatives; proposals of criteria for tunnel safety were sent out to the working group members

WG 12 Shotcrete Use
Studies
- completed:
Overview of Fire Protection Mortars
Studies
- in progress:
Shotcrete Support Mechanism- discussion on this topic proceeds
Watertight Linings- the study will be supplemented with reference lists

WG 13 Direct and Indirect Advantages of Underground Structures
Studies
- completed:
Underground or Above Ground – Making the Choice for Urban Mass Transit System- final draft for discussion with the ITA/AITES executive council. Final wording will be subsequently published in the Tunnelling and Underground Space Technology magazine

WG 14 Mechanization of Excavation
Studies
- completed:
Classification and Definition of TBMs
- in progress:
set of key entries and improvement of the database for users' needs

WG 15 Underground Works and the Environment
Studies
- in progress:
Data from inquiry information are being elaborated, including current underground structures with environmental purpose (information on app. 200 structures collected). Collection of contributions on the second topic “Problems of tunnel excavations using TBM from the environmental viewpoint”

WG 16 Quality
Studies
- in progress:
quality in technical features and procedures

WG 17 Long Tunnels at Great Depth
Studies
- in progress:
inquiry activity to the problems of risk assessment induced from extreme conditions and management from the feasibility to operation (focused on road and railway tunnels)

WG 18 Training
Studies
- in progress:
inquiry activity – fundamental data on tunnel structures in member countries (both designed and realized). Collection of information from other WG, which might prove useful in training and teaching

WG 19 Conventional Tunnelling
Newly formed Working group, at the opening session members delivered information on current status in their countries, materials will be sent out via the ITA website to all WG members for comments
Studies
- in progress:
collection of technical regulations and standards for tunnels from individual member countries

o současném stavu ve svých zemích, materiály budou cestou ITA website zaslány k připomínce všem členům WG.

Práce

- rozpracované:

Shromáždění techn. norem a předpisů pro tunely z jednotlivých členských zemí

WG 20 Urbanistické problémy – řešení v podzemí (Urban Problems – Underground Solution)

Skupina nově založená, na vstupním jednání členové přednesli informace o současném stavu rozhodování, jak se v jejich zemích řeší problém, zda využít podzemí nebo nadzemí.

WG bude spolupracovat s ACUUS (Associated Research Centers for the Urban Underground Space) – budou se specifikovat a klasifikovat urbanistické problémy a uvádět příklady jejich řešení podzemními stavbami.

WG 20 Urban Problems – Underground Solution

Newly formed Working group, at the opening session the members delivered information on the current status of decision-making in their countries whether to use the underground or not.

WG will cooperate with the ACUUS (Associated Research Centres for the Urban Underground Space) – urban problems will be specified, classified and examples of their solution using underground structures will be presented.

WG ITA/AITES		
ČÍSLO/NO	NÁZEV PRACOVNÍ SKUPINY/NAME OF THE WG	JMÉNO ČESKÉHO DELEGÁTA/CZECH DELEGATE
02	Výzkum/Research	Ing. Pavel Příbyl, CSc. ELTODO, a. s. Dr. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. Sg- Geotechnika, a. s.
03	Smluvní praktiky/Contractual Practises Underground Construction	Ing. Jaromír Zlámal POHL cz, a. s.
04	Plánování podzemí/Subsurface Planing	Ing. Václav Valeš METROPROJEKT Praha, a. s.
05	Bezpečnost a zdraví/Health and Safety in Works	Není zástupce
06	Údržba a opravy podzemních konstrukcí Maintenance and Repair of Underground Structures	Ing. Petr Vozárik METROSTAV, a. s.
11	Ponořované a plavené tunely/Immersed and Floating Tunnels	Doc. Ing. Jan Vítek, CSc. METROSTAV, a. s.
12	Užití stříkaného betonu/Shotcrete Use	Ing. Pavel Polák METROSTAV, a. s.
13	Přímé a nepřímé výhody podzemních konstrukcí Direct and Indirect Advantages of Underground Structures	Ing. František Polák METROSTAV, a. s. Ing. Pavel Příbyl, CSc. ELTODO, a. s.
14	Mechanizace výkopových prací/Mechanization of Excavation	Ing. Jiří Mosler METROSTAV, a. s. Ing. Vladimír Zeman METROSTAV, a. s.
15	Podzemní a životní prostředí/Underground and Environment	Ing. Richard Šnupárek, CSc. Ústav geoniky AV ČR
16	Kvalita/Quality	Ing. Jiří Bělohav METROSTAV, a. s.
17	Dlouhé tunely ve velkých hloubkách/Long Tunnels in Great Depth	Není zástupce
18	Výcvik/Training	Dr. Ing. Jan Pruška Stavební fakulta ČVUT Doc. Ing. Karel Vojtasik, CSc. Vysoká škola báňská
19	Klasické tunelování/Conventional Tunnelling	Ing. Otakar Hasík METROPROJEKT Praha, a. s. Ing. Václav Soukup METROSTAV, a. s.
20	Urbanistické problémy – řešení v podzemí Urban Problems - Undreground Solution	Ing. Václav Valeš METROPROJEKT Praha, a. s.

Ing. Václav Valeš
člen předsednictva ČTuK
CTuK Council member

PRÁŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2002

Jako každoročně proběhly v Praze v polovině května Pražské geotechnické dny organizované SG Geotechnikou ve spolupráci s Českou geotechnickou společností a Českým výborem pro mechaniku zemin a zakládání staveb. Veškeré finanční náklady sponzorovala jako obvykle SG Geotechnika.

Letošní ročník byl pozoruhodný třemi aspekty.

Prvním byla skutečnost, že hlavní téma semináře bylo poprvé věnováno aplikacím mechaniky hornin pro podzemní stavby. Navíc byl vlastní seminář završen workshopem, který byl zaměřen na „Otázky geotechnického průzkumu pro projektování a výstavbu tunelů“.

Druhým pozoruhodností bylo, že v rámci Pražských geotechnických dnů byla přednesena již desátá Pražská mezinárodní přednáška. Rovněž její téma: Geotechnical Aspects of Tunneling Projects along the High Speed Rail Link Cologne – Rhein/Main bylo pro specialisty podzemních staveb mimořádně zajímavé. Přednášejícím byl Prof. dr. ing. E. h. Manfred Nussbaumer, M.Sc. z Německa.

Konečně poslední zvláštností bylo, že na semináři byla poprvé veřejně vyhlášena cena Akademie Záruby pro mladé geotechniky do věku 35 let.

Seminář

Základní teze jednotlivých přednášek semináře byly následující:

1) Mechanika hornin, současný stav oboru a odpověď na výzvy budoucnosti (Doc. Ing. Karel Drozd, CSc.)

Tento příspěvek byl založen na komplexním zhodnocení článků specialistů zveřejňovaných na všech po sobě jdoucích světových konferencích Mezinárodní společnosti pro mechaniku hornin (ISRM). Příspěvek ukázal jednotlivé trendy ve vývoji mechaniky hornin za téměř 40 let a zdůraznil aktuální problémy, které mechaniku hornin čekají v bezprostřední budoucnosti. Součástí příspěvku byl i přehled a hodnocení monothematických konferencí, pořádaných ISRM v letech mezi mezinárodními kongresy. Užitečnou

PRAGUE GEOTECHNICAL DAYS 2002

As usually, Prague Geotechnical Days, organized by SG Geotechnika in cooperation with the Czech Geotechnical Association and the Czech Committee for soil mechanics and construction planning, took place in Prague in the middle of May. All financial costs have been covered by SG Geotechnika as usual.

This year's meeting was extraordinary in three points.

Firstly, main topic of the seminar was devoted to application of rock mechanics for underground structures for the first time. Moreover, the seminar was closed by a workshop, which was focused on "questions of geotechnical exploration for design and construction of tunnels."

