

TUNEL

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)*





GEOENGINEERING[®]
spol. s r.o.

projekční a inženýrská činnost

Podzemní stavitelství

štoly, kolektory, tunely,
energokanály, kanalizační sběrače



Geotechnika a speciální zakládání staveb

zakládání na pilotách, mikropilotách, stavební
jámy, kotvy, těsnicí a zpevňující injektáže,
řešení sesuvů, stabilizace násypů, zářezů,
opěrné konstrukce.



Hornictví

otvírková díla, přípravná díla, komory,
likvidace jam, likvidace starých důlních děl,
starých důlních zátěží

Mosty

železniční, silniční, železobetonové, ocelové,
spřažené, lávky, nadchody, podchody,
rekonstrukce a sanace mostů, opěrné zdi



Inženýrská geologie a hydrogeologie

geologický a hydrogeologický průzkum
včetně vyhodnocení, metanový průzkum



KS Ostrava
OR-odd.C, vlož.4888
IČ: 47668121
www.geoengineering.cz

Korunní 32
709 00 Ostrava – Mar. Hory
DIČ: 390-47668121

tel.: 596 624 091
596 632 004
fax: 596 615 889

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

OBSAH

	str.
Úvodník: Ing. Ludvík Šajtar, ředitel a jednatel společnosti, SATRA, s. r. o.	1
Stavba Špejchar – Pelc-Tyrolka městského okruhu v Praze a technologie podzemního stavitelství Ing. Josef Dvořák, Ing. Jaroslav Němeček, Ing. Alexandr Butovič, SATRA, s. r. o.	2
Průzkumná štola pro tunely Blanka Ing. Alexandr Butovič, SATRA, s. r. o.	13
Studie bezpečnosti provozu tunelových staveb západní části městského okruhu v Praze Ing. Ludvík Šajtar, Ing. Josef Dvořák, SATRA, s. r. o.	19
Úloha numerického modelování při projektování tunelů A. H. Thomas, Matous Hilar, D. B. Powel	25
Poruchy stok pražské kanalizační sítě vzniklé při povodni v srpnu 2002 Prof. Ing. Jiří Barták, ČVUT, Fakulta stavební	29
Použití tunelovacího stroje v Ostravsko-karvinském revíru Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc., Ing. Dimitrij Dvořák, Prof. Ing. Petr Martinec, CSc., Ústav geoniky AVČR, Ostrava	33
Efektívne a bezpečné riadenie dopravy v tuneli Doc. Ing. Juraj Spalek, PhD., Doc. Ing. Aleš Janota, PhD.	40
Ze světa podzemních staveb	43
Aktuality z podzemních staveb ve Slovenské a v České republice	49
Z historie podzemních staveb	50
Zpráva z tunelářských konferencí	52
Zpravodajství Českého tunelářského komitétu ITA/ AITES	55
Spravodaj Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/ AITES	56
Bibliografie článků 2003	

REDAKČNÍ RADA

Předseda: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a.s.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT Praha
Ing. Igor Fryč - INGSTAV BRNO, a.s.
Ing. Milan Krejcar - INSET, s.r.o.
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Ing. Libor Mařík - IKP CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Ing. Miloslav Novotný - METROSTAV, a.s.
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a.s.
Prof. 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 AVČR
Ing. Václav Torner - AQUATIS, a.s.
Ing. Pavel Stoužil - 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 a STA
více než 40 externích odběratelů
povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

REDAKCE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7
tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: matzner@metrostav.cz
internet: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Karel Matzner
Odborní redaktoři: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,
Ing. Jozef Frankovský

Grafická úprava: Petr Mišek

Foto na obálce: Počítačová animace – západní tunelová trouba Mrázovka

Tisk: GRAFTOP

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

CONTENTS

	pg.
Editorial: Ing. Ludvík Šajtar, Director and Manager, SATRA, s. r. o.	1
Špejchar – Pelc-Tyrolka construction lot of the City Circle Road in Prague and underground engineering techniques Ing. Josef Dvořák, Ing. Jaroslav Němeček, Ing. Alexandr Butovič, SATRA, s. r. o.	2
Exploratory drift for the Blanka twin-tube tunnel Ing. Alexandr Butovič, SATRA, s. r. o.	13
Study on operational safety in tunnels on the western part of City Circle Road in Prague Ing. Ludvík Šajtar, Ing. Josef Dvořák, SATRA, s. r. o.	19
The role of numerical modelling in tunnel design A. H. Thomas, Matous Hilar, D. B. Powel	25
Damage to sewers of the Prague sewerage network due to floods in August 2002 Prof. Ing. Jiří Barták, ČVUT, Faculty of Civil Engineering	29
Use of tunnel boring machine in the Ostrava-Karviná coal district Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc., Ing. Dimitrij Dvořák, Prof. Ing. Petr Martinec, CSc., Ústav geoniky AVČR, Ostrava	33
Effective and safe traffic control in a tunnel Doc. Ing. Juraj Spalek, PhD., Doc. Ing. Aleš Janota, PhD.	40
World of underground construction	43
Current news from the Slovakian and Czech underground construction	49
From the underground construction history	50
News from tunnelling conferences	52
Czech Tunnelling Committee ITA/AITES reports	55
Slovak Tunnelling Association ITA/AITES reports	56
Bibliography of articles 2003	

EDITORIAL BOARD

Chairman: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a.s.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT Praha
Ing. Igor Fryč - INGSTAV BRNO, a.s.
Ing. Milan Krejcar - INSET, s.r.o.
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Ing. Libor Mařík - IKP CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Ing. Miloslav Novotný - METROSTAV, a.s.
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a.s.
Prof. 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 AVČR
Ing. Václav Torner - AQUATIS, a.s.
Ing. Pavel Stoužil - SUBTERRA, a.s.
CTuK 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 and STA corporate and individual members
more than 40 external subscribers
obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

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

Cover photo: Computer animation – western tube of the Mrázovka tunnel

Printed: GRAFTOP

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

AGE, a. s.
Sudoměřická 12433/25
130 00 Praha 3

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

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

ANKRA BOLTEX, s. r. o.
U Tesly 1825
735 41 Petřvald u Karviné

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

ČESKÉ DRÁHY, o. s.
Nábř. Ludvíka Svobody 1222/12
110 15 Praha 1

ČVUT STAVEBNÍ FAKULTA
Thákurova 7
166 29 Praha 6

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

ENERGIE - stavební a báňská, a.s.
Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

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

GEOENGINEERING, s. r. o.
Korunní 32
709 00 Ostrava-Mariánské Hory

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

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

IKP CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Jirsíkova 5
186 00 Praha 8

INGSTAV BRNO, a. s.
Videňská 38/116
619 00 Brno

INGSTAV, a. s.
Noveská 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

KELLER SPECIÁLNÍ ZAKLÁDÁNÍ, s.r.o.
K Ryšánce 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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC, A. S.
Na Pankráci 546/56
145 05 Praha 4

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

SMP CONSTRUCTION, a.s.
Kafkova 19
160 41 Praha 6

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.
Nákladní 1/3179
701 40 Ostrava-Moravská Ostrava

VUT STAVEBNÍ FAKULTA
Veveří 95
662 37 Brno

**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

DOPRASTAV, a.s.
Drieňová 27
826 56 Bratislava

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
ŠPECIÁLNE 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
Miletičova 19,
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

**VAHOSAV - 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

VIUS-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

VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

přijali jsme s potěšením možnost představit v tomto čísle časopisu Tunel práci naší společnosti v oboru podzemního stavitelství i přesto, že v tomto roce neoslavujeme žádně kulaté výročí. Společnost Satra byla založena v roce 1991 jako projektová a inženýrská organizace. Je soukromým subjektem vlastněným Ing. Josefem Dvořákem a Ing. Ludvíkem Šajtarem. Jádrem společnosti tvoří odborníci specializovaného ateliéru podzemních staveb bývalého Vojenského projektového ústavu, kteří mají i třicetileté zkušenosti v oboru podzemního stavitelství získané při výstavbě tunelu Letná, metra trasy A, objektů OSM, speciálních objektů pro armádu, spoje, vnitro atd. Při zakládání společnosti měli společníci na zřeteli cíl udržet pohromadě tým specialistů všech profesí nezbytných pro přípravu podzemních inženýrských staveb, a to jak geotechniků a staticků, tak specialistů technologického vybavení. Takto postavený profesní tým byl v roce 1993 osloven investorem, projektantem a dodavatelem technologie Strahovského tunelu, aby při realizaci tunelu Strahov koordinoval dokončovanou stavební část s montáží technologického vybavení. Po dvou letech od založení společnosti jsme byli zpátky u své specializace.

Na základě výsledků naší činnosti nám byly zadány další práce při dokončování Strahovského automobilového tunelu, např. ochranný systém SAT včetně projektu propojovací štoly mezi SAT a trasou B metra (první projekt metodou NRTM), a spoluúčast při zpracování provozního řádu SAT.

Samostatnou kapitolou v činnosti naší společnosti byla a je účast na projektu tunelu Mrázovka. Pro generálního projektanta PUDIS, a. s., jsme ve všech stupních projektové dokumentace zpracovávali dokumentaci ražených objektů, kompletního technologického vybavení a zajištění nadzemní zástavby. Mimo to jsme se významně podíleli na návrhu rozsahu a obsahu monitoringu, způsobu jeho realizace z hlediska smluvního zajištění, a pro dodavatele monitoringu, společnost VIS, a. s., jsme vypracovali projekt, spolupracovali při výběrovém řízení jednotlivých dodavatelů a zajišťovali činnost kanceláře monitoringu včetně účasti našich specialistů při realizaci observační metody v průběhu výstavby. V současné době zajišťujeme vlastními pracovníky měření poměrných deformací v definitivním ostění a mostovce tunelu.

Již pátým rokem se podílíme na přípravě další části MO v úseku Myslbekova – Pelc-Tyrolka jako koordinátor a zpracovatel technologického vybavení celého úseku a společně s VPÚ DECO Praha, a. s., jako projektant stavby Špejchar – Pelc-Tyrolka. V rámci tohoto projektu jsme zpracovali bezpečnostní analýzu všech tunelových staveb MO v úseku Barrandovský most – Pelc-Tyrolka. V článcích tohoto čísla najdete bližší informace jak o stavu přípravy stavby Špejchar – Pelc-Tyrolka, tak o cílech a závěrech bezpečnostní studie.

Naše společnost v současné době disponuje zkušeným týmem starších i mladých specialistů, kteří zkušenosti získané na projektech pro hl. m. Prahu uplatňují i na stavbách podzemního stavitelství pro jiné investory, např. projektu technologického vybavení stavby 513 Pražského silničního okruhu, projektu vzduchotechniky tunelu Dobrovského, při supervizi na výstavbě kolektorů v Brně a při realizace technologie tunelu Horelica na Slovensku.

Naše projektová a inženýrská společnost se přizpůsobila podmínkám trhu a v současné době představuje konzultační firmu, plně profesionálně a materiálně vybavenou, která je schopna nabídnout svým smluvním partnerům služby na nejvyšší profesionální úrovni.



DEAR READERS OF THE TUNEL MAGAZINE,

We welcome with delight the possibility to use this issue of the Tunel magazine to introduce our company's work in the field of underground works in spite of the fact that we do not celebrate any major anniversary this year. The company Satra was founded in 1991 as a designing and engineering organization. It is a private subject owned by Ing. Jozef Dvořák and Ing. Ludvík Šajtar. Core of the company consists of professionals from the specialized group for underground works of the former Military Design Institute, who have even 30 years of experience in the field of underground engineering, acquired during constructions of the Letná tunnel, the subway line A, subway structures for civil defense, special projects for the army, department of communications, interior etc. When founding the company, the partners kept

in mind to keep together a cohesive team of specialists in all those fields necessary for preparation of underground engineering works, including geotechnicians, structural experts as well as specialists for technological equipment. In 1993, such professional team was contacted by the investor, designer and technological contractor for the Strahovský tunnel, to take part in realization of the Strahovský tunnel by coordinating the almost completed civil part with installation of the equipment. Two years after founding the company, we were back in our field of specialization.

Based on the results of our activity, we have been commissioned for further works in completion of the Strahovský road tunnel (SRT), for instance the safety system SRT including the project for a connecting gallery between SRT and the subway line B (first project using the NATM) or cooperation in elaboration of the SRT operating standards.

Among activities of our company, participation in project of the Mrázovka tunnel is a chapter of its own. While working for the general designer PUDIS a.s., we have elaborated documentation of mined structures, complete technological equipment and securing of the surface buildings, and all that in all levels of design documentation. We have also taken significant part in proposal for the extent and segmentation of the monitoring, method of its realization from the viewpoint of contractual safeguarding. For the contractor of the monitoring, company VIS a.s., we have elaborated the design, cooperated in competitive tender for individual contractors and also provided for activity of the monitoring office, including participation of our specialists in realization of the observation method during the construction. At the time, our employees are carrying out measurements of relative deformations of the tunnel final lining and bridge deck.

We have been for five years taking part in preparation of next segment of the City Circle Road (CCR) section Myslbekova – Pelc-Tyrolka as a coordinator and realizer of the technological equipment in the entire section and along with VPÚ DECO Praha a.s. as designer of the structure Špejchar – Pelc-Tyrolka. As part of this design we have elaborated a safety analysis for all CCR tunnel structures in the section Barrandovský bridge – Pelc-Tyrolka. Articles in this issue will give you more details about status of preparation of the structure Špejchar – Pelc-Tyrolka as well as about objectives and conclusions of the safety analysis.

Our company is currently represented by an experienced team of both young and older specialists, who apply their experience, gained at designs for the city of Prague, also at works of underground engineering while working for other investors, for example the design of technological equipment for the structure 513 of the Prague city ring road, the design of ventilation equipment for the Dobrovského tunnel, supervision of the collector construction in Brno or realization of equipment in the Horelica tunnel in Slovakia.

Our designing and engineering company has accommodated to the market conditions and at the time represents a professionally and fully equipped consulting firm, which is able to offer its contractual partners services on the highest professional level.

Ing. Ludvík Šajtar
ředitel a jednatel společnosti
Director and Manager of the company
SATRA, s. r. o.

STAVBA ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA MĚSTSKÉHO OKRUHU V PRAZE A TECHNOLOGIE PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA CONSTRUCTION LOT OF THE CITY CIRCLE ROAD IN PRAGUE, AND UNDERGROUND ENGINEERING TECHNIQUES

ING. JOSEF DVOŘÁK, ING. JAROSLAV NĚMEČEK, ING. ALEXANDR BUTOVIČ, SATRA, s. r. o.

ÚVOD

Každá nově navrhovaná dopravní stavba musí ve svém výsledku především splňovat požadované přepravní kapacity při dodržení podmínek bezpečného provozu. Ve fázi přípravy takové stavby se musí projektant i investor vyrovnat s celou řadou podmínek, které možnosti čistě technického řešení vymezují, jako jsou územní podmínky, konfigurace terénu, geologická stavba území, normativní a právní rámec stavební činnosti, podmínky veřejnoprávních jednání, názory a požadavky občanů a občanských iniciativ. V konečném výsledku to v řadě případů znamená, že jediným prostorem pro možné umístění dopravních staveb či jejich částí je podzemí. To platí v plné míře i o řešení městského okruhu v Praze.

MĚSTSKÝ OKRUH HL. M. PRAHY

Městský okruh (MO), jako nezbytná součást sítě hlavních komunikací v Praze, bude mít podle platného územního plánu v konečné podobě celkovou délku 33 km.

Z pohledu podzemního stavitelství byl v roce 1997 na MO uveden do provozu Strahovský tunel délky více než 2 km se dvěma dvoupruhovými tunely, které byly v té době realizovány upravenou prstencovou metodou. V říjnu roku 2002 byla zprovozněna stavba MO Zlíchov – Radlická s hloubeným podjezdem ČD na Zlíchově. V srpnu roku 2004 se můžeme těšit na zahájení provozu další stavby MO tunelu Mrázovka. Na této stavbě byly poprvé v pražské geologii, pod nadzemní zástavbou, vyraženy metodou NRTM silniční třípruhové tunely s plochou výrubu 165 m² a tunelové rozplety s plochou výrubu až 324 m², což je úspěchem českého tunelářství, a to i ve světovém měřítku.

Od roku 1998 probíhá projektová a investorská příprava severozápadního úseku MO, souboru staveb MO Myslbekova – Pelc-Tyrolka. Územní rozhodnutí na celý soubor staveb, přes všechna odvolání, nabylo právní moci rozhodnutím Ministerstva pro místní rozvoj dne 6. 6. 2003.

Celý soubor staveb se skládá ze tří staveb a má celkovou délku 5895 m. Rozdělení tohoto úseku MO na tři stavby, s postupným uváděním staveb do provozu, bylo navrženo na základě požadavku zachovat městské funkce v území dotčeném výstavbou, což znamená zachování stávající dopravní kapacity území, funkce MHD, obsluhy stávající zástavby, funkce inženýrských sítí, to vše s minimalizací vlivů stavby na životní prostředí.

Směrem od Strahovského tunelu, křižovatky Malovanka navazuje stavba 9515 Myslbekova – Prašný most v délce 915 m, trasa MO je vedena v třípruhových, převážně ražených tunelech s provozním názvem tunel Brusnice. Součástí realizace jsou úpravy v křižovatce Prašný most, úpravy ulice Svatovítská s přestavbou přemostění ČD. V navazující stavbě 0080 Prašný most – Špejchar je trasa MO v celé délce 660 m vedena v hloubených, převážně třípruhových tunelech, provozní název tunel Dejvice. Stavba 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka má celkovou délku 4320 m, trasa MO je v převážné míře vedena v tunelech s provozním názvem tunel Královská obora. Předpokládá se, že v roce 2004 bude na stavbu 0079 získáno stavební povolení, proběhne výběr zhotovitele stavby s tím, že zahájení výstavby je směřováno do roku 2005. Realizace dalších dvou staveb bude navazovat.

STAVBA ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (ŠPELČ)

Trasa MO ve stavbě 0079 ŠPELČ je vedena od křižovatky Špejchar v hloubených tunelech délky 647 m, před stadionem Sparta přecházejí hloubené tunely do tunelů ražených délky 2211 m. Tunely podcházejí zástavbu na Letné, přírodní památku Královskou oboru – Stromovku, plavební kanál, Císařský ostrov, Vltavu, na trojském nábřeží přecházejí ražené tunely do tunelů hloubených

INTRODUCTION

Any newly designed traffic-related construction has to meet requirements for the carrying capacity, with conditions of safe operation maintained. The client and designer must cope with many conditions limiting the options allowed by a purely technical solution, e.g. regional conditions, terrain configuration, geological structure of the area, normative and legal aspects of civil engineering activities, conditions set by statutory bodies after negotiations, opinions and requirements of citizens and civil initiatives. All those conditions often result in a single possibility, to place the traffic-related structures or their parts underground. This applies in a full extent to the solution of the City Circle Road in Prague too.

CITY CIRCLE ROAD IN THE PRAGUE CAPITAL

According to the current land-use plan, the City Circle Road (CCR), as an indispensable part of the network of major roads in Prague, will be, in its final phase, 33 km long.

As regards underground engineering, the Strahov tunnel, featuring two over 2 km long double-lane tubes, was opened to traffic on the CCR in 1997. It was built using a modified ring method. October 2002 saw the inauguration of the Zlíchov – Radlická construction lot of the CCR, containing a mined railway underpass in the Zlíchov district. We can be looking forward for August 2004, when another construction lot of the CCR, the Mrázovka tunnel, is scheduled for commissioning. It was for the first time that mined three-lane tunnels and bifurcation chambers with an excavated cross-section area of 165 m² and 324 m² respectively were executed by the NATM in the Prague geology, under existing buildings. This is a success of the Czech tunnelling, even on the worldwide scale.

The design and investment preparation of the northwestern section of the CCR, i.e. the construction package Myslbekova – Pelc-Tyrolka, started in 1998. The zoning approval covering the complete lot took effect, after a decision issued by the Local Development Ministry, on 6.6.2003.

The whole construction package comprises three construction lots, with a total length of 5,895 m. The division of this CCR section into three construction lots, with a step-by-step sequence of opening the constructions to traffic, was proposed on the basis of a requirement that urban functions in the area affected by the construction operations be maintained. This means that the current traffic capacity, urban mass transit function, services for existing buildings, and operation of utilities must be preserved, all of that under a condition of minimisation of environmental impacts of the construction.

In the direction from the Strahov tunnel, i.e. from the Malovanka intersection, the route continues through the construction lot 9515 Myslbekova – Prašný Most (Powder Bridge) with a length of 915 m. The route passes through three-lane, mostly mined, tunnels, with a working name the Brusnice tunnel. Construction work on the Prašný Most intersection and Svatovítská Street (with reconstruction to a bridge over a railway track) is part of the lot. The route of the adjacent construction lot 0080 Prašný Most – Špejchar runs through cut-and-cover, mostly three-lane, tunnels, named for the working purposes the Dejvice tunnel. The construction lot 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka is 4,320 m long. The CCR route is mostly placed into tunnels with a working name the Královská Obora tunnel. The issuance of the building permit and selection of the contractor is expected in 2004, with intention that the works commence in 2005. Implementation of the other two construction lots is to follow.

ných délky 580 m. Tunelová trasa končí u nového Trojského mostu. Zbytek trasy mezi Trojským mostem, novou křižovatkou Trója a křižovatkou Pelc-Tyrolka je veden povrchově v délce 882 m. Délka tunelové části je 3438 m. Součástí stavby jsou podzemní garáže na Letné s kapacitou 856 stání, čtyři podzemní technologická centra TGC 3 – 6 a Trojský most. Trojský most propojuje ulici Povltavskou na trojské straně s ulicí Partyzánská v Holešovicích, je navržen s příčným uspořádáním 2x2 jízdní pruhy se středním tramvajovým tělesem a chodníky pro pěší a cyklistickou dopravu. Dopravně tento most s křižovatkou Trója doplňuje již dnes přetížený most Barikádníků a společně zajišťují dopravní napojení oblasti Holešovic na MO.

Stavba bude realizována celkem z pěti stavenišť, staveniště Letná, Nad Královskou oborou, Za elektrárnou, Cisařský ostrov, Trója a staveniště Holešovice. Pro realizaci podzemních částí stavby jsou rozhodující staveniště Letná a Trója. Realizace ražené části tunelů a ražených podzemních objektů bude probíhat současně z obou hlavních stavenišť. Pro stanovení podrobné objektové skladby hloubených tunelů, především pro návrh všech nezbytných dočasných a pomocných stavebních objektů a konstrukcí byl v dokumentaci pro stavební povolení zpracován podrobný projekt organizace výstavby.

HLOUBENÉ TUNELY LETNÁ

Trasa MO je vedena ve dvou třípruhových tunelech se společnou střední stěnou, tunely podcházejí křižovátku Špejchar, procházejí pod třídou Milady Horákové, odklání se do letenské pláně, kde se oddělují a proti stadionu Sparta navazují v technologickém podzemním objektu TGC3 na dva samostatné ražené třípruhové tunely. Součástí hloubených tunelů jsou čtyři hloubené tunelové rampy křižovátky U Vorlíků, kde severní rampy č. 1 a 4 podcházejí třídou Milady Horákové. Použití jednotlivých konstrukčních systémů hloubených tunelů a rozdělení do celkem 33 dilatačních úseků bylo dáno jednak prostorovými možnostmi staveniště, dále striktním požadavkem zachovat stávající automobilovou dopravu po celou dobu výstavby a postupně přestavět tramvajové trati v dotčeném území, to vše při zachování funkce inženýrských sítí. Z uvedených důvodů bude realizace hloubených tunelů probíhat postupně v 10 fázích, pro realizaci některých předstihových přeložek bylo nutné navrhout velkoprofilové protlakky a ražené štoly.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE HLOUBENÝCH TUNELŮ LETNÁ

Hloubené úseky jsou vedeny v pokryvných útvech i ve skalním podloží. Pokryvné útvary jsou reprezentovány eolickými sedimenty (prachové hlíny, spraše), fluvialními sedimenty a navážkami, vyskytujícími se v zájmové oblasti prakticky v celém území ve značně proměnlivé mocnosti. Co do složení převládá písčité hlína se šterkem, tj. kameny a valouny různé velikosti, převážně křemence, křemen, opuky a stavební suť. Fluvialní sedimenty jsou tvořeny šterky a hlinitými písky. Mocnost pokryvných útvarů se pohybuje v rozmezí 6,0 m až 17,0 m.

Skalní podloží zájmového území tvoří horniny ordovického stáří, které jsou zde zastoupeny letenskými břidlicemi monotónního i flyšového vývoje. V případě monotónního vývoje se jedná o písčité a prachovité břidlice jemně až hrubě slídnaté a tlustě deskovité vrstevnaté. Proti zvětrávání je monotónní vývoj málo odolný. Mocnost zvětrání dosahuje až 20,0 m. V případě flyšového vývoje se jedná o písčité a drobové břidlice s vložkami křemenců. Břidlice jsou hrubě slídnaté a tlustě deskovité vrstevnaté. Křemence a pískovce tvoří cca 30 až 50 %. Flyšový vývoj letenského souvrství je proti zvětrání odolný a mocnost zvětrání dosahuje většinou menších hodnot okolo 3,0 m. Podzemní voda sleduje převážně povrch skalního podloží a její hladina se pohybuje v rozmezí 8,0 až 13,0 m pod terénem.

ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY HLOUBENÝCH TUNELŮ LETNÁ

Stavební jáma je dělena na západní část se zajištěním podzemními stěnami a na východní, portálovou část, zajištěnou záporovým pažením a kotvenými skalními stěnami.

Stavební jáma pažená podzemními stěnami má délku 347,4 m a šířku 30,0 m. Max. hloubka jámy je 18,0 m. Hlavními důvody pro použití podzemních stěn jsou stísněné poměry v úseku Milady Horákové mezi křižovatkou Špejchar a tramvajovou smyčkou, omezený prostor pro realizaci tunelů v křižovatce Špejchar a existence řady páteřních inženýrských sítí, především kanalizací a kolektorů.

ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (ŠPELC) CONSTRUCTION LOT

The CCR route, within the construction lot 0079 ŠPELC section, runs from the Špejchar intersection through cut-and-cover tunnels (647 m long), passing into 2,211 m long mined tunnels. The tunnels pass under the tram stop in Letná, the natural monument Královská Obora (Royal Deer-Park), the Stromovka Park, a shipping canal, Cisařský Ostrov, and the Vltava River. The point of the mined tunnels transition to 580 m long cut-and-cover tunnels is found at the Trója embankment. The tunnelled section ends at the new Trója Bridge. Remaining 882 m long part of the route (between the Trója Bridge, the new intersection Trója and the Pelc-Tyrolka intersection) is at grade. The length of the tunnelled section amounts to 3,438 m. The construction package also contains underground garages in Letná (856 parking spaces), four underground Technology Centres TGC 3 - 6, and the Trója Bridge. The Trója Bridge connects Povltavská Street on the Trója bank of the Vltava with Partyzánská Street on the Holešovice bank. The bridge cross-section configuration is designed with 2x2 lanes, and a tram trackbed and pavement for cycle and pedestrian traffic in its centre. In terms of the traffic, the bridge together with the Trója intersection supplements the Barikádníků Bridge (already today overloaded), and they jointly provide a traffic link of the Holešovice district to the CCR. The construction will be implemented from five construction sites, i.e. the Letná, Nad Královskou Oborou, Za Elektrárnou, Cisařský Ostrov, Trója and Holešovice sites. The Letná and Trója sites are crucial for the tunnelled portions of the construction lot. The mined sections of tunnels and mined underground structures will be built from the two main sites simultaneously. A detailed project plan has been elaborated and incorporated into the final design for the purpose of developing a detailed list of construction works (structures) on the cut-and-cover tunnels, above all for designing all the necessary temporary and auxiliary buildings and structures.

LETNÁ CUT-AND-COVER TUNNELS

The CCR alignment passes through two three-lane tunnels with a common central wall. The tunnels pass under the Špejchar intersection, under Milady Horákové Avenue, swerve to the area of the Letná Plain, where they split, and link to two separated mined three-lane tunnels (in front of the Sparta stadium, in the underground Technology Centre TGC3). Four cut-and-cover tunnel ramps of the U Vorlíků intersection are part of the Letná Cut-and-Cover Tunnels. The northern ramps No. 1 and 4 run under Milady Horákové Avenue. Application of the particular construction systems to the cut-and-cover tunnels, and the division into 33 dilatation sections were given by the roominess of the site, and also by a strict requirement that the current vehicular traffic be maintained throughout the construction period, and tram tracks be reconstructed within the area of operations (all of that with the function of utilities maintained). For the above reasons, the construction of the cut-and-cover tunnels was divided into 10 phases. Large-profile pipe-jacks and mined galleries had to be designed to allow the work on some of the diversions in advance.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ALONG THE LETNÁ CUT-AND-COVER TUNNELS ROUTE

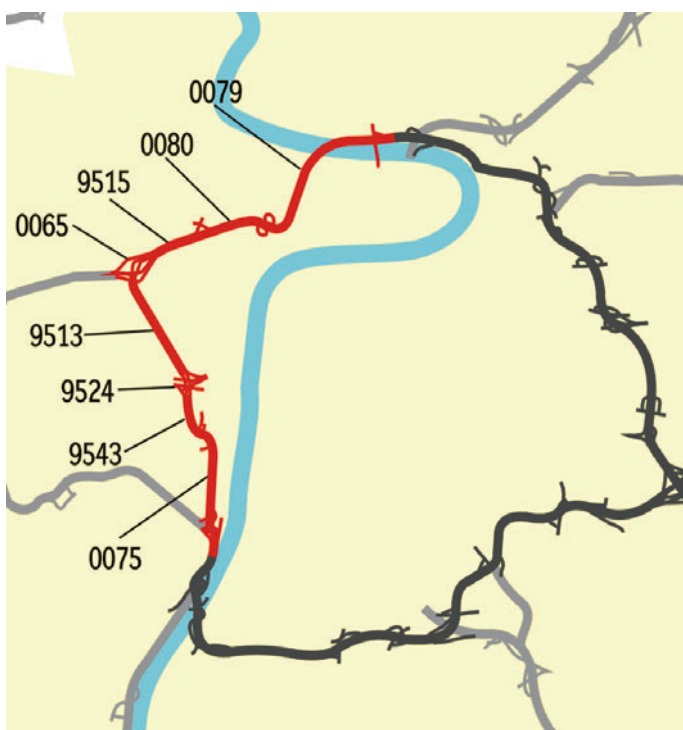
Cut-and-cover sections pass both through capping masses and bedrock. The capping masses comprise Eolithic sediments (silty loams, loess), fluvial sediments and man-made fills, found in the area of operations virtually everywhere, in layers with significantly varying thickness. As regards the composition, sandy loam with gravel prevails (stones and cobbles of various size, mainly quartzites, quartz, marl and brick rubble). The fluvial sediments comprise gravels and loamy sand. The thickness of the capping masses varies from 6.0 m to 17.0 m.

The bedrock in the area of operations consists of the Ordovician rock types, namely the Letná Shales (both monotonous and flysch mode of evolution). The monotonous mode of evolution gave rise to sandy and silty shales, finely to coarsely micaceous, forming thick beds. The rock originating by the monotonous mode of evolution is little weatherproof. The depth of weathered rock amounts to 20.0 m. Regarding the flysch mode of evolution, sandy and greywacke shales with quartzite interbeds are in question. The shales are coarsely micaceous. They form thick plates. About 30 to 50% of the rock types are quartzites and sandstones. The flysch mode of evolution of the Letná measures is weatherproof, and the thickness of weathered layers is mostly smaller, about 3.0 m.

Jsou navrženy konstrukční monolitické stěny, které plní jak dočasnou funkci pažení, tak i funkci definitivních nosných stěn tunelů. Ve stíněných místech, kde se stěny výkopu přibližují zástavbě nebo trati ČD, nebo v místech, kde je třeba v bezprostřední blízkosti výkopu obnovit dopravu, jsou navrženy podzemní stěny prováděné z povrchu. V ostatních případech jsou navrženy podzemní stěny prováděné ze spodní úrovně stropních desek hloubených tunelů. V takovém případě se stavební jáma předem paží do úrovně stropních desek záporovými stěnami. V úseku od smyčky Špejchar až za křižovatku Špejchar je nutné, z důvodů výše uvedených, realizovat stropní desku na dvě části. Výkop jámy bude proveden nejprve nad jednou tunelovou troubou a po vybetonování 1. části stropní desky bude jáma zasypána a bude následovat výkop jámy nad druhou tunelovou troubou a betonáž 2. části stropní desky. Z tohoto důvodu je nad střední stěnou tunelů navržen mohutný průvlak tak, aby při betonování stropní desky nad 2. částí mohla být zajištěna její spojitost. Stavební jáma se v tomto případě musí pažit ještě dočasnými podélnými stěnami, které postupně oddělí obě fáze výkopu a zajistí funkci přilehlého území nad severním či jižním tunelem.

Pro podélné, dočasné pažení jsou použity jednak záporové stěny a jednak železobetonové prefabrikáty používané pro montované opěrné zdi. Obdobným způsobem se budou pažit čelní stěny stavební jámy v případech, kdy je třeba již vybudovanou konstrukci hloubených tunelů zasypat, obnovit na povrchu dopravu a vyhloubit navazující část stavební jámy. Odtěžování zeminy pod stropní deskou ležící na podzemních stěnách se provede hornickým způsobem. Při odtěžování prováděném v tvrdých skalních horninách se počítá s použitím trhacích prací. Podzemní stěny jsou rozepřeny ve dvou úrovních, v úrovni stropní a základové desky a kotveny v jedné nebo dvou úrovních podle geologických poměrů.

Východní část stavební jámy, která je pažená záporovým pažením, má délku 299,6 m a max. šířku 65,50 m. Max. hloubka jámy je u portálové stěny 25,5 m. Zápor z dvojice válcovaných profilů U budou osazovány do vrtů \varnothing 500 mm v osových vzdálenostech 1,7 až 2,4 m. Vlastní pažení bude tvořené zakládkou z dřevěné kulatiny. Kotvení záporových stěn je navrženo pramencovými kotvami v jedné až čtyřech úrovních s převázkami z ocelových válcovaných profilů. Ve zdravém skalním podloží budou stěny stavební jámy zajištěny kotvením pramencovými kotvami. Proti povětrnostním vlivům bude povrch skalních stěn chráněn stříkaným betonem vyztuženým svařovanými sítěmi. Zapažení portálové stěny je navrženo železobetonovými pilotami \varnothing 900 mm s osovou vzdáleností pilot 1,50 m se zakotvením ve třech úrovních. Obrys ražených tunelů v portálové stěně tvoří železobetonové obloukové převázky a mikropilotové deštníky.



Obr. 1 Schéma městského okruhu
Fig. 1 City circle road plan

The water table mostly follows the bedrock surface, and the water surface is 8.0 to 13.0 deep under the surface.

SUPPORT OF THE OPEN BOX FOR THE LETNÁ CUT-AND-COVER TUNNELS

The box excavation is divided into a western part – secured by diaphragm walls, and an eastern, portal part – secured by soldier beam and lagging walls and anchored rock walls.

The box excavation supported by diaphragm walls is 347.4 m long and 30.0 m wide. Maximum box depth is 18.0 m. The main reasons of applying the diaphragm walls are the confined conditions in the section of Milady Horákové Avenue between the Špejchar intersection and a tram reversing loop, the restricted space for the construction of tunnels at the Špejchar intersection, and existence of a number of trunk utilities, above all sewers and utility ducts.

Structural cast in situ walls are designed, acting both as temporary support and final structural walls of the tunnel. In confined locations, where the box walls get close to existing buildings or the Czech Railways' track, or in locations where traffic has to be reinstated at a immediate proximity of the excavation, there are diaphragm walls built from the surface. In the other cases, diaphragm walls are designed to be carried out from the bottom level of roof decks of the cut-and-cover tunnels. In such the case the excavation is supported in advance, down to the level of the roof decks, by soldier beam and lagging walls. For the above-mentioned reasons, the roof deck in the section starting from the Špejchar tram reversing loop and ending behind the Špejchar intersection has to be constructed in two steps. The excavation above one tunnel tube will be carried out first, and when the 1st part of the roof deck casting is finished, the excavation will be backfilled and the excavation above the other tunnel tube will be executed, followed by casting the 2nd part of the roof deck. For the above reason, a robust beam is designed on top of the central wall of the tunnels so that continuity of the roof deck could be ensured in the phase of casting the deck above the 2nd part of the tunnel. In this particular case, the excavation has to be supported by additional temporary longitudinal walls, to divide, step by step, the two excavation phases, and to secure functioning of the adjacent area above the northern and southern tunnel respectively.

The longitudinal temporary support consists of soldier beam and lagging walls or reinforced concrete precast panels used for fabricated retaining walls. Similar method will be used for supporting the end sides of the excavation in those cases where the completed structure of cut-and-cover tunnels is to be backfilled, at-grade traffic reinstated, and the following section of the box excavated. Excavation under the roof slab resting on the diaphragm walls will be carried out by mining methods. Application of the drill-and-blast is expected for the excavation in hard rock. The diaphragm walls are braced at two levels, i.e. at the roof deck level and foundation slab level, and anchored at one or two levels, depending on geological conditions.

The eastern part of the box excavation, which is supported by soldier beam and lagging walls, is 299.6 m long and maximally 65.50 m wide. Maximum box depth is 25.5 m, at the portal wall. The riders (pairs of rolled steel U-sections) will be inserted in 500mm-diameter boreholes drilled at 1.7 to 2.4 m spacing. The lagging will be from round timber. The soldier beam and lagging walls will be anchored by stranded anchors, at one to four levels, with walers from rolled-steel sections.

In case of sound bedrock, the box sides will be secured by stranded anchors. Protection against weathering will be ensured by shotcrete and welded mesh applied to the rock surface.

The portal wall will be supported by reinforced concrete piles 900 mm in diameter, drilled at 1.50 m spacing, anchored at three levels. The outline of the mined tunnels at the portal wall is formed by arched RC walers and a canopy tube pre-support.

Parameters of the box excavation:

Excavation volume (natural ground)	610,445.0 m ³
Diaphragm (Milan) walls area	15,095.0 m ²
Soldier beam and lagging walls area	24,992.0 m ²
Pile wall area (at the portal)	1,427.0 m ²
Anchored rock walls area(a rock cut)	5,242.7 m ²
Fabricated retaining walls area (temporary)	2,319.0 m ²

Parametry stavební jámy:

Kubatura výkopu (rostlý stav)	610 445,0 m ³
Plocha podzemních (milánských) stěn	15 095,0 m ²
Plocha záporového pažení	24 992,0 m ²
Plocha pilotové stěny (portál)	1 427,0 m ²
Plocha kotvených skalních stěn (skalní zářez)	5 242,7 m ²
Plocha prefabrikovaných dočasných stěn	2 319,0 m ²

POPIS STAVEBNÍCH OBJEKTŮ HLOUBENÝCH TUNELŮ LETNÁ

Hloubené tunely Letná - západní část, délka 347,4 m. Obdélníková konstrukce, severní tunelové trouby STT i jižní tunelové trouby JTT, hloubených tunelů je tvořena na bocích konstrukčními podzemními, vodotěsnými stěnami, a to včetně střední stěny, horní - stropní železobetonovou deskou a spodní - základovou železobetonovou deskou. Hlavními problémy, které je třeba vyřešit u tohoto typu konstrukce hloubených tunelů, je svázání konstrukce podzemních stěn se stropní a základovou deskou z hlediska statického působení a zajištění vodotěsnosti celé konstrukce ve styku stěn a dodatečně prováděných

LETNÁ CUT-AND-COVER TUNNELS - DESCRIPTION OF CONSTRUCTION WORK ITEMS

The Letná cut-and-cover tunnels - West; a length of 347.4 m. The rectangular structure of the northern tunnel tube (NTT) and southern tunnel tube (STT) of the cut-and-cover tunnels consists of waterproof structural diaphragm walls, a central wall, upper RC roof deck and bottom foundation slab. The main issue to be solved at this type of cut-and-cover structure is how to bind the structures of diaphragm walls to the roof decks and foundation slabs in terms of structural analysis, ensuring waterproof properties of the whole structure at the contact of the walls and the subsequently cast slabs. In addition, this structure had to be modified with respect to the sequential process of the STT followed by the NTT. A longitudinal beam on top of the central wall is designed due to this sequential process.

According to the design, the diaphragm walls are structural (permanent parts of the structure), cast in situ, watertight, 800 mm thick. The roof deck span of 13.8 m is designed for both tunnel tubes, satisfying requirements for the clearance profile of a three-lane tunnel, including tolerances for con-



Obr. 2 Situace stavby
Fig. 2 General project plan

LEGENDA / LEGEND:

- A - Severní tunelová trouba
Northern Tunnel Tube
- B - Jižní tunelová trouba
Southern Tunnel Tube
- C - Podzemní garáže
Underground Garages
- D - Strojovna vzduchotechniky
Ventilation Plant Room
- E - Propojovací kanál odvod
Interconnecting Duct - Outlet

- F - Vzduchotechnický kanál přívod, odvod 1
Ventilation Duct - Supply, Outlet 1
- G - Vzduchotechnický kanál přívod, odvod 2
Ventilation Duct - Supply, Outlet 2
- H - Vzduchotechnický kanál přívod
Ventilation Duct - Supply
- I - Vzduchotechnický kanál odvod
Ventilation Duct - Outlet
- J - Výdechový objekt Špejchar
Exhaust Structure Špejchar

- K - TGC 3
TGC 3
- L - TGC 5
TGC 5
- M - TGC 6
TGC 6
- N - Povrchová komunikace
At grade road
- O - Trojský most
Trója Bridge

desek. Navíc bylo třeba upravit tuto konstrukci s ohledem na postupnou realizaci JTT a návazně STT, s ohledem na tuto postupnou realizaci tunelů je nad střední podzemní stěnou navržen podélný průvlak.

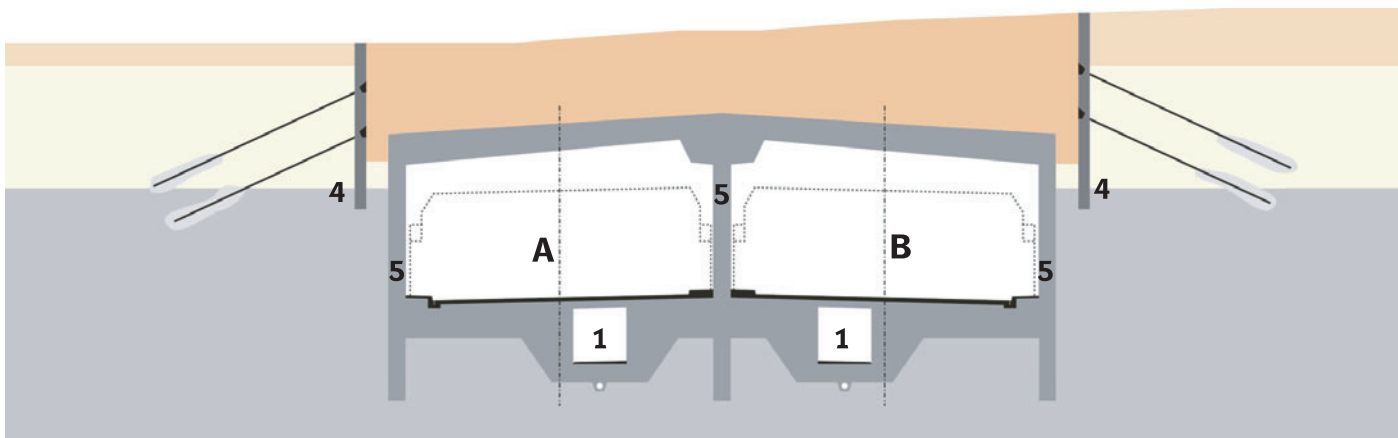
Podzemní stěny jsou navrženy jako konstrukční, monolitické, vodotěsné tloušťky 800 mm. Světlé rozpětí stropní desky v obou tunelových troubach je 13,8 m, což vyplývá z průřezného profilu třípruhového tunelu včetně tolerancí pro provádění podzemních stěn. Stropní deska je betonována ve sklonu daném rozdílnou výškou podpěr. Horní líc stropní desky bude betonován ve sklonu 6,7 %. Tloušťka stropní desky je v příčném řezu proměnná od 1,3 m nad vnějšími stěnami po 1,0 m nad středním průvlakem. Tloušťka základové desky je 800 mm.

Pod úrovní vozovky jsou v obou tunelových troubach navrženy technické chodby, které navazují na technické chodby v ražených tunelech a jsou průběžné ve všech tunelech celého souboru staveb. V popisovaném úseku tunelů jsou navrženy celkem tři SOS výklenky. Pro možnost úniku osob z tunelů v případě havárie jsou za SOS výklenky navrženy požárně oddělené prostory se schodištěm, které propojuje úroveň komunikací s úrovní technických chodeb. Toto opatření bylo doplněno do dokumentace pro stavební povolení stavby 0079 na základě závěrů z bezpečnostní studie, viz samostatný článek. V místech SOS výklenků jsou pod úrovní komunikací navrženy souběžně s technickou chodbou místnosti rozvoden o délce 10,0 m. Ve střední dělicí stěně mezi tunely jsou v místech SOS výklenků navrženy průchody s požárními uzávěry pouze pro složky IZS (integrováný záchranný systém).

struction of the diaphragm walls. The roof deck is cast at a gradient corresponding to the difference in the levels of supports. The upper surface of the roof deck will be cast at a gradient of 6.7 %. The roof deck thickness changes in the cross section, from 1.3 m above the sidewalls to 1.0 m above the central beam. The foundation slab is 800 mm thick.

Service corridors under the roadways of both tunnel tubes are connected to the service corridors in mined tunnels, forming a continuous through passage system within all tunnels of the entire construction package. The section being described contains 3 SOS niches. Fire separated spaces behind the SOS niches, with staircases connecting the surface level with the corridor level, are designed to allow escape of persons from the tunnels in case of emergency. This measure was added to the final design for the construction lot 0079 on the basis of conclusions drawn from the Safety Study (see a separate paper). Switch rooms, 10 m long, are designed to be under the roadway level, in parallel to the service corridor, at the locations of the SOS niches. Passages with fire doors (opposite the SOS niches), serving for the Integrated Rescue System components, are designed in the central wall dividing the tunnel tubes.

The exhaust structure Špejchar is designed for evacuation of air from the tunnels in case of a fire. The structure is located at the intersection of Milady Horákové Avenue and Pelléova Street. It consists of two 8.5m-wide and 3.0m-high ventilation ducts above the tunnels, and a ventilation plant room positioned adjacent to the NTT. From the operational aspect, this structure is



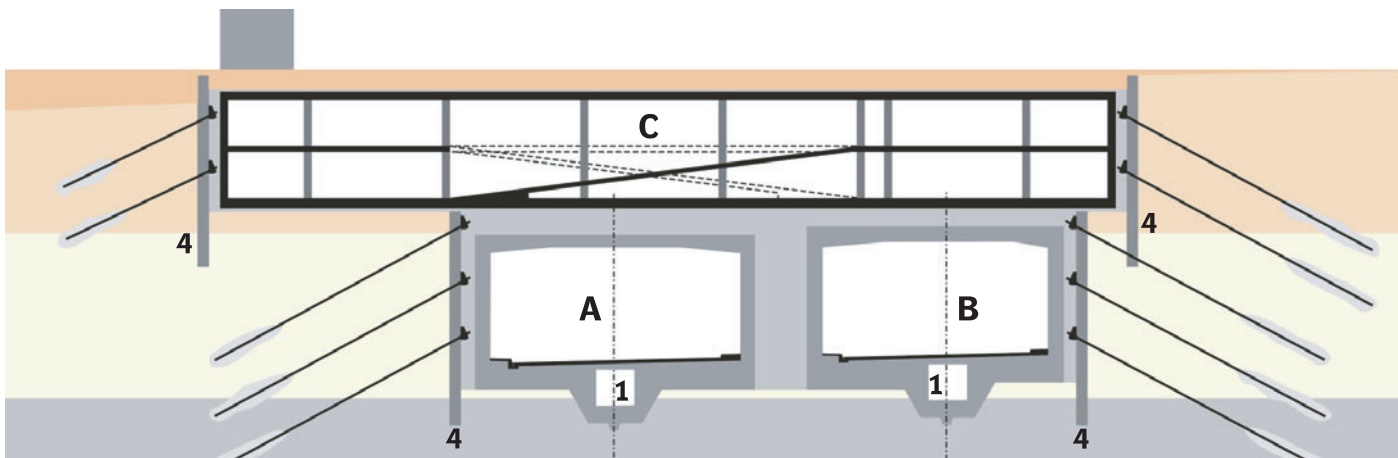
Obr. 3 Příčný řez – hloubené tunely Letná
Fig. 3 Cross section – Letná cut-and-cover tunnels

LEGENDA K PŘÍČNÝM ŘEZŮM (obr. 3 – 8):
LEGEND TO CROSS SECTIONS (Fig. 3 – 8):

- 1 - Technická chodba
Service Corridor
- 2 - Kanál požárního větrání
Fire Ventilation Duct
- 3 - Propojovací chodba do metra
Connecting Corridor to the Metro

- 4 - Záporové pažení
Soldier beam and lagging walls
- 5 - Podzemní stěny
Diaphragm walls
- A - Severní tunelová trouba
Northern Tunnel Tube
- B - Jižní tunelová trouba
Southern Tunnel Tube

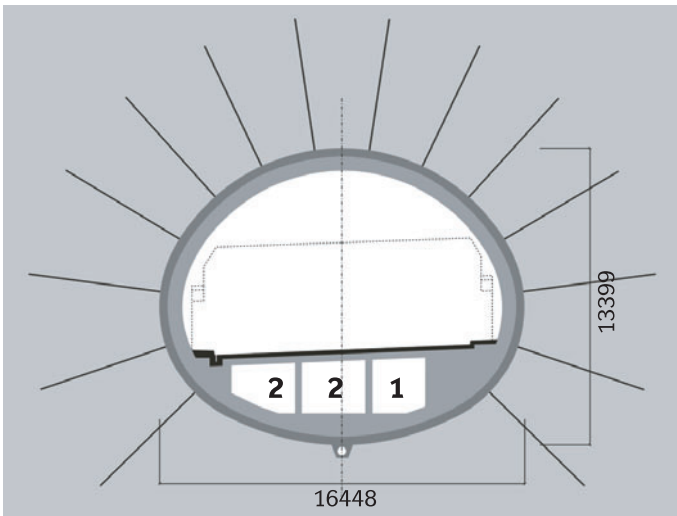
- C - Podzemní garáže
Underground Garages
- D - Strojovna vzduchotechniky
Ventilation plant room
- E - Propojovací kanál odvod
Interconnecting Duct - Outlet



Obr. 4 Příčný řez – hloubené tunely Letná a podzemní garáže
Fig. 4 Cross section – Letná cut-and-cover tunnels and underground garages

Výdechový objekt Špejchar je navržen pro odvětrání tunelů v případě požáru. Objekt se nachází v křížení ulic Milady Horákové a ul. Pelléova, sestává ze dvou větracích kanálů nad tunely o šířce 8,5 m a výšce 3,0 m a strojovny VZD umístěné na boku STT. Provozně je tento objekt nutný až po výstavbě a zprovoznění navazující stavby 0080. V rámci zařízení staveniště bude sloužit pro staveništní větrání při výstavbě hloubených tunelů v úseku podzemních stěn a návazně též pro staveništní větrání hloubených tunelů stavby 0080 v úseku Prašný most - Špejchar. Nadzemní část objektu je navržena pouze jako provizorní. Definitivní objekt výdechu požárního větrání nadzemní část bude realizován v závěru stavby 0080. Výhledově lze počítat s možností začlenit architektonicky výdechový objekt do nadzemní zástavby, která může být na tomto pozemku v budoucnu realizována.

Hloubené tunely Letná - východní, portálová část, délka 299,6 m. Ostění hloubených tunelů je navrženo jako železobetonová monolitická konstrukce. Před raženým portálem je v prostoru mezi oběma tunelovými troubami a v úrovni nad nimi navrženo technologické centrum TGC 3. V úrovni nad oběma tunelovými troubami jsou pak v délce 226,0 m od raženého portálu navrženy podzemní garáže Letná, které mají 1 až 3 podzemní podlaží. Konstrukce hloubených tunelů je tvořena stropní a základovou deskou a bočními stěnami. V délce 115,0 m mají obě tunelové trouby společnou střední stěnu. Stropní deska má tloušťku ve střední části 1,0 m, u bočních stěn se tloušťka zvětšuje náběhem na 1,3 m. V místě tunelových rozpletů, u zaústění tunelových ramp bude tloušťka stropní konstrukce až 2,0 m. Tloušťka bočních stěn je 800 mm



Obr. 5 Vzorový příčný řez třípruhovým raženým tunelem
Fig. 5 Three-lane mined tunnel – typical cross section

a tloušťka základové desky je 900 mm. Společná střední stěna má tloušťku 800 mm. Vnitřní uspořádání tunelů je obdobné jako u tunelů v západní části stavební jámy. V popisovaném úseku jsou navrženy celkem dva výklenky SOS se stejnými úpravami pro únik osob a rozvodny, jak bylo popsáno výše.

RAŽENÉ TUNELY A RAŽENÉ PODZEMNÍ OBJEKTY

Od portálů ražených tunelů na Letné pokračuje trasa MO ve dvou jednosměrných třípruhových tunelech pod stávající zástavbou na Letné, kde po asi 424 m JTT (573 m STT) přecházejí na tunely dvoupruhové, které pokračují až k portálu na trojském nábřeží. Celková délka ražených tunelů je 4417 m, což je 51 % délky tunelů stavby 0079. Tunely jsou propojeny celkem osmi raženými tunelovými propojkami v průměrné vzdálenosti 250 m, polovina je průjezdných. Trasa MO v ražených tunelech překonává výškový rozdíl 60 m mezi připojením ramp křižovatky U Vorlíků a limitním místem na úpatí svahu z Letné ve Stromovce, v prostoru pod Šlechtovou restaurací. Hloubka nivelety ražených dvoupruhových tunelů v tomto místě je limitována stavbou geologického prostředí. Tyto dva body jsou fixní a stanovují v podstatě podélný spád této části ražených tunelů 5,00 % (4,88 %).

Nadloží se pohybuje od 10,5 m u Šlechtovy restaurace do 39 m pod ulicí Nad královskou oborou. Průměrná šířka horninového pilíře mezi tunely je 18 m. Celkový objem ražených objektů je 741 000 m³.

Inženýrskogeologické poměry jsou podrobně popsány v samostatném článku o průzkumné štole.

needed only after completion and commissioning of the following construction lot 0080. It will be utilised as a part of the site facility, for ventilation during excavation of the cut-and-cover tunnels within the section provided with diaphragm walls, and, subsequently, for ventilation during excavation of the cut-and-cover tunnels of the construction lot 0080 within the section Prašný Most – Špejchar. The above-ground part of the structure is designed as a temporary structure only. The final above-ground structure of the fire ventilation exhaust will be built at the end of the construction lot 0080. Over the long term, we can count on a possibility of architectural incorporation of the exhaust structure into the set of buildings which may be built in this area in the future.

The Letná cut-and-cover tunnels – East, the portal part; a length of 299.6 m. The box structure of the cut-and-cover tunnels is designed from cast in situ reinforced concrete. The Technology Centre TGC3 is designed before the mined portal, both in the space between the two tunnel tubes, and at a level above the tunnels. The underground garages Letná, having 1 to 3 underground levels, reaching horizontally up to a distance of 226.0m from the mined portal, are designed above the tunnel tubes. The structure of the cut-and-cover tunnels consists of a roof deck, foundation slab, and sidewalls. A common central wall is provided within a length of 115.0 m. The roof deck is 1.0m thick in the central part, with the thickness increasing to 1,3 m at the walls. At the locations of bifurcation chambers, at the mouths of the tunnel ramps, the roof deck thickness will amount to 2.0 m. The sidewalls and foundation slab are 800 mm and 900 mm thick respectively. The common central wall is 800 mm thick. The internal arrangement of the tunnels is similar to that of the tunnels in the western part of the box excavation. The section being described contains switch rooms and 2 SOS niches designed identically with the switch rooms described above in terms of structural measures for escape of persons.

MINED TUNNELS AND MINED UNDERGROUND STRUCTURES

From the portals of the mined tunnels in Letná, the CCR route continues passing through two uni-directional three-lane tunnels under the existing buildings, where, after about 424 m, the STT changes to a two-lane tunnel (the NTT after 573 m). The two-lane tunnels continue up to the portal at the Trója embankment. The total length of the mined tunnels is 4,417 m, which makes up 51% of the length of tunnels belonging to the construction lot 0079. The tunnel tubes are interconnected by 8 mined cross passages at an average spacing of 250 m. Half of them are passable for vehicles. The mined tunnels of the CCR route overcome an altitude difference of 60 m, existing between the connection of the ramps of the U Vorlíků restaurant and the limiting point at the foot of the slope from Letná in the Stromovka Park (in the area under the existing Šlechta's restaurant). The depth of the vertical alignment of the mined double-lane tunnels at this location is limited by the configuration of the geological environment. The above-mentioned two locations are fixed points, defining the 5.00% and 4.88% gradients of this section of the mined tunnels. The overburden depth ranges from 10.5 m at the Šlechta's restaurant to 39 m under Nad Královskou Oborou street. Average width of the rock pillar between the tunnel tubes amounts to 18 m. The total volume of excavation for mined structures amounts to 741,000 m³.

The engineering-geological conditions are described in detail in a separate paper on the exploratory drift.

PASSING UNDER THE ŠLECHTA'S RESTAURANT

A transition zone between the Libeň Shales and Řevnice Quartzites exists at the foot of the slope falling from the Letná Plain, nearby the Šlechta's restaurant in the Stromovka Park. Due to the gradient parameters, the tunnels run at a close vicinity of fully saturated Quaternary sediments (for more information see the paper on the exploratory drift). The following additional measures were considered to ensure a safe passage through this section:

- pre-excavation grouting (cement-based, polyurethane),
- microtunnelling,
- freezing,
- TBM application (for the whole CCR route length).

A multicriteria analysis resulted into selection of the variant of pre-excavation grouting. Unfortunately, no work from the surface can be carried out in this section yet, therefore grouting from the exploration drift is designed. As a result, technical complications occur and the costs rise. Jet grouting from the surface level, which is a viable option, would not cause any harm to the

PODCHÁZENÍ ŠLECHTOVY RESTAURACE

Na úpatí svahu z Letné, ve Stromovce u Šlechtovy restaurace, se nachází přechodové pásmo mezi libeňskými břidlicemi a řevnickými křemenci. Ze sklonových důvodů jsou zde tunely vedeny velmi blízko plně nasycených kvartérních sedimentů (více popsáno v článku o průzkumné štoli). Pro bezpečný podchod tímto úsekem byla zvažována tato doplňující opatření:

- sanační injektáže (cement, polyuretany...),
- mikrotunelování,
- zmrazování,
- TBM (pro celou trasu MO).

Na základě multikriteriálního hodnocení byla zvolena varianta sanačních injektáží. Bohužel není doposud možné v tomto úseku provádět jakékoliv práce z povrchu, proto jsou navrženy injektáže z průzkumné štoly, což vede k technickým komplikacím a zvýšení nákladů. Možná trysková injektáž prováděná z povrchu by nezpůsobila újmu současnému prostředí Stromovky a případná úspora by se pohybovala v řádu desítek milionů korun.

STROJOVNA VZDUCHOTECHNIKY

Součástí ražených tunelů jsou strojovna vzduchotechniky o ploše výrubu 320 m² a délce 115 m s přívodními a odvodními vzduchotechnickými kanály Ø 10 a 12 m a dvě vzduchotechnické šachty Ø 7 a 9 m o celkové hloubce 50 m, zakončené povrchovým nasávacím objektem a výdechovým komínem.

Mimo výše uvedený, komplikovaný průchod u Šlechtovy restaurace je tento úsek se dvěma třípruhovými tunely a strojovnou vzduchotechniky jistě nejobtížnějším úsekem ražeb. Z tohoto důvodu byla poloha tohoto důležitého uzlu situována do prostoru s předpokládanou kvalitní geologií (letenské břidlice - flyšový vývoj) a vysokým nadložím (33 m). Za účelem minimalizace vlivu ražeb na povrch byla zvolena varianta propojovacích kanálů podcházející třípruhové tunely s napojením pomocí kruhových šachet, jejichž hloubení se provede až po realizaci definitivního ostění v přilehlých částech třípruhových tunelů. Vzdálenost profilu strojovny vzduchotechniky (Ø 20,2 m) od třípruhových tunelů je 40 m. Pro detailní ověření geologických poměrů bude proveden doplňující podrobný geologický průzkum s použitím vrtných prací a geofyzikálních měření. Vrtky budou následně využity pro monitoring při realizaci ražených objektů.

TECHNOLOGIE RAŽEB

Ražba třípruhových tunelů je navržena s uplatněním nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Vzhledem k daným podmínkám bude při ražbě třípruhových

existing environment in the Stromovka Park, and contingent savings would be in the order of tens of millions Czech crowns.

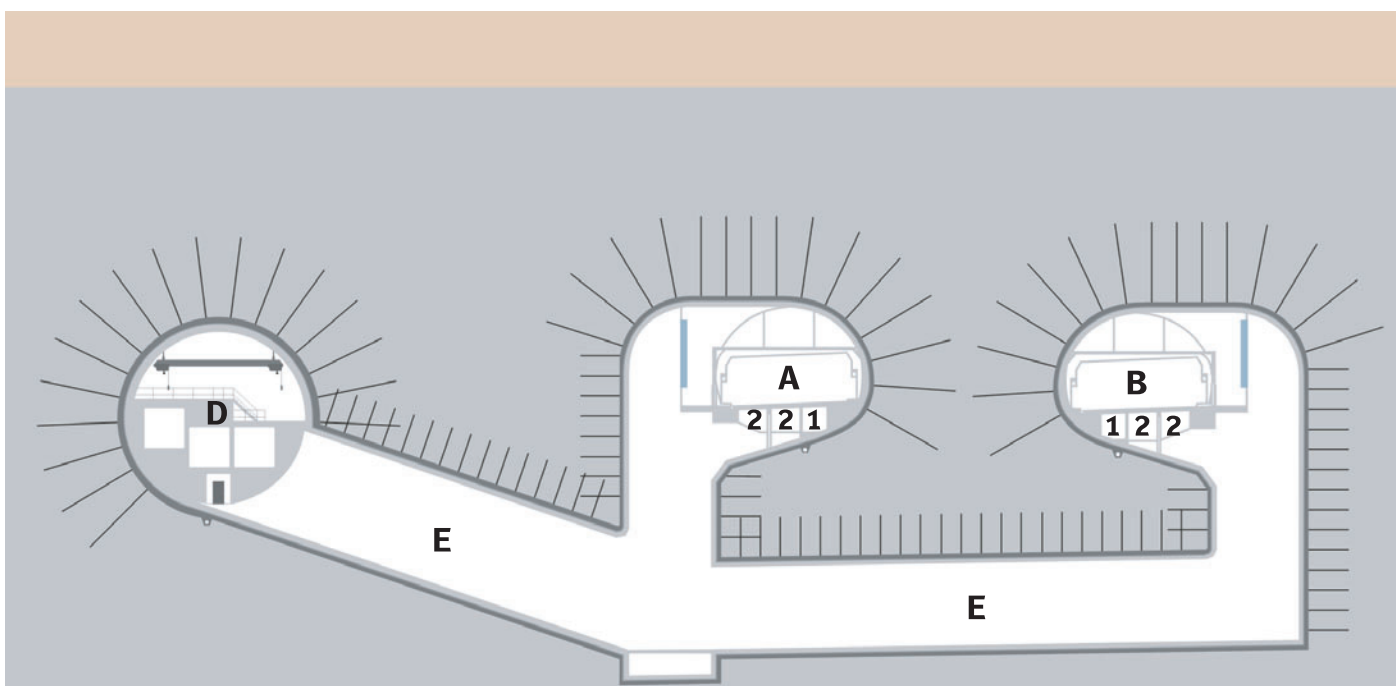
VENTILATION PLANT ROOM

A part of the mined tunnels is the ventilation plant room (excavated cross-section of 320 m² and length of 115 m), intake and outlet ventilation ducts 10 m and 12 m in diameter respectively, and two ventilation shafts (7 m and 9 m in diameter, 50 m deep) terminated by an at-grade suction structure and exhaust shaft.

Apart from the above-mentioned complicated passage at the Šlechta's restaurant, this section, containing two three-lane tunnels, ventilation plant room (VPR) and ventilation ducts, is obviously the most difficult of the mined sections. For that reason, this important point was set to an area with favourable geology (the Letná Shales-flysch mood of evolution) and deep cover (33 m). To minimise the impact of the excavation operations on the surface, a variant of interconnecting ducts to pass under the tunnels was selected. The ducts will be excavated when the final lining within adjacent sections of the three-lane tunnels is completed. Vertical shafts interconnecting the tunnels proper, and passing under the ventilation duct, will be constructed simultaneously with the excavation of the tunnels. A distance of 40 m is between the ventilation plant room (excavated profile diameter 20.2 m) and the three-lane tunnels. For detailed identification of geological conditions, a supplementary detailed geological investigation will be performed, using drilling and geophysical measurements. The boreholes will be utilised afterwards for monitoring during the work on mined structures.

EXCAVATION TECHNIQUE

According to the design, the excavation will be carried out using the New Austrian Tunneling Method (NATM). Due to the given conditions, a vertical excavation sequence will be applied to the three-lane tunnel excavation starting from the portal in Letná. In case the rock mass response and development of deformations of the surface and the primary lining are favourable, a transition to a vertical sequence will be possible behind the crossing with the ventilation ducts, i.e. in a section with a deep cover. Regarding the two-lane tunnels, a horizontal sequence is expected. The position of the exploratory drift is selected with respect to complicated sections so that the vertical sequence can be applied to the top heading, or the vertical sequence can be used for the entire cross section. Mechanical rock breaking is expected, or also in combination with the drill-and-blast when passing through the Řevnice or Skalec Quartzites.



Obr. 6 Příčné řezy s propojovacím vzduchotechnickým kanálem
Fig. 6 Cross sections with the interconnecting ventilation duct

vého tunelu od portálu na Letné využito vertikální členění výrubu. V případě, že odezva horninového prostředí a vývoj deformací terénu a primárního ostění budou příznivé, bude možné za křížením se vzduchotechnickými kanály, v úseku s vysokým nadložím, přejít na horizontální členění výrubu. U dvoupruhových tunelů se předpokládá členění výrubu horizontální. Poloha průzkumné štoly je volena tak, že v komplikovaných úsecích bude možno vertikálně dělit i kalotu, případně použít pouze vertikální členění. Rozpojování se předpokládá pomocí strojní mechanizace, případně v řevnických nebo skaleckých křemencích trhačímí pracemi.

Plocha třípruhového tunelu je 172 m², dvoupruhového 120 m². Primární ostění tl. 200 - 450 mm bude tvořeno střikaným betonem C 20/25 vyztuženými ocelovými rámy a sítěmi. Kotovní systém je navržen pomocí hydraulických svorníků o délkách 4 - 8 m. Délky záběrů se předpokládají od 1,0 - 1,75 m dle zastížené třídy NRTM.

POPIS OSTATNÍCH RAŽENÝCH OBJEKTŮ

Propojovací kanál VZT přívod slouží k přívodu čerstvého vzduchu do STT ze strojovny VZT. Jedná se o kruhový profil o světlém průměru 8,2 m o celkové osově délce 61,9 m. Ražba tohoto profilu se předpokládá s horizontálním členěním výrubu.

Propojovací kanál odvod slouží k odvodu vzduchu z STT a JTT do strojovny vzduchotechniky. Skládá se ze dvou svislých šachet u STT a JTT o světlém průměru 8,2 m a celkové délce 34,35 m, propojovacího kanálu stejného profilu o délce 38,4 m provedeného ve sklonu 1 % od JTT a propojovacího kanálu ke strojovně VZT o světlém průměru 10,2 m a délce 36,54 m provedeného ve sklonu 19 ° od vodorovně.

Technologické centrum TGC 4 slouží k umístění rozveden VN, trafostanic, místností UPS, stanovišť baterií a vzduchotechnického kanálu - přívod JTT. Je navržen v délce 34,6 m. Na svém začátku navazuje na STT a na konci na strojovnu VZT.

Vzduchotechnický kanál přívod, odvod 1 propojuje strojovnu VZT se vzduchotechnickou šachtou 1 a zajišťuje přívod čerstvého vzduchu do STT a odvod znečištěného vzduchu z JTT. Je navržen v téměř kruhovém tvaru podobném dvoupruhovému tunelu. Celková délka předmětného objektu je 136,2 m.

Vzduchotechnický kanál přívod, odvod 2 propojuje strojovnu VZT se vzduchotechnickou šachtou 2 a zajišťuje přívod čerstvého vzduchu do JTT a odvod znečištěného vzduchu ze STT. Je navržen v kruhovém tvaru o světlém průměru 8,20 m.

Vzduchotechnická šachta přívod, odvod 1 slouží k odvodu znečištěného vzduchu z JTT a přívodu čerstvého vzduchu do STT. Je navržena kruhového tvaru o světlém průměru 9,0 m o celkové délce 38,03 m. Ve své dolní části navazuje na vzduchotechnický kanál přívod, odvod 1 a v horní na výdechový a nasávací objekt Nad Královskou oborou.

Čerpací stanice je umístěna v nejnižším místě trasy a slouží k akumulaci a následnému čerpání všech vod v tunelech této stavby.

HYDROIZOLAČNÍ SYSTÉM

Vzhledem k poloze nejnižšího místa trasy přibližně v jedné třetině od Trojského portálu jsou tunely navrženy s mezilehlou vodotěsnou izolací. Předpokládá se celoplošná jednovrstvá fóliová izolace na bázi polyolefinů nebo polyethylenu uzavřená po celém obvodu tunelu. Tato izolace musí umožňovat sektorování v příčných sparách pomocí vnějších spárových pásů. Fólie musí být opatřena signální vrstvou, která neovlivňuje vlastnosti izolace. Po celém obvodu u primárního ostění musí být ochráněna vhodnou geotextilií.

DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Definitivní ostění ražených tunelů je navrženo z železobetonu třídy C 30/35 min. tl. 550 mm u třípruhového tunelu a 400 mm u tunelu dvoupruhového. Po zkušenostech z tunelu Mrázovka je navrženo na nejnepříznivější kombinaci těchto zatížení s uvažováním postupné degradace primárního ostění:

- vlastní tíha,
- horninový tlak,
- maximální hydrostatický tlak pro daný úsek,
- smrštění a ochlazení v zimě,
- oteplení.

Geometrie ostění byla u všech profilů navržena tak, aby bylo možné definitivní ostění o daných tloušťkách běžně vyztužit. Přestože se v trase díla vysky-

The cross-section area of the three-lane and double-lane tunnel is 172 m² and 120 m² respectively. The 200 - 450 mm thick primary lining will consist of shotcrete C 20/25 reinforced with lattice girders and mesh. Hydraulically inflatable rockbolts 4 - 8 m long will be used for anchoring. Depending on the NATM class encountered, the round lengths will vary from 1,0 to 1.75 m.

DESCRIPTION OF THE OTHER MINED STRUCTURES

The interconnecting ventilation duct - supply supplies fresh air to the NTT from the VPR. Its cross section is circular, 8.2 m in diameter, total axial length of 61.9 m. This profile should be excavated using a horizontal sequence.

The interconnecting ventilation duct - outlet evacuates air from the NTT and STT via the VPR. It consists of two vertical shafts next to the NTT and STT (net diameter of 8.2 m and total length of 34.35 m), the interconnecting duct of the same diameter (a length of 38.4 m, downhill gradient of 1% toward the STT), and the interconnecting duct to the ventilation plant room (net diameter of 10.2 m, 36.54 m long, 19° gradient).

Technology Centre TGC 4 houses H.T. substations, transformer stations, UPS rooms, battery stands, and the ventilation duct - supply for the STT. This 34.6 m long duct starts from the NTT and terminates in the VPR.

Ventilation duct - supply, outlet 1 interconnects the VPR with the ventilation shaft 1, and provides fresh air supply for the NTT, and evacuation of polluted air from the STT. Its cross-section design is nearly circular, similar to the double-lane tunnel. Total length of this structure is 136.2 m.

Ventilation duct - supply, outlet 2 interconnects the VPR with the ventilation shaft 2, and provides fresh air supply for the STT, and evacuation of polluted air from the NTT. Its cross-section design is circular, 8.20 m in diameter.

Ventilation shaft supply, outlet 1 removes polluted air from the STT and supplies fresh air to the NTT. Its cross section is circular, with a net diameter of 9.0 m and total length of 38.03 m. The bottom part of the shaft is connected to the Ventilation duct - supply, outlet 1, and at the top it is connected to the Exhaust and suction structure Nad Královskou Oborou.

Pumping station is placed to the lowest point of the alignment. It accumulates and subsequently pumps all water from the tunnels of this construction lot.

WATERPROOFING SYSTEM

With respect to the position of the lowest point of the route being roughly one third in from the Trója portal, an intermediate waterproofing system is designed for the tunnels. The design requires a single-layer waterproofing membrane on the basis of polyolefines or polyethylene, enveloping the whole circumference of the tunnel. This waterproofing system has to allow division of the surface at transversal joints by means of external waterstops. The membrane has to be provided with a signal layer, which does not influence the membrane properties. Suitable geotextile has to protect the membrane along the whole circumference.

FINAL LINING

The final lining of the mined tunnels is designed from reinforced concrete grade C 30/35, with a minimum thickness of 550 mm and 400mm for the three-lane and double-lane tunnel respectively. Applying the experience from the Mrázovka tunnel, the structural analysis took into consideration the worst possible combination of the following loads (allowing for progressive deterioration of the primary lining):

- dead weight
- rock pressure
- maximum hydrostatic head for the given section
- shrinking and cooling in winter
- heating

The geometry of the lining was designed so that a simple way of placing reinforcement of the final liner of the given thickness is possible. Despite the fact that many differing profiles are found along the route, the design of those profiles allows the forming operations to be carried out using as small number of formwork sets as possible.

ANTICIPATED DEFORMATIONS

Basic requirements for the measurement and monitoring system to be operated during the tunnel construction were defined as a part of the work on the final design. This system is an uninterrupted continuation and extension of the

tune mnoho rozdílných profilů, jsou navrženy tak, aby je bylo možno provádět s co nejmenším počtem bednicích forem.

PŘEDPOKLÁDANÉ DEFORMACE

V rámci zpracování dokumentace pro stavební povolení byly definovány základní požadavky na systém měření a sledování při provádění tunelů, který plynuje navazuje na systém použitý při ražbě průzkumné stoly. Stejně tak byly definovány (na základě výpočtů MKP) očekávané deformace (ostění, horninového prostředí, povrchu) a šířky poklesových kotlin vyvolaných ražbou. Šířka poklesové zóny v prostoru ul. Milady Horákové se dá očekávat v hodnotě 120 až 140 m, maximální hodnota poklesu nad osami tunelů nepřesáhne 25 až 35 mm. Hodnoty deformací by se měly se vzrůstajícím horninovým nadložím postupně snižovat až k ul. Nad Královskou oborou, kde hodnoty deformací nepřesáhnou 10 až 15 mm.

Deformace povrchu v prostoru Šlechtovy restaurace se dá očekávat v rozmezí 25 - 30 mm.

Absolutní hodnoty velikosti posunu konvergenčních bodů osazených v primárním ostění jsou předběžně stanoveny na hodnotu 20 - 25 mm u třípruhových tunelů a 10 - 15 mm u dvoupruhových tunelů.

HLOUBENÉ TUNELY TRÓJA

Od portálu ražených tunelů v Tróji pokračuje trasa MO nejprve jako součást podzemního objektu TGC 6 (59 m) a dále jako dva samostatné hloubené tunely klenbového profilu (68 m), na které navazují hloubené tunely s rovným stropem v převážné délce se společnou střední dělicí stěnou (454 m), které končí v místě křížení MO s trasou metra IVC a komunikací od nového Trojského mostu. Od tohoto místa trasa pokračuje jako povrchová komunikace v délce 882 m.

Použití jednotlivých konstrukčních systémů hloubených tunelů a rozdělení do dilatačních, realizačních úseků bylo dáno statickým působením (zatížení zásky, podzemní vodou), požadavkem na zajištění provozu nynější tramvajové trati přes provizorní most, i nové po novém Trojském mostu, a i zachováním funkce odlehčovací kanalizační stoky DN 2000 a vysokotlakého plynovodu.

Realizace hloubených tunelů bude z uvedených důvodů probíhat postupně v pěti fázích, hloubené tunely jsou rozděleny celkem na 18 dilatací.

Výstavba této části MO bude probíhat za protipovodňovou ochranou, jejíž provedení se v této lokalitě předpokládá nejpozději v roce 2005. Tato podmínka s sebou bohužel přináší komplikace a zvýšení nákladů v době realizace. Obě stavby jsou navzájem koordinovány.

Poznatky o inženýrskogeologických poměrech byly získány na základě podrobného geotechnického průzkumu provedeného formou průzkumné stoly a jsou uvedeny v samostatném článku.

ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY PRO HLOUBENÉ TUNELY TRÓJA

Stavební jámy pro hloubené tunely Trója budou budovány v celé své délce pod hladinou podzemní vody, a budou proto paženy v pokravných útvarech kotvenými podzemními (milánskými) stěnami, resp. štetovými stěnami a v pevném skalním podkladu kotvami, stříkaným betonem a železobetonovými převážkami.

system used in the exploration drift excavation. The anticipated deformations (of the liner, rock mass, surface) and widths of settlement troughs due to the excavation were defined in the same manner (on the basis of the FEM calculations). We can anticipate the width of the settlement trough in Milady Horákové Avenue to reach a value of 120 - 140 m, the settlement above the tunnel axes will not cross the maximum value of 25 - 35 mm. The values of deformations should be continually reduced with growing thickness of the tunnel cover, up to Nad Královskou Oborou Street, where the deformations will not cross values of 10 - 15 mm. Surface deformations in the area of the Šlecht's restaurant should be within 25 - 30 mm. Absolute values of shifting the convergence points fixed in the primary lining are set preliminary to a value of 20 - 25 mm and 10 - 15 mm for three-lane tunnels and two-lane tunnels respectively.

TRÓJA CUT-AND-COVER TUNNELS

From the portals of the mined tunnels in Trója, the CCR route continues first as a part of the underground structure TGC 6 (59 m), then as two separated cut-and-cover tunnels with a vaulted cross section (68 m). Cut-and-cover tunnels with a flat roof deck and a common central dividing wall within a prevailing length (454 m) follow. They terminate at the location where the CCR crosses the Metro line IV.C and the road from the New Trója Bridge. From this point, the route continues as an at grade road at a length of 882 m.