Secondly, already tenth Prague international lecture was delivered within the Geotechnical days. Also this topic - Geotechnical Aspects of Tunneling Projects along the High Speed Rail Link Cologne - Rhein/Main - was of extraordinary interest for the specialists in underground structures. Prof. Dr. Ing. E. h. Manfred Nussbaumer, M. Sc. from Germany was the lecturer.

And last but not least, the academical Záruba's Award for young geotechnicians under 35 years of age was openly declared at the seminar for the first time.

Seminár

Digest of individual lectures at the seminar is following:

1) Rock mechanics, current situation in the field and response to challenges of the future (Doc. Ing. Karel Drozd, CSc.)

This contribution was based on complex evaluation of specialists' articles, published at all consequent world conferences of the International Society for Rock Mechanics (ISRM). The contribution showed individual trends in development of rock mechanics in almost 40 years and emphasized current problems, which await rock mechanics within immediate future. An overview as well as rating of monothematic conferences, organized by ISRM in the years between international congresses, was also part of the contribution. The author submitted another useful piece of information, and thus an overview of congressional proceedings available in the Czech Republic.

informací, kterou autor poskytl, byl i přehled v ČR dostupných kongresových sborníků.

2) Cíle podzemních laboratoří pro výstavbu podzemních úložišť radioaktivních odpadů (Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.)

Tato přednáška se zaměřila na specifika mechaniky hornin při výzkumu, projektování a výstavbě podzemních úložišť jaderného odpadu. Pozornost byla zaměřena na vysvětlení provázaných účinků tepla, vody, vysokého a dlouhodobého zatížení i chemického působení účinků na změny mechanických vlastností hornin a způsob, jak je vzít v úvahu při projektování a provozu podzemních úložišť. Účastníci semináře byli také seznámeni s výzkumy, které na toto téma probíhají nebo se připravují v zahraničí i v ČR. Přednáška upozornila na skutečnost, že nový požadavek na uchování schopnosti kdykoliv vyjmout uložený jaderný odpad z hlubinného úložiště zpět na povrch výrazně posouvá problematiku podzemního úložiště z polohy geologické, ve které se dosud nacházel, do polohy inženýrského a geotechnického problému.

3) Možnosti a omezení matematického modelování při výstavbě tunelových staveb (Ing. Radko Bucek, Ph.D.)

V této přednášce se referent zaměřil na nikoliv všeobecně známou skutečnost, a to, že matematické modelování reakce tunelového ostění a horninového masivu na odlehčení výrubem má při projektování a při výstavbě podzemních staveb řadu úskalí a omezení.

Referent vyšel z rozdílného chování zemin a porušených hornin při výstavbě tunelů, a to jak z hlediska deformačních projevů, tak i z hlediska vypočetního. Dále podal stručný přehled a porovnání tunelovacích metod využívajících tuhé obezdívky s tunelovacími metodami používajícími obezdívky umožňující přetvoření. Velkou pozornost věnoval funkci stříkaného betonu a kotev při stabilizaci celby a omezení sedání terénu nad mělkými tunely. Samostatná část přednášky byla věnována otázkám dimenzování primární a sekundární obezdívky. Jádrem přednášky pak byly otázky modelování ražby tunelů a jeho omezení vzhledem k používaným konstitučním modelům a ke skutečnému chování horninového masivu a zemin. V závěru autor shrnul význam využití výpočetních modelů při projektování a ražbě tunelů. Zdůraznil, že při jejich aplikaci je si třeba být vědom konkrétních omezení, která v daném výpočtu existují. Bez možnosti korekce výsledků matematického modelování výsledky přímých měření skutečného chování systému tunelové ostění-horninový masiv je třeba jeho výsledky brát vždy s určitou opatrností.

4) Experimentální výzkum reologických vlastností hornin (RNDr. Vladimír Rudajev, DrSc.)

Předposlední přednáška byla zaměřena na problematiku deformačního chování hornin, které jsou vystaveny dlouhodobým, vysokým, stále stejným zatížením. Přednáška se zaměřila na následující aspekty této problematiky:

- význam stanovení reologických vlastností hornin
- měřené parametry (deformace, působící síla, ultrazvuková emise, ultrazvukové prozařování)
- aparatury bezhluchý lis, akustická aparatura atd. - uspořádání experimentů
- metody zpracování dat (přednášející doprovodil přednášku řadou zajímavých příkladů z konkrétních experimentů)

5) Teoretický a experimentální výzkum vlivu tepla a vysokých tlaků na mechanické vlastnosti hornin (Doc. Ing. Richard Šnupárek, CSc.)

Pátá a poslední přednáška odborného semináře vhodně doplnila přednášku o podzemních laboratořích pro výstavbu úložišť jaderného odpadu s tím, že byly ukázány konkrétní výzkumné programy a výsledky měření vlivu teplotní zátěže na změnu mechanických vlastností hornin.

Výzkum, o kterém bylo referováno, probíhal jak experimentálně, tak i matematickým modelováním. Experimentům byly podrobeny rulové horniny z lokality Skalka. Ta připadá v úvahu jako mezisklad jaderného odpadu v ČR. Závěry výzkumu byly poměrně optimistické. Ukázalo se, že teplota do 80°C, což je teplota předpokládaná v podzemním meziskladu jaderného odpadu, nebude mít na mechanické vlastnosti podstatný vliv. K ovlivnění mechanických vlastností může dojít zejména tehdy, obsahuje-li hornina minerály s různou teplotní roztažností. Tehdy může docházet ke vzniku mikrotrhlin. Až teploty okolo 400-500°C mohou ale znamenat podstatné změny vlastností skalních hornin.

Udělení ceny Akademie Quido Záruby

V letošním roce byla v rámci semináře poprvé udělena cena Akademie Q. Záruby. Tato cena je určena mladým geotechnikům do 35 let za práce z oblasti geotechnického výzkumu, průzkumu i stavební praxe inženýrských, zejména podzemních staveb. Cenu od letošního roku udělují každoročně Česká geotechnická společnost, Česká asociace inženýrských geologů a společnost Stavební geologie – geotechnika, a. s., která také celou akci sponzoruje.

Na udělení ceny za práce provedené v roce 2001 byly předloženy celkem 4 nominace. Nezávislá hodnotící komise vybrala k ocenění práci Ing. Jana Novotného „Analýza vlivu vody na stabilitu svahu v jílovitých horninách“. Spolu s diplomem převzal Ing. Jan Novotný od Stavební geologie – Geotechniky, a. s. sek na úhradu členského příspěvku na letošní mezinárodní konferenci mladých geotechniků, která se koná v září v Dublinu. Tato cena je samozřejmě otevřena i pro mladé geotechniky, působící v tunelovém stavitelství a hodnotící komise vyzývá mladé inženýry z této oblasti, aby své práce za rok 2002 ve smyslu pravidel pro udělování ceny předložili.

Workshop

Již tradiční událostí na Pražských geotechnických dnech byl Workshop. V letošním roce jej moderoval Prof. Ing. J. Barták, DrSc. K diskusi byly předloženy dvě otázky:

- Význam průzkumných štol při projektování a výstavbě tunelů
- NRTM – fikce nebo skutečnost

Každá otázka byla uvedena dvěma vstupy, které měly navodit diskusi. Příslušná témata proto byla podána ve vzájemně kontroverzních pozicích. Tato úloha se ujali k první otázce ing. Rupp z Geotestu Brno a ing. Vrba z SG-Geotechnika Praha.

Druhou otázku stejným způsobem uvedli prof. Bucek z Metrostavu a ing. Veselý z SG-Geotechnika.

Workshopu se zúčastnil nebyvale vysoký počet účastníků (cca 80). V diskusi bylo zaznamenáno téměř 40 velmi zajímavých vstupů. Všechny byly zaznamenány a v některém z dalších čísel se organizátoři pokusí čtenářům časopisu Tunel předložit nejzajímavější postřehy, které diskuse přinesla.

2) Purposes of subsurface laboratories for construction of nuclear waste storages (Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.)

This lecture was focused on specific attributes of rock mechanics by research, design and construction of underground nuclear waste storages. Attention was devoted to explanation of intertwined effects of heat, water, high and long-term loading as well as chemical impact of these effects on alterations in mechanical rock attributes and ways how to take them into consideration by design and operation of underground storages. Participants of the seminar also learned about researches on this topic, which are currently under preparation or in progress both in the Czech Republic and abroad.

The lecture pointed out the fact that the new demand for preservation of the ability to freely at any time lift the deep-stored nuclear waste back to surface significantly shifts this issue from the geological field, to which it so far belonged, to more of an engineering and geotechnical one.

3) Capabilities and limitations of mathematical modelling in construction of tunnel structures (Ing. Radko Bucek, Ph.D.)

Within this lecture, the speaker concentrated on not generally known fact, that a mathematical modelling of reaction of the tunnel lining and rock massif on removal of stress due to an excavation has several obstacles and limitations in the process of designing and building underground structures.

The speaker started with differing behaviour of soils and faulted rocks in construction of tunnels from the viewpoint of deformation effects as well as from a computational one. Moreover he delivered a brief overview and comparison of tunnelling methods using rigid lining with those using lining that allows deformation. He devoted large attention to the function of shotcrete and anchors in the excavation support. He also into detail described possible measures used for the face stabilization and for reduction of terrain settlement above shallow tunnels. A separate part of the lecture was devoted to questions of dimensioning primary and secondary linings. The very essence of the lecture then concerned modelling of tunnel excavations and its limitations according to used constitutive models and real behaviour of rock massif and soils. In the end the author summarized the significance of using computational models in design and excavation of tunnels. He emphasized, that by their application one has to be aware of the actual limitations, which exist in that given calculation. Without a possibility of correction of the mathematical models' results according to the results of direct measurement of real behaviour of the tunnel lining/rock massif system, model results always have to be viewed with certain caution.

4) Experimental research of the geological properties of rocks (RNDr. Vladimír Rudajev, CSc.)

The one before last lecture was focused on the problems of deformational behaviour of rocks, which are exposed to permanent high and unchanged loading. The lecture concentrated on the following aspects of these problems:

- Significance of determination of geological properties of rocks
- Measured parameters (deformation, effective force, ultrasound emissions, ultrasound rays)
- Silenced press apparatus, acoustic apparatus – arrangement of experiments
- Methods of data processing

The lecturer supplemented the lecture with several interesting examples from actual experiments.

5) Theoretical and experimental research of impact of heat and high pressures on mechanical properties of rocks (Doc. Ing. Richard Šnupárek, CSc.)

The last fifth lecture of the specialized seminar suitably appended on the lecture on underground laboratories for construction of nuclear waste storages by presenting actual research programs and measurement results of the impact of heat on mechanical properties of rocks.

The discussed research advanced both experimentally and using mathematical modelling. Gneiss rocks from the Skalka locality were targeted by the experiment. This locality is in consideration for a transitory nuclear waste storage in the Czech Republic. Conclusions of the research were relatively optimistic. It turned out that temperature within 80°C, which is an estimated temperature in the underground transitory nuclear waste storage, would not have significant impact on mechanical properties of rocks. Alteration of the mechanical properties could occur especially if the rocks containing minerals with various thermal expansion. In that case micro-cracking could arise. However, only temperatures of app. 400-500°C could mean significant alteration of the rock properties.

Academician Quido Záruba's Award

Academician Quido Záruba's Award was given away at the seminar this year for the first time. This award is dedicated to young geotechnicians under 35 years of age for achievements in the field of geotechnical research, exploration as well as construction practise in civil engineering, especially underground structures. From this year on, the award will be annually given away by the Czech Geotechnical Association, the Czech Association of Engineering Geologists and the company Stavební geologie – geotechnika a.s., which also sponsors the entire activity.

4 nominations for the award were submitted for works carried out in 2001. An independent jury selected the work of Ing. Jan Novotný „Analysis of impact of water on slope stability in clayey rocks. Along with his diploma, Ing. Jan Novotný received a cheque from Stavební geologie – geotechnika a.s. to cover participation fee at this year's international conference of young geotechnicians, which takes place in Dublin in September.

This award is naturally also open for those young geotechnicians active in tunnel engineering, and the jury asks young engineers from this field to submit their works in the year 2002 in accordance with the award rules.

Workshop

A workshop has become almost traditional event at the Prague Geotechnical Days. This year it was chaired by Prof. Ing. Barták DrSc. Two questions were submitted for discussion:

- significance of exploratory galleries in design and construction of tunnels
- the NATM - fiction or reality

Each question was introduced by two opening speeches, which were meant to start discussion. Correspondent topics were therefore given from mutually controversial standpoints. As for the first question, it was introduced by Ing. Rupp from Geotest Brno and Ing. Vrba from SG Geotechnika Prague. In the same way, second question was introduced by Prof. Bucek from Metrostav and Ing. Veselý from SG Geotechnika.

An unusually large number of participants took part in the workshop (app. 80). Almost 40 very interesting points were marked during the discussion. All of the points were taken down, and the organizers will strive to submit the most interesting ones to readers of the Tunel magazine in one of its next issues.

Z ČINNOSTI SEKCE SILNIČNÍ TUNELY ČSS

V souladu s plánem činnosti na r. 2002 se uskutečnilo dne 17. 6. 2002 jednání sekce na Ředitelství silnic a dálnic v Praze.

Vedle informací Ing. Smolík z činnosti Rady silniční společnosti, rad časopisů Silniční obzor a Tunel bylo jednání zaměřeno na:

- Prezentaci zahájení ražby průzkumné štoly tunelu MO Praha úsek Špejchar-Pelc Tyrolka, kterou provedli pracovníci projektanta SATRA, a. s.
- Informaci o jednání komise bezpečnosti a větrání v rámci komise C5 AICPR v Grazu – referoval Ing. Závařka.
- Pokračování spolupráce s komisí C5 AICPR ukládání a přístup k informacím a využívání web stránky Komitétu ITA/AITES, referoval náš zástupce v komisi C5 Ing. Zlámal
- Informaci o vydané TP MOS č. 154 (k dosažení na objednávku u Eltodo Praha) o stavu rozpracovanosti TP MDS č. 98. Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací podal doc. Ing. Příbyl. V závěru tohoto bodu bylo konstatováno úsilí o urychlené projednání schválení MDS. Členové sekce proto podávají své připomínky k materiálu do 07/2002.
- Členové sekce byli informováni o práci na projektu bezpečnosti úseku MO Zlíchov – Pelc Tyrolka, který se zpracovává na objednávku městského investora Praha – referoval Ing. Bednář.
- Podstatná část v diskuzi byla věnována problematice sjednocení zásad a názorů na větrání, větrání při požárech, únikové cesty a další problematiku bezpečnosti. V závěru byla zdůrazněna nutnost vytvoření jednotných podmínek a kritérií pro všechny tunelové projekty v dané době hlavně pro dálniční úseky dálnice D8.
- Čtenáře našeho časopisu informujeme na vydání ÚDI-Data o dopravě v Praze 2001.

ROADWARE 2002

V pořadí již osmý Mezinárodní silniční veletrh Roadware 2002 se konal v Praze v Průmyslovém paláci na Výstavišti ve dnech 28. až 30. května 2002. Pořadatelem byla Česká silniční společnost, akci zajišťovala agentura Viaco. Letošního ročníku se zúčastnilo 96 firem, z toho 18 firem poprvé. Na výstavní ploše 1400 m² instalovaly své expozice investorské, projektční a realizační organizace zaměřené na silniční stavitelství. Vedle těchto organizací měly významné zastoupení i firmy zabývající se výrobou materiálů. V katalogu je v přehledu uvedena kategorizace expozic dle naplně činnosti. V kategoriích geotechnika, zakládání staveb a podzemní stavby se představilo asi 13 expozic vč. členů ITA/AITES jako např. Metrostav, a. s., Subterra, a. s., ZS Brno, a. s., Doprastav, a. s.