Utilisation of particular structural systems of the cut-and-cover tunnels, and division into dilatation construction sections was given, on one hand, by static loads (loading due to the backfill, groundwater), on the other hand by requirements for the operation of the existing tram line along the temporary bridge, and a new tram line along the New Trója Bridge, to be ensured, and the function of a subsidiary sewer DN 2000 and a high-pressure gas pipeline to be maintained.

For the above reasons, the construction of the cut-and-cover tunnels will be divided into 5 phases (the cut-and-cover tunnels consist of 18 dilatation sections).

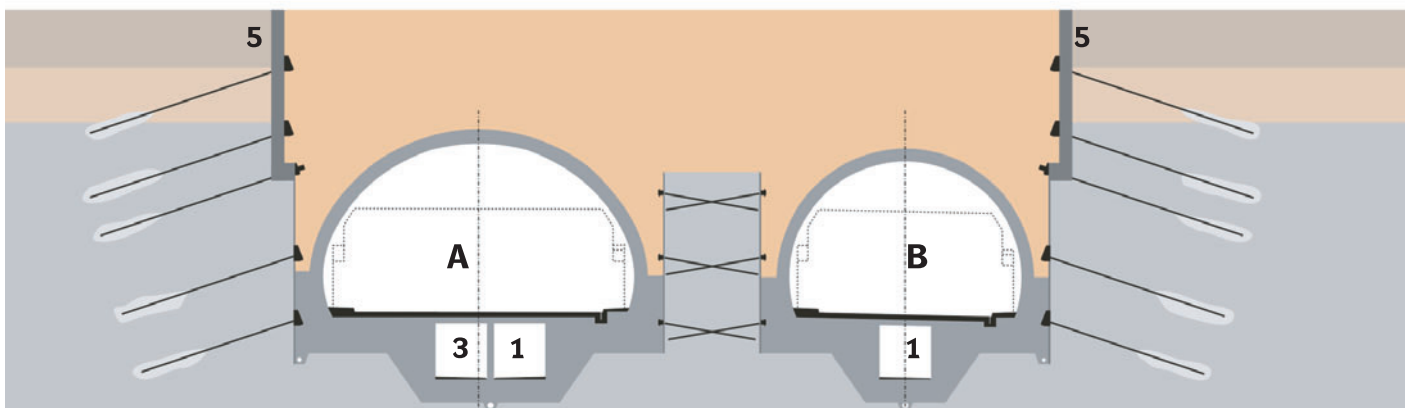
The construction of this CCR part will be protected by means of flood defence. They should be developed in this area in 2005 at the latest. Unfortunately, this condition causes complications and increasing costs in the construction execution period. The two projects are co-ordinated.

The information on the engineering-geological conditions was obtained on the basis of a detailed geotechnical investigation carried out using an exploration drift. It is stated in a separate paper.

SUPPORT OF THE BOX EXCAVATION FOR THE TRÓJA CUT-AND-COVER TUNNELS

The boxes for the Trója Cut-and-Cover Tunnels will be built along the entire lengths under the water table, therefore they will be braced within the capping masses thickness by anchored diaphragm (Milan) walls, or soldier beam and lagging walls, and, in competent bedrock, by anchors, shotcrete and reinforced concrete walers.

The diaphragm walls are designed to be 600 mm thick, from concrete grade C 20/25, embedded in bedrock, anchored by stranded anchors with bearing capacity of 435 - 580 kN, installed at 2.5 - 3.5 vertical and horizontal spacing. The toes of those walls have to be injected with cementitious suspension so



Obr. 7 Příčný řez – samostatné klenbové tunely v Tróji
Fig. 7 Separate vaulted tunnels in Trója – cross section

Podzemní stěny jsou navrženy tloušťky 600 mm z betonu třídy C 20/25, provedené až do skalního podkladu, kotvené pramencovými kotvami o únosnosti 435 - 580 kN ve vodorovných a svislých vzdálenostech 2,5 - 3,5 m. Pata těchto stěn bude proinjetována cementovou suspenzí za účelem dosažení maximálního těsnicího efektu v oblasti přechodu na kotvenou skalní stěnu.

Část milánských stěn bude provedena v předstihu jako součást protipovodňových opatření. V úrovni terénu budou tyto stěny přecházet v monolitické železobetonové stěny tvořící dočasnou oporu protipovodňového valu. Po dokončení stavby MO a zasypaní hloubených tunelů budou tyto stěny částečně ubourány a val z této strany dosypán a zazeleneň.

Každých asi 35 m bude na délku 2,5 m podzemní stěna nahrazena stěnou štětovou, která bude po provedení hloubených tunelů a jejich zasypaní vytažena, čímž dojde k návratu k původnímu vodnímu režimu v dotčeném území.

V partiích, kde poloha zvětralého horizontu v dostatečné hloubce pode dnem stavební jámy umožní dostatečné vetknutí pažicí konstrukce, bude k pažení použito předem zaberaněných štětových stěn, které budou postupně při odbírání jednotlivých etází kotveny pramencovými kotvami o nosnosti 435 až 580 kN do převážek z ocelových svařenců o vodorovné a svislé vzdálenosti 2,5 - 3,5 m.

Zajištění portálové stěny je navrženo z převrtávaných pilot \varnothing 880 mm kotvených v předepsaných úrovních a kotvené skalní stěny s ochranou stříkaným betonem vyztuženým svařovanými sítěmi.

Odtěžování stavebních jam se předpokládá pomocí drapáků (rypadel), ve skalním prostředí pomocí trhacích prací.

Postupně bude vytvořeno sedm stavebních jam o hloubkách 3,5 až 22 m. Parametry celkové stavební jámy Trója.

Parametry stavební jámy:

Kubatura výkopu (rostlý stav)	235 000,0 m ³
Plocha podzemních (milánských) stěn	6 720,0 m ²
Plocha pilotové stěny (portál)	610,0 m ²
Plocha štětové stěny	2 980,0 m ²
Plocha kotvených skalních stěn (skalní zářez)	8 730,0 m ²

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Technologické centrum TGC6 je navrženo jako železobetonový pětipodlažní podzemní objekt, který mimo jiné obsahuje trafostanice, rozvodny, strojovny, vzduchotechniky a další. Jeho součástí je také výdechový objekt Trója.

Hloubený severní tunel je v celé své délce navrženo jako třípruhový. Prvních 60 m je s klenbovým stropem, v ostatní části se stropem rovným. Šířka vozovky mezi obrubníky je závislá na poloměru směrového oblouku a v přímé činí 11,5 m, celková šířka hloubeného tunelu včetně chodníků a tolerancí je 13,7 m. Konstrukce je navržena z monolitického železobetonu třídy C 30/37. Tvar vnitřního líce u klenbových profilů je totožný jako tvar vnitřního líce definitivního ostění v ražené části. Pro betonáž bude tedy využito bednicích forem používaných pro provádění definitivního ostění ražených tunelů.

Tloušťka svislých stěn je navržena 800 mm, stropní deska 1,0 m (u klenbových 0,5 m). Konstrukce mostovky je navržena tloušťky 300 mm a sleduje klopení vozovky. Dělicí stěna mezi technickou chodbou a propojovací chodbou do metra je navržena tloušťky 300 mm.

that a maximum sealing effect is achieved in the area of transition to the anchored rock wall.

A part of the Milan walls will be built in an advance, as part of the flood defence measures. The walls will be extended above the surface level by cast in situ RC walls, and they will provide a temporary support to the flood bank. These walls will be partially lowered, and the bank extended to this side and grassed when the CCR is completed and the cut-and-cover tunnels backfilled.

The diaphragm wall will be replaced by a sheet pile wall every 35 m, at a length of 2.5 m. The sheet pile wall will be extracted when the cut-and-cover tunnels have been completed and backfilled. This will allow the ground water regime within the area of operations to return to the original state.

In the locations where the weathered rock horizon is at a sufficient level under the bottom of the box excavation, thus rendering sufficient embedment of the bracing structure possible, pre-driven sheet pile walls will be used for the bracing. They will be anchored, step by step, with the excavation progressing to the given levels, using stranded anchors with bearing capacity of 435 to 580 kN, passing through walers from steel weldments placed at 2.5 - 3.5 m spacing (both vertically and horizontally).

The portal wall support is designed to be from secant bored piles 880 mm in diameter, anchored at prescribed levels, and an anchored rock wall protected with shotcrete and welded mesh.

The boxes should be excavated by clamshell excavators, blasting will take place in hard rock.

Seven boxes, 3.5 to 22 m deep, will be excavated one at a time.

Parameters of the overall box excavation Trója:

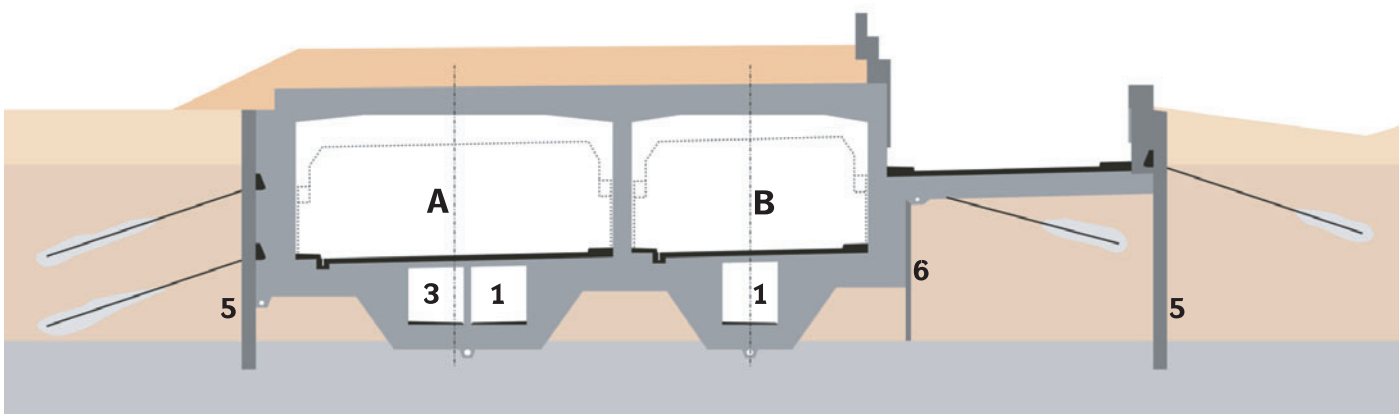
Excavation volume (natural ground)	235,000.0 m ³
Diaphragm (Milan) walls area	6,720.0 m ²
Pile wall area (at the portal)	610.0 m ²
Sheet pile wall area	2,980.0 m ²
Anchored rock walls area (a rock cut)	8,730.0 m ²

STRUCTURAL DESIGN

Technology centre TGC6 is designed as a reinforced concrete five-storey underground structure, housing, among others, transformer stations, substations, ventilation plant rooms, etc. The exhaust structure Trója is also part of the centre.

Cut-and-cover tunnel North is designed within the entire length as a three-lane tunnel. A vaulted roof deck is above the initial 60 m section, the remaining section has a flat roof. The width of the roadway between curbs depends on the radius of the horizontal curve (11.5 m for straight alignment), total width of the cut-and-cover tunnel inclusive of pavements and tolerances amounts to 13.7 m. Cast in situ reinforced concrete grade C 30/37 will be used for the structure. The shape of the internal face in the case of vaulted profiles is identical with the shape of the internal face of the final lining in the mined section. Therefore the formwork used for the final lining of mined tunnels will be used for this casting too.

Vertical walls and the roof deck will be 800 mm and 1.0 m thick respectively (vaulted roofs 0.5 m only).



Obr. 8 Příčný řez – hloubené tunely Trója

Fig. 8 Trója cut-and-cover tunnels – cross section

V celé délce předmětného úseku bude v nejnižším místě každého z tunelů budována stavební drenáž DN 300 mm zasypaná štěrkem.

Hloubený jižní tunel je navržený jako dvoupruhový s postupným rozšiřováním pro odpojení výjezdové rampy č. 3. Šířka vozovky mezi obrubníky v přímé číni 8,0 m, celková šířka hloubeného tunelu včetně chodníků a tolerancí je 10,2 m. Ostatní uváděné parametry jsou totožné jako u třípruhového tunelu.

Ve staničení km 7,532 je navržena mezi tunely v úrovni komunikací i technických chodeb propojka s SOS výklenky. Opatření pro únik osob z tunelů včetně umístění rozvoden je obdobné jako u hloubených tunelů Letná.

Přechod hloubených tunelů přes konstrukci metra IVC je navržený pomocí "přemostění" uloženého do příčných železobetonových prahů s mezivrstvou zabraňující přenos zatížení a deformací do konstrukce metra.

ZÁVĚR

Vzhledem k rozsahu stavby 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka tento článek popisuje pouze ve stručnosti základní řešení jednotlivých podzemních částí stavby. Každá popisovaná část by si zasloužila daleko podrobnější výklad, což mohou být i náměty do budoucna.

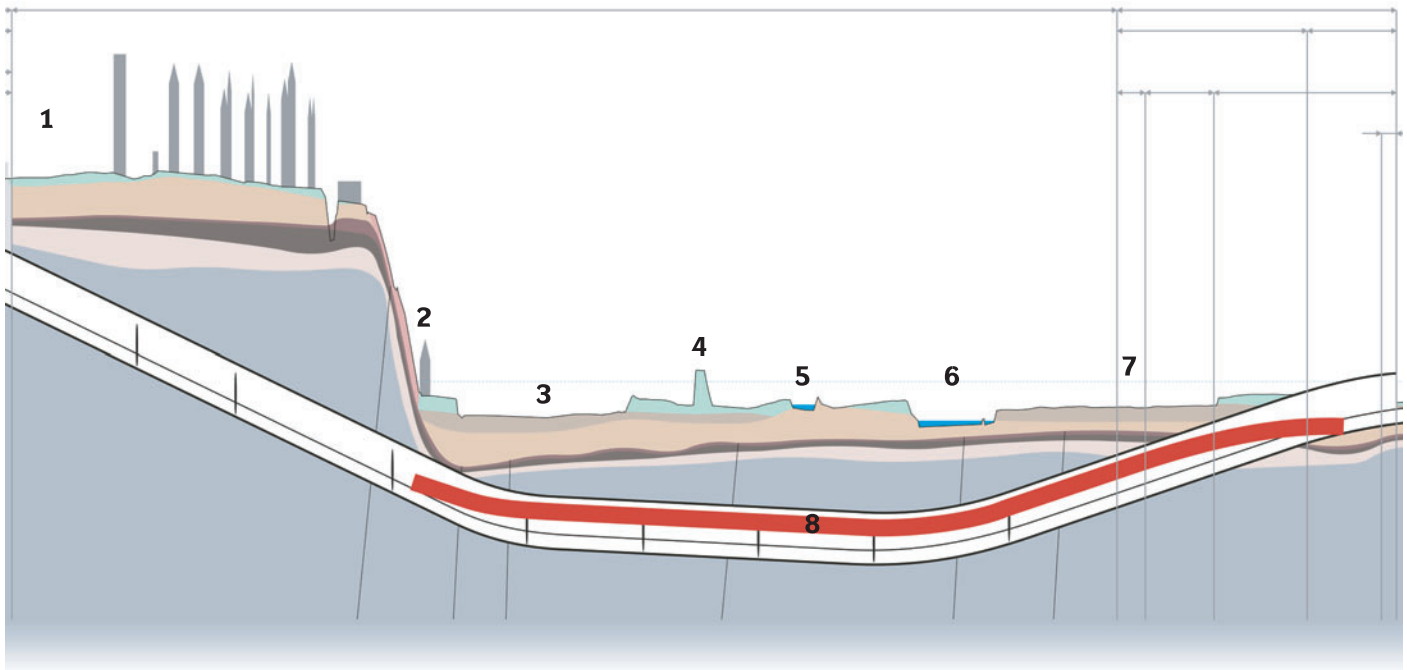
The bridge deck carrying the roadway will be 300 mm thick (the thickness follows the transversal incline of the roadway). The dividing wall between the service corridor the connecting corridor to the Metro will be 300 mm thick. Temporary drainage 300 mm in diameter will be placed along the whole length of the given section, at the lowest place of each tunnel.

Cut-and-cover tunnel South is designed as a double-lane tunnel, gradually widening to allow the ramp No. 3 to turn off. The width of the roadway between curbs amounts to 8.0 m (for straight alignment), total width of the cut-and-cover tunnel inclusive of pavements and tolerances amounts to 10.2 m. The other relevant parameters are identical with those of the three-lane tunnel. A cross passage with SOS niches is designed between the tunnels at chainage km 7.532. The passage is at the level of the roads and service corridors. The measures for escape of persons from the tunnels, including location of switch rooms, are similar to those in the Letná cut-and-cover tunnels.

A "bridging" is designed for the crossing of the cut-and-cover tunnels with the Metro IVC line. The "bridge" will be placed on transversal reinforced concrete seats, with an intermediate layer preventing transfer of the loading and deformations to the subway structure.

CONCLUSION

With regard to the large extent of the construction lot 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, this paper only briefly describes the basic solution of individual underground components of the construction. Any of the described parts would be worth describing in a much more detailed manner. They may also become topics left for the future.



Obr. 9 Podélný řez
Fig. 9 Longitudinal section

LEGENDA:

1 - Letná
Letná
2 - Šlechtova restaurace
Šlecht's Restaurant

3 - Královská obora - Stromovka
Královská Obora - Stromovka Park
4 - Trať ČD
Czech Railways Track
5 - Plavební kanál
Shipping Canal

6 - Vltava
Vltava River
7 - Trója
Trója
8 - Průzkumná štola
Exploratory drift

PRŮZKUMNÁ ŠTOLA PRO TUNELY BLANKA

EXPLORATORY DRIFT FOR THE BLANKA TWIN-TUBE TUNNEL

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, SATRA, s. r. o.

ÚVOD

Ražba tunelů městského okruhu v úseku Špejchar – Pelc-Tyrolka bude procházet komplikovaným geotechnickým prostředím. Na dvou místech bude podcházen vodní tok (Vltava, plavební kanál) a pravděpodobně nejsložitějším úsekem bude ražba těsně pod zvodněnými sedimenty, v blízkosti Šlechtovy restaurace.

Vyražením průzkumné štoly tak budou získány potřebné informace o skutečném rozhraní mezi skalním nadloží a zvodněnými fluvialními sedimenty v tomto úseku a bude umožněno provádění sanačních injektáží ještě před ražbou samotných tunelů. Provádění jakýchkoliv prací z povrchu je v celém prostoru Stromovky doposud vyloučeno.

Pro bezpečný a ekonomicky přijatelný návrh budoucích tunelů je provedení průzkumné štoly zcela nezbytné.

POPIS STAVBY

Zhotovitelem průzkumné štoly je sdružení firem Metrostav, a. s., a Energie Kladno, a. s.

Profil průzkumné štoly je navržen pro jednokolejnou důlní trať s dvoukolejnými výhybnami po asi 150 m.

Její celková délka je 1950 m a ve své převážné délce je vedena v profilu budoucí jižní tunelové trouby (JTT). V závěrečném úseku na úpatí svahu z Letné, kde jsou očekávány komplikované geotechnické podmínky, bude průzkumná štola ražena i v profilu budoucí severní tunelové trouby (STT).

Teoretický výrub jednokolejné štoly má plochu 10,5 m² (obr. 2), teoretický výrub výhybny je 18,7 m² (obr. 3).

Maximální podélný sklon průzkumné štoly je 3,5 %.

V trase průzkumné štoly jsou navrženy 2 rozrážky pro provádění geotechnických zkoušek in situ. První z nich je umístěna v blízkosti raženého portálu budoucích tunelů a bude sloužit ke stanovení pevnostních a deformačních parametrů zastíženého horninového prostředí jako podklad pro statické výpočty tunelů a návrh statického zajištění stěn stavebních jam o hloubce až 22,0 m. Druhá rozrážka je umístěna v dobrotivských břidlicích v trase průzkumné štoly.

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Dosavadních informací o geotechnických poměrech v trase budoucích tunelů je jen velmi málo. V minulosti bylo v prostoru Stromovky provedeno mnoho vrtů pro sledování hladiny podzemní vody, ovšem žádný z nich nebyl proveden až ke skalnímu podloží.

V rámci podrobného IG průzkumu pro průzkumnou štolu bylo nutno provést novou síť vrtů, které by podaly alespoň základní informace o zastížených horninách a mocnosti říční terasy v trase průzkumné štoly.

Skalní podloží zájmového území tvoří horniny ordovického stáří.

Jsou to:

Řevnické křemence - tvořeny deskovitými až lavicovými vrstvami masivních křemenců až křemitých pískovců, které se střídají s tence vrstevnatými polohami šedých jílovitých břidlic, jílovců až jílu. Mají mírně zvlněné plochy vrstevnatosti, jsou velmi tvrdé, křehké a nepravidelně rozpukané. Pukliny mají povrch drsný a převážně jsou rovinného charakteru. Na puklinách jsou často vysrážené hydroxidy železa. Ojediněle nacházíme mezi těsně uspořádanými zrny křemence jílovitý materiál (do 4 %). Mezi vrstvami křemenců se často vyskytují polohy jílovitých břidlic, jílovců až jílu.

Skalecké křemence - tvoří husté rozpukané lavice světlešedých křemenců a pískovců, obvykle uložených v lavicích 10 – 50 cm mocných, ojediněle i několikametrových, s vločkami a proplásky černošedých a tmavošedých jílovitých a jílovitopísčitých břidlic.

Dobrotivské břidlice - jsou jílovité břidlice s jemně prachovitou příměsí a slídou. Jsou silně rozpukané a zřetelně vrstevnaté, takže se snadno rozpadají. Vrstevnatost je tence až tlustě deskovitá. Dle tektonického porušení převládá hornina středně rozpukaná, patřící k měkčím a plastičtějším horninám střednědobého ordoviku.

Libeňské břidlice - jsou v navětralém stavu šedočerné až černé, převážně prachovito - jílovité a jílovité břidlice, jemně slídnaté. Jedná se o monotónní souvrství, v němž nebyly po petrografické stránce zjištěny podstatné odchylky.

INTRODUCTION

The tunnels of the City Circle Road within the Špejchar – Pelc-Tyrolka section will be driven through a complicated geotechnical environment. A water-course will be passed under at two locations (the Vltava River and a shipping canal), and the tunnelling just under water bearing sediments nearby the Šlechta's restaurant is likely to become the most difficult.

The excavation of the exploratory drift will provide the required information on the actual interface between the bedrock and water bearing fluvial deposits within this section, allowing pre-excitation grouting to be carried out before the tunnel excavation proper. Till now, the execution of any operation from the surface is impossible within the entire Stromovka Park area.

The exploratory drift is indispensable for elaboration of a safe and economically acceptable design of the tunnel tubes to be built in the future.

DESIGN DESCRIPTION

The contractor for the exploratory drift is the joint venture consisting of Metrostav a.s. and Energie Kladno a.s. The exploratory drift cross section is designed to contain a single-track mine line, with double-track passing bays every 150 m.

The alignment of the drift, 1,950 m long in total, runs mostly through the cross section of the Southern tunnel tube (STT). In the end section, at the foot of the Letná Hill slope, the drift will also be executed within the cross section of the Northern tunnel tube (NTT) because of anticipation of complicated geotechnical conditions.

Theoretical excavated cross-section area of the single-track drift and the passing bay is 10.5 m² (see Fig. 2) and 18.7 m² respectively (see Fig. 3).

Maximum gradient of the exploration drift amounts to 3.5%.

Two short side drifts are designed within the exploratory drift alignment, serving for in-situ geotechnical testing. The first one is located in the vicinity of the mined portal of the tunnels. It will be used for determining strength properties and deformation behaviour of the rock mass encountered, as a basis for structural analyses on the tunnels, and a design of support of excavation pits with depths up to 22.0 m. The other side drift is located in the Dobrotiv Shale section.

ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS

Previous information on geotechnical conditions along the tunnel alignment is scarce. Lots of bores were drilled in the Stromovka Park in the past, for water table monitoring purposes. Unfortunately, no borehole reached the bedrock.

A new network of boreholes had to be drilled in the framework of the EG investigation for the exploratory drift so that at least basic information on the rock to be encountered and thickness of the river terrace along the alignment of the exploratory drift could be obtained.

The bedrock within the area of operations consists of the Ordovician Period rock types, namely:

The Řevnice Quartzites, comprising platy to tabular layers of massive quartzites to siliceous sandstones, alternating with layers of laminated grey clayey shales, claystones to clays. They have moderately undulated bedding planes, are very hard, brittle and irregularly jointed. The surface of the joints is coarse, mostly of a planar character. Precipitated hydroxides of iron are often encountered on the surface of the joints. Clayey material (up to 4%) is sporadically found between closely arranged grains of quartzite. Interbeds of clayey shales, claystones to clays are often encountered between the quartzite layers.

The Skalec Quartzites, forming densely jointed beds of light-grey quartzites and sandstones, usually 10 – 50 cm thick (locally even several meters), with black-grey and dark-grey clayey and clayey-sandy shale interbeds and intercalations.

The Dobrotiv Shales, i.e. clayey shales with fine silty additions and mica. They are heavily fractured, with distinct cleavage, therefore they slake easily. The character of layering is that of thin to thick plates. In terms of tectonic faulting, moderately fractured rock belonging to rather weak and plastic rock types of the Ordovician formation of Central Czechia prevails.

The Libeň Shales, i.e. shales that are grey-black to black in a slightly weathered condition, mostly silty-clayey and clayey, finely micaceous. The series

Podzemní vodu v zájmovém území lze řadit k těmto typům:

- poříční a terasová voda,
- podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností,
- podzemní voda v prostředí s puklinovou propustností v horninách skalního podloží.

Poříční a terasová voda, napájená atmosférickými srážkami, je vázána na údolní nivu a terasu Vltavy.

Ordovické horniny představují prostředí s puklinovou propustností. V zájmovém území jsou zastoupena souvrství různého litologického vývoje, a tím i různých hydrogeologických vlastností. Relativně nejméně propustné jsou měkké břidlice (břidlice souvrství libeňského). Břidlice s poněkud větší prachovitou a písčitou příměsí mají hydrogeologické vlastnosti obdobné. Lokální a nevýrazné horizonty podzemní vody vznikají v břidlicích s vložkami křemitých pískovců a křemenců.

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Průzkumná štola je ražena novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Předpokládá se zastížení technologických tříd NRTM 2 - 5a, jejichž zařazení je prováděno na základě klasifikace QTS pro každý záběr.

Hornina je rozpojována pomocí trhacích prací.

Primární ostění tl. 100 - 200 mm se provádí ze stříkaného betonu B 20 vyztuženým ocelovými příhradovými rámy z betonářské oceli a svařovanými sítěmi (nebo jen sítěmi). Je navrženo na základě statického výpočtu provedené

of strata of these shales are of the monotonous origin (translator's note: monotonous sedimentation is the opposite to the flysh-type sedimentation mode), without significant anomalies in terms of petrography.

Groundwater found in the area of operations can be divided into the following types:

- alluvial and terrace water,
 - groundwater in an environment with intrinsic permeability,
 - groundwater in an environment with fissure permeability (in the bedrock).
- The alluvial and terrace water, which is fed by precipitation, is restricted to the Vltava River's plain and terrace.

The Ordovician rock types are representative of an environment with fissure permeability. The area of operations contains series of measures of various lithological history, thus having various hydrogeological properties. Weak shales (the Libeň Shales strata) are relatively the least permeable. Hydrogeological properties of shales containing a little bit higher ratio of silty and sandy additions are similar. Local and indistinct aquifers originate in shales containing interbeds of siliceous sandstones and quartzites.

CONSTRUCTION PROCEDURE

The exploratory drift is driven by the NATM. The NATM excavation classes 2 - 5a are anticipated along the drift alignment. The classification will be carried out for each round, using the QTS method.

The drill-and-blast is used for the rock breaking.



Obr. 1 Situace průzkumné štoly
Fig. 1 Exploratory drift plan

LEGENDA / LEGEND:

- | | | |
|---|--|------------------------------------|
| 1 - Průzkumná štola v jižním tunelu
Exploratory drift in STT | 3 - Žumpovní chodba a únikový výlez
Sump gallery and escape way | 5 - Rozrážka
Side drift |
| 2 - Průzkumná štola v severním tunelu
Exploratory drift in NTT | 4 - Únikový výlez
Escape way | 6 - Těžná šachta
Hoisting shaft |

ho metodou konečných prvků (MKP) s uvažováním max. hydrostatického tlaku pro dané úseky. Počítá se s jeho přirozenou filtrací. Sekundární ostění se budovat nebude.

Délky záběrů se pohybují od 1,0 – 1,75 m podle zastižené technologické třídy NRTM.

Ke kotvení jsou navrženy ocelové tyčové kotvy GEWI Ø 18 mm lepené ve vrtech polyesterovými ampulemi Lokset. Délka kotev se pohybuje podle velikosti profilu 2 – 3 m.

Samotná ražba probíhá z těžní šachty oválného tvaru o světlých rozměrech 7,1 x 5,8 m umístěné v Tróji asi 200 m od Vltavy. Její ostění je tvořeno převrtávanými betonovými (železobetonovými) pilotami o průměru 780, resp. 880 mm v místě průchodu říční terasou a stříkaným betonem C 20/25 tl. 300 mm s ocelovými výztužnými rámy a sítěmi ve skalním podloží. Její celková hloubka na dno akumulací a čerpací jámky je 20,8 m.

Sekundární těžní šachta na Císařském ostrově je pažena v kvartérních sedimentech štětovou stěnou ze štětovic typu III n a má rozměr 4,6 x 4,6 m. Ve skalním podloží je navržena kruhového tvaru o průměru 3,14 m a její ostění je tvořeno stříkaným betonem C 20/25 tl. 200 mm vyztuženým ocelovými příhradovými rámy a sítěmi. Její celková hloubka je 30,2 m.

UMÍSTĚNÍ PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

Po zkušenostech získaných při ražbě tunelu Mrázovka, o významu přítomnosti průzkumné štoly v později realizovaném tunelovém profilu, je průzkumná štola umístěna excentricky ve vrcholu kaloty budoucího tunelu.

V této poloze štola přináší informace o horninovém prostředí z nejdůležitější oblasti - kaloty tunelu a umožňuje i v případě nutnosti dílčí členění výrubu kaloty tunelu při zastižení velmi špatných geologických podmínek. Umístění průzkumné štoly do dna budoucího tunelu, nebo jako součást jeho primárního ostění, považujeme v tomto případě za nevhodné.

BEZPEČNOST

Problematické bezpečnosti při ražbě, zejména v místech s možností průvalů vod, byla při provádění projektových prací věnována velká pozornost. Hlavním důvodem je poloha nejnižšího místa trasy, které se nachází přibližně v jedné třetině délky průzkumné štoly, pod Císařským ostrovem.

Na základě požadavku OBÚ v Kladně byly ustaveny celkem dva poradní sbory za účasti našich předních odborníků v oboru podzemního a tunelového stavitelství, geologů a zástupců Hlavních báňských záchranných stanic. Závěry těchto jednání byly následně zapracovány do dokumentace pro povolení geologických prací a dále do RD.

Jedná se zejména o tato bezpečnostní opatření:

- Dva únikové výlezy umístěné ve směru ražby za Vltavou na Císařském ostrově a za plavebním kanálem před Královskou oborou. Jeden (V1) je navržen jako sekundární těžní šachta kruhového tvaru o průměru 3,14 m na Císařském ostrově s následným využitím pro čerpání balastních vod z průzkumné štoly a druhý (V2) jako vrt o průměru 1,2 m, který bude využívaný též k větrání při ražbě. Hloubka únikových výlezů se pohybuje okolo 30 m.
- Dlouhé dovrchní předvrty. V místech bezprostředního ohrožení průvalem vod nebo zvodnělých materiálů jsou navrženy dva, v ostatních případech pouze jeden. Jejich délka je 23,0 m a překrývají se o 3,0 m. Některé jsou navrženy jako jádrové o průměru 76 mm, ostatní jako bezjádrové o průměru 46 mm. Jejich hlavním účelem je zmapování případných zvodní v předpolí ražby průzkumné štoly. Jsou vrtány přes obturátor tak, aby v případě provrtání do plně zvodnělého materiálu bylo možné vrt jednoduchým způsobem uzavřít. Po provedení se po ustálení přítoku měří velikost působícího hydrostatického tlaku. Stejným způsobem jsou sledovány všechny vrty prováděné pro kotvení a pro presiometrické zkoušky.
- V úsecích pod vodními toky a v poruchovém pásmu u Šlechtovy restaurace je omezena délka záběru na 1,0 m, z čehož vyplývá délka nevystrojené části výrubu maximálně 1,5 m (0,2 m pro přesah sítě a 0,3 m jako koeficient nerovnosti výrubu).
- Při úpadním ražení průzkumné štoly jsou navrženy v jejím dně přečerpávací jámky ve vzdálenostech do 50 m. Pro odčerpávání podzemní vody z prostoru čelby jsou navržena dvě kalová čerpadla o výkonu min. 25 l/s, jejichž poloha se s postupem čelby mění. Voda je odváděna do akumulací jímky na dně těžní šachty v Tróji.
- V nejnižším místě trasy, v únikové chodbě k nouzovému výlezu V1, je navržena žumpovní chodba o celkovém využitelném objemu 360 m³ (mimo pracovní objem), kam budou všechny balastní vody z průzkumné štoly stahovány. Očekávaný přítok vody z celé průzkumné štoly je 25,0 l/s. V případě havárie je předpokládán maximální dlouhodobý přítok až 125 l/s.
- V žumpovní chodbě jsou navržena dvě kalová čerpadla o výkonu min. 35 l/s s odváděcím potrubím DN 200 mm. Tato čerpadla budou zálohována jak po mechanické, tak po elektrické stránce (diessel agregát s automatickým spuštěním v případě výpadku elektrické energie).
- V žumpovní chodbě 100 mm nad maximální pracovní hladinou je navržen spínač, který v případě nastoupení hladiny podzemní vody do této úrovně aktivuje výstražný systém informující posádku na čelbě a pracoviště mistrovny na povrchu.
- Je navrženo telefonické spojení povrchového pracoviště s podzemím (na několika místech po trase).

The 100 - 200 mm thick primary liner is from shotcrete B 20, reinforced with lattice arches (prefabricated from reinforcing bars) and steel mesh, or the mesh only. The primary lining analysis, carried out using the Finite Element Method (FEM), considered the maximum hydrostatic head possible in the respective sections. Its natural filtration is taken into account.

No secondary liner will be provided.

The round lengths vary from 1.0 to 1.7 m, depending on the NATM technological class encountered.

Anchoring will be carried out using GEWI rockbolts, 18 mm in diameter, bonded in the borehole by polyester capsules Lokset. The length of the rockbolts ranges from 2 to 3 m, depending on the profile dimensions.

The excavation starts from a hoisting shaft, oval in ground-plan, with net dimensions 7.1 x 5.8 m, located in the Trója district, about 200 m from the Vltava River. Its support consists of 780 or 880mm-diameter pre-bored concrete (reinforced-concrete) piles passing through the river terrace, and 300 mm thick layer of shotcrete C 20/25 reinforced with steel frames and welded mesh within the section in the bedrock. The shaft, from the top to the bottom of the accumulation and pumping sump, is 20.8 m deep.

The secondary hoisting shaft in Císařský Ostrov (Císařský Island) (4.6 x 4.6 m in ground plan), is supported by sheetpile walls in Quaternary sediments, using sheet piles of the III n type. A circular ground plan of the shaft (a 3.14m-diameter) is designed for its part sunk in the bedrock. The support consists of a 200 mm thick layer of shotcrete C 20/25, reinforced with lattice girders and mesh. The overall length amounts to 30.2 m.

POSITION OF THE EXPLORATORY DRIFT

Applying the experience gained from the excavation of the Mrázovka tunnel, of how important an exploratory drift is within the subsequently excavated tunnel cross section, the exploratory drift is positioned out of the tunnel centre line, at the tunnel crown.

This position allows the drift to provide the information on the rock mass from the most important area, i.e. the tunnel top heading, with application of partial sequences of the excavation possible if needed due to adverse geological conditions encountered. The positioning of the exploratory drift at the tunnel bottom or as part of the primary lining is considered unsuitable in the given instance.

SAFETY

Great attention in the design phase was paid to the issue of safety during the excavation operations, most of all at locations where water inrush is a threat. The main reason is the position of the lowest point of the alignment, which is found roughly in one third of the exploration drift length, under Císařský Island.

Following a requirement of the Regional Mining Authority in Kladno, 2 advisory boards were established, gathering our foremost experts in the field of underground and tunnel construction, geologists, and representatives of the Main Mine Rescue Stations. Conclusions drawn from the meetings were subsequently incorporated into the documents submitted together with the application for the geotechnical work approval, and then to the detailed design of the drift.

The most important safety measures are:

- Two escape ways (chimneys) positioned (viewed in the direction of the excavation) behind the Vltava, in Císařský Island, and behind the shipping canal, before Královská Obora. The former way (V1) is designed as the above-mentioned 3.14m-diameter secondary hoisting shaft (to be used subsequently for pumping ballast water from the exploratory drift, and the latter (V2) as a 1.2m-diameter borehole, to be used subsequently for ventilation purposes during the excavation. The depth of the escape ways is roughly 30 m.
- Long uphill drilling in advance of the heading. Two boreholes are designed for locations of immediate threat of water inrush or water-bearing materials, one borehole for the other instances. The boreholes are 23.0 m long, with 3.0 m overlapping. Some boreholes (76 mm in diameter) are designed to provide core, the other boreholes (46 mm in diameter) will be carried out by full-hole drilling. The main purpose of this drilling is to allow identification and mapping of groundwater bodies in the front zone, ahead of the exploration drift excavation. Packers are used so that simple closing is possible in case of hitting a fully saturated material during the drilling operation. When the borehole drilling is completed and the water inflow stabilised, the magnitude of the acting hydrostatic head is measured. All drilling for anchoring and pressuremeter testing is observed using the same procedure.
- The round length in the sections under watercourses and in the weakness zone around the Šlecht's restaurant is restricted to 1.0 m, therefore the maximum length of unsupported part of the excavation is 1.5 m (0.2 m for overlapping of mesh mats, and 0.3 m as a coefficient of irregularity of the excavation).
- Intermediate pump sumps at the bottom of the exploratory drift, at a spacing up to 50 m, are designed for the downhill excavation. Groundwater from the face will be pumped by 2 sludge pumps with a minimum output of 25 l/s. Their position changes with the face progressing ahead. Water is evacuated to the accumulation sump at the bottom of the hoisting shaft in Trója.
- The lowest point of the alignment, i.e. an escape adit leading to the escape way V1, is the place for which a sump gallery is designed (total usable

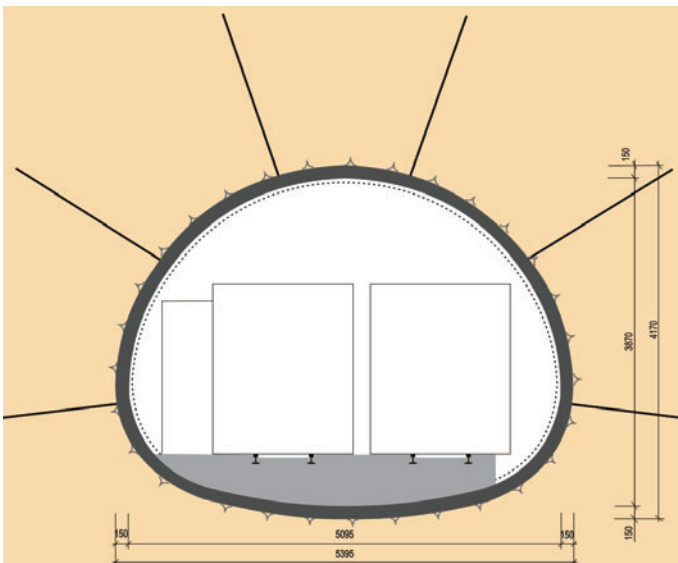


Obr. 2 Příčný řez jednokolejným profilem
Fig. 2 Single-track cross section

- Pro zajištění bezpečnosti ražby průzkumné štoly v poruchových pásmech se budou v jejím předpolí provádět sanační injektáže horninového prostředí. Budou použity směsi na bázi cementu, v případě velmi zhoršených podmínek pomocí polyuretanů.
- Výše uvedená opatření byla zapracována do havarijního plánu dodavatele, všichni pracovníci jsou s ním seznámeni.