Organizování silničního veletrhu Roadware je jednou z významných činností silniční společnosti. Těžištěm aktivit České silniční společnosti je práce poboček a odborných sekcí. V těchto sekcích jsou sdruženi odborníci z různých pracovišť z celé republiky. Jejich činnost spočívá především v pořádání odborných akcí, jakými bývají semináře, konference nebo firemní prezentace. Sekce využívají a podporují šíření nejnovějších poznatků daného oboru a čerpají z domácích i zahraničních odborných zdrojů. V jejich řadách (často ve funkci předsedy sekce) jsou naši přední odborníci, kteří buď jako členové, nebo korespondenti pracují také ve výborech Světové silniční asociace AIPCR/PIARC. V současnosti pracuje v rámci ČSS osm odborných sekcí zaměřených na tyto profesní obory:

- správu a údržbu komunikací
- povrchové vlastnosti vozovek
- cementobetonové vozovky
- asfaltové vozovky
- silniční a městské dopravní inženýrství
- silniční tunely
- zemní práce, odvodnění a spodní stavbu
- telematiku

ČSS usiluje nyní o rozšíření a změny v počtu a zaměření sekcí tak, aby co nejvíce odpovídaly nové struktuře AIPRC/PIARC a jejím výborům.

Zahraniční styky

Česká silniční společnost spolupracuje s obdobnými organizacemi v zahraničí, především na Slovensku a v blízkých evropských zemích. Je dlouholetým členem Stálého mezinárodního sdružení silničních kongresů se sídlem v Paříži, které na kongresu v roce 1995 přijalo nový název Světová silniční asociace (World Road Association-AIPRC/PIARC). V patnácti technických výborech má Česká silniční společnost své zástupce, kteří ve výborech trvale pracují a podle možnosti se účastní i jejich zasedání, ta se konají zpravidla jednou za pololetí. Od poloviny devadesátých let je ČSS také členem Mezinárodní silniční federace (International Road Federation-IRF). Pro aktivity a využívání informací a poznatků obou světových organizací byly při ČSS ustaveny národní komitety, v nichž jsou soustředěni špičkoví odborníci a rozhodující podnikatelské subjekty České republiky.

Ediční činnost

Hlavní částí ediční činnosti je vydávání časopisu Silniční obzor. Jde o jediný svého druhu odborný časopis využívající odborníky v České republice i na Slovensku. Silniční obzor existuje již od roku 1922. Díky krátkému přerušení ve vydávání vyšel v roce 1999 jeho „jubilejní“ šedesátý ročník. Je vítaným místem pro publikaci poznatků vědy a praxe oboru, jakož i pro nejnovější informace a inzerce. U příležitosti celostátní konference a mezinárodního silničního veletrhu Roadware vychází Silniční obzor ve zvláštní úpravě, s bohatší prezentací firem a organizací.

V posledních letech se ve výrazné míře v tomto časopise objevují i články z oboru tunelového stavitelství, hlavně příspěvkem členů sekce Silniční tunely, z nichž většina je současně členy ITA/AITES.

ACTIVITY OF THE CRA ROAD TUNNELS DEPARTMENT

In correspondence with the plan of activity for the year 2002, session of the department took place at the Directorate of Roads and Motorways on June 17, 2002.

Beside information from Ing. Smolík on activity of the Council of the Road Association, and editorial boards of Road Review and Tunel magazines, the session was aimed at:

- presentation of commencement of excavation of the exploratory gallery in the Prague City Circle (CC) tunnel, section Špejchar – Pelc Tyrolka, which was carried out by employees of the designer SATRA Inc.;
- Information on session of committees on safety and ventilation within the frame of the AICPR C5 committee in Graz – referred by Ing. Závařka;
- Continued cooperation with the AICPR C5 committee, storage and access to information and use of the ITA/AITES web site – referred by our representative in the C5 committee Ing. Zlámal;
- Information on the newly issued specifications TP MTC no. 154 (available on request by Eltodo Prague) and status of the prepared specifications TP MTC no. 98 Technical equipment of road tunnels, submitted by Doc. Ing. Příbyl. An effort for enhanced processing and approval by the MTC was expressed at the end of this point. Therefore, members of the department will submit their comments to the material no later than July 2002;
- Members of the department were notified about work on the safety project at the CC section Zlíchov – Pelc Tyrolka, which is being elaborated on commission of the Prague's city investor – referred by Ing. Bednář;
- Significant part of the discussion was devoted to the problems of unification of standards and opinions on ventilation, ventilation by fires, emergency exits and further safety issues. In the end, a need for creation of unifying conditions and criteria for all tunnel projects, in that time mainly for sections of the D8 highway, was emphasized.
- We inform our magazine's readers about publication of ÚDI-Data on traffic in Prague in 2001.

Ing. Petr Vozarik

ROADWARE 2002

Already the 8th International road fair Roadware 2002 took place in Prague in the Průmyslový palác (Industrial Palace) at Výstavišti during May 28-30, 2002. It was held under auspices of the Czech Road Association and organized by the Viaco agency. 96 companies participated this year, 18 of them for the first time. On an area of 1400 m², owners, designers and contractors focused on road engineering installed their exhibitions. Beside these organizations, also companies producing materials were significantly represented. Classification of the exhibitions according to the field of activity is stated in the catalogue's overview. Within categories Geotechnics, Founding of Structures and Underground Structures, 13 exhibitions including ITA/AITES members such as Metrostav Inc., Subterra Inc., ZS Brno Inc. and Doprastav Inc., were presented.

Organizing the Road fair Roadware is one of the significant activities of the Road Association. The work of branch-offices and specialized departments are the key activities of the Czech Road Association. Professionals from various workplaces throughout the entire republic are grouped in these departments. Their activity lies mostly in organization of specialized meetings, such as seminars, conferences or company presentations. Departments use and support spreading newest knowledge in the particular fields and gain from both domestic and foreign professional sources. Our top professionals (commonly as department chairmen) are among them, and either as members or correspondents also work in committees of the World Road Association AIPRC/PIARC. Currently, 8 specialized departments focused on the following fields run under the CRA:

- Administration and maintenance of roads
- Road surface properties
- Cement-concrete roads
- Asphalt roads
- Road and urban traffic engineering
- Road tunnels
- Ground works, water draining and substructure
- Telematics

The CRA now tries hard to increase the number and alter the focus of departments so that they would in the best way possible correspond with the new structure of AIPRC/PIARC and its committees.

Foreign Relations

The Czech Road Association cooperates with similar organizations abroad, especially in Slovakia and close European countries. It is a long-term member of the Permanent international association of road congresses based in Paris, which adopted a new title World Road Association (AIPRC/PIARC) at a congress in 1995. Czech Road Association has its representatives in 15 technical committees. They work permanently in these committees and due to possibilities also take part in their sessions, which usually take place twice a year. The CRA is also member of the International Road Federation (IRF) since half of the 1990s. For activities and use of information and knowledge from both world organizations, national committees were formed under CRA, in which top professionals as well as major business subjects in the Czech Republic are grouped.

Editorial Activity

Publishing the Road Review magazine is the main editorial activity. It is the only specialized magazine of its kind, used by professionals both in the Czech Republic and Slovakia. Road Review has existed already since 1922. Due to a short pause in publication, its jubilee 60th issue was published in 1999. It presents a welcomed space for publication of scientific knowledge or experience from the field, as well as for various information and advertisements. By the occasion of national conference and international road fair Roadware, Road Review is published in special format with richer presentation of companies and organizations.

Lately, articles from the field of tunnel engineering have appeared in this magazine in greater scale, mostly due to contribution of members of the Road tunnels department, majority from which are also ITA/AITES members at the same time.