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM A MONITORING

V průběhu realizace průzkumné štoly v celém jejím rozsahu jsou prováděny podrobný geotechnický průzkum a monitoring.



Obr. 3 Příčný řez dvoukolejným profilem
Fig. 3 Double-track cross section

volume of 360 m³, apart from the working volume). The gallery will collect all ballast water from the exploratory drift. An inflow of 25.0 l/s from the whole drift length is anticipated. Maximum long-term inflow up to 125 l/s in case of a water inrush is allowed for.

- The sump gallery will house 2 sludge pumps with a minimum output of 35 l/s, with a DN 200 mm discharge piping. Mechanical and electric backup will be provided for the pumps (a diesel generating set with automatic start-up in case of a power failure).
- A switch is installed in the sump gallery at a level of 100 mm above the maximum working level. This switch activates a warning system in case of the water surface reaching this level, which informs the mining crew at the face and the foreman's office at the surface.
- Telephone communication between the surface workplace and the underground (at several places along the alignment).
- Pre-excavation grouting will be carried out in weakness zones to improve the safety of the excavation of the exploratory drift. Cement-based mixtures will be used, or polyurethane in case of seriously worsened conditions. The above measures were incorporated into the contractor's emergency plan, and all workers have been informed about its content.

GEOTECHNICAL INVESTIGATION AND MONITORING

Detailed geotechnical investigation and monitoring is carried out in the course of the exploratory drift execution, in the full scope of the operations. The detailed geotechnical investigation comprises observation and documentation of the geological properties of the rock environment (petrography, stratigraphy, tectonics, etc.).

Inseparable elements are the sampling and testing of samples of water and rock, hydrogeological monitoring in the drift, in safety pre-bores and in the network of existing boreholes at the drift cover, execution of fans of boreholes for pressuremeter tests verifying deformational properties of rock and efficiency of the pre-excavation grouting, execution of the side drifts where in-situ testing is conducted, geophysical measurement in the drift vicinity in selected difficult sections, water pressure tests verifying filtration parameters of the environment surrounding the drift, etc.

The geotechnical investigation and excavation of the drift are connected with the monitoring. The monitoring comprises observation of deformations of points at the surface, observation of existing buildings and utilities, convergence measurements, dynamical and acoustical measurements, pre-construction testing of rock bolts, etc. The entire system of the monitoring car-

Podrobný geotechnický průzkum zahrnuje sledování a dokumentaci geologické stavby horninového prostředí (petrografie, stratigrafie, tektonika, atd.). Nedílnou součástí jsou odběry a zkoušky vzorků vod a hornin, hydrogeologický monitoring ve štoli, v bezpečnostních předvrtch a v síti stávajících vrtů v nadloží štoly, provádění vrtných vějířů s presiometrickými zkouškami pro ověření přetvárných vlastností hornin a účinnosti sanací v podzemí, provedení rozrážek s terénními zkouškami in situ, geofyzikální měření okolí štoly vybraných náročných úseků, vodní tlakové zkoušky pro ověření filtračních parametrů okolního prostředí štoly atd.

S geotechnickým průzkumem a ražbou štoly souvisí monitoring, který zahrnuje sledování deformací bodů na terénu, sledování stávající nadzemní zástavby a inženýrských objektů, konvergenční měření, dynamická a akustická měření, průkazné zkoušky svorníků atd. Celý systém monitoringu při ražbě průzkumné štoly je již součástí měření a sledování při výstavbě samotných tunelů. Je prováděn podle zpracovaného projektu a je operativně upřesňován na kontrolních dnech monitoringu, které se konají jedenkrát za týden za účasti investora, projektanta, dodavatelů stavby a jednotlivých druhů měření. Všechny výstupy měření jsou jednotlivými dodavateli digitálně zpracovávány a odesílány do kanceláře monitoringu, kde jsou okamžitě vyhodnocovány, archivovány a dále rozepisovány všem zúčastněným stranám.

ZKUŠENOSTI Z JIŽ PROVEDENÉ ČÁSTI PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

K 1. 1. 2004 je vyraženo asi 785 m a je možné konstatovat, že zastižené geotechnické podmínky jsou doposud mírně příznivější, než bylo předpokládáno na základě podrobného geotechnického průzkumu pro průzkumnou štolu. Zejména nebylo zastiženo výrazně tektonicky porušené pásmo v místě ražného portálu budoucích tunelů a pásma "čistých" skaleckých křemenců na hranici s Vltavou.

Současný přítok do celé průzkumné štoly se pohybuje okolo 22 l/s a jeho naprostá většina je tvořena organizovanými svody a infiltrací skrz primární ostění. Průměrná hodnota přítoku na čelbě je 0,15 l/s (max. 2,5 l/s) a z bezpečnostních předvrtů 0,94 l/s (max. 4,6 l/s).

Podle výsledků chemismu vod získaných z odebraných vzorků se jedná výhradně o podzemní vodu soustředěnou v ordoviku, která není nijak spoje-

ried out in the course of the exploratory drift excavation is already part of the measurements and monitoring carried out in the course of the construction of the tunnels proper. This monitoring is carried out according to a design, and is refined operatively at monitoring progress meetings, which are held once a week, attended by the owner, designer, construction and measurement contractors.

All measurement outputs are processed by respective contractors digitally, and sent to the monitoring office room to be immediately interpreted, filed and distributed to all involved parties.

EXPERIENCE FROM THE COMPLETED PART OF THE EXPLORATORY DRIFT

About 785 m were completed by 1. 1. 2004. We can state that the geology encountered has been slightly more favourable than anticipated on the basis of the detailed geotechnical investigation carried out for the exploratory drift. In particular, we have not encountered the heavily tectonically faulted zone at the location of the mined portal of the tunnels, and the zone of the "pure" Skalec Quartzites at the edge of the Vltava.

The current inflow to the exploratory drift fluctuates about 22 l/s, and it mainly comes from drainage pipes behind the lining and from infiltration through the primary lining. An average inflow value at the face and inflow from the safety pre-bores amounts to 0.15 l/s (max. 2.5 l/s) and 0.94 l/s (max. 4.6 l/s) respectively. Results of water chemistry tests conducted on samples suggest that the groundwater is solely present in the Ordovician body, without any connection with the Quaternary sediments-bound groundwater. This fact was also confirmed by the monitoring of water table levels in boreholes drilled before the exploratory drift excavation commencement. The water table level existing in the Quaternary sediments and in Ordovician shales are measured independently in each borehole.

While the water table level in the boreholes found in the vicinity of the drift in the Ordovician measures dropped down to the level of the exploratory drift bottom when the excavation had passed them, the water table level in the Quaternary sediments changed within the limits of seasonal variations. With minor exceptions, the pressure of ground water flowing from the safe-

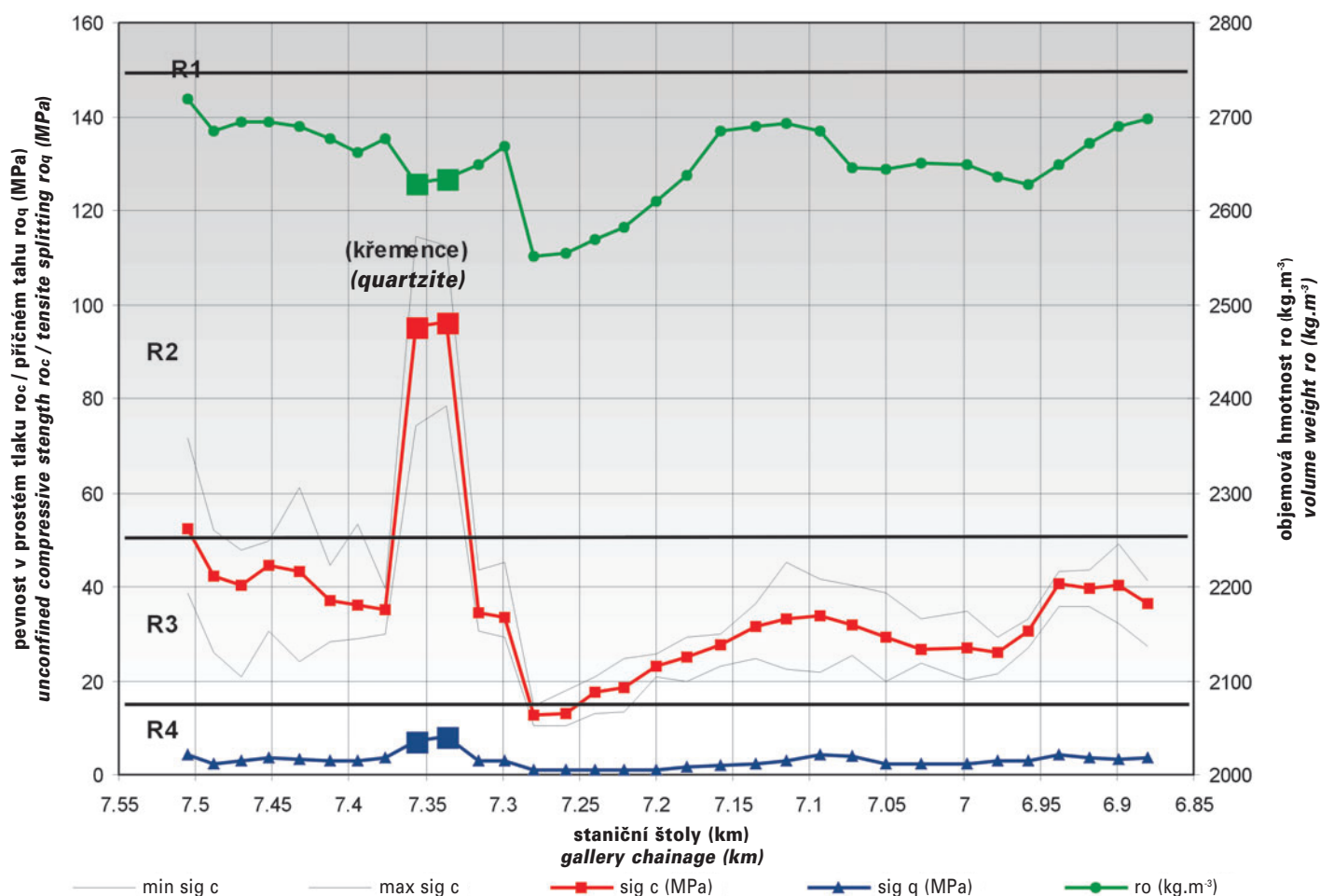


Fig. 4 Graf rozložení pevnosti a objemové hmotnosti podél trasy průzkumné štoly
Obr. 4 Distribution of strength and volume weight along the exploratory drift route

na s vodou vázanou na kvartérní sedimenty. Toto bylo také potvrzeno monitoringem hladin podzemní vody ve vrtech provedených před ražbou průzkumné štoly. V každém z nich je nezávisle měřena hladina podzemní vody v kvartérních sedimentech a ordovických břidlicích.

Zatímco po vyražení průzkumné štoly v blízkosti vrtů došlo k poklesu hladiny v ordovických vrstvách až na úroveň dna průzkumné štoly, hladina v kvartérních sedimentech se změnila pouze v intencích sezonních výkyvů. Při měření tlaku přítékající podzemní vody z bezpečnostních předvrtů byl až na malé výjimky vždy zaznamenán tlak rovnající se tlaku vodního sloupce o výšce dané rozdílem mezi hladinou podzemní vody měřenou v hydrogeologickém vrtu na povrchu a daným předvrtem. Jedinou výjimkou byl úsek při podcházení Vltavy, kde byla v díle zastížena říční voda, jinak se ovšem přítomnost Vltavy neprojevila.

Zajímavé zjištění bylo zaznamenáno u hydrogeologického vrtu HJ 106 na Císařském ostrově. Za normálních podmínek byla sledována hladina podzemní vody v kvartérních sedimentech na úrovni -4,0 m. Po provedení těžní šachty o průměru 3,14 m, ve vzdálenosti cca 30 m (čerpáno cca 1,0 l/s) došlo k vytvoření depresního kužele a poklesu hladiny o 2,0 m.

Přestože se toto prostředí, z jedné strany obklopené Vltavou a z druhé strany plavebním kanálem, mělo za téměř neodvodnitelné, provedením této drobné šachty došlo k tak významnému poklesu hladiny podzemní vody.

Z deformačního hlediska ražba průzkumné štoly způsobuje deformace terénu okolo 2 mm. Velmi pečlivě sledovaná deformace jediného užívaného objektu nadzemní zástavby nad průzkumnou štolou - Povodí Vltavy, dosáhla maximální hodnoty 2 mm, dle předpokladů statického výpočtu. Deformace primárního ostění dosahují průměrně hodnoty do 5 mm, maximálně 15 mm.

Velmi důležitým měřením je monitorování dynamických a akustických účinků ražby průzkumné štoly při použití trhacích prací. Ve všech zatím provedených měřicích profilech nebyla překročena hranice isoseisty 5 mm/s uvažovaná v projektové dokumentaci.

ZÁVĚR

Hlavní význam realizace průzkumné štoly, kromě ověření informací o pevnostních a přetvárných vlastnostech horninového prostředí nezbytných pro detailní návrh tunelů, vidíme v oblasti ověření přítoků podzemních vod do tunelového díla (štola, samotné tunely). Tyto hodnoty byly zatím určovány jen na základě zkušeností a matematického modelování. Neméně důležitým kladem provedení průzkumné štoly bude i určení způsobu provádění sanačních injekcí pro budoucí tunely včetně volby nejvhodnějšího injekčního materiálu. Ražba průzkumné štoly byla zahájena v květnu 2002 a doposud jsou zjištěné výsledky průzkumu poměrně příznivé. Doufáme, že toto konstatování bude možné vyslovit i po jejím celkovém vyražení v roce 2005.

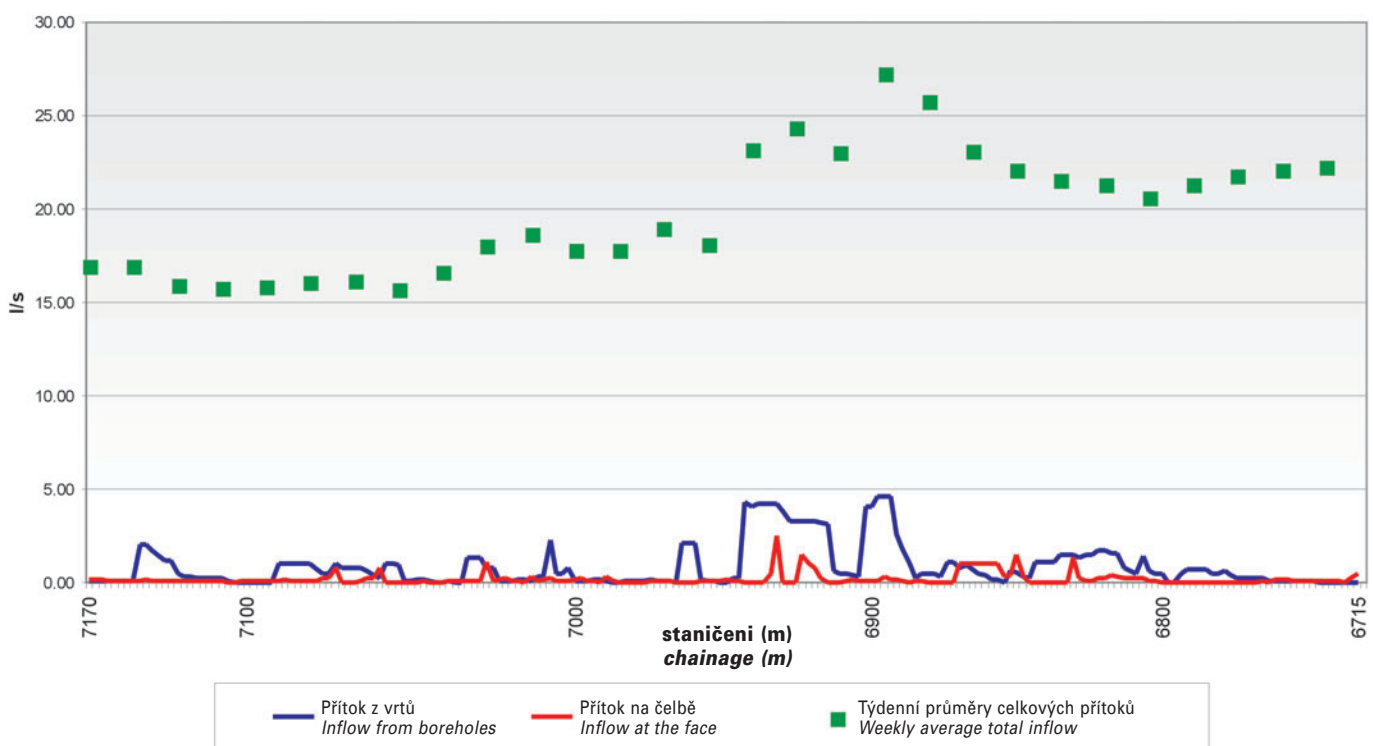
ty pre-bores was always equal to the hydraulic head corresponding to the difference between the ground water table level in the hydrogeological borehole (measured at the surface) and the level of the given pre-bore. The only exception was the section passing under the Vltava, where river water was encountered in the works. Other influence of the Vltava was not registered. An interesting phenomenon was registered at the hydrogeological borehole HJ 106 in Císařský Island. Under normal conditions, the ground water table in the Quaternary sediments was observed at a level of -4.0 m. After completion of the 3.14m-diameter hoisting shaft (and pumping rate about 1.0 l/s), at a distance of about 30 m, a cone of depression originated and the ground-water table sank 2.0 m. This significant lowering of water table resulted from the execution of the small shaft, despite the fact that the lowering in this area, found between the Vltava River and the shipping canal, had been considered nearly impossible.

Regarding deformations, the excavation of the exploratory drift causes surface settlement about 2 mm. Subsidence of the Vltava Basin Administration building, the only building existing above the route, was monitored very carefully. Its maximum value achieved 2 mm, which was anticipated by the design structural analysis.

Deformations of the primary lining reach an average value up to 5 mm, 15 mm as a maximum. Very important measurement is monitoring of dynamical and acoustical impact of the exploratory drift excavation during blasting operations. The isoseismic line level of 5 mm/s considered by the design has not been crossed in any of measurement profiles carried out till now.

CONCLUSION

In our opinion, the main importance of the exploratory drift, apart from verification of the information on strength properties and deformation behaviour of the rock mass required for the detailed design of the tunnels, can be in the field of determination of groundwater inflows into the underground works (the drift and the tunnels proper). These values have been determined on the basis of experience and mathematical modelling till now. No less important, a positive result of the exploratory drift execution will also be the determination of the method of pre-excavation grouting for the tunnels to be built subsequently (including selection of the most suitable grout). The excavation of the exploratory drift commenced in May 2002, and the investigation results obtained till now are relatively favourable. We believe that we will be able to state the same also after the completion of the drift in 2005.



Obr. 5 Graf čerpání balastních vod z průzkumné štoly
Fig. 5 Pumping of ballast water from the exploratory drift

STUDIE BEZPEČNOSTI PROVOZU TUNELOVÝCH STAVEB ZÁPADNÍ ČÁSTI MĚSTSKÉHO OKRUHU V PRAZE

STUDY ON OPERATIONAL SAFETY IN TUNNELS ON THE WESTERN PART OF CITY CIRCLE ROAD IN PRAGUE

ING. LUDVÍK ŠAJTAR, ING. JOSEF DVOŘÁK, SATRA, s. r. o.

ABSTRAKT

V článku je popsán způsob zpracování studie bezpečnosti tunelových staveb umístěných na městském silničním okruhu (MO) v severozápadní části Prahy v úseku Barrandovský most – Pelc-Tyrolka a uplatnění zkušeností, závěrů a doporučení při jeho realizaci.

ÚVOD

Tunelové stavby na městském silničním okruhu v Praze byly projektovány, schvalovány a jsou realizovány postupně v průběhu několika posledních desetiletí. Účelem studie bylo prověřit a posoudit úsek západní části městského okruhu z hlediska bezpečnosti provozu, především v tunelových úsecích, při jeho plném zprovoznění. V rámci studie byla hodnocena rizikovost daného úseku městského okruhu a z ní vyplývající odborný odhad počtu mimořádných událostí s rozdělením podle jednotlivých mezikřižovatkových úseků. Zkušenosti, výsledky a doporučení byly zapracovány do dokumentace pro stavební povolení stavby Špejchar – Pelc-Tyrolka, která má být uvedena do provozu v roce 2009 a zároveň byly některé z nich uplatněny již při dokončování tunelu Mrázovka a při návrhu řídicího systému MO v úseku Barrandovský most – Malovanka, úseku, který má být uveden do provozu po dokončení tunelu Mrázovka v roce 2004.

ROZSAH POSUZOVANÉ ČÁSTI MO

Délka posuzovaného úseku MO činí 12,3 km. Z toho je 8,5 km v podzemí v částečně hloubených a částečně ražených tunelech a 3,8 km povrchových komunikací. V celém úseku jsou tunely jednosměrně dvoupruhové v místech možných vjezdů a výjezdů rozšířené o přípojovací a odbočovací pruhy. V některých případech, vzhledem ke krátké délce tunelového úseku, na sebe přípojovací a odbočovací pruh přímo navazuje tak, že z hlediska stavební konstrukce se jedná o třípruhový tunel (část tunelů Mrázovka mezi portálem v ulici Plzeňské a odbočujícími rampami na ulici Radlickou, úseky tunelu Blanka mezi křižovatkami Malovanka, Prašný most a U Vorlíků). Jedinou výjimkou bude po případném rozšíření tunel Strahov, který byl navržen v definitivní podobě jako třítrubní dvoupruhový. Dělení celého úseku bylo provedeno ve vazbě na dopravní řešení a není totožné s jednotlivými stavbami. Každá dílčí část má začátek v místě možného vjezdu z povrchové uliční sítě a končí v místě prvního výjezdu zpět na uliční síť, při čemž jednotlivé úseky mohou mít společně technologické vybavení. Dělení vycházelo ze skutečnosti možného omezeného provozování systému při uzavěře jednoho úseku nebo i jeho jednoho jízdního směru.

Pro posuzování mezikřižovatkových úseků západní části MO (dále pouze zkráceně "úsek MO") bylo zvoleno následující názvosloví (jejich číslování i řazení je ve směru jih – sever):

1 Zlíchov; 2 Mrázovka; 3 Strahov; 4 Střešovice; 5 Dejvice; 6 Stromovka

POSTUP A ZPŮSOB ZPRACOVÁNÍ STUDIE

Je vhodné, aby se bezpečnost tunelových staveb posuzovala na základě příčin vzniklých nehod a jejich následků. V našem případě jsme posuzovali bezpečnost MO v západní části Prahy na základě rizikovosti jednotlivých úseků. Pro posouzení rizikovosti jednotlivých úseků bylo rozhodnuto použít příčinné (kauzální) síť. Příčinná (kauzální) síť znázorněná na obr. 2 Schéma Bayesovské kauzální sítě zachycuje nejdůležitější prvky bezpečnosti tunelu: obsahuje sedm základních významných faktorů, sedm náhodných uzlů a sedm užitkových uzlů. Jde o Bayesovskou kauzální síť, která byla sestavena pro tuto studii rizik MO. Základními prvky sítě je šest úseků MO. Jednotlivé úseky jsou v síti charakterizovány délkou, intenzitou provozu a sedmi významnými faktory ovlivňujícími jejich bezpečnost. Toto rozhodnutí vycházelo z požadavku, aby hodnotící kritéria v rámci jednotlivých úseků byla shodná. Hodnocením významných faktorů byli pověřeni uznávaní specialisté v daném oboru:

- Dopravní a stavební řešení, dopravněinformační systém – Ing. Jiří Landa, Ing. Petr Hofhansl, City Plan, s. r. o.
 - Technologické vybavení, dopravní řešení – Doc. Ing. Pavel Přibyl, CSc., Ing. Petr Mach, ELTODO EG, a. s.
 - Únikové a přístupové cesty, Požární bezpečnost – Ing. Václav Kratochvíl, Ing. Šárka Navarová, KRASO – požární technický servis
 - Větrací systém – Ing. Jiří Zápalka, SATRA, s. r. o.
 - Ochranný systém – Ing. Jan Václavík, SATRA, s. r. o.
 - Riziková analýza – Prof. Ing. Milan Holický, Kloknerův ústav ČVUT
- Podrobný popis metodiky hodnocení rizik byl popsán v článku Hodnocení rizik tunelů městského okruhu v Praze v čísle 3/2003 časopisu Tunel.

ABSTRACT

The article describes the procedure of elaboration of a study on operational safety in tunnels located on the City Circle Road in the north-western part of Prague, in the section Barandovský Bridge – Pelc-Tyrolka, and application of the experience, conclusions and recommendations in practice.

INTRODUCTION

Tunnel structures on the City Circle Road in Prague were designed, approved and have been implemented, step by step, in the course of several previous decades. The purpose of this study was to examine and assess the section of the western part of the City Circle Road (CCR) in terms of operational safety, in tunnelled sections above all, under the conditions of full-scale operation. In the framework of the study, the risk level in the given section of the circle road was assessed, and an expert estimation of the number of incidents divided according to particular inter-junction sections developed. The experience, results and recommendations were incorporated into the final design for the construction lot Špejchar – Pelc-Tyrolka, which is scheduled for commissioning in 2009. In the same time, some of them were utilised in the process of finishing the Mrázovka tunnel and designing the management system for the CCR section Barandovský Bridge – Malovanka, which is to be opened to traffic in 2003, after completion of the Mrázovka tunnel.

SCOPE OF THE ASSESSED PART OF THE CCR

The length of the assessed section of the CCR amounts to 12.3 km. Out of that, 8.5 km are underground, partially in cut-and-cover and partially in mined tunnels. A portion of 3.8 km is on the surface. All tunnels within this section are uni-directional, double-lane tunnels, enlarged at locations of possible accesses and turn-offs by adding merging and turning lanes. In some cases, due to a short length of the given tunnelled section, the turning lane is a direct continuation of the merging lane, thus, in structural terms, the tunnel features three lanes (a part of the Mrázovka tunnel between the portal in Plzeňská Street and the ramps turning to Radlická Street, sections of the Blanka tunnel between junctions Malovanka, Prašný Most and U Vorlíků). The only exception will be the Strahov tunnel if the designed final configuration is implemented, i.e. a third double-lane tube is added. The division of the whole section was designed with respect to the traffic solution (it is not identical with the particular construction lots). Each partial section has its beginning at a point of possible entry from the surface street network, and it ends at a point of the first exit, back to the street network. The individual sections can share the equipment. The division was based on the reality, whether restricted operation of the system is possible in case of closing one section or one traffic direction within that section.

The following terminology was chosen for the assessment of the inter-junction sections of the western part of the CCR (hereinafter referred to as "CCR section"): (The numbering and sequencing is considered in the south – north direction) 1 Zlíchov; 2 Mrázovka; 3 Strahov; 4 Střešovice; 5 Dejvice; 6 Stromovka Park

PROCEDURE AND METHOD OF ELABORATION OF THE STUDY

It is advisable to assess safety in tunnels on the basis of causes of incidents and their consequences. In the given case, we assessed safety of the CCR in the western part of Prague on the basis of risk levels in individual CCR sections. A decision was made that causal networks be used for the assessment of the risk levels of individual sections. A representation of a causal network is in Fig. 2 "Bayes causal network scheme" shows the most important elements of the safety in a tunnel: it contains seven basic significant factors, seven random nodes, and seven utility nodes. It is a Bayes causal network designed for this study on risks at the CCR. Basic elements of the network are the 6 CCR sections. Individual sections are characterised within the network by the length, traffic intensity, and seven significant factors influencing their safety. This decision started from a requirement that the assessment criteria in the framework of individual sections be identical. Reputable specialists in the given fields were asked to assess the significant factors:

- Traffic and structural solution, traffic information system – Ing. Jiří Landa, Ing. Petr Hofhansl, City Plan s.r.o.
- Technical equipment, traffic solution – Doc. Ing. Pavel Přibyl, CSc, Ing. Petr Mach, ELTODO EG a.s.
- Escape and access ways, Fire safety – Ing. Václav Kratochvíl, Ing. Šárka Navarová, KRASO – fire-technical service
- Ventilation system – Ing. Jiří Zápalka, SATRA spol. s r.o.
- Protection system – Ing. Jan Václavík, SATRA spol. s r.o.
- Risk analysis – Prof. Ing. Milan Holický, Klokner's Laboratory, Czech Technical University

A detailed description of the risk assessment methodology was described in the article "Risk assessment in tunnels at Prague city ring road", published in the issue 3/2003 of the Tunel magazine.

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Výsledky rizikové analýzy prokázaly, že v žádném úseku tunelových staveb západní části MO nejsou překročena přijatelná sociální rizika. Otázkou je, zda je možno pokládat tyto výsledky za správné? Pro posouzení jejich správnosti bylo provedeno porovnání počtu událostí v jednotlivých tunelových úsecích MO stanovených na základě rizikové analýzy podle studie a analýzy založené na základě vstupních hodnot, vyplývajících z podrobného rozboru statistických údajů z různých zdrojů tuzemských i zahraničních. V jednotlivých tunelových úsecích MO byla stanovena četnost ročního výskytu událostí ve vazbě na průměrné roční výkony, a to: porucha, nehoda s věcnou škodou, nehody se zraněním, nehody se zraněním vážné, smrtelná zranění, požáry vozidel, rozsáhlé požáry. Kromě počtu událostí za rok je v tabulkách uveden i počet dní, který uplyne mezi dvěma stejnými událostmi. Viz tab. 1 Průměrná četnost pravděpodobnosti "událostí" v jednotlivých tunelových úsecích podle statistických údajů a tab. 2 Pravděpodobná roční četnost výskytu událostí v jednotlivých úsecích podle rizikové analýzy.

RESULTS AND EVALUATION

The results of the risk analysis proved that acceptable social risk levels are not crossed in any section of tunnel structures on the western part of the CCR. The question is whether those results can be considered correct. To assess the correctness, a comparison was elaborated regarding the number of incidents within the particular tunnel sections of the CCR, determined on the basis of the risk analysis according to a study and analysis based on starting data obtained from a detailed analysis of statistical data from domestic and foreign sources. Annual frequency of occurrence of incidents (defect, accident with a material damage, accidents with injury, serious accidents with injury, fatalities, vehicle fires, conflagrations) was determined for individual tunnelled sections of the CCR, and put into relation with average annual performance. Apart from the number of incidents per annum, the tables also contain the number of days passing between two identical incidents, see. Table 1 "Average frequency of probability of an "incident" in individual tunnel sections according to statistical data" and Table 2 "Probable annual frequency of occurrence of incidents in individual sections, according to the risk analysis".

Oba směry <i>Bi-directional</i>	Výkon/rok <i>Perform/Year</i>	Porucha <i>Defect</i>	Nehoda s věcnou škodou <i>Accident with material damage</i>	Nehoda se zraněním <i>Accident with injury</i>	Nehoda s vážným zraněním <i>Accident with serious injury</i>	Smrtelné <i>Fatality</i>	Požár vozidla <i>Vehicle fire</i>	Rozsáhlý požár <i>Conflagration</i>
Podjezd Zlíchov <i>Zlíchov underpass</i>	6	132	12	2,64	0,6	0,132	0,936	0,12
		3	30	138	202,77	2765,15	390	3042
Tunel Mrázovka <i>Mrázovka tunnel</i>	32	704	64	14	3,2	0,704	5	0,64
		0,5	5,7	26	38,02	518,47	73	570
SAT <i>Strahov tunnel</i>	80	1760	160	35	8	1,76	12	1,6
		0,2	2,28	104	15,21	207,39	29	228
Tunel Střešovice <i>Střešovice tunnel</i>	37	814	74	16,28	3,7	0,814	5,77	0,74
		0,45	4,93	22,42	32,88	448,40	63,26	493,24
Tunel Dejvice <i>Dejvice tunnel</i>	27	594	54	11,88	2,7	0,594	4,21	0,54
		0,61	6,76	30,72	45,06	614,48	86,7	675,93
Tunel Stromovka <i>Stromovka tunnel</i>	69	1518	138	30,36	6,9	1,518	10,76	1,38
		0,24	2,64	12,02	17,63	240,45	33,92	264,49
Celkem <i>Total</i>	251	5522,00	502,00	110,16	25,10	5,52	38,68	5,02
		0,07	0,73	3,31	14,54	66,10	9,44	72,71

Tab. 1 Průměrná četnost pravděpodobnosti "událostí" v jednotlivých tunelových úsecích (výkony roku 2027) dle statistických údajů
Table 1 Average frequency of probability of an "incident" in individual tunnel sections (performance of 2027) according to statistical data
Pozn.: v čitateli počet událostí za rok, ve jmenovateli počet dnů do 1 události

Note: numerator = number of incidents per year, denominator = number of days to 1 event

Oba směry <i>Bi-directional</i>	Redukční výkon <i>Reduction factor</i>	Výkon/rok <i>Perform/Year</i>	Porucha <i>Defect</i>	Nehoda s věcnou škodou <i>Accident with material damage</i>	Nehoda se zraněním <i>Accident with injury</i>	Nehoda s vážným zraněním <i>Accident with serious injury</i>	Smrtelné <i>Fatality</i>	Požár vozidla <i>Vehicle fire</i>	Rozsáhlý požár <i>Conflagration</i>
Podjezd Zlíchov <i>Zlíchov underpass</i>	0,81	6	106,92	8,1	1,78	0,4	0,02	0,64	0,08
			3,41	45,06	205,06	751,03	18250,00	570,31	3755,14
Tunel Mrázovka <i>Mrázovka tunnel</i>	0,95	32	668,8	60,75	13,35	3	0,15	4,80	0,60
			0,55	6,01	27,34	120,07	2433,33	76,04	600,33
SAT <i>Strahov tunnel</i>	0,76	80	1337,6	149,85	32,93	7,4	0,37	11,84	1,48
			0,27	2,44	11,08	60,03	986,49	30,83	300,16
Tunel Střešovice <i>Střešovice tunnel</i>	0,83	37	675,62	28,35	6,23	1,4	0,07	2,24	0,28
			0,54	12,87	58,59	118,85	5214,29	162,95	594,27
Tunel Dejvice <i>Dejvice tunnel</i>	0,68	27	403,92	12,15	2,67	0,6	0,03	0,96	0,12
			0,9	30,04	136,70	198,8	12166,67	380,21	994,01
Tunel Stromovka <i>Stromovka tunnel</i>	0,57	69	865,26	40,5	8,90	2	0,10	3,20	0,40
			0,42	9,01	41,01	92,8	3650,00	114,06	464,02
Celkem <i>Total</i>		251	4058,12	299,7	65,86	14,8	0,74	23,68	2,96
			0,09	1,22	5,54	24,66	493,24	15,41	123,31

Tab. 2 Pravděpodobná roční četnost výskytu událostí v jednotlivých úsecích dle rizikové analýzy
Table 2 Probable annual frequency of occurrence of incidents in individual sections, according to the risk analysis
Pozn.: v čitateli počet událostí za rok, ve jmenovateli počet dnů mezi jednotlivými událostmi

Note: numerator = number of incidents per year, denominator = number of days between individual events

Výsledky obou hodnocení byly následně porovnány s údaji o nehodovosti v hl. m. Praze uvedené v Ročence dopravy Praha 2001 vydané Ústavem dopravního inženýrství hl. m. Prahy. Porovnávány hodnoty, celkový počet nehod se zraněním, počet nehod se zraněním lehkým, těžkým a smrtelným a počet požárů byly vztaženy k předpokládanému dopravnímu výkonu západní části MO v roce 2027, tj. 251 mil. vozokm/rok. Z uvedené tab. 2 vyplývá pravděpodobná četnost výskytu jednotlivých druhů událostí a nehod v celé západní části MO v úseku Barrandovský most – Pelc-Tyrolka.

Porucha vozidla	cca	2 hod 15 min.
Nehoda s věcnou škodou	cca	1 den 5 hod
Nehoda se zraněním	cca	5 dní
Požár	cca	2 týdny
Nehoda s vážným zraněním	cca	3 týdny
Velký požár	cca	4 měsíce
Smrtelný úraz	cca	1 rok 4 měsíce

V grafu na obr. 3 jsou znázorněny četnosti jednotlivých druhů událostí, zpracované pro stejný dopravní výkon 251 mil. vozokm, který je očekáván v této části MO v roce 2027:

- dle výsledků rizikové analýzy,
- na základě statistických údajů viz kap. 3,
- dle statistických údajů nehodovosti v Praze vydané v Praze vydané UDI, Praha v roce 2001.

Výše uvedený graf ukazuje, že největší počet nehod je na komunikační síti hl. m. Prahy. Potvrzuje to statisticky ověřenou skutečnost, že tunelové stavby jsou bezpečnější než otevřené komunikace. Je to snadno pochopitelné, vezmeme-li v úvahu, že rychlost v tunelech je většinou omezená, nevyskytují se zde chodci, nebezpečné klimatické podmínky jako jsou sníh, náledí, silný déšť, mlha, vítr nebo oslňující sluneční svit a konečně i řidiči se většinou chovají opatrněji.

Podle rizikové analýzy je ve všech případech předpokládaný počet nehod v celé západní části MO nejnižší. Není tomu tak ve všech jeho úsecích. Ve Strahovském automobilovém tunelu se počty nehod stanovených podle rizikové analýzy a podle statistických údajů liší pouze minimálně. Strahovský tunel byl připravován a realizován v osmdesátých a devadesátých letech minulého století. Vezmeme-li v úvahu, že podle rizikové analýzy se Strahovský tunel jeví jako nejméně bezpečný a v porovnání s tím je hodnocení jeho bezpečnosti nezávislými německými organizacemi ADAC a DMT v roce 2002 jako dobré se středním potenciálem, můžeme konstatovat, že jeho hodnocení odpovídá (středním) průměrným statistickým údajům, (které musely být získány v průběhu několika minulých let). Zpracovatelé dopravněinženýrské části se významně podíleli na zajištění testování Strahovského tunelu ve spolupráci s firmou DMT a ADAC. V roce 2002 bylo testováno 30 tunelů ve 12 evropských zemích. Byl hodnocen rizikový potenciál stupnicí: velmi vysoký, vysoký, střední, nízký a velmi nízký a celkové hodnocení: velmi dobré, dobré, vyhovující, znepokojivé a nedostatečné.

Při hodnocení bylo identifikováno 19 silných stránek a šest slabých stránek. Výsledné hodnocení SAT: hodnocení - dobré, rizikový potenciál - střední.