Ing. Petr Vozarik

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

ITA/AITES CZECH TUNNELLING COMMITTEE REPORTS

INFORMACE PRO ČLENY ČTuK ITA/AITES

Z Á P I S

ZE ZASEDÁNÍ VALNÉHO SHROMÁŽDĚNÍ
ČTuK ITA/AITES,
KTERÉ SE KONALO DNE 30. KVĚTNA 2002

Přítomni: 42 delegátů zastupujících 32 členských organizací, 8 individuálních členů, členové představenstva a sekretariátu ČTuK, předseda RR TUNEL a 2 zástupci Slovenské tunelářské asociace, celkem 55 přítomných dle prezentačních listin uložené v sekretariátu

Omluveni: Ing. Bartoš, Ing. VI. Horák, Ing. Studénka, Ing. Štastný

Program: podle pozvánky

Předané podklady:

- Pozvánka s programem jednání
- Přehled našich zástupců ve WG ITA/AITES (k bodu 3)
- Aktualizovaný adresář členů a představenstva ČTuK vč. e-mailů

1. Přivítání přítomných a zpráva o činnosti ČTuK za období od podzimního pracovního shromáždění v Brně (Ing. Hess)

Předseda ocenil hojnou účast delegátů našich členských subjektů a zvláště pak i zástupce Slovenské tunelářské asociace Ing. Keléšiho a Ing. Frankovského.

Činnost komitétu a jeho představenstva vycházela z usnesení pracovního shromáždění v Brně a soustředila se rovněž na zajištění účasti a prezentaci příspěvků našich členů na Světovém tunelářském kongresu v Sydney v březnu t. r. Ve smyslu usnesení byly uzavřeny dodatky smluv na poradenskou činnost s členskými organizacemi. Představenstvo se účastnilo prvního zasedání Přípravného výboru konference PS Praha 2003 a schválilo její rámcovou koncepci. Na svém řádném zasedání v květnu t. r. pak schválilo naše další zástupce do WG ITA/AITES, podrobně projednalo ekonomickou situaci, stav členské základny, problematiku pořádání Světového tunelářského kongresu a přípravu tohoto valného shromáždění.

2. Zpráva o Světovém tunelářském kongresu v Sydney, o jednáních Executive Council ITA/AITES a o dalším rozvoji asociace (Ing. Hess)

ITA/AITES přijala dvě nové členské země: Chorvatsko a Chile, stav členů je 52. Sídlo organizace se přesouvá od srpna t. r. do Švýcarska, do Lausane, za využití nabídky výhodných podmínek ze švýcarské strany. Vznik profesionálního sekretariátu vyžaduje doplnění administrativy (pokladník, fin. auditor aj.). Zvolený pořadatel Světového kongresu má právo mít v Councilu rok předem svého reprezentanta. Kongresu v Sydney se zúčastnilo 650 - 700 odborníků, z toho asi 300 zahraničních. Přednes našich příspěvků se setkal s velkým zájmem (Ing. Zapletal, Ing. Kolečkář, Ing. Valeš). Open session byla věnována tématu Fire and Life Safety.

Příští Světový kongres se bude konat v Amsterdamu, v roce 2004 v Singapuru, v roce 2005 v Turecku. O dalším kandidátovi není dosud rozhodnuto.

Open session v Amsterdamu bude věnována tématu Immersed Tunnels, uplatníme příspěvky týkající se naplavovaného tunelu na IV C metra a představenstvo nominovalo do této WG našeho delegáta.

3. Zpráva o činnosti a našem zastoupení ve WG ITA/AITES (Ing. Valeš)

Naše zastoupení ve WG vyplývá z předaného materiálu. V období 2001 - 2002 byli představenstvem do WG nominováni: Doc. Ing. Rozsypal, CSc. (02 - Research), Doc. Ing. Jan L.Vitek, CSc. (WG 11 - Immersed and Floating Tunnels), Dr. Ing. Jan Pruška, Doc. Ing. Karel Vojtasik, CSc. (oba WG 18 - Training), Ing. Otakar Hasik, Ing. Václav Soukup (oba WG 19 - Conventional Tunneling), Ing. Václav Valeš (WG 20 - Urban Problems - Underground Solution). Činnost WG 4 - Subsurface Planning a WG 13 - Direct and Indirect Advantages of Underground byla ukončena sloučením jejich působnosti vznikla WG 20 - Urban Problems - Underground Solution. Dosud nemáme zástupce ve WG 5 - Health and Safety in Works a ve WG 17 - Long Tunnels in Great Depth. Ing. Valeš přednesl přehled činnosti jednotlivých WG, který bude publikován v č.3/2002 našeho časopisu TUNEL.

4. Informace o našich příspěvcích na mezinárodní tunelářské konferenci (Ing. Soukup)

V minulém roce vyzval sekretariát všechny členské subjekty, aby předávaly sekretariátu abstrakty všech příspěvků zasílaných na zahraniční konferenci. Dosud se tak děje zcela výjimečně. Toto opatření nemá žádný význam kontrolní, ale informativní a koordinační. Žádáme proto znovu všechny členy,

INFORMATION FOR CTuK ITA/AITES MEMBERS:

MINUTES

FROM THE GENERAL ASSEMBLY
OF CTuK ITA/AITES MEMBERS HELD ON
THE 30 MAY 2002

aby je dodržovali. Do Amsterdamu je dosud přihlášeno 9 našich příspěvků z několika organizací (dle informací od pořadatele!), ale do sekretariátu nedošel ani jeden abstrakt. V diskusi k tomuto bodu vystoupili Prof. Barták, Prof. Aldorf, Ing. Hess, kteří upozornili na další konferenci příbuzných oborů s velkým podílem příspěvků týkajících se podzemních konstrukcí.

5. Zpráva o výsledku hospodaření v roce 2001, čerpání rozpočtu na rok 2002 a návrh na úpravu členských příspěvků (Ing. Doubek)

Na pracovním shromáždění ČTuK v Brně jsme účastníky podrobně informovali o napjaté ekonomické situaci komitétu, která vznikla ukončením členství některých velkých firem (likvidace apod.) a prodlením v platbách Slovenské tunelářské asociace. Solventnost komitétu se podařilo díky porozumění některých členských organizací udržet, ale celkově jsme v roce vykázali ztrátu ve výši 251,2 tis. Kč. Hlavním důvodem je odpis nedobytných položek Vodních staveb, Vojenských staveb aj., zvýšené náklady na distribuci časopisu Tunel na Světovém kongresu v Miláně a jeho převod na internet a nesplněný rozsah inzerce.

Odsouhlasená úprava částek za poradenskou činnost byla promítnuta do dodatků obchodních smluv, které byly vesměs podepsány, a tím podložen již schválený rozpočet na letošní rok. Jeho plnění k 30. dubnu je příznivé: čerpání výdajů na 23,8 %, příjmů z prodeje služeb na 70,9 % a z příspěvků na 87,9 %. Stav neuhrazených faktur z minulých let činí 252,7 tis. Kč vč. dosud ne zcela splaceného dluhu STA, o němž se právě se slovenskými kolegy jedná.

Ve Statutu ČTuK je stanovena výše členských příspěvků takto: členské subjekty do 25 pracovníků 2000 Kč, nad 25 pracovníků 5000 Kč. Protože došlo v posledních letech ke změnám v počtu pracovníků, upravíme od příštího roku příspěvky podle vami uvedených údajů publikovaných v uplynulé roce. U 11 organizací dojde ke zvýšení, u 2 ke snížení, celkový přínos do rozpočtu tedy bude 27 tis. Kč.

6. Zpráva o stavu členské základny (Ing. Matzner)

K 31. 12. 2001 oznámily ukončení členství firmy: HONEYWELL, AD SERVIS TERRABOR. První z nich své závazky vůči ČTuK splnila, druhá dluží úhradu faktury za uplynulý rok i členský příspěvek. Tím se snížil počet kolektivních členů na 36. Kromě toho dnešního dne vítáme i dva nové čestné členy, investorské organizace: ČESKÉ DRAHY a ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC. Jednání o členství firmy INGSTAV Ostrava je před podpisem smlouvy, jednání o členství firmy RESA Ostrava skončilo bez úspěchu. Počet individuálních členů vzrostl na 33.

7. Ediční záměry redakční rady časopisu TUNEL v roce 2002

(Ing. Romancov)

Podle ohlasu mezi světovou tunelářskou veřejností patří náš časopis k několika nejlepším. Velké uznání časopisu vyjádřil např. svým dopisem Prof. Dimitrios Kolymbas, přednosta geotechnického institutu Univerzity Innsbruck, který odběr časopisu pro institut předplatil. Pro udržení jeho dosavadního rozsahu a úrovně je významný podíl inzerce a plnění loňského usnesení valného shromáždění - že každá členská organizace zajistí v roce dva inzeráty. V příloze zápisu je uveden přehled dosavadních inzerentů. Na autory apelujeme, aby dodržovali zásady pro předávání rukopisů, zejména při digitálním zpracování grafických a obrazových příloh. Pokud nedodají anglický překlad, bylo by výhodné, aby připojili překlad klíčových odborných výrazů, pokud mají na jejich použití zájem. Předpokládáme, že výtisky časopisu používají členské organizace nejen pro svou potřebu, ale i pro externí propagaci svou i celé asociace ITA/AITES.

8. Zpráva web-mastera ČTuK o internetové stránce ČTuK a ITA/AITES (Ing. Mařík)

Hlavním pokrokem je zveřejňování časopisu TUNEL. Dosáhli jsme ho po delším jednání s tiskárnou o předávání podkladů ve formátu, který pro převod na internet je vhodný. V diskusi k tomuto tématu zazněly názory na různé způsoby zveřejnění, aby nebyla snížena poptávka po časopise formou subskripce. Reálný je však pouze převod časopisu podle podkladu tiskárny,

zveřejnění je však možno poněkud pozdržet po vydání čísla. Stále však postrádáme informace o zajímavých stavbách prováděných našimi členskými firmami, které by bylo vhodné publikovat a v zájmu firem i propagačně využít.

9. Informace z činnosti příbuzných odborných společností (Prof. Aldorf)
ČTuK vyvíjí snahu o vzájemnou propojenost informací se společnostmi příbuzných oborů. Od první schůzky zaměřené na koordinaci stavebního a horního zákona byly uspořádány dva odborné semináře. Vzájemná informovanost se zlepšila, vzájemná účast na konferencích a seminářích příbuzných společností se zvýšila. Další seminář se plánuje na přelomu 2001/2002 na téma moderních technologií užitých na stavbě tunelů Mrázovka a Březno. Do Kalendáře konferencí a odborných seminářů, který jsme letos rozeslali všem členským subjektům, jsme zahrnuli akce, k nimž jsme dostali podklady. Pokud existují další, oznamte je do sekretariátu a kalendář budeme průběžně aktualizovat.

Soutěž pro studentské diplomové práce nebyla v roce 2001 vyhodnocena z důvodu malého počtu zadaných prací. Letos je situace lepší, soutěž bude vyhodnocena na podzimním pracovním zasedání. Vítěz soutěže by zde měl svou práci prezentovat.

10. Stav přípravy konference PS Praha 2003 (Prof. Barták)
Na prvním zasedání Přípravného výboru byly stanoveny tematické okruhy a jejich garanti obdobně jako na minulé konferenci. Drobné změny byly uvedeny v „Prvním oznámení“, které bylo distribuováno v šesti jazykových mutacích v tuzemsku i zahraničí a bude zveřejněno i v příštím čísle našeho časopisu. Na Světovém kongresu v Sydney bylo jich rozdáno na 300 ks. Místo konference: opět hotel Pyramida, banket v Břevnovském klášteře.

11. Posouzení návrhu na případné uspořádání Světového tunelářského kongresu ITA/AITES v roce 2007 v Praze (Ing. Hess)
Předseda ve svém vystoupení objasnil celou problematiku pořádání takové významné akce na světové úrovni, dříve než požádal delegáty o vyjádření.

EXKURZE NA STAVBU DÁLNIČNÍCH TUNELŮ U DRÁŽDAN

Dne 10. června 2002 METROPROJEKT Praha, a. s., zorganizoval pro členy Českého tunelářského komitétu exkurzi na dálniční tunely Coschütz a Dölzchen na dálničním obchvatu Drážďany v SRN. Tento obchvat je součástí dálničního tahu Drážďany - Praha (dálnice A17/D8). Ze stavebně-inženýrského hlediska se jedná o jeden z nejzajímavějších úseků na celé trase - tunely podcházejí zastavěnou oblast a oboustranně ústí do údolí Weisseritztal, přes které je vybudován most.



Exkurze byla zahájena v informačním centru na staveništi tunelu Coschütz. Všeobecnou informaci podal ředitel Saského dálničního úřadu pan Ing. Strobel, technický výklad zajistil vedoucí stavby Ing. Lechler. Za německou stranu se dále zúčastnil prof. Maidl z Ruhr Universität Bochum, jehož inženýrská kancelář vykonává na stavbě tunelů dohled a jehož prostřednictvím se exkurze uskutečnila. Na tunelu Coschütz probíhá dosud ražba, v tunelu Dölzchen se již buduje vnitřní (sekundární) ostění, most je v hrubé konstrukci těsně před dokončením. Celý úsek Drážďany - státní hranice SRN/ČR má být zprovozněn do roku 2005. Zástupci Saského dálničního úřadu několikrát zdůraznili, jak je důležité, aby i z české strany byla celá dálnice co nejdříve zprovozněna a netajili se údivem nad přístupem našich "ekologů", kteří dělají co mohou, aby stavbu zdrželi (protože jak známo německá strana má v úmyslu po zprovoznění svého úseku zrušit dotace vkládané do železniční přepravy kamiónů, takže je velmi pravděpodobné, že situace na silnici Lovosice - Teplice se poté prudce zhorší).

Účastníci si prohlédli čelbu tunelu Coschütz, most přes údolí Weisseritztal a tunel Dölzchen. V průběhu exkurze byl pořízen videozáznam a velké množství fotodokumentace, která je k dispozici ve fotogalerii Metroprojektu.

Další podrobnosti si můžete přečíst na webových stránkách ČTuK.

Delegáté se pak jednomyslně hlasováním vyslovili pro využití možnosti pořádání kongresu a pro pověření Ing. Romancova, aby do podzemního Pracovního shromáždění ČTuK rozpracoval a projednal podmínky pro zahájení přípravy.

12. Různé

121. Doc. Přibyl komentoval dosavadní činnost pracovní skupiny „Bezpečnost provozu v tunelech“ a další pracovní záměry. Informoval o zpracovaných Technických podmínkách pro provoz tunelů jako o prvních v Evropě. Z 30 evropských tunelů hodnocených podle stupně vybavenosti se umístil Strahovský tunel na 4-9 místě.

122. Ing. Hess připomněl činnost naší druhé pracovní skupiny „Stříkaný beton“, která se podílí na přípravě příručky pro aplikaci stříkaného betonu.
123. Ing. Keléši - STA potvrzuje další trvalý zájem na účasti při vydávání časopisu TUNEL a nabízí spolupráci při přípravě Světového kongresu, zejména např. nabízí umožnění exkurzí na Slovensku.

124. Ing. Svoboda informuje o přípravě TP pro výstavbu kolektorů v Praze.
125. Prof. Barták informuje o ustavení EFUC - Evropského fóra pro podzemní stavby (bez účasti ITA/AITES!), zaměřeného na bezvypukové technologie. Ing. Hess připomíná, že problematika NO-DIG bude na programu příštího jednání EC ITA/AITES v Šanghaji.