Jsou-li tudíž v případě Strahovského automobilového tunelu výsledky obou hodnocení (rizikové analýzy i statistické) přibližně shodné, potvrzuje to správnost a reálnost výsledků rizikové analýzy co do počtu předpokládaných událostí i rozložení podle druhů. Zároveň je možno konstatovat, že i rozdělení četnosti událostí podle jednotlivých úseků by mělo odpovídat předložené rizikové analýze.

Přesto, že výsledky podle rizikové analýzy jsou příznivé, existují řešení, která nepřinášejí zvýšení investičních nákladů a zvyšují bezpečnost provozu. Příkladem mohou být:

- úprava jihovýchodního a jihozápadního portálu tunelů Mrázovka v napojení na ulici Radlickou, kde změnou terénních a sadových úprav vznikla nástupní plocha pro jednotky IZS,



Obr. 1 – Úseky městského okruhu v severozápadní části Prahy
Fig. 1 – CCR sections in the north-western part of Prague

LEGENDA / LEGEND:

- | | | |
|--------------|----------------|---------------------|
| 1 - Zličov | 3 - Strahov | 5 - Dejvice |
| 2 - Mrázovka | 4 - Střešovice | 6 - Královská obora |

The results of the two assessments were compared subsequently with the data on the accident rate in the Prague capital, published in Traffic Yearbook Prague 2001, issued by Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy (Institute of Traffic Engineering in Prague). The compared values, i.e. the total number of accidents with injury, number of accidents with slight, serious and lethal injury, and number of fire events, were put into relation with the anticipated traffic performance in the western part of the CCR in 2027, i.e. 251 mil. vehicle-kilometres per year.

The behind stated probable frequencies of occurrence of the particular kinds of events and accidents within the entire western part of the CCR in the section Barandovský Bridge - Pelc Tyrolka follow from the Table 2:

Vehicle defect	approx.	2 hours 15 minutes
Accident with material damage	approx.	1 day 5 hours
Accident with injury	approx.	5 days
Fire	approx.	2 weeks
Accident with serious injury	approx.	3 weeks
Conflagration	approx.	4 months
Fatality	approx.	1 year 4 months

The chart in Fig. 3 shows frequencies of the particular types of events, elaborated for the same traffic performance of 251 million vehicle-kilometres per year as that anticipated for this CCR part in 2027:

- according to the risk analysis results
- on the basis of statistical data (see sect. 3),
- according to statistical data on the accident rate in Prague, published by the Institute of Traffic Engineering, Prague, in 2001.

The above chart shows that the highest number of accidents occurs within the road network of the Prague capital. This confirms a statistically verified fact that tunnel structures are safer than open roads. This is easy to understand if we take into consideration that speed in tunnels is mostly limited, pedestrians are not present in the tunnel, dangerous climatic conditions as snow, ice, heavy rain, fog, wind or dazzling sunshine do not occur there, and even drivers mostly behave more carefully.

According to the risk analysis, the anticipated number of accidents within the entire western part of the CCR is the lowest in all the instances. For the Strahov vehicular tunnel, the numbers of accidents determined according to the risk analysis differs only minimally from those determined according to the statistical data. The Strahov tunnel was planned and constructed in the eighties and nineties. If we take into consideration the fact that, according to the risk analysis, the Strahov tunnel appears to be the least safe, and, for comparison, the safety assessments conducted by independent German organisations ADAC and DMT in 2002 conclude that it is good, with a medium potential, we can state that the assessment corresponds to average statistical data (which had to be collected in the course of several previous years).

The specialists who elaborated the traffic engineering portion participated significantly in the process of the Strahov tunnel testing, in collaboration with the DMT and ADAC companies. In 2002, 30 tunnels in 12 European countries were tested. The risk potential was evaluated using the following scale: very high, high, medium, low, and very low, and the overall evaluation: very good, good, satisfactory, cause for concern, and unsatisfactory.

The assessment resulted into identification of 19 strong points and 6 weak points. Final assessment of the Strahov tunnel: evaluation - good, risk potential - medium.

Therefore, the fact that, in the case of the Strahov tunnel, the results of the two assessments (risk analysis, statistical analysis) are approximately the same proves correctness and reality of the results of the risk analysis regarding both the number of anticipated incidents and distribution according to the types. In the same time, we can state that also the distribution of frequency of incidents according to individual sections should correspond to the risk analysis submitted.

Despite the fact that the results of the risk analysis are favourable, a series of solutions exists, which do not result in increased investment costs, and improve the operational safety. As examples, we can present:

- modification of the South-eastern and South-western portals of the Mrázovka tunnels at the connection to Radlická Street, where a platform for the rescue units of the Integrated Emergency System
- proposal on the conception of the colour scheme and material design and unified information system for all tunnelled sections in terms of user comfort and of the superior management system, elaborated in the framework of the detailed design "Colour Scheme and Information System" for the Mrázovka tunnel by Akad. Arch. Ing. Stanislav Píček from SATRA Píček Architects s.r.o.
- application of computer modelling to the design of the CCR connection to the U Vorlíků intersection by a micro-simulation method developed by City Plan s.r.o.
- solution of escape ways in mined tunnels.

CONCEPTION OF THE COLOUR SCHEME AND MATERIAL DESIGN

Individual tunnel inter-junction sections of the CCR will be distinguished in colours. The objective of the varying colour scheme of individual inter-junction sections is to help drivers in orientation within the system of the CCR tunnels, no matter whether under the conditions of standard traffic intensity, or in a specific crisis situation.

We expect that a specific colour shade of a tunnel section will become one of the elements that will help the driver in case of necessity to identify the position.

The proposal on the specific colour scheme for individual inter-junction sections is based on the need for:

1. distinct colour coding of individual inter-junction sections;
2. matching the colour tones of adjacent sections;
3. reflecting the character of the locality on the surface above the particular section in the colour shade of the section

In addition to the application of the selected characteristic colour shade, the colour scheme of each inter-junction section also covers some marked colours of elements of the information system. The colours, dimensions and shapes of those elements are, however, designed as uniform along the entire length of the tunnelled part of the CCR.

Principles of the material design, surface treatment

Internal surface treatment of individual tunnelled sections of the CCR is designed as a combination of ceramic cladding up to a level of 3500 mm, and the vault coating.

- návrh koncepce barevného a materiálového řešení a jednotného informačního systému všech tunelových úseků z hlediska uživatelského i z hlediska nadřazeného řídicího systému v rámci realizační dokumentace Barevné řešení a informační systém tunelů Mrázovka zpracovaný akad. arch. Ing. Stanislavem Pickelem ze společnosti SATRA Pickek Architects, s. r. o.,
- využití počítačového modelování při návrhu napojení MO na křižovatku U Vorlíků metodou mikrosimulace zpracované společností City Plan, s. r. o.,
- řešení únikových cest v hloubených tunelech.

KONCEPCE BAREVNÉHO A MATERIÁLOVÉHO ŘEŠENÍ

Jednotlivé tunelové mezikřižovatkové úseky MO budou od sebe barevně odlišeny. Cílem odlišného barevného řešení jednotlivých mezikřižovatkových úseků je napomoci orientaci řidiče v systému tunelů MO, ať již půjde o běžný provoz, či konkrétní krizovou situaci. Předpokládáme, že konkrétní barevný odstín úseku tunelu bude jedním z prvků, který napomůže řidiči v případě potřeby identifikovat svou polohu.

Návrh konkrétního barevného řešení pro jednotlivé úseky vychází z potřeby:

1. zřetelného barevného odlišení jednotlivých mezikřižovatkových úseků,
2. barevného sladění navazujících úseků,
3. odrazu charakteru lokality na povrchu nad příslušným úsekem ve zvoleném barevném odstínu úseku.

Barevné řešení každého mezikřižovatkového úseku obsahuje kromě pojednání ve zvoleném charakteristickém odstínu také některé barevně výrazné prvky informačního systému. Tyto prvky jsou však navrženy jako barevné, rozměrově i tvarově stále po celé délce tunelové části MO.

Zásady materiálového řešení, úpravy povrchů

Vnitřní povrchová úprava jednotlivých tunelových úseků MO je navržena jako kombinace keramického obkladu do výšky 3500 mm, a nátěru stropu klenby. Ve výšce očí řidiče probíhá podélný barevný pás (šířky 500 mm), v charakteristickém barevném odstínu každého tunelového úseku. Zbylé plochy obkladu jsou vyskládané v pruzích ve třech barevných odstínech barvy doplňkové k barvě vodičího barevného pruhu.

Na horní hranu keramického obkladu bude osazeno oboustranné průběžné osvětlení. (Vyjma tunelového úseku Mrázovka, kde budou osazeny sodíkové výbojky do stropu klenby.)

Nad horní hranou obkladu bude povrch tunelu natřen nátěrem v barvě šedé, odstín pohledového betonu.

Zásady barevného řešení prvků informačního systému

Prvky IS budou barevné, rozměrově i tvarově stále po celé délce tunelové části MO. V místech tunelové propojky, event. SOS výklenku bude keramický obklad přerušen na dilatačních spárách dilatačního celku s propojkou, event. SOS výklenkem.

A coloured strip 500 mm wide runs at the level of driver's eyes. The colour shade is the shade characteristic of the given tunnel section. Remaining surfaces of the cladding are arranged to create three strips varying in shades of a colour complementary to that of the coloured guide strip. Linear lighting will be installed on either side of the tunnels, on the top edge of the ceramic cladding (excepting the Mrázovka tunnel section, where sodium discharge lamps will be fixed to the vault crown).

Above the upper edge of the cladding, the tunnel surface will be coated by grey paint, a shade of fair-face concrete.

Principles of colour style of elements of the information system

The colour, dimensions and shape of the IS elements will be uniform along the entire length of the tunnelled part of the CCR.

The ceramic cladding will always be interrupted at dilatation joints between a given dilatation block and a cross passage or a SOS niche. The surface of the whole dilatation block (including the ceiling or vault) will be coated by signal green paint; the cross passage will be marked with letters and numbers (1000 mm high) in a luminescent paint above the SOS niche.

The signs of the information system that will not be equipped with their own lighting source (e.g. the marking of SOS niches and cross passages) will be carried out as pictograms, directly on the wall tiles (a white pictogram on a green background), and will be illuminated by and external lighting source. Escape pictograms will be fixed to the tunnel wall at the cross passage location, pictograms for SOS boxes will be on the tunnel wall at the SOS niches. Pictograms for the tunnel chainage will be placed on either wall. The pictograms will be placed at eye level (standing). The edge of the pavement (the curb) will be provided with a luminescent paint on either side of the tunnel.

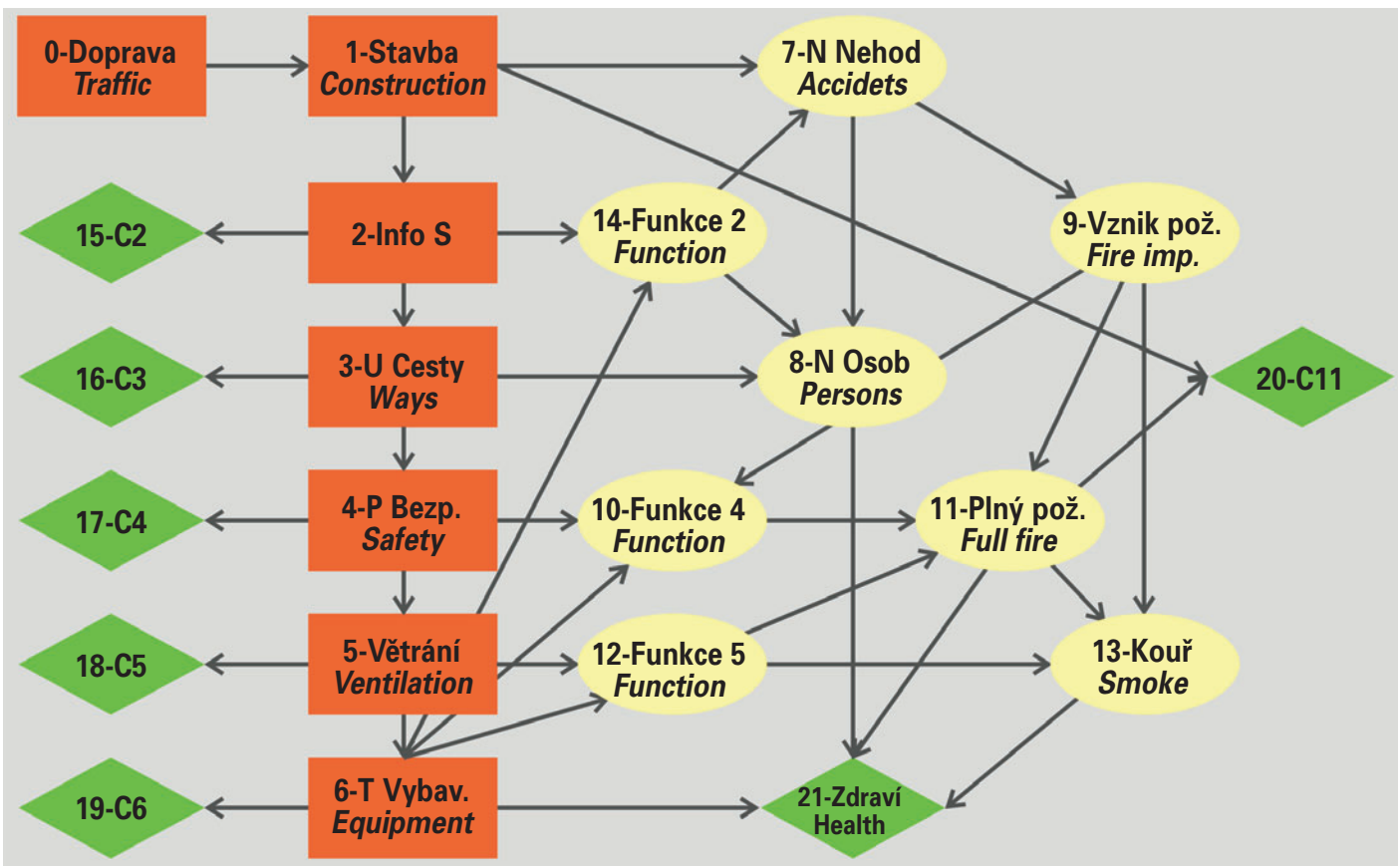
Design of the colour style at individual inter-junction tunnel sections

After negotiations with the operator of road tunnels in Prague, and respecting the superior management system, the proposed system of marking the inter-junction sections was modified, and the legend of the letter symbols for those sections proposed, together with assigning the colour codes. The letter symbols are based on the names of the individual sections.

The following legend is proposed, viewed in the direction from Zlíchov:

section name	letter symbol	colour coding
Zlíchov	Z	white
Mrázovka	M	red
Strahov	S	green
Brusnice	B	yellow-orange
Dejvice	D	violet
Královská Obora	K	blue

The effect of the colour style was checked by a computer animation, using various variants. The comparison of the results of the proposal according to the computer animation and actual colour style of the Mrázovka tunnel is shown in Fig.4 and Fig.5.



Obr. 2 Schéma Bayesovské příčinné sítě

Fig. 2 Bayes causal network scheme

Povrchová úprava celého tohoto dilatačního celku (včetně stropu, ev. stropu klenby) bude provedena nátěrem v barvě signální zelené, nad SOS výklenkem bude v luminiscenčním nátěru provedeno písmenné a číselné označení propojky tunelu (výška písma 1000 mm).

Tabulky informačního systému, které nebudou vybaveny vlastním zdrojem světla (jako např. označení SOS výklenků a propojek), budou provedeny jako piktoqram přímo na obkladačkách (bílý piktoqram na zeleném pozadí) a budou nasvětleny externím světelným zdrojem.

Piktogramy úniku osob budou osazeny na stěnu tunelu s propojkou, na stěně tunelu s SOS výklenkem budou umístěny piktogramy SOS skříňe. Piktogramy staničení tunelu budou umístěny na obou stěnách. Piktogramy budou umístěny do výšky očí stojícího člověka.

Hrana chodníku (obrubník) po obou stranách vozovky bude opatřena luminiscenčním nátěrem.

Návrh barevného řešení jednotlivých tunelových mezikřížovatkových úseků

Po dohodě s provozovatelem automobilových tunelů v Praze a ve vazbě na nadřazený řídicí systém byl upraven navržený systém značení mezikřížovatkových úseků a byla navržena legenda písmenných symbolů pro tyto úseky a k nim přiřazena barevná charakteristika. Písemné symboly vycházejí z názvů jednotlivých úseků.

Ve směru od Zlíchova je navržena následující legenda:

Název úseku	Písemný symbol	Barevná charakteristika
Zlíchov	Z	bílá
Mrázovka	M	červená
Strahov	S	zelená
Brunice	B	žlutooranžová
Dejvice	D	fialová
Královská obora	K	modrá

Působení barevného řešení bylo prověřováno počítačovou animací v různých variantách. Porovnání výsledků návrhu podle počítačové animace a skutečně realizovaného barevného řešení v tunelu Mrázovka je uvedeno na obr. 4 a 5.

Návrh značení únikových cest a SOS výklenků

Z hlediska orientace uživatelů tunelu, členů jednotek integrovaného záchranného systému a dispečerů v případě mimořádné události bylo navrženo značení únikových cest a SOS výklenků tak, aby mohlo být jednoznačně identifikováno místo mimořádné události co se týká tunelového úseku, vnitřního nebo vnějšího tunelu i přesná lokalizace místa pouze na základě systémového označení. Na příklad: **M-5A**. **M** značí úsek okruhu (Mrázovka), **5** je číslo propojky, u které je nika situována, **A** značí západní tunelový tubus, **B** východní. Nápis ve výšce 1 m je proveden fotoluminiscenční barvou na signálním zeleném podkladu. Viz obr. 4.

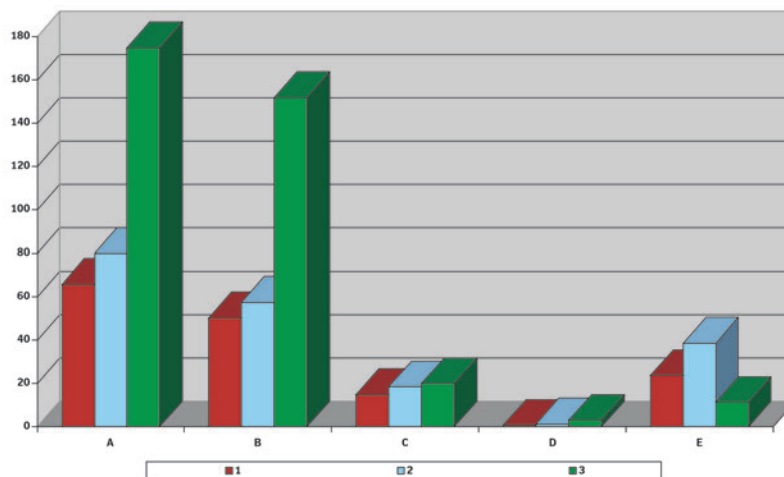
MIKROSIMULACE KŘÍŽOVATKY U VORLÍKŮ

Rozsah zpracování

Pro simulaci byl vybrán dopravní uzel "křižovatka U Vorlíků". Simulovaný úsek zahrnuje na MO délku asi 2000 m, ulici Milady Horákové od křižovatky s ul. Bادهنيho ke křižovatce s ul. Korunovačnická/Nad štolou v délce 950 m, nájezdové a výjezdové rampy křižovatky U Vorlíků a část nájezdové a výjezdové rampy křižovatky Prašný most, viz obr. 6. Mikrosimulace křižovatky U Vorlíků.

Do simulace jsou zahrnuty tyto parametry:

- sklonové a směrové parametry trasy
- šířky a počty jízdních pruhů
- prvky pravidel silničního provozu



Obr. 3 Porovnání nehodovosti – počet nehod za rok

Fig. 3 Comparison of accident rates – number of accidents per year

LEGENDA / LEGEND:

1 - Výsledky rizikové analýzy

Risk analysis results

2 - Statistické údaje

Statistical data

3 - Statistické údaje nehodovosti v Praze (ÚDI, 2001)

Statistical data on accident rates in Prague

A - Počet nehod se zraněním

Accidents with injury

B - z toho se zraněním lehkým

out of that with minor injury

C - z toho se zraněním těžkým

out of that with serious injury

D - z toho se zraněním smrtelným

out of that with fatality

E - Požár

Fire

Design of escape ways and SOS niches marking

In terms of orientation of tunnel users, members of Integrated Emergency System units, and operators in case of an emergency event, the marking of escape ways and SOS niches was designed so that the location of the emergency event could be identified unambiguously as regards the tunnel section, internal or external tunnel, and exact location of the place on the basis of system marking only. For instance: **M-5A**.

M - for the CCR section (Mrázovka), **5** is the number of the cross-passage at which the niche is situated, **A** for the western tunnel tube, **B** for the eastern one. The letters are 1 m above the pavement. Photoluminescent paint on signal green background is used. See Fig. 4.

MICROSIMULATION OF THE U VORLÍKŮ INTERSECTION

Scope of the work

The traffic node "U Vorlíků intersection" was selected for the simulation. The simulated section comprises a part of the CCR about 2000 m long; Milady Horákové Street from the intersection with Bادهنيho Street to the intersection with Korunovačnická/Nad štolou Street at a length of 950 m, access and exit ramps of the U Vorlíků intersection, and a part of the access and exit ramp of the Prašný Most intersection (see Fig. 6 "Microsimulation of the U Vorlíků intersection").

The following parameters were used for the simulation:

- gradient and directional parameters of the alignment
- widths and numbers of lanes
- elements of the traffic regulations
- speed limit of the section
- right of way of vehicles
- right of way of pedestrians
- definition of stop-lines at traffic light signals
- possibility of traversing from lane to lane for vehicles
- reduced speed on turning off (return ramp, turning at an at-grade intersection)
- composition of traffic flow - vehicle types

The microsimulation was carried out using the PTV-Vissim software. The net duration time of the simulation was set to 3600 seconds, i.e. 1 hour. The total duration of the simulation was set to 4200 seconds, with the initial 600 s were not assessed statistically so that the initial state of zero saturation be overcome. The statistical outputs were recorded either for each vehicle or at one-minute intervals.

Based on the results of the microsimulation, the two right-side lanes turning from Milady Horákové Avenue to the access ramps of the tunnel were modified, and the traffic light signals were designed so that they safely satisfied the intensities of exits from the tunnel at the cost of the at-grade route and tunnel entries (long "green light" intervals). On one hand, this measure worsened the situation at the tunnel entrance, but, on the other hand, traffic jams will not occur on the exit ramps from the tunnel even under the highest simulated loading.

ESCAPE WAYS IN CUT-AND-COVER TUNNELS

One of requirements of the Fire Rescue Service, which was solved by the study, was the escape of persons from the cut-and-cover tunnels. The tunnel tubes are separated by a central wall, allowing installation of fire-check doors only, without protected lobbies. This solution does not prevent smoke leakage to the neighbouring tube in case of their utilisation. Construction of escape ways directly to the surface within the dense urban development causes series troubles both in terms of their positioning and ownership relations. The design of the escape way was based on utilisation of a service corridor placed under the roadway, which is systematically designed in the CCR tunnels (first time designed for the Mrázovka tunnel). The service corridor, and the fire

- maximální povolená rychlost úseku
- přednosti v jízdě
- přednost chodců na přechodech pro chodce
- definování stopčar u SSZ
- možnost manévrování vozidel z pruhu do pruhu
- snížení rychlosti při odbočení (vratná rampa, odbočení na úrovňové křižovatce)
- skladba dopravního proudu - typy vozidel

Mikrosimulace byla provedena v programu PTV-Vissim. Čistá délka modelové simulace byla nastavena na 3600 sekund, tedy 1 hodinu. Celkový čas simulace byl nastaven na 4200 sekund s tím, že prvních 600 s nebylo statisticky vyhodnocováno z důvodu překonání počátečního stavu nulového nasycení. Statistické výstupy jsou zaznamenávány buď pro každé vozidlo, nebo po minutových intervalech.

Na základě výsledků mikrosimulace byla provedena úprava obou pravých odbočovacích pruhů z ulice Milady Horákové do přípojovacích ramp tunelu a proveden návrh signálního plánu SSZ tak, aby bezpečně vyhověl intenzitám výjezdů z tunelů na úkor povrchové trasy a vjezdů do tunelu (dlouhé doby zeleně), což sice zhoršilo situaci na vjezdu do tunelu, ale na výjezdových rampách z tunelu tím pádem nebude docházet ke vzduť vozidel od řízené křižovatky do tunelu ani při nejvyšším simulovaném zatížení.

ÚNIKOVÉ CESTY V HLOUBENÝCH TUNELECH

Jedním z požadavků HZS, který byl v rámci studie řešen, bylo řešení úniku osob z hloubených tunelů. Trouby hloubených tunelů odděluje pouze střední zeď, ve které je možno osadit pouze protipožární dveře bez požární předsíně, což při jejich použití v případě požáru nezamezí úniku kouře do sousední tunelové trouby. Realizovat únikové cesty přímo na povrch v husté městské zástavbě přináší velké problémy z hlediska jejich umístění i z hlediska vlastnických vztahů. Návrh únikové cesty vycházel z využití technické chodby umístěné pod komunikací, která je systémově navrhována v tunelech MO a byla poprvé navržena v tunelu Mrázovka. Technická chodba a posléze navržené odvodní kanály požárního větrání v razených tunelech vhodně využívají prostor pod vozovkou v oblasti spodní protiklenby. Návrh technické chodby považujeme za důležité vybavení městských tunelů, a to z řady důvodů:

- bezpečně oddělený prostor pro vedení rozvodů v tunelech,
- možnost jejich oprav bez omezení a zásahů do dopravního provozu,
- v neposlední řadě i možnost vedení sítí jiných správců.

Systémově zavedení technické chodby i do hloubených tunelů umožnilo její využití jako únikové cesty v dlouhých hloubených tunelech (Blanka - hloubené tunely Letná a Trója), kde není možné zřídít tunelovou propojku. V místech SOS výklenků byla doplněna požárně oddělená schodiště do úrovně technické chodby. Při mimořádné události je možný únik osob schodištěm do chráněného pro-



Obr. 4 Západní tunel u propojky číslo 5 – počítačový model
Fig. 4 WTT at cross passage No. 5 – computer model

storu ve spodní úrovni tunelu a následně lze organizovaně odvádět osoby mimo ohrožený úsek.

ZÁVĚR

Z výše uvedených příkladů řešení, které již byly uplatněny při přípravě a realizaci tunelových úseků MO, vyplývá, že zpracování komplexní analýzy bezpečnosti provozu v celém dvanáctikilometrovém úseku MO se šesti tunelovými úseky v celkové délce 8,5 km bylo účelné a poskytlo odpověď na řadu doposud nezodpovězených otázek. Studie byla zaměřena pouze na posouzení bezpečnosti z hlediska konstrukcí a vybavení tunelových staveb. Dalším faktorem, který může přispět ke zvýšení bezpečnosti staveb, jsou uživatelé komunikací. Ty je možno ovlivnit, a zvýšit tak bezpečnost provozu. Míni se tím zlepšení znalostí a dovedností uživatelů pro jízdu v tunelu, jejich chování v případě nepředvídaných událostí, poruchy, nehody, havárie nebo požáru a zvýšení jejich informovanosti o technickém vybavení tunelu, které jim má sloužit v případě potřeby. Z tohoto hlediska je velmi důležité, aby systémy sloužící uživatelům byly ve všech úsecích tunelových staveb MO v Praze stejné nebo alespoň velmi podobné. V závěru bylo zpracovátelem doporučeno vydat informační leták se základními pokyny pro chování uživatelů tunelu. V současné době je ve spolupráci s BESIP připravováno vydání letáku tak, aby byl k dispozici široké veřejnosti ještě před zprovozněním MO v úseku Barrandovský most - Malovanka.

Použitá literatura / References:

Satra, s. r. o. (2002): Studie bezpečnosti provozu tunelových staveb západní části městského automobilového okruhu v úseku Barrandovský most – Pelc-Tyrolka

ventilation ducts designed subsequently in mined tunnels, utilise properly the space under the roadway in the invert area.

We consider the design of the service corridor to be a significant equipment of urban tunnels, for many reasons:

- safely separated space for routing the tunnel services,
- possibility to repair them without restrictions and actions influencing the traffic,
- last but not least, also the possibility to provide routes for utilities operated by other administrators.

The systematic application of the service corridor even to cut-and-cover tunnels allowed utilisation of the corridor as an escape way in long cut-and-cover tunnels (the Blanka tunnel - the Letná and Trója cut-and-cover tunnels), where a tunnel cross-passage cannot be constructed. Fire separated staircases leading to the service corridor level were added at the locations of the SOS niches. Escape of persons is possible, in case of emergency, via the staircase to the protected space at the lower level of the tunnel, and subsequently the persons can be carried in an organised manner beyond the threatened section.

CONCLUSION

It follows from the above examples of solutions, which have already been applied in planning and implementation of the CCR tunnel sections, that the elaboration of the complex analysis on operational safety within the entire 12km-long section of the CCR containing 6 tunnelled sections at an overall length of 8.5 km was reasonable, and gave answers to a number of the till now unanswered questions. The study was focused on assessment of safety aspects concerning the structures and tunnel equipment. Another factor affecting the safety in tunnels and capable of contributing to improvement of the safety, and which can be influenced in some way, is the road user. This is to say, the knowledge and skills of the users in driving in tunnels can be improved, as well as their behaviour in case of unexpected situations (a defect, incident, accident or fire). More information can be provided for the tunnel users on the tunnel equipment, which is designed to serve them in case of need. From this point of view, it is very important for the systems serving the users that they are identical, or at least very similar, within all sections of the tunnel structures along the CCR in Prague. In the conclusion, the authors of the study recommend that an information brochure containing basic guidelines on the behaviour of tunnel users be published. Currently, the publication of the brochure is being prepared, in collaboration with BESIP, to be available to the wider public before opening the CCR section in the section Barrandovský Bridge - Malovanka to traffic.



Obr. 5 Západní tunel u propojky číslo 5 – skutečnost
Fig. 5 WTT at cross passage No. 5 – reality



Obr. 6 Mikrosimulace křižovatky U Vorlíků
Fig. 6 Microsimulation of the U Vorlíků intersection

ÚLOHA NUMERICKÉHO MODELOVÁNÍ PŘI PROJEKTOVÁNÍ TUNELŮ

THE ROLE OF NUMERICAL MODELLING IN TUNNEL DESIGN

DAVID POWELL BSc. MEng. PhD. CEng. MICE, ALUN THOMAS BA PhD. CEng. MICE,
ING. MATOUS HILAR MSc. PhD., MOTT MACDONALD Ltd., Croydon, United Kingdom

ÚVOD

Současný prudký nárůst výkonu počítačů a uživatelsky stále přátelštější software vedly k prudkému růstu využití numerických analýz při projektování. Dříve většina tunelářských praktiků věděla, že jejich projektové výpočty jsou hrubou aproximací skutečnosti, takže s výpočty zacházeli s jistou opatrností. Když se prvně začaly používat počítačové metody, byly považovány za pomocný prostředek v širším procesu projektování a doufalo se, spíše než očekávalo, že výpočty trochu osvětlí pravděpodobné mechanismy chování. Nyní se občas zdá, že se inženýři stali na těchto počítačových výpočtech příliš závislí. Člověk se nechá snadno zaslepit zdánlivou "přesností" výpočtů, a přestane vidět to, že na konstrukci tunelu působí mnoho vlivů. Předpoklady použité při sestavování numerického modelu, mohou mít velký vliv na výsledky. Zde se zdá vhodná otázka, zda rostoucí využívání numerického modelování skutečně vedlo ke zlepšeným návrhům podzemních staveb. Jsou nyní tunely levnější, nebo bezpečnější? Jaké jsou skutečné přínosy složitých počítačových výpočtů? Aby tyto otázky prověřili, autoři se pokusí využít rozsáhlých zkušeností firmy Mott MacDonald v oblasti numerického modelování.

KLADY A ZÁPORY

Numerické modelování má jednu hlavní výhodu před empirickými návrhovými metodami nebo jednoduchou formou ručních výpočtů (např. ruční výpočet konvergenčí). Tato výhoda spočívá ve schopnosti jednoznačně simulovat jakoukoliv stránku problému. To se týká například otázek trojrozměrné geometrie, časových účinků (například dotvarování), heterogenosti horniny nebo vlivu sousedních konstrukcí. Široký nárůst používání numerického modelování je odrazem toho, jak se nevýhody zmenšily, i když některé stále přetrvávají (viz tab. 1). Skepticismus inženýrů byl nahrazen nadšením. Jsou výhody numerického modelování přeceňovány? Často se přehlíží jedna důležitá skutečnost.

Tab. 1 Nevýhody numerického modelování

Faktor	Komentář
Cena	Náklady na hardware jsou nyní velmi rozumné, ale na software pro 3D modelování jsou stále relativně vysoké; náklady na pracovní síly závisí na čase potřebném k vytvoření modelu a práci s ním.
Čas	Složitější modely jsou časově náročné na vytváření, strojový čas a interpretaci.
Složitost	Výkonné počítačové programy jsou složité z hlediska provozování a těžko se kontrolují. Složitější výpočty vytvářejí více příležitostí pro vznik chyb.
Vstupní parametry	Všechna data, potřebná při používání složitých materiálových modelů, nemusí být IG průzkumem staveniště získána.
Stabilita analýz	Nelineární materiálové modely mohou vést k nestabilitě výpočtů - ladění je časově náročné.
Aproximace	Některá zjednodušení skutečnosti se stále musí provádět, a ta mohou mít velký vliv na výsledky.

Bez ohledu na to, jak je numerický model náročný, je to stále jen aproximace skutečnosti. Důležité je za prvé pochopit a potom kvantifikovat rozdíly mezi skutečností a modelem. Ve vědeckém vyjadřování se rozdíl mezi skutečností a modelem označuje za "chybu". Tabulka 2 obsahuje běžné zdroje chyb. Je-li možné chybu kvantifikovat, pak je možné výsledky korigovat jejím vzetím v úvahu, a tím je problém odstraněn. Takovým příkladem jsou empirické korekční faktory pro účinky v 3D prostoru.

Tab. 2 Zdroje chyb při numerickém modelování

Aspekt modelu	Příklad
Geometrie	2D analýza 3D problému
Způsob realizace	Jednokroková analýza
Materiálový model & volba parametrů	Předpoklad lineární pružnosti
Teoretický základ řešení	Modelování nespojité horniny jako kontinua
Interpretace	Aplikace koeficientu bezpečnosti
Lidská chyba	Chyby ve vstupních datech

INTRODUCTION

The recent rapid increase in the power of computers and increasingly "user-friendly" software has led to a proliferation in the use of numerical analyses in design.

Historically, most tunnel practitioners knew that their design calculations were crude approximations of the real case and therefore the calculations were treated with some caution. When computer methods of analysis were first used, they were seen as an aid to the wider design process and there was a hope - rather than an expectation - that the calculations would shed some light on the likely mechanisms of behaviour. Now, at times, it seems that engineers have become over-dependent on these computers. It is easy to be blinded by the apparent "precision" of the calculations and to lose sight of the fact that there are many influences on tunnel construction. The approximations made in setting up a numerical model can have a huge influence on the results.

At this point it seems reasonable to ask if the increasing use of numerical modelling has actually improved the design of tunnels. Are tunnels cheaper or safer now? What are the real benefits of complicated computer calculations? Drawing on Mott MacDonald's extensive experience in numerical modelling, the authors will attempt to explore these questions.

BENEFITS AND DISADVANTAGES

Numerical modelling has one main advantage over empirical design methods or simple "closed-form" calculations (e.g. the Convergence Confinement Method). This advantage is the capacity to simulate any aspect of the problem explicitly. This includes aspects such as: the three-dimensional geometry; time effects like creep, consolidation or the timing of placing support; nonlinear material behaviour; heterogeneity in the ground or adjacent structures. The widespread increase in use of numerical modelling reflects how the disadvantages have diminished, although some still remain (see Table 1). Enthusiasm has replaced scepticism but engineers overestimating the advantages of numerical modelling? One important fact is often overlooked.

Table 1 Disadvantages of numerical modelling

Faktor	Comments
Cost	Hardware costs now very reasonable but software costs are still relatively high for 3-D modelling; labour costs depend on the time to build and run the models.
Time	Complex models are time-consuming to build, run & interpret.
Complexity	Powerful computer programs are complex to operate and difficult to check. More complex calculations generate more opportunities to make mistakes.
Input parameters	All the data required to use complex material models may not be available from the site investigation.
Stability of analyses	Nonlinear material models can lead to instability of the calculations - de-bugging of this is time-consuming
Approximations	Some simplifications of the real case must still be made and these may have a large influence on the results.

No matter how sophisticated a numerical model is, it is only an approximation of the real case. It is important to firstly understand and then quantify the differences between the real case and the model. In scientific terms a difference between the real case and the model is an "error". Table 2 contains common sources of error. If an error can be quantified, then the results of the model can be corrected to account for the error and is therefore not a problem. The empirical correction factors for 3D effects are an example of this.

Table 2 Sources of errors in numerical modelling

Aspect of the model	Example
Geometry	2D analyses of a 3D problem
Construction method	"Wished in place" analyses
Constitutive modelling & parameter selection	Assuming linear elasticity for the lining or ground
Theoretical basis of solution	Modelling discontinuous ground as a continuum
Interpretation	Application of factor of safety
Human error	Errors in input data

Na druhou stranu, neznámé chyby mohou zhoršit přesnost výsledků a dokonce způsobit, že výsledky jsou bezcenné. Při nedávném "srovnávacím testu" bylo rozesláno zadání problému vybraným zkušeným zpracovateli numerických modelů, kteří ho analyzovali a poslali zpět své odpovědi. Z obr. 1 je zřejmé, že odpovědi se alarmujícím způsobem lišily.

KLÍČOVÉ FAKTORY ÚSPĚCHU

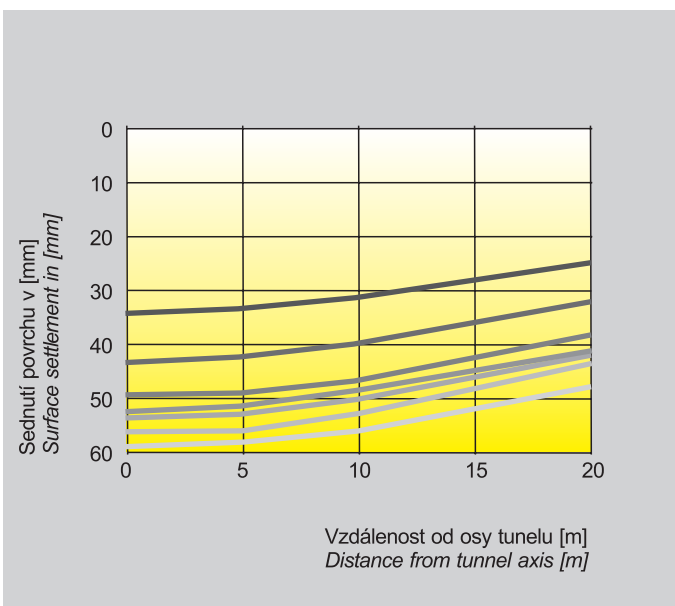
Jak tedy můžeme zvýšit spolehlivost našich numerických modelů? Některé náměty jsou spolu s ilustracemi z posledních projektů Mott MacDonald uvedeny dále. Jsou založeny na zkušenostech s používáním široké škály programů založených na metodě konečných prvků, jako jsou ADINA, PLAXIS, PHASES a LUSAS, či na metodě konečných diferencí - programu FLAC, a dalšího softwaru, jako je UNWEDGE. Základní přístup spočívá ve snaze minimalizovat nebo, je-li to možné, odstranit "chyby".

Vezmeme-li první dva zdroje chyb v tab. 2, k jejich zmenšení může být zapotřebí použití trojrozměrných modelů. Zatímco zavedené metody pro vysvětlení relaxace napětí před čelem raženého tunelu existují, 2D numerické modely mají několik omezení. Zprvu, je obtížné simulovat změny ve stavebním postupu u tunelů s ostěním ze stříkaného betonu (OSB), jakými jsou vzdálenost čela od uzavřeného prstence nebo rychlost ražby. Ví se, že tyto faktory mají velký vliv na zatížení ostění tunelů, ražených v měkkých horninách (např. Thomas 2003). Podobně se v 2D modelech dají obtížně modelovat časové účinky, jako je nárůst tuhosti stříkaného betonu nebo dotvarování. Současné metody, které mají tyto účinky zohledňovat, jako například hypotetický modul pružnosti, jsou v podstatě empirické. Nakonec, některé konstrukce se nedají náležitě aproximovat jako dvourozměrné - například propojení tunelů ve šachtách (viz. obr. 2). Výsledkem použití nereálných 2D modelů je, že pro tunelová křížení se navrhne mohutná výztuž. Přesto ze zkušeností se stavbami víme, že křížení tak silnou výztuž nevyžadují s ohledem na způsob, jakým se napětí v hornině i ostění postupně přerozdělují. Tato schopnost přenášet zatížení a přitom stále řídit deformace je velmi prospěšný proces, na který se lze spolehnout. Je to však v praxi velmi složité, takže je těžké modelovat přesně.

Výsledky jsou, kromě správnosti simulace geometrie tunelového ostění, ovlivňovány i geometrií sítě pro numerické výpočty. Nevhodná volba hranic sítě nebo nedostatečná hustota sítě by mohly vést k závažným chybám. Doporučení k velikosti sítě pro modely, které by minimalizovaly vlivy okrajových podmínek na výsledky, již byly publikovány (např. Thomas 2003).

Co se týče dalšího zdroje chyby - konstitutivního modelování a vstupních parametrů - inženýři stojí před dvěma problémy. Zprvu nemusí být jasné, jak se hornina chová. Totéž může platit o některých prvcích tunelové výstroje. Dobrým příkladem je chování čerstvě nastříkaného betonu. Z druhé strany musí být k dispozici všechny parametry. Inženýři pak často používají velmi jednoduché konstitutivní modely. V nedávném výzkumném projektu firmy Mott MacDonald se ukázalo, že výběr konstitutivního modelu má velký vliv na výsledky numerického modelu (Thomas 2003). Zhruba řečeno, materiálový model horniny má největší vliv na předpovídané chování horniny, např. sedání povrchu. Materiálový model výstroje bude mít pravděpodobně největší vliv na ostění. Z obr. 3 je vidět, jak se předpovídaná napětí v ostění ze stříkaného betonu mohou lišit v závislosti na výběru jeho konstitutivního modelu.

Obecně je možné tento zdroj chyb redukovat tím, že se co nejvíce využijí



Obr. 1 Předpovídané sedání terénu nad tunelem v měkkých horninách na základě 2D analýz - ze srovnávacího příkladu Německé společnosti pro geotechniku (Potts & Zdravkovic 2001)

Fig. 1 Predicted surface settlements above a tunnel in soft ground from 2D analyses - from benchmarking exercise by the German Society for Geotechnics (Potts & Zdravkovic 2001)

On the other hand unknown errors may compromise the accuracy of the results and even render the calculations worthless. In a recent "benchmarking" exercise a design problem was sent to a selection of experienced numerical modellers who analysed it and sent back their answers. Figure 1 shows that there was an alarming variation in the answers.

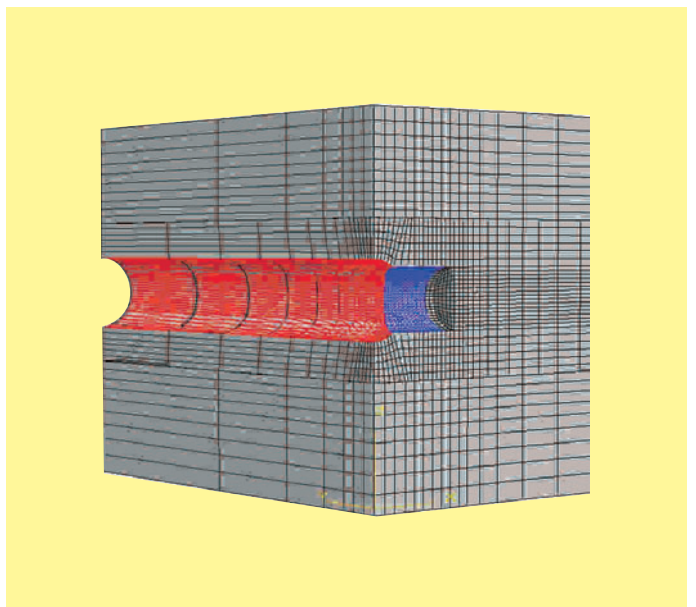
KEY FACTORS FOR SUCCESS

So how can we improve the reliability of our numerical models? Some suggestions are made below with illustrations from recent Mott MacDonald projects. This is based on experience using a wide range of programs, finite element software like ADINA, PLAXIS, PHASES and LUSAS, the finite difference program FLAC, and other software such as UNWEDGE. The basic approach is to minimise or, if possible, remove "errors".

Considering the first two sources of error in Table 2, it may be necessary to use 3D models to reduce these. While there are established methods for accounting for the stress relief ahead of an advancing tunnel, 2D numerical models have several limitations. Firstly, it is difficult to simulate changes in construction sequence for sprayed concrete lined (SCL) tunnels, such as the distance to closure of the ring or advance rate. These factors are known to have a large effect on the loads in the lining in soft ground tunnels (e.g. Thomas 2003). Similarly, time-related effects such as the increase in stiffness of sprayed concrete or creep are hard to model in 2D. Current methods to take these into consideration such as the Hypothetical Modulus of Elasticity are essentially empirical. Finally, some structures cannot be reasonably approximated as 2D structures - for example, tunnel and shaft junctions (see Figure 2). The result of using unrealistic 2D models is that heavy reinforcement is specified for tunnel junctions. Yet we know from experience in construction that junctions do not require such heavy reinforcement because of the way in which the stresses in both the ground and lining are progressively redistributed. This ability to transfer load while still controlling deformations is a highly beneficial process that can be relied on. However it is very complex in practice so it is difficult to model accurately.

Beside proper simulation of the tunnel lining geometry, the geometry of the mesh for numerical calculation also affects the results. Inappropriate choice of mesh boundaries or insufficient mesh density might lead to significant errors. Guidance has been published on the size of meshes for models in order to minimise the effects of boundary conditions on the results (e.g. Thomas 2003).

Considering the next source of error - constitutive modelling and input parameters - engineers are faced with two problems. Firstly, it may not be clear how the ground behaves. The same may be true of some elements of the tunnel support. The early age behaviour of sprayed concrete is a good example of this. Secondly, all the parameters may not be available. As a result engineers often use very simple constitutive models. In a recent Mott MacDonald research project the choice of constitutive model has been shown to have a large influence on the results of the numerical model (Thomas 2003). Broadly speaking, the material model for the ground has the largest influence on the predicted behaviour of the ground, e.g. surface settlement. The material model for the support is likely to have the largest influence on the lining. Figure 3 shows how the predicted loads in a sprayed



Obr. 2 3D numerická analýza křížení 2 tunelů s ostěním ze stříkaného betonu (OSB) pomocí metody konečných diferencí - program FLAC

Fig. 2 3D numerical analysis of a junction of 2 sprayed concrete lined (SCL) tunnels using the finite difference program, FLAC

poslední výsledek výzkumu v oblasti konstitutivního modelování. Také je možné vybrat více informací z existujících dat projektu pomocí "zpětné analýzy". Zpětná analýza znamená úpravu parametrů materiálu tím způsobem, že se zkouší sladit hodnoty naměřené během výstavby s hodnotami vypočtenými numerickým modelem.

Vhodným příkladem je stavba San Diego Mission Valley East. Tunel se nachází v kompaktním konglomerátu. Jedná se o komplikované podmínky a v minulosti se v této oblasti žádné tunelování neprovádělo. Nelineární pružný konstitutivní model pro daný konglomerát byl úspěšně kalibrován pomocí zpětné analýzy zkoušek únosnosti zatěžovací deskou (viz. obr. 4). Tento nelineární model se použil při zpracování projektu, a když byl tunel stavěn, skutečné chování dobře odpovídalo předpovědím (Pound a kol. 2003). Projekt byl mnohem hospodárnější, než kdyby se pro výpočty použil jednoduchý konstitutivní model.

Správnou funkci programu je vhodné ověřit, kromě příkladů uvedených v manuálu, též analyzováním zveřejněných srovnávacích úloh. Srovnávací úlohy jsou většinou založeny na jednoduchých případech, pro které existují spolehlivé výsledky zkoušek nebo analytická řešení.

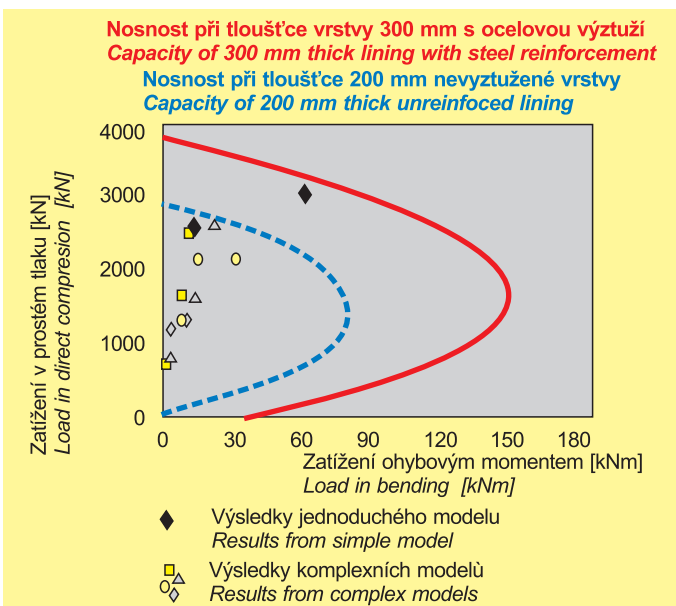
Tento postup ověřování se dá rozšířit na kontrolu výsledků numerického modelu porovnáním s výsledky monitoringu z jiných podobných tunelů, pokud existují. Pomůže to identifikovat chyby v numerickém modelu, a dodá to důvěryhodnost výsledkům. Na velkých podzemních projektech se dají k ověření a vylepšení numerických modelů, používaných pro projektování celé stavby, použít informace získané při zahájení ražeb. Příkladem je stavba Heathrow Express Project v Londýně, kde společnost Mott MacDonald použila velmi podrobné informace z průzkumné štoly, provedené před hlavní stavbou, k optimalizaci projektů pro zbytek stavby.

Nakonec zbývají otázky interpretace a lidské chyby. Běžné kontrolní postupy by se měly postarat o eliminaci lidské chyby. Co se týká interpretace, neexistuje náhrada za zdravý inženýrský úsudek, který je založen na hlubokých znalostech navrhování a realizace stavby. Je velmi důležité, aby výsledky numerických modelů posoudili zkušení inženýři a kriticky zvážili, zda výsledky dávají, nebo nedávají smysl.

DALŠÍ VÝVOJ

Výběr vstupních parametrů modelu horniny není přímočarou záležitostí. Hodnoty získané IG průzkumem nejsou nikdy zcela jednotné a jejich proměnlivost může být značná. Je proto důležité zkoumat vliv vstupních parametrů na výsledky analýzy. Všeobecně se tento problém řeší provedením dvou výpočtů, jednoho s použitím nejlepšího odhadu průměrných parametrů, druhého s použitím nejméně příznivých hodnot. Někdy mohou být výsledky ve druhém případě příliš pesimistické, a tedy neplatné.

Alternativním přístupem je použití stochastických metod při určování pravděpodobnosti klíčových výsledků. Stochastické metody se pro projektování moc často nepoužívají kvůli potřebě velkého počtu opakování výpočtu, což je časově náročné. Jako vhodný způsob určování pravděpodobnosti výsledků na základě relativně malého počtu výpočtů se dá použít metoda latinských hyperkrychlí pro výběr vzorků. Tato metoda byly použita pro zpětnou analýzu tunelu Mrázovka, a její výsledky odpovídaly výsledkům monitoringu (Barták a kol. 2002).



Obr. 3 Vliv sofistikovaných konstitutivních modelů stříkaného betonu na předpovídaná zatížení ostění (Thomas 2003)

Fig. 3 The influence of sophisticated constitutive models of sprayed concrete on predicted lining loads (Thomas 2003)

concrete lining can vary depending on the choice of its constitutive model. On a general level, this source of error can be reduced by making the best use of the latest research in the field of constitutive modelling. Also it may be possible to extract more information from existing project data by "back-analysis". Back-analysis is the determination of material parameters by trying to replicate the results of a laboratory experiment or measurements taken during the construction with a numerical model.

The San Diego Mission Valley East project is a good example of this. The tunnel is in a compact conglomerate. This is a complex material and there was no history of tunnelling in the area. A nonlinear elastic constitutive model for the conglomerate was successfully calibrated by back-analysing plate-bearing tests - see Figure 4. The nonlinear model was used in the design and when the tunnel was constructed the actual behaviour agreed well with the predictions (Pound et al. 2003). The design was much more economic than if a simple constitutive model had been used in the calculations.

It is a good idea to check the computer program is functioning correctly by analysing published benchmarking examples in addition to the examples suggested in the manual for the program. Benchmarking examples are usually based on simple cases for which there is reliable test data or an analytical solution.

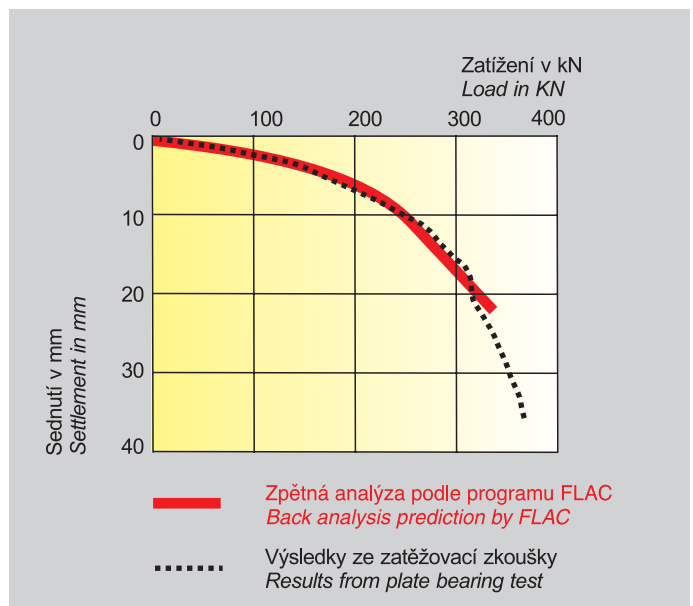
This process of validation can be extended to checking the results of the numerical model against field measurements from other similar tunnels, if they exist. This helps to identify errors in the numerical model and lends credibility to the results. On major tunnel projects information from the early tunnelling can be used to validate and improve the numerical models that are used to design the whole project. An example of this is the Heathrow Express Project in London, where high quality information from a trial tunnel constructed before the main project was used by Mott MacDonald to optimise designs on the rest of the project.

Finally, there are the questions of interpretation and human error. Normal checking procedures should take care of the latter. For the former, there is simply no substitute for sound engineering judgement, which comes from a broad knowledge of design and construction. It is crucially important that experienced engineers review the results of numerical models and critically consider whether or not the results actually make sense.

NEW DEVELOPMENTS

Choice of ground model input parameters is not straightforward. Values derived from site investigation are never completely uniform and their variability may be quite large. Therefore it is essential to investigate the effect of input parameters on the analysis results. Generally this problem is handled by performing two calculations: one with the best estimate of average parameters and another with the worst credible case. Sometimes results of the worst credible case might be too pessimistic and so not valid.

An alternative approach is to use stochastic methods to determine the probability of key results. Stochastic methods are not often used for tunnel design purposes due to high number of runs required which are time-consuming. The method of Latin Hypercube sampling can be used as a reasonable way to determine the probability of results on the basis of relatively



Obr. 4 Kalibrace nelineárního konstitutivního modelu konglomerátu s výsledky zkoušek únosnosti zatěžovací deskou (Pound a kol. 2003)

Fig. 4 Calibration of nonlinear constitutive model for conglomerate with results from plate bearing tests (Pound et al. 2003)

Jelikož zkušenosti a výzkum vedou k stále sofistikovanějším konstitutivním modelům horniny a ostění a praxe vede k lepšímu porozumění toho, jak se tyto modely kalibrují, předpokládá se, že 3D numerické modelování se více rozšíří. Zkušenosti ze staveb firmy Mott MacDonald ukazují, že podobné modely vedou k hospodárnějšímu projektování.

ZÁVĚRY

Numerické modelování má mnoho výhod a zcela jistě zlepšuje naše porozumění chování tunelů. Jsou-li modely vhodně vytvořeny, mají výsledky velký význam pro projektanty a realizační tým. Množství staveb, na kterých se prováděla zpětná analýza, ukázalo, že modelování může vyprodukovat poměrně přesné výsledky. Ještě důležitější je, že je možné dospět k dobrému pochopení mechanismů chování, které ovlivňuje tunel. Toho lze využít ke zlepšování stavebních technologií nebo k lepší analýze rizik.

V průběhu tvorby numerického modelu se provádějí aproximace skutečnosti na základě zkušenosti. Příkladem je zjednodušování chování horniny. Je jasné, že analýza bude pouze tak dobrá, jak dobré jsou provedené aproximace. Projektant si musí pamatovat: výsledky, získané výpočtem, jsou spíše jen nástrojem, pomáhajícím projektování, než konečným návrhem. To neznamená, že není možná přesné znázornění vzájemného působení horniny a výstroje, ale pouze to, že k dosažení tohoto cíle je zapotřebí hodně času, odbornosti a úsilí.

Nejdůležitějším závěrem je, že numerické modelování je prospěšné, ale pouze za předpokladu, chápe-li analytik možné zdroje chyb a zajistí-li, aby byly řešeny při tvorbě modelu. Správná interpretace výsledků vyžaduje zkušeného tunelářského inženýra s jasným pochopením základních inženýrských koncepcí a praktickými zkušenostmi z realizace staveb.

LITERATURA/REFERENCES

- Potts, D. M. & Zdravkovic, L. (2001) Finite element analysis in geotechnical engineering: Application, Thomas Telford, London.
 Bartak, J., Pruska, J. & Hilar, M. (2002) Pravděpodobnostní analýza vlivů vstupních parametrů na modelování deformací tunelu Mrázovka, TUNEL 4/2002, str. 27 - 33
 Thomas, A. H. (2003) Numerical modelling of sprayed concrete lined (SCL) tunnels, PhD Thesis - předáno k ověření, University of Southampton.
 Pound, C., Casson, E. M., Thomas, A. H. & Powell, D. B. (2003) Predicted and observed ground movements around a Sprayed Concrete Lined (SCL) Tunnel in a dense conglomerate, Underground Construction 2003, (v tisku).

Redakční P. S.:

Při mezinárodní konferenci Podzemní stavby Praha 2003 došlo na téma numerického modelování k zajímavé diskusi. Z časových důvodů musela být přerušena. Uveřejněním tohoto článku dáváme podnět k jejímu pokračování, těšíme se na odezvu, na vaše názory a příspěvky.

few calculation runs. This method was used in the back analysis of Mrázovka tunnel and its results agreed well with the results of monitoring (Bartak et al 2002).

As experience and research leads to more sophisticated constitutive models for the ground and lining, and practice leads to a better understanding of how these are calibrated, there is likely to be an increase in 3D numerical modelling. Experience on Mott MacDonald projects has shown that this leads to more economic designs.

CONCLUSIONS

Numerical modelling has many advantages and has undoubtedly enhanced our understanding of tunnels. If the models are properly set up, then the results are of considerable benefit to the designer and the construction team. Numerous projects where back-analyses have been carried out have demonstrated that the modelling is capable of producing quite accurate results. More importantly, it is possible to get a good understanding of the mechanisms of behaviour that affect the tunnel. This can be used to improve the construction methods or to better assess risks.

Approximations and judgements are made during the process of building a numerical model. The simplification of the behaviour of the ground is one example of this. It is clear that the analysis will only be as good as the judgements that have been made. The designer must remember this. The results from the calculation are a tool to aid design rather than a definitive design. This does not mean that an accurate representation of ground-support interaction is not possible, but simply that a lot of time, expertise and effort is required to achieve this.

The principal conclusion is that numerical modelling is beneficial but only if the analyst understands the potential sources of error and makes sure these are addressed when defining the model. Proper interpretation of the results requires an experienced tunnel engineer with a firm understanding of fundamental engineering concepts and practical experience of construction.

Editor's P. S.:

An interesting discussion was held at the Underground Construction Praha 2003 international conference on the topic of the numerical modelling. It had to be cut due to time shortage. Publishing this article we would like to initiate its resumption, looking forward to your reaction, your opinions and contributions.

PRAHA KANDIDUJE

na uspořádání **Světového tunelářského kongresu 2007**. Rozhodnou o tom kandidáti 52 členských zemí ITA/AITES na valném shromáždění v květnu 2004 v Singapuru. Věříme, že budou hlasovat pro Prahu!

PRAGUE IS READY TO HOST

the **World Tunnel Congress 2007**. The delegates of 52 ITA/AITES Member Nations will decide on the hosting city in May 2004 at the General Assembly in Singapore. We believe they will vote for Prague!

Dear colleagues

The Czech Tunnelling Committee
ITA/AITES is standing
to host
the World Tunnel Congress
AITES-ITA 2007 in Prague.
We trust you to support
our candidature
and are looking forward
to meeting you
in Prague in May 2007.

Preparatory Committee
of the WTC 2007

Chers collègues

Le Comité Tchèque des Travaux
en Souterrain ITA/AITES
se porte candidat à l'organisation
du Congrès mondial
des travaux en souterrain
AITES-ITA 2007 à Prague.
Nous comptons sur votre
soutien de notre candidature
et nous nous réjouissons
de vous revoir
à Prague en mai 2007.

Comité préparatoire
du congrès
mondial 2007

PORUCHY STOK PRAŽSKÉ KANALIZAČNÍ SÍTĚ VZNIKLÉ PŘI POVODNI V SRPNU 2002

DAMAGE TO SEWERS OF THE PRAGUE SEWERAGE NETWORK DUE TO FLOODS IN AUGUST 2002

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., ČVUT, STAVEBNÍ FAKULTA

Katastrofální povodeň ze srpna loňského roku jasně a varovně ukázala, že mezi až fetišizovanou stoletou vodou a teoretickým maximálním průtokem, odpovídajícím jímací schopnosti povodí, je značný prostor pro vznik extrémní povodně nepředvídatelné velikosti v nejasném čase. Nic na tom nemění skutečnost, že tzv. čára opakovaní n-letých průtoků je, vzhledem k omezené četnosti pozorování extrémních povodní, konstruována obvykle do maximálního průtoku Q_{100} , tj. do stoleté vody. K této hodnotě byla vztažena i řada protipovodňových stavebních opatření, která se však při průtoku vyšším stala neúčinnými. Povodně extrémní velikosti ohrožují i konstrukce, které jsou obvykle vůči exogenním vlivům, zejména klimatickým, v podstatě inertní, což jsou zejména podzemní stavby. Příkladem může být jak konstrukce, do které povodeň vůbec neměla proniknout (pražské metro), tak konstrukce, ve které je "voda" zcela regulérně - kanalizace.

STAV KANALIZAČNÍ SÍTĚ ZJIŠTĚNÝ PO POVODNI V SRPNU 2002

Kanalizační síť v zaplavených částech Prahy prodělala náročnou zkoušku v podmínkách, na které nebyla dimenzována. Po opadnutí vody byla celá řada poškození patrná vizuálně, a to zejména na ostění vstupních šachet a přilehlých úseků stok.

Na základě rozsáhlé a podrobné popisné i fotografické dokumentace průzkumných prací (podklad [1]), doplněné poznatky z prohlídky řady kanalizačních vstupů (podklad [2]), lze konstatovat tři výrazné převládající typy poruch na stokových portálech ve vstupních šachtách:

- Portálové čelní stěny (tj. zdívo nad obvykle dvoupasovou obezdívkou stoky) jsou nejčastěji porušeny šikmými trhlinami, vycházejícími z oblasti vrcholu obezdívky stoky ve sklonu 60° až 75° od horizontály (obr. 1, 2); výjimečně jsou trhliny svislé (obr. 3), zcela výjimečně jsou jinak orientované (obr. 4). Trhliny jsou vesměs rozevřené, jejich šířka 1 až 2 cm není výjimkou, některé trhliny jsou i výrazně větší (obr. 5). Penetrační sondáž trhlín prokázala porušení zdíva na celou jeho tloušťku.
- Portálová čelní stěna je velmi často odtržena od obezdívky stoky. Odpovídající porucha probíhá koncentrickou spárou na rubu obezdívky, někdy v plném rozsahu (obr. 6), častěji v dílčí části viditelného rubového obvodu (obr. 7), výjimečně přechází tato porucha mezi pasy obezdívky (obr. 8). I tato spára je převážně otevřená a často horizontálně (ve směru podélné osy stoky) dislokovaná; tato dislokace je zřetelná, v některých případech velmi výrazná (až několik cm).
- Obezdvíka stoky je často a převážně přímo ve vrcholu porušena výrazně rozevřenou trhlinou (obr. 9, 10) či několika trhlínami (obr. 11) na celou tloušťku vícepasového zdíva. V podélném směru lze trhlínu registrovat do vzdálenosti asi 2 - 3 m od portálu; po prvních metrech se její šířka zmenšuje a trhlina posléze mizí.

PŘÍČINY PORUŠENÍ

U všech tří typů převládajících poruch jde o trhliny tahové, způsobené vnitřním přetlakem vody, a to jak ve vstupech, tak ve stokách. Možnost vzniku tohoto způsobu namáhání v souvislosti s extrémní povodní v srpnu 2002 je nesporná a jeho hodnoty se nepochybně v místech nejhroženější části stokové síte pohybovaly okolo hodnoty 0,1 MPa.

Liniové objekty kanalizační sítě (stoky) jsou však dimenzovány na zatížení svislým a horizontálním horninovým tlakem nesterjné velikosti, případně s využitím pasivního odporu horninového prostředí v místech ostěním komprimovaných (oblast opěr). Tento typ zatížení vede k charakteristickému namáhání ohybovými momenty a normálními silami, z nichž rezultuje v líci ostění ve vrcholu klenby tlakové namáhání, které může být blízké nulové hodnotě, případně až malé tahové namáhání.

Vnitřní přetlak ve stoce vyvodí nepříznivé tahové namáhání ve všech průřezích; jeho superpozice s napětím, které je vyvoláno horninovým tlakem, má fatální důsledek právě ve vrcholu klenby - v líci ostění vznikne po překročení tahové pevnosti pojiva ve spárách obezdívky tahová trhlina. Ta se však, na rozdíl od případné tahové trhliny omezené hloubky od zatížení horninovým tlakem, vlivem působícího všesměrného tlaku vody proniklé do trhliny progresivně prohlubuje, rozšiřuje a přechází i do navazujících konstrukcí (portálových zdí).

Catastrophic floods from last year's August clearly and menacingly showed that, somewhere between the almost mythical hundred years' flood and the theoretical maximum flow, there is vast space for the occurrence of the extreme floods of unforeseeable dimensions within indefinite time period. That is not changed by the fact that the so-called line of repeated n-year flows is, with regards to limited frequency of observations of extreme floods, usually constructed up to the point of maximum flow Q_{100} , which is the hundred years' water. Also a number of civil engineering anti-flood measures were based on this value, and thus they have become ineffective when encountered with a higher flow.

Floods of extreme dimensions threaten even those structures, which are usually inert to exogenous, mostly climatic forces. To these belong namely underground structures. Examples can be made of structures into which the water should not have penetrated (Prague subway) as well as structures that hold "water" on a normal basis - sewerage.

CONDITION OF THE SEWERAGE NETWORK AS FOUND AFTER THE FLOODS IN AUGUST 2002

The sewerage network within flooded districts of Prague has gone through a tough test in conditions for which it had not been designed. After the water fell again, widespread damage was clearly visible, mostly on the lining of manholes and adjacent sewer sections.

Based on extensive and detailed descriptive and photographic documentation of exploratory works (source [1]), supplemented by knowledge gained during visits to several sewer entrances (source [2]), three prevailing types of defects on sewer portals in manholes can be identified:

- Front portal walls (i.e. masonry above the commonly double-shell sewer lining) are mostly damaged by oblique cracks, running from the top area of the sewer lining with a slope of 60° to 75° from the horizontal axis (fig. 1, 2); the cracks are only exceptionally vertical (fig. 3), they are only absolutely exceptionally of other orientation (fig. 4). The cracks are generally open, frequently 1 to 2 cm wide, nonetheless with some of them distinctly larger (fig. 5). Penetrating observation of the cracks proved the damage of the masonry throughout its entire thickness.
- Front portal wall is commonly detached from the sewer lining. Corresponding defect runs along a concentric joint on the back side of the lining, sometimes in full range (fig. 6), more often within partial section of the visible back circuit (fig. 7), exceptionally this crack passes into area between the lining shells (fig. 8). Also this joint is generally open and frequently horizontally (in direction of lengthwise axis of the sewer) dislocated; this dislocation is marked, in some cases very distinct (up to several centimetres).
- The sewer lining is commonly and mostly at its top fractured by a markedly open crack (fig. 9, 10) or several cracks (fig. 11) along entire width of the multi-shell lining. In axial direction, the crack can be identified up to the distance of 2-3 meters from the portal; after the first couple of meters its width diminishes and the crack gradually vanishes.

CAUSES OF THE DAMAGE

All three types of prevailing cracks are of the tensile type, due to an inner overpressure of water, both at the entrances and inside the sewers. There is no doubt about the possibility of occurrence of this type of loading in coherence with extreme floods in August 2002 while values of this loading in most affected sections of the sewerage network definitely ranged around 0,1 MPa. However, linear structures of the sewerage network (sewers) are only dimensioned for loading due to vertical and horizontal rock pressure of uneven size, potentially with the use of passive resistance of the rock environment in the places compressed by lining (the section of supports). This type of burden leads to the characteristic loading with bending moments and normal forces, which results in close-to-zero pressure loading in the lining face at top of the vault or alternatively in even low tensile loading.

The inner overpressure in the sewer results in unfavorable tensile loading in all cross sections; its superposition with the stress caused by rock pressure has a fatal consequence at the vault top - a tensile crack in the lining arises at the lining face following exceeding of tensile strength of the binding material in the joints. However, this crack, unlike potential tensile crack of limited depth due to rock pressure loading, progressively deepens, widens and passes into connecting structures (portal walls) under the influence of active radial pressure of the penetrating water.



Obr. 1 Typické šikmé trhliny - Praha 7, ulice Komunardů
Fig. 1 Typical oblique cracks - Prague 7, Komunardů street



Obr. 2 Typické šikmé trhliny - Praha 1, Malá Strana
Fig. 2 Typical oblique cracks - Prague 1, Malá Strana



Obr. 3 Svislá trhlina - Praha 1, Malá Strana
Fig. 3 Vertical crack - Prague 1, Malá Strana



Obr. 4 Jiná orientace trhlín - Praha 1, Valdštejská ulice
Fig. 4 Other orientation of crack - Prague 1, Valdštejská street



Obr. 5 Výrazné porušení portálové zdi - Praha 7, ulice Komunardů
Fig. 5 Serious damage to the portal wall - Prague 7, Komunardů street



Obr. 6 Průběžná trhlina na rubu obezdívky - Praha 7, ulice Komunardů
Fig. 6 Running crack in the back of the lining - Prague 7, Komunardů street



Obr. 7 Částečná trhlina na rubu obezdívky - Praha 7, ulice Komunardů
Fig. 7 Partial crack in the back of the lining - Prague 7, Komunardů street



Obr. 8 Přečhod rubové trhliny mezi pasy obezdívky - Praha 1, Malá Strana
Fig. 8 Passage of the back crack between lining shells - Prague 1, Malá Strana



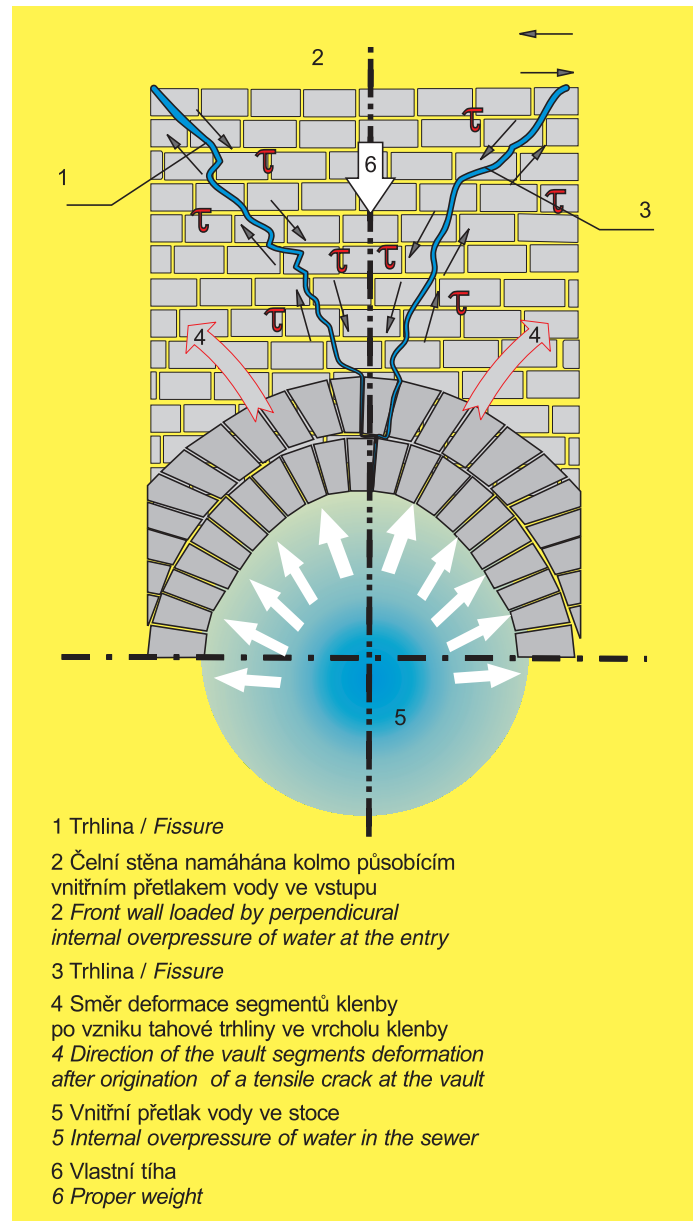
Obr. 9 Rozevřená trhlina ve vrcholu klenby - Praha 8, Křížikova ulice
Fig. 9 Open crack at the vault top - Prague 8, Křížikova street



Obr. 10 Průběh trhliny ve vrcholu klenby - Praha 8, Křížikova ulice
Fig. 10 Passage of crack at the vault top - Prague 8, Křížikova street



Obr. 11 Vícenásobné trhliny ve vrcholu klenby - Praha 8, Křížikova ulice
Fig. 11 Multiple cracks at the vault top - Prague 8, Křížikova street



Obr. 12 Schéma vzniku šikmých trhlin
Fig. 12 Scheme of occurrence of the oblique cracks

Vsílité objekty stokové sítě (vstupy) jsou dimenzovány na zatížení horninovým (zemním) tlakem velikostí, která se pohybuje mezi tlakem aktivním a tlakem v klidu, modifikovaným případně o účinky hutnění zpětného zásepů stavební šachty. Napětí v jednotlivých průřezech definitivní vyzdívkou jsou závislá na tvaru vstupu a hloubce pod povrchem; globálně však platí, že napětí na vnitřním líci volných ploch vyzdívek inklinuje k nízkým tlakovým hodnotám. Vnitřní přetlak ve vstupní šachtě opět vyvolá tahová namáhání ve všech průřezech, a po jejich superpozici s původními napětími dojde k překročení tahové pevnosti v líci vyzdívkou a ke stejnému efektu progresivně se prohlubujících a rozšiřujících trhlin, jako u vlastních stok.

Společným předpokladem, resp. podmínkou pro vznik tahových rozevřených trhlin, které evidentně znamenají zvětšení vnitřního objemu stoky nebo šachty vstupu, je možnost vzniku vnějším směrem orientované deformace za rubem konstrukce. Tato deformace (zatlačení) může vzniknout pouze na úkor prostředí obklopujícího konstrukce.

Horninové prostředí v okolí stok s dobře vyplněnými nadvýlomy lze předpokládat za deformačně dostatečně odolné s vyhovující velikostí modulu deformace, jenž nedovolí překročení mezního stavu deformace. Tento předpoklad je potvrzen empiricky evidentně se opakujícím pozorováním - porušením obezdívek stok ve vrcholu klenby mimo oblast vstupu má zanedbatelnou četnost, což svědčí o dobré kvalitě kontaktu i obklopujícího prostředí.

V okolí vstupu a těsně přiléhajících částí stok je však situace méně příznivá. Provádění těchto konstrukcí v šachtách vyžaduje zpětný zásep po jejich vybudování, čímž se do původního horninového prostředí dostává cizorodý prvek obvykle sypkého zeminového materiálu. Jeho hutnění ve stísněném prostoru po malých vrstvách při zasypávání je obtížné a předpoklad dokonaleho vyplnění všech zasypávaných prostor dobře ztuhnutým materiálem není obvykle dokonale splněn. V čase podléhá zásepový materiál dalším anomáliím, např. nerovnoměrnému sedání, ztrátám objemu v důsledku vyplavování, vyluhování apod. V souhrnu to vše vede k tomu, že prostředí v okolí vstupu je deformačně méně kvalitní než původní masiv a při značném vnitřním přetlaku může dojít k zatlačení vyzdívkou do příliš deformabilního zásepového prostředí, a tím k jejímu porušení.

Popsané mechanismy porušení umožňují i přijatelně vysvětlit charakter pozorovaných poruch:

- Vznik otevřených tahových trhlin ve vrcholu klenby obezdívkou stoky jednoznačně souvisí s tím, že se jedná při superpozici zatížení horninovým tlakem a vnitřním přetlakem o nejnepříznivěji namáhaný průřez v ostění; při dostatečně velkém vnitřním přetlaku nedokáže tahově málo odolné pojivo obezdívkou zabránit vzniku tahové trhliny; prostředí snížené kvality v okolí vstupu lokalizuje tuto trhlinu v obezdívce jen do její blízké okolí.
- Odtržení vyzdívkou vstupu od obezdívkou stoky vyplývá z diametrálně odlišných deformačních vlastností těchto dvou konstrukcí; v podélném směru téměř naprosto tuhá (ne deformující se) obezdívka stoky je v kontaktu s poddajnou stěnou vstupu, která je vnitřním přetlakem zatlačována do zemního prostředí snížené kvality v okolí vstupu; nutným výsledkem je odtržení vyzdívkou vstupu od obezdívkou stoky v koncentrické trhlíně; velikost podélné dislokace v této trhlíně je výrazně závislá na míře nekvality zásepového prostředí.
- Konfigurace trhlín u čelních portálových zdí vykazuje jistou variabilitu, která je ovlivněna podmínkami uložení vyzdívkou (trhlina zřejmě spontánně probíháji místy, kde byla jednak umožněna nekvalitním okolním prostředím největší deformace a "vyhýbají" se místům konstruktivně tužším - rohy, průniky kleneb apod.) a kvalitou vlastní vyzdívkou - slabší místa ve zdivu (zdění na zavadlou maltu). Převládající typ porušení se šikmými trhlínami od vrcholu obezdívkou vzniká zřejmě v souvislosti s prvotním tahovým porušením obezdívkou stoky ve vrcholu (obr. 12); portálová vyzdívkou je namáhána smykem, vznikajícím v důsledku roztačování segmentů prasklé obezdívkou do boků, smyková trhlina mezi středním a bočním klínem zdiva je progresivně rozšiřována tlakem pronikající vody. Kombinace smykového a tahového namáhání je rozhodující pro vznik preferenčního šikmého směru trhlín.