126. Ing. Stečinský (ČSD) upozorňuje na připravované TP pro realizaci drážních tunelů.

127. Ing. Srb informuje o exportu tunelářských technologií.

13. Prezentace divize 5, METROSTAV, a. s.

Ředitel divize Ing. Soukup a vedoucí projektu Ing. Mosler podali komplexní informaci o průběhu výstavby tunelů Mrázovka, úseku prováděném Metrostavem. Po obědovém občerstvení byla pro zájemce připravena exkurze na stavbu.

Zapsal: Ing. Matzner
Ověřil: Ing. Hess

AN EXCURSION TO HIGHWAY TUNNELS NEAR DRESDEN

On June 10 2002, METROPROJEKT Praha Inc. organized an excursion for the Czech Tunnelling Committee members to the highway tunnels Coschütz and Dölzchen on the highway bypass of Dresden in Germany. This bypass is a part of the highway connection Dresden - Prague (A17/D8 highway). From the civil engineering point view, it is one of the most interesting sections on the entire path - tunnels underpass a settled area and on both sides comes into the Weisseritztal valley, over which a bridge is constructed.

The excursion began in an information centre at construction yard of the Coschütz tunnel. Ing. Strobel of the Saxon Motorway Bureau offered general information while Ing. Lechler, construction director, submitted a technical insight. As for the German side, Prof. Maidl of Ruhr Universität Bochum, whose engineering bureau performs supervision at tunnel constructions and who mediated this excursion, also took part. Excavation still proceeds at the Coschütz tunnel, inner (secondary) lining is already being realized in the Dölzchen tunnel while the bridge is in rough framework closely before completion. The entire section Dresden - national border Germany/CR should be put into operation till 2005. Representatives of the Saxon Motorway Bureau several times stressed that it is essential also for the Czech side of the highway to be put into operation as soon as possible and have not even tried to hide their astonishment from the approach of our "ecologists", who are doing their best to delay the construction (it is a well-known fact that the German government plans on to cancel direct payments to the railway transport of lorries after commencement of full operation of its highway section, and therefore it is very probable that situation of the road Lovosice - Teplice would deteriorate rapidly).

Participants took a look at face of the Coschütz tunnel, at the bridge over the Weisseritztal valley as well as at the Dölzchen tunnel. A camera record and a large amount of photo-documentation, which are now available in the photo gallery of Metroprojekt, has been taken during the excursion.

Further details can be obtained at the CTC web site.

Ing. Georgij Romancov, CSc.



INFORMACE

INFORMATION

TP154: PROVOZ, SPRÁVA A ÚDRŽBA TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

V květnu tohoto roku byly vydány nové technické podmínky, které poprvé v České republice pojednávají o otázkách provozování tunelů pozemních komunikací. Pokud je známo, tak obdobné podmínky na celostátní úrovni zatím nejsou vydány v žádném evropském státu.

Pod vedením ELTODO EG se na zpracování podílely další organizace zapojené ve Výboru pro bezpečnost v podzemních stavbách ITA/AITES.

Cílem těchto technických podmínek je vytvořit zásady pro provozování, správu a údržbu tunelů pozemních komunikací. Dokument je členěn do jednotlivých kapitol a jejich anotace následuje níže.

KAP. I PROVOZNÍ DOKUMENTACE

Provozní dokumentace tunelu tvoří soubor platných základních dokumentů, které upravují organizaci, vztahy a činnosti v rámci provozování tunelu. Tato kapitola stanovuje obsah a účel provozní dokumentace pro tunely PK. Tato kapitola uvádí základní členění provozní dokumentace. Patří sem:

- Bezpečnostní dokumentace: Havarijní plány, plány požární ochrany, operativní záznamy, atd.;
- Tunelová kniha: Zásady pro vstup obsluhy, organizační vazby, bezpečnost práce, řád prohlídek a kontrol, záznam o revizích a kontrolách, atd.;
- Dopravní řád: Řád standardního, zvláštního, mimořádného, havarijního režimu;
- Provozní řád: Řád standardního, zvláštního, mimořádného, havarijního režimu;
- Řád mimořádného a havarijního režimu – Činnost dispečera, operativní plán, atd.

KAP. II SPRÁVNÍ DOKUMENTACE

Jedná se o dokumentaci tunelů pozemních komunikací, která je základním podkladem pro výkon jeho správy. Definiuje účel, členění a strukturu správní dokumentace. Správní dokumentace se člení na evidenční listy, pasport tunelu, archiv dokumentace připravovaných tunelů, knihovnu předpisů, tunelovou mapu, atd.

KAP. III ÚDRŽBA A OPRAVY TUNELŮ

Náplní této kapitoly je základní stanovení úkolů a povinností pro údržbu tunelů PK. Cílem je poskytnutí podkladů pro kvalifikované zpracování základních dokumentů pro zajištění údržby a oprav tunelů. Dále stanovuje časové horizonty, financování, organizaci, atd. prováděné údržby a oprav.

KAP. IV BEZPEČNOST V TUNELECH POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Zde jsou uvedeny zásady pro vytváření bezpečnostní politiky a je zde navržena metodika, jak mimořádné události v tunelech sledovat a kategorizovat. Vytvoření a aktualizace bezpečnostní politiky jsou závazné pro provozovatele tunelů na PK, kteří jsou zodpovědní za jejich bezpečné provozování. Jsou zde definovány jednotlivé dopravní a provozní stavy, dopravní excesy, technologické excesy, přírodní katastrofy, atd. a k těmto stavům konkrétní protiziková opatření.

KAP. V OPATŘENÍ PŘI OMEZENÍ DOPRAVY V TUNELECH

Tato kapitola popisuje stavy, při kterých je potřeba omezení dopravy v tunelu. Určuje, jak bude toto omezení probíhat, jak musí být označeno a jaké zařízení je nutné k označení. Nezabývá se tedy případem, kdy je nutné úplně zastavit dopravu v tunelu.

KAP. VI SBĚR A VYHODNOCOVÁNÍ DAT

Kapitola popisuje, jaká data jsou sbírána, zpracovávána a ukládána. Jedná se o dopravní a technologická data. Z hlediska dopravních dat je stanoven minimální požadavek, standard a nadstandard, umístění detektorů a technologie, četnost sbírání dat a jejich zpracování, atd. Mezi technologická data patří měření jasu, stupeň větrání, příkony osvětlení a větrání, informace o počasí, hlášení požární ústředny EPS a verbální komunikace s SOS skříněmi, atd.

KAP. VII EKONOMICKÁ ANALÝZA

Úkolem této kapitoly je vytvoření metodiky pro sledování aktuálního stavu a vývoje ekonomiky tunelu v průběhu jeho výstavby i provozování. Popisuje, jaké údaje musí obsahovat, stanoví model ekonomické analýzy, obsahuje tabulku vstupních údajů, uvádí model finanční rozvahy, uvádí návod na analýzu nákladů, tržeb a výnosů, toku hotovosti a dalších ekonomických parametrů.

DISTRIBUCE: ELTODO EG, a. s., Novodvorská 1010/14, 142 01 Praha 4, pitrovaz@eltodo.cz

TP 154: OPERATION, ADMINISTRATION AND MAINTENANCE OF ROAD TUNNELS

New technical conditions, which for the first time in the Czech Republic deal with matters of road tunnel operations, were issued in May this year. As far as known, similar such conditions on a national level are not yet issued in any European state. Under the leadership of ELTODO EG, other organizations active within the ITA/AITES Subsurface Structures Safety Committee took part in the elaboration.

It is a goal of these technical conditions to create principles for operation, administration and maintenance of road tunnels. The document is divided into separate chapters whose annotation comes as following.