ZÁVĚR

Všechny popsané typy tahových porušení zanechaly na konstrukcích vstupů a obezdívkách stok trvale rozevřené trhliny. Je velmi pravděpodobné, že míra jejich rozevření je v současném stavu podstatně nižší, než byla v době působení největšího přetlaku, což ovšem z pochopitelných důvodů nelze doložit žádným pozorováním.

I když při projektování a vlastní sanaci se musí postupovat v jednotlivých místech zcela adresně a s přesnou znalostí charakteru a rozsahu porušení, lze obecně konstatovat, že značnou většinu poruch je možno ve velké většině případů sanovat bez podstatných rekonstrukčních prací, a to injektáží za rub vyzdívek a obezdívek. Na základě průzkumu lze určit místa pro rozsáhlejší výplňové injektáže menším tlakem, v mnoha případech však bude výhodné použít injektáže o vyšším tlaku, který zajistí protlačení injektážní hmoty rozevřenými trhlínami až k líci konstrukci. V některých případech bude potřebné provést hloubkové vyspárování trhlín. Výrazná porušení je nutno řešit především konstrukce v otevřeném jámě (šachtě).

PODKLADY

[1] Soubor dílčích zpráv "Revize kanalizačních stok č. 1 až 13". Zpracoval INSET, s. r. o., 10-12/2002.

[2] Odborné vyjádření k příčinám porušení vzniklých na stokových portálech v souvislosti s povodní v srpnu 2002. Zpracoval prof. Barták, 2/2002.

Vertical structures of the sewerage network (entrances) are dimensioned to withstand loading due to rock (ground) pressure of particular size ranging between the active and passive pressure, potentially modified by impacts of solidification of reverse filling of the construction shaft. Tension in individual cross sections of the final lining are dependent on the shape of access ad depth below the surface; in spite of that it is globally true that tension at inner face of free lining areas inclines towards low pressure values. Inner overpressure in the manhole will again result in tensile loading in all cross sections, and following its superposition with the original tensions that will result in exceeding of the tensile strength at the lining face and ultimately in the same effect of progressively deepening and widening cracks as in the case of the sewers.

There is the same requirement or condition for the occurrence of open tensile cracks, which evidently suggest extension of inner volume of the sewer or manhole, and that is the possibility of occurrence of outer-direction oriented deformations behind backside of the structure. Such deformation (thrust) can only occur at the expense of the surrounding environment.

Rock environment surrounding the sewers with properly filled overbreaks can be considered as sufficiently resistant to deformations with satisfactory size of the deformation module, which will not allow exceeding of the marginal deformation status. Such assumption is empirically verified by evidently repeating observations - defects of sewer liners at the vault top outside the area of entrances has a fractional frequency, and that implies good quality of contact as well as of the surrounding environment.

As far as the entrance surrounding and adjacent sewer sections are concerned, however, the situation is less favorable. Realization of these structures in shafts requires their backfilling following their completion, which is the means for alien elements, usually loose loamy materials, to penetrate the original rock environment. Its solidification is very complicated in limited space and small layers during the filling and the requirement for perfect filling of all empty spaces by a well solidified material is usually not ultimately kept. In time, the filling material suffers from other anomalies as well, such as uneven settlement, volume losses due to alluvial activity, drainage etc. All summarized that leads to the fact that the environment of an entrance surrounding is, as far as deformations are concerned, of lesser quality than the original massif and while experiencing strong inner overpressure the lining can be thrust too far into the deformable backfilled environment and thus be fractured.

The described failure mechanisms enable satisfactory clarification of the character of observed defects:

- Occurrence of open tensile cracks at vault top of the sewer lining is definitely linked to the fact that it was a superposition of rock pressure loading and inner overpressure in the most unfavorably loaded cross sections throughout the lining; under sufficiently strong inner overpressure the binding material with low tensile resistance cannot prevent the occurrence of such crack; an environment of lesser quality in the entrance surrounding will localize this lining crack, but only within its immediate vicinity.
- Detachment of the entrance lining from the sewer lining derives from completely different deformation attributes of these two structures; in the axial direction, the almost totally rigid (non-deforming) sewer lining is in contact with flexible entrance wall, which is due to the inner overpressure thrust into the ground environment of lesser quality in the entrance surrounding. A detachment of the entrance lining from the sewer lining in a concentric crack is an inevitable result; size of the axial dislocation in this crack is largely dependent on the level of poor quality of the backfilled environment.
- Configuration of cracks at the front portal walls shows a certain variability, which is affected by conditions of placement of the lining (obviously, the cracks spontaneously run through places where the poor-quality environment enabled highest deformations and at the same time they "avoid" structurally more solid places - corners, vault intersections etc) and by quality of the lining proper - weaker places in the masonry lining (set mortar used for the masonry). Prevailing type of defects with oblique cracks from top of the lining apparently occurs in connection with the initial tensile failing of the sewer lining at the top (fig. 12); shearing stress applies to the portal lining due to thrusting of segments of the fractured lining into the sides, the shear crack between the central and side wedges of the masonry is being progressively widened by pressure of the penetrating water. Combination of the shearing and tensile loading is decisive for the occurrence of preferential oblique direction of the cracks.

CONCLUSION

All described types of tensile failing have left permanently open cracks on entrance structures and sewer linings. It is very probable that their current openness is significantly lower than in the time of effect of the highest overpressure, but that cannot be, however, quite understandably supported by any observation.

Although designing and the own treatment have to advance within particular places and fully determined with precise knowledge of character and extent of the defect, it can be generally stated that significant majority of the defects can be possibly treated without extensive reconstruction works, and thus using grouting behind the internal and external lining. Based on exploration, spots can be determined for larger filling grouting under lower pressure, but most cases will rather suggest the use under higher pressure, which will secure the grouting material to be thrust through open cracks to the internal face of the structure. Some cases will also require deep filling of the cracks. Major defects would have to be treated by reconstruction of the framework in an open cut (shaft).

SOURCES

[1] The set of reports "Revize kanalizačních stok č. 1 až 13".

Elaborated by INSET, s. r. o., 10-12/2002.

[2] Odborné vyjádření k příčinám porušení vzniklých na stokových portálech v souvislosti s povodní v srpnu 2002. Elaborated by Prof. Barták, 2/2002.

POUŽITÍ TUNELOVACÍHO STROJE V OSTRAVSKO-KARVINSKÉM REVÍRU

USE OF TUNNEL BORING MACHINE IN THE OSTRAVA-KARVINÁ COAL DISTRICT

DOC. ING. RICHARD ŠŇUPÁREK, CSc., ING. DIMITRIJ DVOŘÁK, PROF. ING. PETR MARTINEC, CSc.
ÚSTAV GEONIKY AVČR OSTRAVA

ÚVOD

Použití razicích tunelovacích strojů (TBM) velkých průměrů při výstavbě tunelů je podmíněno v první řadě ekonomickými hledisky, z nichž základním je dostatečná délka raženého díla a možnost plynulého přechodu na další ražbu tak, aby byla využita velká pořizovací investice. Tyto podmínky v České republice u dopravních tunelů ze známých důvodů zpravidla splněny nejsou, a tak byly v minulosti v Československu použity TBM menších průměrů do 3,7 m především při ražbách hydroenergetických liniových staveb. Na Slovensku se dnes využívají TBM menších průměrů pro ražbu průzkumných štol dlouhých tunelových staveb (Branisko, Višňová).

V tunelářské obci se dnes již málo ví, že největší u nás použitý tunelovací stroj s vrtaným průměrem 6 m byl nasazen v 80. letech v našem hornictví pro ražení dlouhých spojovacích překopů dolů v Ostravsko-karvinském revíru. V souladu s tehdejšími posledním vzpětím uhlénoho hornictví, zaměřeného na koncentraci dobývacích prací a související růst požadavků na dopravní a větrní kapacity, bylo hlavním záměrem nasazení stroje vyrazit dlouhé spojovací překopy v hloubce dobývání mezi jednotlivými částmi důlního pole tak, aby byla umožněna vysokokapacitní doprava rubaniny k těžním jamám a výkonné větrání odlehčených částí dolu. I když vývoj vlastních tunelovacích strojů od té doby velmi pokročil, získané zkušenosti z ražeb v celkové délce více než 6000 m jsou zajímavé i v současnosti. Z dnešního pohledu použití TBM při ražbách bazálních tunelů v Alpách je srovnatelná zejména hloubka ražeb, která se pohybovala mezi 900 a 1000 m pod povrchem. Ta přinášela především problematiku zvýšených napětí v horském masivu, zdůrazněných ještě sekundárními vlivy hornické činnosti, ale i problémy spojené s větráním a případnou klimatizací pracoviště. Charakteristické byly rovněž přechody širokých poruchových pásem se silně porušenými horninami a přecházení mocných uhlých slojí.

Tento příspěvek si klade za cíl připomenout nejdelší nasazení tunelovacího stroje většího průměru v Československu a jeho výsledky a problémy zejména z pohledu dnešních trendů vývoje a využití TBM.

TUNELOVACÍ STROJ

Na základě výběrového řízení z nabídek několika světových firem byl vybrán tunelovací stroj firmy Mannesmann-Demag TVM 55 H. Při výběru hrála jednu z hlavních rolí skutečnost, že stroje této řady byly nasazeny v německých uhlých dolech. Stroj byl zakoupen VOKD v rámci tehdejšího státního úkolu vědy a techniky a VOKD také po celou dobu tímto strojem ražby provozovala. V důlních podmínkách se tehdy nepoužívalo názvu tunelovací stroj, ale plno-profilový razicí stroj (PPRS).

Vzhledem k podmínkám ražení důlních chodeb, kde se nepočítalo s ostěním, byl stroj vybaven zařízením pro montáž kruhové rámové výztuže z válcovaných ocelových profilů, umístěným hned za vrtací hlavou. Stroj se tedy skládal z těchto částí:

- vrtací hlava s kotoučovými dlaty (obr. 5),
- vyztužovací zařízení pro montáž ocelové výztuže,
- vlastní těleso stroje s upínacím zařízením, dopředným posuvem a pohonnou jednotkou včetně hydraulického agregátu,
- řídicí stanoviště za tělesem stroje,
- dopravník pro odtěžení horniny, umístěný ve spodní části stroje,
- návěsné zařízení za strojem s vynášečnými pásovými dopravníky, trafostanicí, větracím a odprašovacími zařízeními (pojízdné po závěsných drázkách).

Hlavní parametry stroje:

- ražený průměr 6 m,
- délka tělesa stroje 16 m,
- délka návěsného zařízení 290 m,
- hmotnost tělesa stroje 315 tun,
- celkový instalovaný výkon 873 kW,
- přítlak na čelbu 6400 kN.

INTRODUCTION

Use of large profile tunnel boring machines (TBM) in tunnel construction is in the first place limited by economic factors, the basic of which is sufficient length of the excavated structure and the possibility of smooth passing onto the next excavation so that the total purchase costs are made use of. Such requirements are generally not fulfilled at road tunnels in the Czech republic and therefore, only TBMs with smaller profiles up to 3,7 m were used in Czechoslovakia before, mostly for excavation of hydro-energy linear structures. In Slovakia, smaller-profile TBM is today being used for excavation of exploratory galleries at long tunnel structures (Branisko, Višňová).

Nowadays it is only a little known fact in the tunneling community, that the largest tunnel boring machine with boring diameter of 6 m was used here in the eighties in the field of mining for the excavation of long connecting mine passages in the Ostrava-Karviná District (OKD). In accordance with one of the last highpoints of the coalmining industry, focused on concentration of the mining works and coherent increase in requirements for hauling and ventilation capacities, there was a main goal of the machine's deployment to excavate long connecting passages in the mining depth between separate sections of the mining field, so that high-capacity transport of mined rock to the mining cuts and efficient ventilation in distant sections of the mine would be enabled. Although the development of tunnel boring machines has undergone a great progress, experience acquired during excavation of more than 6000 m in total is interesting even today. When comparing to the current view on the use of TBM during excavations of base tunnels in the Alps, namely the depth ranging between 900 and 1000 m below the ground is comparable. That brought the problems or increased tensions in the rock massif, even strengthened by secondary impacts of the mining activity, but also problems with ventilation and potential air-conditioning of the workplace. Passages of wide fault zones with heavily faulted rocks and passages of thick coal streaks were also characteristic. This contribution aims at recalling the longest deployment of a tunnel boring machine of larger diameter in Czechoslovakia as well as its results and problems from the viewpoint of current trends of development and use of the TBM.

TUNNEL BORING MACHINE

Based on a tender with offers from several global companies, a tunnel boring machine TVM 55 H of Mannesmann-Demag was selected. Key role in the tender was played by the fact that machines of this category were deployed in German coalmines. The machine was purchased by the VOKD under auspices of the national program for science and technique and VOKD also operated this machine during the entire excavation. The old mining conditions used the title full-face heading machine (FFHM) instead of tunnel boring machine.

With regards to conditions of excavation of the mine corridors that did not assume any lining, the machine was equipped with device for assembling of circular frames from rolled steel profiles, located right behind the cutterhead. The machine consisted of the following parts:

- cutterhead (fig. 5)
- steel support assembling equipment
- machine body with gripping device, forward-moving mechanism and propelling unit including a hydraulic motor
- control station behind the machine body
- conveyor for removal of mined rock located at the bottom of the machine
- trailing gear behind the machine with ascending belt conveyors, transformer station, ventilation and dust-extracting device (moving along roof-suspended rails)

Main parameters of the machine:

- boring profile of 6 m
- length of the machine body of 16 m
- length of the trailing gear of 290 m
- weight of the machine body of 315 tons
- total installed output of 873 kW
- thrust at the face of 6400 kN

Z uvedeného je zřejmé, že se jednalo v zásadě o tzv. otevřený TBM bez štítového pláště, určený především do podmínek stabilních hornin. Úprava pro požadavky nasazení v důlních podmínkách spočívala především v zařízení pro montáž kruhové ocelové výztuže za vrtací hlavou. Toto zařízení umožňovalo montáž rámu šestidílné kruhové výztuže a její určité rozepnutí proti povrchu hornin při montáži posledního segmentu. Další zařízení spojená s podmínkami důlního provozu (větrání, klimatizace, odprašování, bezpečnostní bariéry) byla umístěna na dlouhém návěsu, který byl tažen za strojem.

GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Předpoklad vývoje geologické stavby byl v důlních podmínkách stanoven podle průběhu ověřené tektoniky a geologických profilů na vyšších patrech. K prognóze byly použity jak vrty z povrchu (NP), tak důlní vrty provedené z vyšších pater. V prvním nasazení bylo použito: 8 vrtů, při druhém nasazení 6 vrtů, při třetím nasazení 9 vrtů, tj. celkem 23 vrtů se vzdáleností cca 250 – 500 m. Z konfrontace předpokládané geologické situace se skutečností po provedené ražbě vyplynulo, že rozdily byly shledány jen v okolí průmětu poruch. Ukázalo se ovšem, že vedle geologické stavby hrála velkou roli i přídatná napětí v blízkosti raženého díla, související především s vlivy dobývání v přilehlém horninovém masivu.

PODMÍNKY RAŽENÍ

Použití TBM bylo v OKR realizováno v letech 1984 – 1990 jako tři samostatné ražby (obr. 1):

1. nasazení: Důl ČSA – spojovací překop ČSA 1 – Jindřich (11. patro),
2. nasazení: Důl ČSA – severní a severovýchodní překop do nového pole (11. patro),
3. nasazení: Důl Darkov – spojovací překop Mír – 9. Květen (9. patro).

Všechny ražby byly realizovány v karbonických sedimentárních horninách v hloubce 750 až 1000 m pod povrchem.

První nasazení stroje (1984 – 1985) byla ražba spojovacího překopu mezi hlavními závody ČSA 1 a závodem Jindřich ČSA 3 v délce 1818 m (obr. 1). Ražba probíhala ve svrchní části porubských vrstev (ostravské souvrství) mezi sladkovodním a mořským horizontem Otakara. Tato sekvence je charakteristická střídáním písčitých prachovců hojně laminovaných jemnozrnným pískovcem s rostlinnou drtí na plochách vrstevnatosti, jako převažujícím horninovým typem (zde lokálně označované jako "Otakarské pískovce"). Odlišnost hornin je deskovitá. Vrstevnatá stavba je porušena puklinami s frekvencí 5-10/m. Horniny mimo poruchová pásma jsou suché. Pevnosti hornin v prostém tlaku se pohybují v intervalu 70 až 90 MPa. Horniny lze charakterizovat jako obtížně rozpojitelné a vysoce abrazivní. V celém úseku byly zastíženy pouze jednoduché tektonické poruchy (poklesy). Podíly hornin v raženém překopu jsou uvedeny v tab. 1. Vlastnímu ražení předcházela náročná přípravná etapa, která zahrnovala dopravu částí demontovaného stroje jámou, vybudování montážní a startovací komory a montáž stroje.

Druhé nasazení tunelovacího stroje (obr. 1) bylo realizováno v letech 1986 – 1987 z východního překopu základního závodu Dolu ČSA za poruchou Olše směrem na nerealizovanou jámu Dětmárovice - vtažná a výdušná jáma, jako severní a severovýchodní překop v novém poli. Ražba byla zahájena ve staničení 1040 m a bylo vyraženo celkem 2070 m překopu. Ražba byla prováděna až ke Stonavské poruše. Ta byla ověřena průzkumným vrtem v předpoli stroje. Ražení probíhalo v tektonicky zakleslé kře mezi poruchami Olší a Stonavskou, ve které se dosud nedobývalo. Ražba probíhala ve spodní části doubravských vrstev s výrazně převažujícími prachovci a jílovci. Přesto, že ražba procházela i poruchovými pásmy (tab. 1), jednalo se vesměs o malé poklesy s amplitudou několika metrů bez výraznějšího vlivu na průběh ražby. Horniny mimo poruchová pásma byly suché. Pevnosti hornin v prostém tlaku se pohybují v intervalu 70 až 90 MPa. Jsou to horniny obtížně rozpojitelné a vysoce abrazivní. Podíly hornin v raženém překopu jsou uvedeny v tab. 1. Vrstvy jsou uloženy subhorizontálně (cca do 7°), ukloněny k severu ve směru ražení. Ražení bylo ukončeno ve staničení 3110 m, a to 20 m před mohutným poruchovým pásmem Stonavské poruchy.

Třetí nasazení v délce 2539 m v období 1988 – 1990 bylo provedeno z centrálního závodu Darkov 4, a to 3. severním překopem na závod 9. květen a bylo ukončeno v demontážní komoře na ochozu jámy SuSto 1 (obr. 2). Ražba probíhala až do nafarání poruchy Anna na 3. severním překopu v sedlových vrstvách (karvinské souvrství), dále pak až do ukončení ražby ve svrchních porubských vrstvách (ostravské souvrství). Ražba v sedlových vrstvách v bloku mezi suško-stonavským poruchovým pásmem a poruchou Anna charakterizuje vysoký podíl masivních pískovců (jemnozrnné až střednozrnné pískovce s polohami až slepenců) a současně mocné sloje provážené prachovci v podloží nebo místně i v nadloží slojí. Úklon vrstev byl do 10° k SZ. Horniny mimo poruchová pásma byly suché. Pevnosti nejhojnějších střednozrnných pískovců v prostém tlaku se pohybují v intervalu 40 až 140 MPa. Opět se jednalo o horniny velmi obtížně rozpojitelné a vysoce abrazivní. Druhá část ražby probíhala již ve svrchní části porubských vrstev. V této části dominují opět pevné prachovité pískovce s vložkami písčitých prachovců a horizonty mořského i sladkovodního původu s jílovci a deskovitými jemnozrnnými pískovci a provázené málo mocnými slojkami. Při ražbě byly v průběhu ražby zastíženy větší tektonické poruchy, z nichž nejvýraznější byla porucha Dora v délce asi 10 m. Podíly hornin v raženém překopu jsou uvedeny v tab. 1.

This information suggests that it was in principle a so-called open-mode TBM without a shield, designated for the conditions of mostly stable rock. Adjustments due to requirements for deployment in mine conditions lied before all in installation of the device for assembling of circular steel support behind the cutterhead. Such device enabled assembling of frames of the six-segment circular support and its certain straining against the rock surface during assembling of the last segment. Other devices connected to conditions of the mine operation (ventilation, air-conditioning, dust-extraction, safety barriers) were placed on a long trailing gear, pulled behind the machine.

GEOLOGICAL EXPLORATION

The requirement for development of the geological structure in the mining conditions was determined according to course of the verified tectonics and geological profile in higher levels. Bores from surface (NP) as well as mining bores from higher levels were used in order to form a prognosis. 8 bores were used during the first deployment, 6 during the second and 9 during the third; that makes 23 bores in total with distances of app. 250 – 500 m. From comparison of the predicted geological situation with reality after realization of the excavation it was found that there had only been differences around faulting intersections. However, it proved that next to the geological structure, also additional tensions, coherent with impacts of mining activity in the adjacent rock massif, in vicinity of the excavated structure played a major role.

EXCAVATION CONDITIONS

Use of TBM in the Ostrava-Karvinná Coal District (it was realized between 1984 and 1990 as three independent excavations (Fig. 1):

1. deployment – the ČSA mine – connecting passage ČSA 1 – Jindřich (11th level)
2. deployment – the ČSA mine – northern and northeastern passage into the new field (11th level)
3. deployment – the Darkov mine – connecting passage Mír – 9th May (9th level)

All three excavations were realized within Carbonian sedimentary rocks in depths of 750 to 1000 m below the surface.

First deployment of the machine (1984 – 1985) was to excavate a connecting passage between the main facility ČSA 1 and facility Jindřich in length of 1818 m (fig. 1). The excavation proceeded in upper section of Poruby layers (Ostrava strata) between the fresh-water and salt-water horizon Otakar. This sequence is characterized by alternation of sandy siltstones, abundantly laminated by fine-grained sandstone, with vegetable pulp at layer areas as a prevailing type of rock (locally marked as "Otakar sandstones"). Rocks are disjoining in plates. Layer structure is faulted by fissures with frequency of 5 to 10 per meter. Rocks outside the faulting zones are dry. Measured by simple compression, rock strength ranged between 70 and 90 MPa. Rocks can be characterized as hardly disjoinable and highly abrasive. Only simple tectonic faultings (settlements) were encountered in the entire sector. For fractions of rocks in the excavated passage see table 1.

A complicated preparatory phase preceded the own excavation and included transport of parts of the disassembled machine through the cut, construction of an assembling and starting chamber and assembling the machine.

Second deployment of the machine (fig. 1) was realized during the years 1986-1987 from eastern passage of the main facility of the ČSA mine behind the Olše faulting towards the never realized cut Dětmárovice - suction and exhaust shaft as a northern and northeastern passage in the new field. The excavation was started at point 1040 m and total 2070 m of passage were excavated. The excavation was realized all the way to the Stonavy faulting. This was verified by an exploratory bore ahead of the machine. Excavation proceeded in tectonically locked block between the Olše and Stonavy faults, which has not yet seen any mining activity. Excavation proceeded in lower section of the Doubravy layers with significantly prevailing siltstones and claystones. Despite the fact that the excavation also passed through faulting zones (table 1), it experienced only rather low settlements with an amplitude of several meters without any serious impact on course of the excavation. Rocks outside the faulting zones were dry. Measured by simple compression, rock strength ranged between 70 and 90 MPa. Rocks mostly hardly disjoinable and highly abrasive. For fractions of rocks in the excavated passage see table 1. Layers are deposited sub-horizontally (within app. 7°), dipping to north in direction of the excavation. Excavation was terminated at point 2110 m, 20 m in front of the heavy faulting zone of Stonavy faulting.

Third deployment in length of 2539 m between 1988 and 1990 was realized from the central main facility Darkov 4 through the third northern passage to the facility 9th May and was terminated in disassembling chamber at gallery of the SuSto 1 by-pass (fig. 2). Excavation proceeded up to encounter with the Anna faulting in the third northern passage in Sedlové layers (Karvinná strata), further up to termination of the excavation in upper Poruby layers (Ostrava strata). Excavation between Sedlové layers in a block of Suško-Stonavy faulting zone to the Anna faulting is characterized by a high fraction of massive sandstones (fine-grained to medium-grained sandstones with layers of conglomerates) and simultaneously by a thick streak with siltstones in the underlay and locally also in the overburden. Layers were dipping 10° to northwest. Rocks outside the faulting zones were dry. Measured by simple compression, rock strength of the prevailing medium-grained sandstones ranged between 40 and 140 MPa. Rocks were again mostly hardly disjo-

Tab. 1 Charakteristika prostředí jednotlivých ražeb

Table 1 Characteristics of the environment of individual excavations

Nasazení stroje Machine Deployment	Stratigrafie Stratigraphy	Hloubka od povrchu /m/ Depth from surface /m/	Celková délka ražení /m/ Total length of excavation /m/
1	Nejvyšší část porubských vrstev Highest section of the Poruby layers	930	1818,5
1	Spodní část doubravských vrstev Lower section of the Doubravy layers	930	2071
1	Nejvyšší část vrstev porubských a spodní část vrstev sedlových Highest section of the Poruby layers and lower section of the Sedlové layers	742	2539
Celkem Total			6482,5 m

Nasazení stroje Machine Deployment	Podíl hornin v % / délky ražení v jednotlivých nasazeních PPRS Fractions of rocks (%) out of length of individual deployment of FFHM			
	Pískovce a slepence Sandstones and conglomerates	Prachovce a jílovce Siltstones and claystones	Uhelné sloje Coal streaks	Tektonická poruchová pásma Tectonically faulted zones
1	40,27	58,16	1,94	0,61
2	21,71	65,3	10,24	2,66
3	78,64	16,76	1,65	2,95

DOSAŽENÉ VÝKONY A POSTUPY

Výkony, dosahované v období prvního nasazení stroje, byly značně nevyrovnané. V období zkušební provozu se projevoval vliv ne zkušenosti osádky, po celou dobu ražby pak působily negativně některé technické vlivy, spojené jednak s konstrukcí a poruchami návěsu stroje (který byl realizován u nás) a jednak s mnohdy nedostatečnou kapacitou navazující dopravy rubaniny (přisun a odsun vozů). Rozhodující vliv neměly jen původní geologické podmínky. V průběhu ražení docházelo v úsecích s vysokou koncentrací napětí (např. v oblasti průmětů hran nevyrubaných pilířů v nadloží) k porušování hornin a ke značným nadvýlomům v oblasti vrtací hlavy stroje, které bylo nutno pracně vyplňovat a případně zpevňovat (obr. 3). Rovněž konvergence okrajů díla v těchto úsecích, které dosahovaly ve vzdálenosti 100 m za čelbou až 30 - 40 cm a způsobovaly deformaci ocelové výtuzi, omezovaly průjezdný profil návěsu. Tyto projevy vedly k nutnosti použít v dalších ražbách velmi těžkou ocelovou výtuz z válcovaného profilu 36 - 44 kg/m (při průchodu poruch Dora a Stonavská). Průměrný postup v období 1. nasazení tak činil 7,64 m/den, v období zkušební provozu v roce 1984 pak jen 5,71 m /den. Průměrný denní postup v období druhého nasazení činil 8,93 m/den. V dobrých podmínkách byl běžně dosahován denní postup 11 - 12 m. Měsíční postupy dosahovaly většinou 120 - 270 m. Při třetím nasazení tyto výkony už nebyly překročeny především vzhledem k horším geologickým podmínkám (poruchová pásma, mocné sloje a hrany výrubů v nadloží).

Je nutno konstatovat, že reálné výkony a postupy nedosáhly předpokládaných hodnot a to rovněž přispělo k rychlému ukončení provozu stroje v roce 1990.

VLIV GEOLOGICKÉ STAVBY A HORNICKÉ ČINNOSTI NA PRŮBĚH RAŽBY

Zkušenosti s nasazením tunelovacího stroje v hloubce kolem 1000 m prokázaly, že základním parametrem, který ovlivňuje dosažené výkony stroje, je stabilita výrubu v blízkost čelby. Vedle vlastní geologické stavby, zahrnující přítomnost tektonických poruch a výskyt málo pevných hornin, se výrazně projevil oblastí se zvýšeným napětím, vyvolaným předchozí hornickou činností. Typický případ z prvního nasazení stroje je znázorněn na obr. 3. Zde mimo tvorbu nadvýlomů docházelo i k tenké slupkovitému odprýskávání horniny (slepence, pískovce, písčité prachovce) po obvodu vyvrátaného díla, jako důsledek rychlého odlehčení horniny ražením. Za zmínku stojí velká vzdálenost pilířů v nadloží (až 260 m nad profilem raženého díla). V těchto úsecích docházelo k rychlému porušování hornin v blízkosti ražby a jejich posunu do

inable and highly abrasive. Second phase of the excavation proceeded already in upper section of the Poruby layers. This section was again dominated by solid silty sandstones with inlets of sandy siltstones and horizons of both fresh-water and salt-water origin with claystones and plate-like fine-grained sandstones, accompanied by thin streaks. Larger tectonic faults were encountered during the course of excavation, the most significant of which was the app. 10 m long Dora faulting. For shares of rocks in the excavated passage see table 1.

ACHIEVED OUTPUTS AND ADVANCES

Outputs achieved during the first machine deployment were largely unbalanced. The period of testing operation suffered from the lack of experience of the crew, the entire course of excavation was then hindered by certain technical aspects, connected with framework and defects of the trailing gear (constructed in here) and frequently insufficient capacity of the connecting transport of muck (arrivals and departures of vehicles). Not only the geological conditions played a major role. The course of excavation experienced rock faulting in sections with high concentration of stress (for instance in the area of edge intersections of residual pillars, in the overburden) and large overbreaks in the area of the cutterhead, which had to be filled and eventually reinforced (fig. 3). Also the convergences of edges of the structure in these sections, which reached 100 m behind the face even 30 to 40 cm, reduced the clearance for the trailing gear. These elements led to the necessity to use a very heavy steel support from rolled profile of 36-44 kg/m in the following excavations (during passage through the faultings Dora and Stonavy). Average daily advance during the first deployment reached 7.64 m, during the testing operation in 1984 then only 5.71 m. Average daily advance during the second deployment reached 8.93 m. Favorable conditions commonly enabled a daily advance of 11-12 m. Monthly advances usually reached 120-170 m.

These outputs were not exceeded during the third deployment, especially regarding the worse geological conditions (faulting zones, thick streaks and cut edges in the overburden).

It is necessary to point out that real outputs and advances did not reach the estimated values, which contributed to sudden termination of operation of the machine in 1990.

IMPACT OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND MINING ACTIVITY ON THE COURSE OF EXCAVATION

Experience with deployment of the tunnel boring machine in depth of about 1000 m proved that the fundamental parameter with impact on achieved outputs of the machine lies in stability of the slope at the face. Beside the geological structure, including the occurrence of tectonic faults and lowly solid

profilu raženého díla. Vzniklé nadvýlomy musely být zajišťovány a vyplňovány velmi pracnými a pomalými způsoby.

Ve zhoršujících se geologických podmínkách (především nadvýlomy a závaly spojené s přechodem tektonických poruch a mocných slojí a oblastí průmětu hran nevýrubů výše uložených slojí), které místně provázely ražení TBM, musely být použity doprovodné technologie k zajištění stability díla:

- svorníky pro zesilování výztuže za čelbou raženého díla,
- rychle tuhnoucí pytlovaná betonová směs, tzv. "balbeton" pro zesílení boků v místě rozepření stroje a zakládání nadvýlomů v místě zvýšených přídatných napětí v důsledku tlaku ponechaných nadložních pilířů,
- aplikace injektáže hornin cemento-popílkovou směsí v předpolí ražby překopu v poruchových pásmech.

Likvidace nadvýlomů prováděná pytlovaným betonem případně i betonovými dlaždicemi, stříkaným nebo čerpaným betonem popř. kombinací těchto způsobů, byla náročná na čas a pronikavě snižovala postup i v souvislosti s tím, že konstrukce vlastního stroje nebyla pro takové činnosti uzpůsobena. Ze získaných zkušeností vyplynulo, že ani vysoké pevnosti, abrazivnosti hornin a daný tektonický stupeň porušení masivu nebyly hlavní překážkou pro plnoprofilové rozpojování. Ukázalo se však, že kritickými úseky byly především partie se zvýšeným napětím pod hranami výrubů v nadložních slojích. Nevýhodou bylo, že tyto oblasti nebylo možno předem rozlišit prováděným vrtným průzkumem. U přechodů mocných tektonických poruch, jejichž poloha byla z předchozího geologického průzkumu známa, bylo použito především zpevňujících injektáží v předpolí postupu tunelovacího stroje a vlastní průběh ražby pak již nebyl narušen.

Ve srovnání s realizací komunikačních tunelů ražených na plný profil vrtáním byla v daném případě v OKR provedena stejnou technologií unikátní ražba ve velkých hloubkách (750 a 930 m). Na rozdíl od klasických tunelů, kde probíhá ražení v hornicky neovlivněném masivu a řeší se problémy jen přechodu tektonických pásem nebo poloh hornin a vysokou pevností, zde došlo při prvním a třetím nasazení k ražení v hornicky ovlivněném masivu se všemi průvodními jevy. Toto ovlivnění vyvolalo snížení rychlosti postupu raženého díla a vyžádalo si uplatnění sanačních technologií a tím i zvýšené náklady.

rocks, other significant impact came from the areas with higher stress, caused by previous mining activity. For typical example of the first machine deployment see fig. 3. On top of formation of overbreaks, there were also trends to rock bursting (thin flakes of conglomerates, sandstones, sandy siltstones) around the entire bored structure as a result of too quick relieving of the rock stress by the excavation. Worth mentioning is a large spacing of pillars in the overburden (up to 260 m above profile of the excavated structure). These sections experienced fast faulting of the rock close to the excavation site and their movement into profile of the excavated structure. Occurred overbreaks had to be secured and backfilled using very complicated and slow techniques.

Deteriorating geological conditions (namely overbreaks and cave-ins connected with passages through fault zones, thick streaks and areas of edge intersections of higher located unmined streaks), which locally accompanied the excavation using TBM, required the use of additional technologies in order to secure stability of the structure:

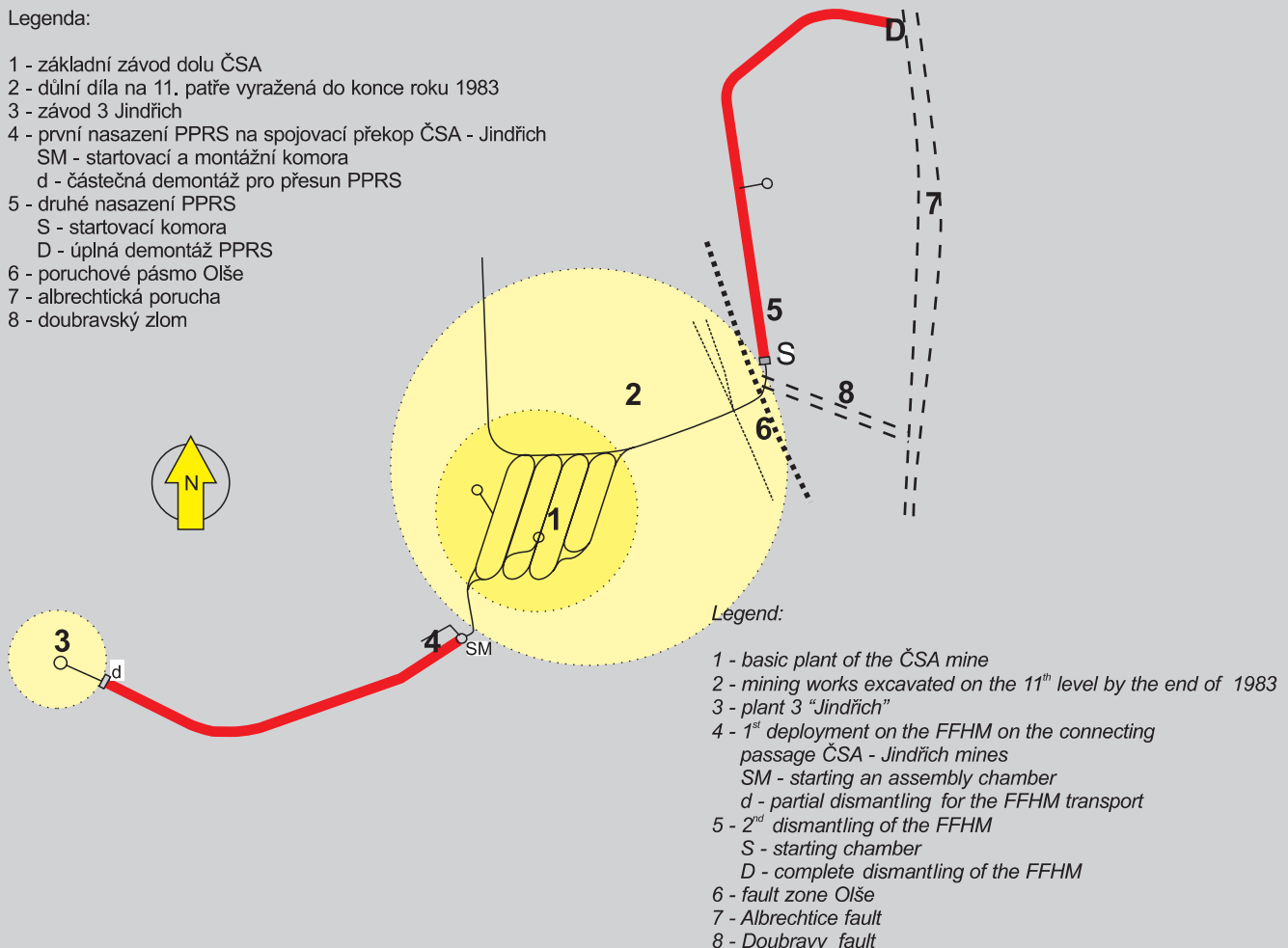
- bolts for strengthening of the support behind the face of the excavated works,
- fast-setting pre-bagged concrete mixture for strengthening of the sides in place of the machine gripping, and backfilling of overbreaks in places of higher additional stresses caused by preserved overburden pillars,
- application of rock grouting using a cement-cinder mixture prior to excavation of passage through fault zones.

Liquidation of overbreaks, realized using pre-bagged concrete and even concrete slabs, shotcrete, pumped concrete or eventually combination of these, required a lot of time and rapidly reduced the advance also with regards to the fact that the structure of the machine was not designed for such activities.

Gained experience showed that not even high strengths, rock abrasiveness or given tectonic level of massif faulting were a major obstacle for a full-profile excavation. At the same time it was proved that critical sections were those with higher stresses below the edges of the stope in overburden streaks. There was a disadvantage in the inability to tell these sections beforehand using a boring exploration. Passages through wide tectonic faults, whose position had been known from previous geological exploration, were secured using reinforcing grouting ahead of the tunnel boring machine, and the course of the excavation was then uninterrupted.