CHAP. I OPERATIONAL DOCUMENTATION

Operational documentation of the tunnel consists of valid founding documents, which concern the organization, relations and activity within the frame of tunnel operation. This chapters determines content and purpose of the operational documentation for road tunnels. This chapter also outlines fundamental subdivision of the operational documentation. To this belong:

- Safety documentation: Emergency plans, fire protection plans, operational reports etc.;
- Tunnel book: Principles for service crew access, organizational relations, working safety, guidelines for excursions and checks, reports on revisions and checks etc.;
- Traffic guidelines: Guidelines for standard, special, extraordinary and emergency regime;
- Operational guidelines: Guidelines for standard, special, extraordinary and emergency regime;
- Guidelines for extraordinary and emergency regime – dispatcher's tasks, operative plan etc.

CHAP. II ADMINISTRATIVE DOCUMENTATION

It is a documentation of road tunnels, which is a fundamental foundation for exercise of its administration. It defines purpose, subdivision as well as structure of the administrative documentation. The administrative documentation is divided into registration records, tunnel passport, archive of documentation of tunnels in preparation, library of regulations, tunnel map etc.

CHAP. III MAINTENANCE AND REPAIRS OF TUNNELS

It is purpose of this chapter to determined fundamental tasks and requirements for road tunnels' maintenance. There is a goal to submit sources for sophisticated elaboration of the founding documents for provision of maintenance and tunnels repairs. It further determines time perspectives, funding, organization etc. by realized maintenance and repairs.

CHAP. IV SAFETY IN ROAD TUNNELS

Here, principles for creation of a safety policy are stated while guidelines, how to monitor and classify extraordinary events in tunnels, are proposed. Creation as well as updating of the safety policy is obligatory for road tunnels' administrators, who are responsible for their safe operation. It defines individual traffic and operational statuses, traffic excesses, technological excesses, natural disasters etc. and assort these statuses correspondent particular anti-risk measures.

CHAP. V MEASURES DURING LIMITED TRAFFIC IN TUNNELS

This chapter describes conditions by which a traffic limitation in the tunnel is necessary. It determines how is this limitation going to proceed, how does it have to be highlighted and what sort of device is to be used for highlighting. Therefore, it does not mention the case when it is necessary to stop traffic at all.

CHAP. VI COLLECTION AND EVALUATION OF DATA

This chapter describes, what sort of data is being collected, processed and stored. This concerns traffic and technological data. From the viewpoint of traffic data, there is a minimal requirement determined, standard and higher standard, location of the detectors and technology, frequency of the collected data and their processing etc. To the technological data belong measurement of brightness, level of ventilation, inputs of illumination and ventilation, weather information, fire alarms to the EPS centre and verbal communication with SOS boxes etc.

CHAP. VII ECONOMIC ANALYSIS

It is a task of this chapter to create guidelines for supervision of the actual status and development of the tunnel's economy during the course of its construction as well as operation. It describes what data it is supposed include, it determines economic analysis model, including a table of input data, sets up a model of financial balance sheet, defines instructions for analyses of costs, earnings and profits, cashflow as well as other economic parameters.

DISTRIBUTION: ELTODO EG, Inc., Novodvorská 1010/14, 14201 Prague 4, pitrovaz@eltodo.cz

Metrostav a.s. - držitel akreditovaného certifikátu řízení jakosti dle ISO 9002 na generální dodavatelsví staveb uznávaného v rámci Evropské unie

Certifikace ISO 9002

- pro inženýrsko dodavatelskou činnost a provádění silničních a stavebních prací v oboru pozemních komunikací
- pro provádění tunelů NRTM
- pro provádění betonových, ocelových a spřažených mostů včetně rekonstrukcí a sanací
- pro inženýrsko dodavatelskou činnost a provádění staveb Českých drah
- pro provádění chemických injektáží a speciálních nátěrů betonových a ostatních konstrukcí
- pro inženýrsko dodavatelskou činnost při zajišťování technologické části staveb

Metrostav a.s. - a general contractor in the field of civil engineering, whose quality control system has earned the ISO 9002 accreditation acknowledged throughout the European Union

Certified to ISO 9002 for:

- consultancy and construction of roads and other civil engineering works related to road construction
- tunnelling by the NATM
- construction of concrete, steel and composite bridges, including refurbishment and rehabilitation
- consultancy and management of projects for České dráhy
- chemical injections and special paints on concrete and other structures
- civil engineering consultancy and construction
- providing equipment lots



Ovládáme obor

We are dominating the industry

Jsme nejvýznamnější firmou na českém stavebním trhu, která může nabídnout vysoce specializované práce prováděné hornickým způsobem, jakými jsou stavby štol a tunelů nejrůznějších parametrů.

We are the most important company on the Czech market, which can offer very specialised work carried out by mining methods, e.g. excavation of adits and tunnels of widely assorted parameters.

ILF Consulting Engineers je součástí mezinárodního inženýrského podniku s 450 zaměstnanci, z toho 98 v České republice, a s pobočkami na celém světě. Společnost se zabývá všemi druhy inženýrských konzultačních činností. Za deset let své existence v České republice získalo ve všech níže uvedených oborech bohaté zkušenosti .

ILF Consulting Engineers is part of an International Consulting Firm with more than 450 employees, 98 of them in the Czech Republic. Branch offices are in many countries around the world. Our professional activities include a wide range of consulting and engineering services and during our 10 years in the Czech Republic we gained extensive experience in:

- Podzemní stavby
- Dopravní stavby
- Inženýrské stavby
- Vodní hospodářství
- Inženýrské sítě
- Geodézie a GIS
- Pozemní stavby
- Územní plánování
- Technologie
- Inženýring
- Stavební dozor
- Vizualizace, animace

- Tunnels
- Roads and Railways
- Bridges
- Water Management
- Infrastructure Networks
- Geodesy and GIS
- Building Design
- Territorial Planning
- Mechanical and Electrical Engineering
- Permits, Right of Way
- Construction Supervision
- Visualization, Animation

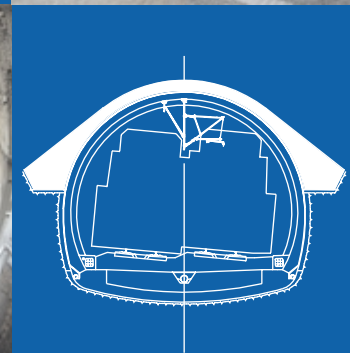
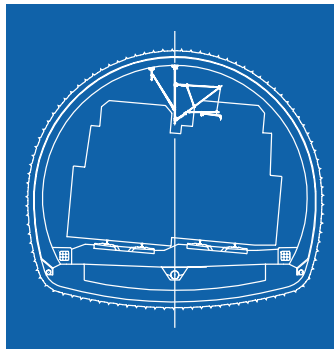
V oblasti podzemních staveb zpracováváme

- silniční tunely
- železniční tunely
- podzemní dráhy
- štoly a kaverny prováděné pomocí NRTM nebo štítováním



In the field of underground construction we design

- Highway tunnels
- Railway tunnels
- Metro System
- Caverns and galleries built by NATM or TBM



VÝZNAMNÉ PROJEKTY ČESKÉ KANCELÁŘE V OBORU PODZEMNÍCH STAVEB:

- Tunnel Branisko (SK), realizační dokumentace
- Tunnel Hřebeč (ČR), poradenská činnost
- Pražské Metro IV.B (ČR), poradenská činnost
- Tunnel Mrázovka (ČR), poradenská činnost
- Tunnel Vepřek (ČR), realizační dokumentace
- Tunnel Malá Huba (ČR), projekt stavby
- Tunnel Hněvkovský I. (ČR), projekt stavby
- Nový třebovický tunel (ČR), projekt stavby

IMPORTANT PROJECTS OF THE CZECH OFFICE:

- Tunnel Branisko (SK), final design
- Tunnel Hřebeč (ČR), consultancy
- Prague Metro IV: B (ČR), consultancy
- Tunnel Mrázovka (ČR), consultancy
- Tunnel Vepřek (ČR), final design
- Tunnel Malá Huba (ČR), preliminary design
- Tunnel Hněvkovský I. (ČR), preliminary design
- New Třebovice tunnel (ČR), preliminary design