Legenda:

- 1 - základní závod dolu ČSA
- 2 - důlní díla na 11. patře vyražená do konce roku 1983
- 3 - závod 3 Jindřich
- 4 - první nasazení PPRS na spojovací překop ČSA - Jindřich
SM - startovací a montážní komora
d - částečná demontáž pro přesun PPRS
- 5 - druhé nasazení PPRS
S - startovací komora
D - úplná demontáž PPRS
- 6 - poruchové pásmo Olše
- 7 - albrechtická porucha
- 8 - doubravský zlom



Legend:

- 1 - basic plant of the ČSA mine
- 2 - mining works excavated on the 11th level by the end of 1983
- 3 - plant 3 "Jindřich"
- 4 - 1st deployment on the FFHM on the connecting passage ČSA - Jindřich mines
SM - starting an assembly chamber
d - partial dismantling for the FFHM transport
- 5 - 2nd dismantling of the FFHM
S - starting chamber
D - complete dismantling of the FFHM
- 6 - fault zone Olše
- 7 - Albrechtice fault
- 8 - Doubravy fault

Obr. 1 Schéma 1. a 2. nasazení tunelovacího stroje na dole ČSA

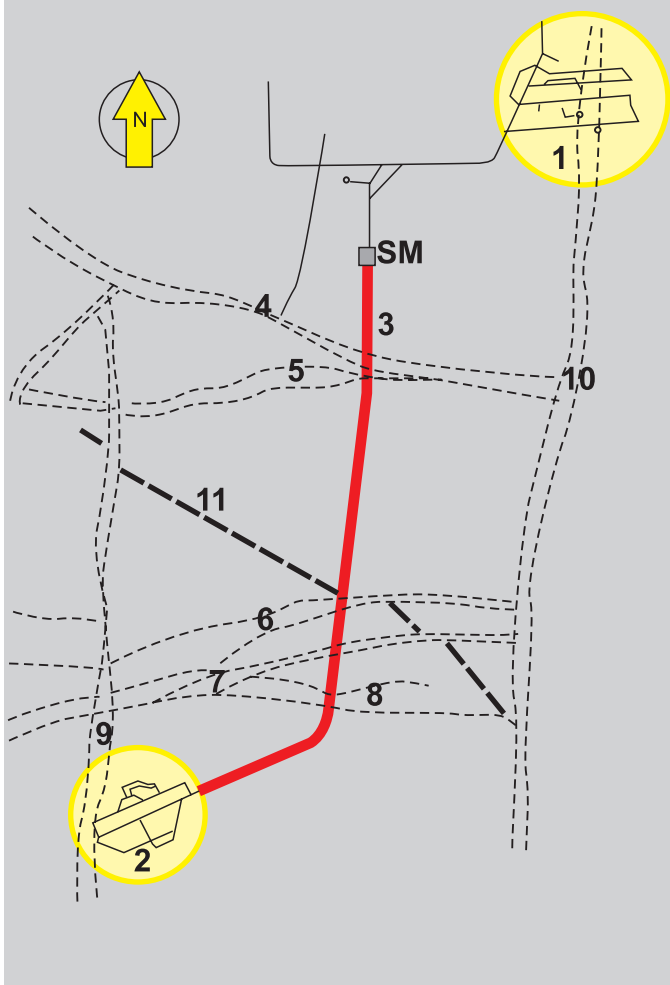
Fig. 1 1st and 2nd deployment of the tunnel boring machine in the ČSA mine

Legenda:

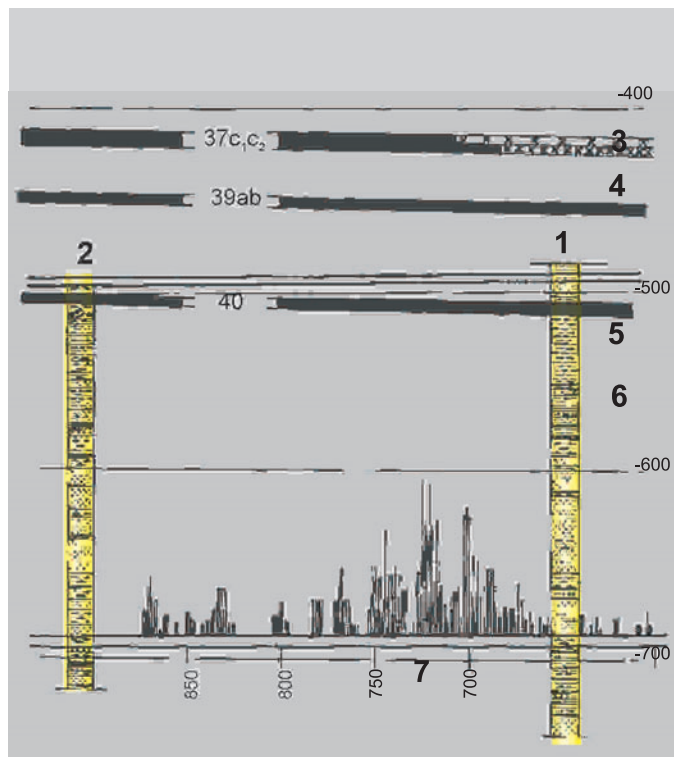
- 1 - Důl Darkov
- 2 - Závod 9. květen
SM - startovací a montážní komora PPRS
- 3 - trasa třetího nasazení
- 4 - poruchové pásmo DORA
- 5 - Sušskostonavská porucha
- 6 - porucha ANNA
- 7 - porucha ALŽBĚTA
- 8 - poruchy KATEŘINA
- 9 - 1. severojižní porucha
- 10 - Albrechtická porucha
- 11 - sloj číslo 40. PROKOP - báze sedlových vrstev

Legend:

- 1 - Darkov mines
- 2 - 9. květen Plant
SM - starting and assembly chamber for FFHM
- 3 - route of the 3rd deployment
- 4 - DORA fault
- 5 - Sušskostonavy fault
- 6 - ANNA fault
- 7 - ALŽBĚTA fault
- 8 - KATEŘINA fault
- 9 - 1st northsouth fault
- 10 - Albrechtice fault
- 11 - seam number 40 "PROKOP" - the base of anticlinal layers



Obr. 2 Schéma 3. nasazení tunelovacího stroje na dole Darkov
Fig. 2 3rd deployment of the TBM at the Darkov mine



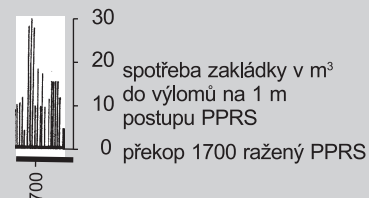
Legenda:

- 1 - průzkumný vrt 90-76
- 2 - průzkumný vrt C10-82
- 3 - část sloje 37c, c₂ vyrubaná v roce

- pískovec
- prachovec
- jílovec



- 4 - sloj 39ab netěžená k roku 1983
- 5 - sloj 40 Prokop netěžená, báze sedlových vrstev
- 6 - porubské vrstvy
- 7 - metráž vyražená PPRS na překopu 1700



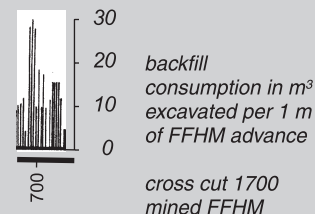
Legend:

- 1 - exploratory drill hole 90-76
- 2 - exploratory drill hole C10-82
- 3 - part of seam 37c, c₂ mined

- sandstone
- siltstone
- mudstone



- 4 - seam 39ab unmined till 1983
- 5 - seam 40 Prokop nomined, base of anticlinal layers
- 6 - Porubské layers
- 7 - lenght mined by FFHM on cross cut 1700



Obr. 3 Nadvýlomů při ražbě v 1. nasazení
Fig. 3 Overbreaks during the 1st deployment

ZÁVĚRY

Nasazení tunelovacího stroje v důlních podmínkách představovalo výraznou technickou inovaci a zcela novou kvalitu v oblasti ražení důlních děl, srovnatelnou s využíváním dobývacích komplexů s posuvnou hydraulickou výztuží v oblasti dobývání. Takto vyražené spojovací překopy vzhledem ke svým rozměrům a charakteru stěn (nízké větrné odpory) dokonale plnily svoji funkci jak v dopravě, tak ve větrání (obr. 4). Zároveň tato technologie předjímala následující vývoj, vyznačující se transformací organizací důlní výstavby na firmy zaměřené na podzemní stavitelství a tunelářství.

Získané zkušenosti prokázaly, že geologický a geotechnický průzkum ražených tras, vycházející z důlních vrtů, v zásadě přináší dostatečné informace, pokud jde o geologickou stavbu masivu, výskyt poruch a slojí apod.

Ukázalo se, že pro výkon tunelovacího stroje nejsou limitními parametry vlastnosti karbonských hornin, ale přechod úseků se zvýšeným přídatným napětím pod hranami výrubů slojí i ve vyšším nadloží, charakter střídání méně pevných a pevnějších hornin v raženém profilu (především výskyt mocných uhelných slojí) a přechod delších úseků tektonických poruch.

Vzhledem k široké škále geologických a geotechnických podmínek hlubinného dolu se prokázalo, že zvolený stroj byl málo přizpůsobivý zejména z hlediska realizace doplňkových stabilizačních technologií (kotvení, injektáže) v předpolí ražby a v blízkosti čelby. V podmínkách větších hloubek se použití konstrukce stroje, který to umožňuje (ať se štítovým pláštěm, nebo bez něj), jeví jako nutnost.

Použití tunelovacího stroje v podmínkách hlubinného dolu je spojeno s dodatečnými nákladnými činnostmi, jako je demontáž rozměrných částí stroje, jejich doprava jámou a následná montáž, výstavba montážních komor, které nezanedbatelně zvyšují celkové náklady. Rovněž sladění nároků ražby TBM především na dopravu rubaniny s důlním provozem a jeho možnostmi je velmi obtížné a zpravidla přináší problémy. To vše se projevilo v nižším výkonu tunelovacího stroje a tím v nepříznivých ekonomických výsledcích.

When comparing with realization of communication tunnels excavated by full-profile boring, in the given case of the OKD a unique excavation using the same technology was carried out in large depths (750 and 930 m). Unlike conventional tunnels, where the excavation proceeds in a massif not affected by mining activity and problems are only being solved when passages through tectonic faults or rock layers with higher abrasiveness are encountered, in this case the first and third deployment experienced excavation in a massif affected by mining activity with all of the described elements. Such impact caused reduction in advance of the excavating works as well as required the application of remedial techniques and thus increased costs.

CONCLUSION

Deployment of the tunnel boring machine in mine conditions introduced a significant technical innovation and a brand new quality in the field of excavation of large mining structures, comparable with the use of mining complexes with advancing hydraulic support in the field of mining. Such mined connecting passages, with regards to their dimensions and character of walls (low air flow resistance), perfectly fulfilled their task both in terms of transport and ventilation (fig. 4). At the same time, such technology preceded the following development, marked by transformation of mining organizations into companies focused on underground engineering and tunneling.

Gained experience proved that geological and geotechnical exploration of mined routes based on mining bores in principle brings sufficient information on geological structure of the massif, occurrence of faults, streaks etc.

It was discovered that output of the tunnel boring machine does not have its limiting parameters in the attributes of Carbonian rocks, but in passages through sections with higher additional stress below edges of streak stopes even in higher overburden, in character of alternation of less and more solid rocks in the excavated profile (before all the occurrence of thick coal streaks) and in passages of longer sections through tectonic faults.



Obr. 4 Vyražený překop

Fig. 4 Completed excavation of the connecting passage

Začátkem devadesátých let došlo k výrazným změnám priorit v černouhelném hornictví. Po útlumu těžby v OKR, a tím i útlumu otvírky a přípravy dolů v jižní části OKR zanikly i požadavky na urychlenou otvírku dlouhými důlními díly na Dole Frenštát. Po ukončení razicích prací na 3. nasazení byl 25. 5. 1990 stroj demontován a dopraven na povrch.

Jako symbol zašlé slávy je dnes vrtací hlava stroje součástí expozice důlních strojů Hornického muzea OKD (obr. 5).

LITERATURA / REFERENCES

Kašpárek Z., Mácha F.: Nasazení plnoprofilového razicího stroje v OKR Uhlí 1/1988 s. 27 - 36

Dvořák D.: Geotechnické podmínky pro ražení plnoprofilovým razicím strojem v OKR

Technickoekonomický zpravodaj VOKD 2/1983 s. 8 - 12

Autoři děkují Grantové agentuře České republiky za podporu řešení projektu č. 105/02/0500, v jehož rámci byl příspěvek zpracován.

With regards to a wide range of geological and geotechnical conditions of a deep mine it was proved that the selected machine was insufficiently adaptable especially from the viewpoint of realization of additional stabilizing technologies (anchoring, grouting) ahead of and around the face. Conditions of a deep mine consider it essential to use a machine that enables this (be that with a shield or without).

The use of tunnel boring machine in conditions of a deep mine is connected with additional costly activities such as disassembling of large parts of the machine, their transport through the stope and subsequent assembling, construction of assembling chambers, all of which remarkably increase total costs. Also the coordination of requirements of the TBM for transport of mined rock with the mining operation and its capabilities is very complicated and commonly brings problems. All that had its effect in lower output of the tunnel boring machine and consequently in unfavorable economic results.

Beginning of the nineties experienced significant changes in priorities of the black coal mining. Along with attenuation of mining activity in the OKD and thus also attenuation in opening and preparations of mines in the southern OKD section, requirements for fast opening of the long mining works at the Frenštát mine vanished. Following termination of excavation works on the third deployment, the machine was disassembled and brought to surface on May 25, 1990. As a symbol of the old glory days, its cutterhead is today part of an exposition of mining machines in the OKD Museum of the mining industry (Fig. 5).



Obr. 5 Vrtací hlava stroje v Hornickém muzeu v Ostravě-Petřkovicích
Fig. 5 Cutterhead of TBM in the Museum of Mining in Ostrava-Petřkovicce

EFEKTÍVNE A BEZPEČNÉ RIADENIE DOPRAVY V TUNELI

EFFECTIVE AND SAFE TRAFFIC CONTROL IN A TUNNEL

DOC. ING. JURAJ SPALEK, Ph.D., DOC. ING. ALEŠ JANOTA, Ph.D.

KATEDRA RIADIACICH A INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV, ELEKTROTECHNICKÁ FAKULTA, ŽILINSKÁ UNIVERZITA

Resumé: Efektívne a bezpečné riadenie dopravy v tuneli vyžaduje koordináciu relevantných nástrojov: náviesenie, vetranie a osvetlenie v tuneli. Primárnymi vstupmi riadenia sú meteorologické podmienky (vlhkosť, smer a rýchlosť prúdenia vzduchu, teplota, atmosférický tlak, opacita), charakteristiky dopravného prúdu (smer, rýchlosť, hustota, kategorizácia) a ich gradient. Optimálne riadenie dopravy možno dosiahnuť multikriteriálnym rozhodovaním a predikciou vlastností operačného prostredia. Vhodným nástrojom pre dosiahnutie cieľových vlastností takého systému je fuzzy logika. V článku je opísaný model riadenia dopravy na báze fuzzy logiky, ktorý by mohol byť potenciálne aplikovateľný v podmienkach mnohých diaľničných tunelov.

ÚVOD

Technologické vybavenie diaľničného tunela je regulovanou sústavou tvorenou snímačmi jednotlivých funkčných celkov a akceptormi - výstupnými členmi sprostredkujúcimi styk s vodičmi. Základnými funkčnými celkami tunela sú dopravný subsystém, bezpečnostné vybavenie a technické zariadenia zabezpečujúce funkčnosť tunela. Správanie sústavy určuje centrálny riadiaci systém podľa vopred vytvorených modelov. Pri návrhu funkčných celkov sa používajú exaktné postupy (výpočet, simulácia, modelovanie) alebo expertné postupy (využitie štatistických metód analýzy historických udalostí, expertné odhady, implementácia fuzzy pravidiel do procesu rozhodovania). Výhody tejto skupiny metód sa prejavujú hlavne pri riešení mimoriadnych situácií (požiar, nehoda). Článok naznačuje niektoré možnosti fuzzy logiky, ktorá by v budúcnosti mohla byť použiteľná pri riadení vybraných technologických celkov rôznych diaľničných tunelov.

RIADENIE DOPRAVY

Ciele riadenia dopravy:

- zachovať plynulosť dopravného prúdu pri dopravných špičkách;
- rozptýliť dopravu v prípade kongescie;
- upozorniť vodičov na zhoršenie poveternostných podmienok (hmla, námraza).

Pred portálmi diaľničných tunelov bývajú pozdĺž úseku diaľnice umiestnené dopravné signalizačné zariadenia (premenné dopravné značky, trojvetelné návěstidlá, informačné tabule) indikujúce rýchlostné obmedzenia pre každý jazdný pruh a tiež výskyt neregulárnych situácií (rôzne dopravné obmedzenia v tuneli, vjazd nadrozmerného vozidla, kongescia dopravy, nebezpečné poveternostné podmienky). Jazdné pruhy v tuneli sú návěstnými rezmí rozdelené na návestné úseky (sekcie). Stratégia riadenia dopravy určuje rýchlostné limity jednotlivých sekcií zodpovedajúce aktuálnym dopravným a environmentálnym podmienkam. Riadenie dopravy sa uskutočňuje na základe analýzy dopravných dát a environmentálnych podmienok.

Environmentálne snímače:

Meteorologické stanice používajú cestné snímače pre meranie teploty povrchu vozovky, vlhkosti povrchu vozovky, hrúbky vodného filmu na vozovke a obsah soli vo vodnom filme. Ďalej detegujú teplotu vzduchu v blízkosti vozovky, množstvo a druh atmosférických zrážok, intenzitu slnečného žiarenia a osvetlenia. K štandardnej zostave mnohých cestných tunelov patria:

- snímače pre meranie opacity ovzdušia;
- snímače pre meranie koncentrácie CO a NO_x;
- meteorologická stanica (snímač atmosférickej vlhkosti a tlaku vzduchu, smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu), a iné.

Spôľahlivosť a presnosť väčšiny používaných snímačov závisí od fyzikálnych vlastností prostredia. Napríklad štandardný salinometer vyžaduje pre meranie zostatkového obsahu soli na vozovke mokry povrch. Okrem toho je chyba snímača často spôsobená "biologickými útokmi" hmyzu, ktorý znečistí povrch vizuálnych detektorov. U konvenčných riadiacich systémov tak dochádza k chybným interpretáciám (detekcia silného dažďa alebo malej dohľadnosti). Dôsledkom môže byť generovanie nesprávnej dopravnej výstrahy [1]. V prípadoch, kedy snímače pochádzajú od rôznych výrobcov, či predajcov, nie sú konvenčné riadiace systémy často schopné vyhodnotiť interakciu signálov od rôznych technologických uzlov s dostatočnou vierohodnosťou.

Dopravné snímače:

- indukčné slučky (používajú sa najmä u starších systémov);
- neinvázne videodetektory (systémy AutoScope, mikrovlnné detektory a pod.);
- dvojité optické závery pre meranie výšky vozidiel.

POUŽITIE FUZZY LOGIKY NA RIADENIE DOPRAVY

Kapacita cestných tunelov býva obmedzená stavebnými podmienkami i sklonovými pomermi. Ako príklad možno uviesť údaje charakterizujúce priepustnosť 4975 m dlhého slovenského tunela Branisko v jednom smere pri 40% podiele nákladných vozidiel a štvorsekundových priemerných odstupoch. Plynulý dopravný tok bol charakterizovaný kapacitou 8978 osobných a 2992 nákladných vozidiel denne, odhady pre dopravnú špičku hovoria o 898 osobných a 300 nákladných vozidlách za hodinu.

Summary: Effective and safe traffic control in a tunnel requires co-ordination of relevant means: signalling, ventilation and illumination inside the tunnel. As primary entries there are used meteorological conditions (moisture, direction and velocity of air flow, temperature, atmospheric pressure, opacity), traffic flow parameters (direction, speed, density, categorisation) and their gradient. Optimal traffic control can be reached through multicriteria decision-making and prediction of operation environment characteristics. To reach the target behaviour of such a system, fuzzy logic can be used as a proper tool. In the paper, a description of a model of traffic control based on fuzzy logic is given that could potentially be applied to conditions of many motorway tunnels.

INTRODUCTION

Technological equipment of a motorway tunnel represents a regulated system consisting of sensors of particular functional units and acceptors - output elements communicating with conductors. Basic functional units of the tunnel are formed by the traffic sub-system, safety equipment and technical equipment ensuring tunnel functionality. System behaviour is determined by the central control system in accordance with models designed beforehand. Exact procedures (computation, simulation, modelling) or expert-based procedures (utilisation of statistical methods of historical event analysis, expert estimations, implementation of fuzzy rules into decision process) are used in design of functional units. Advantages of this group of methods are mainly manifested in solving emergency situations (fire, accident). The paper proposes some of possible capabilities of fuzzy logic that could be used in the future to control selected technological units of different tunnels.

TRAFFIC CONTROL

The objectives of traffic control:

- keep traffic flowing in case of peak traffic;
- slow down traffic at the inflow to congestion;
- warn drivers of deterioration in weather conditions (fog, icing).

In front of portals of the motorway tunnels there is traffic signalling equipment (variable traffic-signs, three-aspect signals, information panels) situated, indicating speed restrictions for each lane as well as occurrence of irregular situations (different traffic restrictions inside the tunnel, a high vehicle arrival, traffic congestion, dangerous weather conditions). The lanes inside the tunnel are sectioned to signalling sections. Traffic control strategy determines speed limit for every individual section corresponding to actual traffic and environmental conditions. Traffic control is realised on the base of a traffic data and environmental condition analysis.

Environmental sensors:

The weather stations use road sensors measuring road surface temperature, road surface moisture, water film depth and salt content of the water film. Near the sense temperature of the air close the road surface, amount and kind of atmospheric precipitations, intensity of the solar radiation and illumination. A standard set used in many road tunnels consists of:

- sensors measuring air opacity;
- sensors measuring CO and NO_x concentration;
- a weather station (sensors measuring air moisture and air pressure, wind velocity and direction) and others.

Dependability and accuracy of most of the used sensors depend on physical attributes of the environment. For example, a standard salinometer needs a wet road surface to measure remaining salt content on the road. Besides measurement problems, sensors frequently fail because of "biological attacks" that cover the surface of visual detectors. Conventional traffic control systems can misinterpret this (as a high rain intensity or low visual range). This can result in generation of a completely wrong traffic warning [1]. In cases when sensors come from different manufacturers or vendors, conventional control systems often cannot evaluate interaction of signals from different technological nodes with a sufficient level of plausibility.

Traffic sensors:

- induction loops (mainly used in older systems);
- non-invasive video-detectors (Auto-Scope systems, micro-wave detectors etc.);
- double optical barriers measuring vehicle height.

USING FUZZY LOGIC FOR TRAFFIC CONTROL

Traffic capacity of road tunnels is usually restricted by both the construction and gradient-ratio conditions. As an example we can give data related to the 4975 m long Slovak motorway tunnel Branisko that characterise its traffic capacity for one direction with 40% share of trucks and 4 sec. intervals on the average. The fluent traffic flow was cha-

Priemerná rýchlosť [km/hod.] Average speed [km/hour]	30	60	80
Priepustnosť tunela [vozidel/hod.] Tunnel capacity [vehicles/hour]	726	800	825

Včasná rozpoznávanie blížiacich sa kolón vozidiel a jej rýchlosti je nevyhnutné pre adaptívne riadenie technológií: vetranie, osvetlenie, dopravné značenie a signalizáciu v tuneli. Naopak, schopnosť systému detegovať ojedinelé vozidlo zvyšuje hospodárnosť prevádzky tunela. Cieľom fuzzy riadenia je obmedziť potrebu korekčných zásahov dopravného dispečera do procesu riadenia a v mimoriadnych situáciách mu poskytnúť variantné riešenia.

Výhody riešenia na báze fuzzy logiky:

- vyhodnotenie informácií od rôznych typov zariadení pracujúcich s rôznou presnosťou;
- dvojnásobnou kontrolou sa zvyšuje vierohodnosť signálov od snímačov;
- pomocou snímačov susedných detekčných stanovišť umožňuje vypočítať substitučné hodnoty chýbajúcich informácií;
- dostatočne presná kategorizácia dopravného prúdu a predikcia jeho parametrov;
- optimalizácia riadenia v kritických situáciách na báze expertných znalostí.

POUŽITIE FUZZY LOGIKY PRE ANALÝZU ENVIRONMENTÁLNYCH PODMIENOK

Pri návrhu metódy pre analýzu stavu povrchu vozovky, opacity, poveternostných podmienok možno využiť skúsenosti z riadenia dopravy na úseku diaľnice B27 Stuttgart City - Stuttgart Airport.

Analýza vierohodnosti snímačov

Vierohodnosť výstupných signálov snímačov sa overuje v dvoch krokoch. Najprv sa vyhodnocuje gradient meraných veličín. Neprimerané zmeny ich hodnôt alebo dlhodobá invariabilita svedčia o poruche snímača [2]. V takom prípade môže fuzzy logický systém regenerovať chybný signál pomocou informácií od iných snímačov. K návrhu takého logického systému sú potrebné expertné meteorologické poznatky o maximálnom gradiente signálov všetkých snímačov, časovom rámci zmien hodnôt a maximálnej možnej zmene gradientu vedúcej k identifikácii nespojitosti meranej veličiny. V druhom kroku sa používajú 4 separátne fuzzy moduly pre vyhodnotenie vzájomne súvisiacich informácií:

A. Modul **"Vlhkosť povrchu vozovky"** - porovnáva údaje indikujúce akékoľvek zmeny vlhkosti vozovky. Modul pozostáva z 5 blokov pravidiel:

- blok pravidiel pre kompenzáciu parametrov hygroskopických snímačov;
- blok pravidiel krížovej kontroly merania vlhkosti povrchu vozovky počas posledných 30 minút;
- blok pravidiel krížovej kontroly snímačov vlhkosti (rosný bod, teplota a vlhkosť vozovky);
- blok pravidiel na diagnostikovanie chybných správ z danej signálnej situácie.

B. Modul **"Teplota povrchu vozovky"** - je určený na výpočet overenej hodnoty teploty povrchu vozovky pomocou krížovej kontroly teplotného signálu, jeho gradientu a množstva atmosférických zrážok.

C. Modul **"Atmosférické zrážky"** - je najkomplexnejším overovacím modulom. Verifikuje existujúce snímače, ktoré indikujú typ atmosférických zrážok pomocou krížovej kontroly overovaného signálu vlhkosti vozovky, pásma viditeľnosti a iných environmentálnych podmienok. Ak snímač odovzdá nevhodné výsledky alebo výsledky nie sú k dispozícii, vypočíta sa náhradná hodnota.

D. Modul **"Opacita"** - vypočíta overenú hodnotu pásma viditeľnosti pomocou dvoch blokov pravidiel, ktoré:

- krížovo kontrolujú pásmo viditeľnosti a kvantitu atmosférických zrážok (napr. počas silného dažďa sa nevyskytuje hmla);
- krížovo kontrolujú pásmo viditeľnosti a vlhkosť vzduchu (napr. hmla sa môže vyskytnúť len v čase vysokej vlhkosti).

Konvenčné dopravné riadiace systémy sú náchylné generovať nesprávne povely na základe chybného vyhodnotenia výstupov environmentálnych snímačov. Prezentovaný prístup pomocou fuzzy logiky umožňuje dospieť k spoľahlivejším výsledkom využitím meteorologických expertíz.

RIADENIE VETRANIA TUNELA

Vetracie zariadenia tunelov bývajú navrhnuté tak, aby udržali hladinu koncentrácie v ustálenom stave pod predpísanou hodnotou za očakávaných dopravných podmienok. Hladinu znečistenia možno dosiahnuť privedením dostatočného množstva čerstvého vzduchu. Klasický radič je schopný vyhodnocovať iba aktuálne hodnoty koncentrácie znečistenia v tuneli a zapínať ventilátory alebo meniť uhol lopatiek ventilátorov "on-line". Tento druh riadenia má mnohé nevýhody - nepriamo väzbu na objem dopravy prostredníctvom merania znečistenia, negatívny vplyv veľkých rušení a obťažuje udrža-

ričané kapacitou 8978 áub a 2992 áub za deň, pre rúš hodiny tam boli odhadnuté 898 áub a 300 áub za hodinu.

Early detection of approaching column of vehicles and its speed is necessary for adaptive control of technologies: ventilation, illumination and traffic signalling inside the tunnel. On the contrary, ability of the system to detect an isolated vehicle increases efficiency of tunnel operation. The fuzzy logic aims to restrict the need of correction actions towards the control process from a traffic dispatcher and to provide alternative solutions in emergency situations.

Advantages of solution based on the fuzzy logic:

- processing of information from different types of equipment working with different accuracy;
- two-stage check increasing plausibility of signals from sensors;
- ability to compute substitution values of missing information with the help of sensors of adjacent detection points;
- sufficiently accurate categorisation of traffic flow and its parameters prediction;
- control optimising in critical situations on the base of expert knowledge.

USING FUZZY LOGIC FOR ENVIRONMENTAL DATA ANALYSIS

To design a method for analysis of the road surface, opacity, atmospheric conditions, we can use knowledge from the traffic control system used at the B27 motorway Stuttgart City - Stuttgart Airport in Germany.

Sensors Plausibility Analysis:

A two-step approach is used to verify plausibility of output sensor signals. First the gradient of measured values is evaluated. Inadequate changes of values or their long-term invariability indicate a faulty sensor [2]. In such a case the fuzzy logic system can regenerate the faulty signal using information from other sensors. To design such a fuzzy logic system, meteorological knowledge about the maximum gradients of all sensors signals, a time frame for required movement of signals and maximum jumps of the gradients to identify discontinuity are acquired from experts. The second step uses four separate fuzzy logic modules to combine interrelated signals:

A. **"Road Moisture"** Module - combines all data indicating any change of moisture or water on the road. The module consists of five blocks of rules that implement:

- a compensation rule block for hydroscopic behaviour of the road moisture sensors;
- a cross check rule block for measurement of road surface moisture during the last 30 minutes;
- a cross check rule block for humidity sensors (dew point, road temperature and road moisture);
- a diagnosis rule block used to derive an error message from the given signal situation.

B. **"Road Temperature"** Module - computes a verified value of the road surface temperature by cross check of the temperature signal, the gradient of this signal and the precipitation.

C. **"Precipitation Type"** Module - is the most complex verification module. This fuzzy logic module verifies existing sensors that indicate the precipitation type by a cross check with the verified signals of the road moisture, precipitation quantity, visual range and other environmental conditions. If the sensor delivers implausible results or is not available, a substitute value is computed.

D. **"Visual Range"** Module - computes a verified value of the visual range by using two rule blocks that:

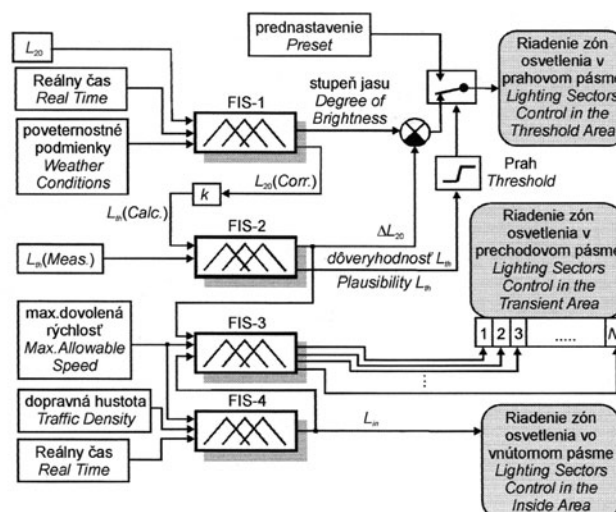
- cross check the visual range with the precipitation quantity (e.g. there is no fog during heavy rain);
- cross check the visual range with air humidity (e.g. fog only occurs during very high humidity).

Conventional traffic control systems are susceptible to generate incorrect commands on the base of faulty evaluation of weather sensor signals. The presented fuzzy logic approach delivers more reliable results using meteorological expertise.

CONTROL OF TUNNEL VENTILATION

The ventilation facilities of the tunnel are designed to keep the concentration level of pollution below the prescribed value in a steady state under expected traffic conditions. The pollution level can be reached by bringing sufficient amount of fresh air.

The classical controller is able to evaluate only actual values of pollution concentration in the tunnel and switch the ventilators or change the blade angle of ventilators "on



Obr. 1 Architektúra riadenia osvetlenia v tuneli
Fig. 1 Architecture of illumination control in the tunnel

nia stability radiča, vyššiu energetickú spotrebu (väčšie množstvo vzduchu ako je nevyhnutné). Riadenie založené na fuzzy logike a predikcii dopravných údajov dovoľuje realizovať prevádzku s hodnotami blízkymi marginálnym úrovňam koncentrácií exhalátov. Možno tak znížiť celkovú spotrebu elektrickej energie.

RIADENIE OSVETLENIA V TUNELI

Cieľom osvetlenia tunelov je zaistiť v priebehu dňa i noci bezpečnosť, plynulosť cestnej premávky a zrakovú pohodu jej účastníkov pri rešpektovaní danej návrhovej rýchlosti. S ohľadom na zrakovú adaptáciu vodiča je osvetlenie tunela kritické v denných hodinách, kedy vodič vchádza z prostredia s vysokou úrovňou jasnosti do prostredia, kde je jeho úroveň nízka. Preto sa v pozdĺžnom smere tunelov rozlišuje 5 pásiem osvetlenia.

- **Približovacie pásmo** je tvorené úsekom komunikácie bezprostredne pred vjazdom do tunela. Hodnota jasnosti približovacieho pásma L_{20} sa meria v 20 stupňovom zornom poli z pohľadu vodiča vo vzdialenosti rovnej celkovej brzdnéj dráhe vozidla pred vjazdom. Závisí od geografickej orientácie, jasnosti okolia, okamžitých atmosférických podmienok, dennej doby, a ročného obdobia;

- Vjazdové pásmo je tvorené **prahovým a prechodovým pásmom**. Práhové pásmo je prvým pásmom v telese tunela, jeho dĺžka je rovná celkovej zábrzdnej dráhe. Hodnota jasnosti prahového pásma je $L_{th} = k \cdot L_{20}$ (napr. v podmienkach tunela Branisko sa rátať o s hodnotou $k = 0.05$). V prechodovom pásmo sa úroveň jasnosti na konci prahového pásma plynulo znižuje na úroveň jasnosti vnútorného pásma. Optimálna dĺžka prechodového pásma umožňuje adaptáciu zraku do doby t po vjazde do prechodového pásma. Hodnota jasnosti sa určuje z empirického vzťahu $L_{tr} = L_{th} (1.9 + t)^{-1.4}$ [3];

- Vo **vnútornom pásmo** tunela sa úroveň jasnosti L_{in} všeobecne udržiava na konštantnej hodnote danej celkovou zábrzdňou dráhou a okamžitou intenzitou dopravného prúdu;

- **Výjazdové pásmo** tunela je úsek, v ktorom je videnie vodiča ovplyvnené jasnosťou prístoru za tunelom. Hodnota jasnosti L_{ex} vo výjazdovom pásmo nie je kritická, lebo obrysy predmetov nachádzajúcich sa vo výjazde sú dobre viditeľné oproti jasnemu otvoru výjazdu.

Pre výpočet osvetlenia tunela je dostupná metodika podľa smernice CIE 88/1990 "Guide for the Road Tunnels and Underpassing". Umožňuje statické riadenie na základe návrhovej rýchlosti tunela a okamžitej hodnoty jasnosti L_{20} .

Osvetlenie v tuneli

Použitie fuzzy logiky na riadenie osvetlenia v tuneli by umožnilo adaptívne riadiť osvetlenie v reálnom čase, zohľadňovať aj okamžitú rýchlosť a intenzitu dopravného prúdu a korigovať nepresne alebo chybné merané fyzikálne veličiny a poveternostné vplyvy. Tým by sa významne prispelo k zvýšeniu úrovne bezpečnosti dopravy a v konečnom dôsledku aj k zníženiu prevádzkových nákladov tunelov.

Primárnymi vstupmi riadiaceho systému bývajú hodnoty jasnosti od jasnomerov, tvorených štyrmi špeciálnymi CCD kamerami. Hodnota jasnosti L_{20} sa meria vo vzdialenosti 80 m pred portálmi, hodnota L_{th} akomodáčnej zóny v telese tunela vo vzdialenosti 100 m od vjazdu. Sekundárnymi vstupmi sú aktuálne parametre dopravného prúdu, poveternostný stav, návestný režim v tuneli a reálny čas.

Pre riadenie sekcií svietidiel v prahovom pásmo sa fuzzy-inferenčným systémom FIS-1 vyhodnocuje hodnota L_{20} v 6 stupňoch: slnečno, polooblačno, oblačno, súmrak, svetlá noc a tmavá noc. Vypočítaná hodnota L_{th} (Calc.) sa vo fuzzy-inferenčnom systéme FIS-2 koriguje meranou hodnotou L_{th} (Meas.) a súčasne sa vyhodnocuje ich dynamika [3]. Rozdiel $\Delta L_{th} = L_{th}$ (Calc.) - L_{th} (Meas.) predstavuje regulačnú odchýlku sústavy. Miera vierohodnosti $MV(L_{th})$ veličiny L_{th} nadobúda hodnoty z intervalu (0, 1). Jej porovnanie so zadanou prahovou hodnotou umožňuje riešiť poruchové stavy prechodom na statické riadenie osvetlenia prahového pásma tunela. V tuneli sa predpokladá N_p sekcií svietidiel v prechodovom pásmo. Ich riadenie je nelineárne a je determinované okamžitou hodnotou jasnosti L_{in} . Preto sú výstupy príslušného fuzzy-inferenčného systému FIS-3 generované pre každú sekciu zvlášť. Tak možno dosiahnuť plynulú zmenu jasnosti na konci prahového pásma a začiatku vnútorného pásma.

Definujú sa odporúčané hodnoty jasnosti na povrchu vozovky vo vnútornom pásmo tunela (napr. vo dne $3 \div 4 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, v noci $1 \div 2.5 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$). Fuzzy-inferenčný systém FIS-4 optimalizuje riadenie sekcií svietidiel podľa aktuálnych dopravných dát.

Pre návrh riadenia jasnosti výjazdového pásma tunelov treba rešpektovať skutočnosť, že predpokladaná premávka je obojsmerná. Z hľadiska bezpečnosti dopravy je viac kritický prechod z približovacieho do výjazdového pásma ako naopak, preto predpokladáme, že riadenie osvetlenia vo výjazdovom pásmo bude identické s výjazdovým pásmom. Architektúra fuzzy riadiaceho systému osvetlenia tunela, ktorá by mohla byť použiteľná v podmienkach tunela Branisko, je na obrázku 1.

ZÁVER

Riadenie tak komplexného technologického celku akým je diaľničný tunel si vyžaduje dôslednú harmonizáciu funkcií všetkých subsystémov [4]. Konvenčné spôsoby riadenia sú ťažkopádne, málo flexibilné a robustné. Cieľom príspevku bolo poukázať na možnosti aplikácie relevantných skúseností z príbuzných realizovaných stavieb a tiež výhody vyplývajúce z použitia fuzzy logiky pre riadenie vybraných bezpečnostne kritických funkcií tunela. Ukazuje sa, že po zvládnutí štádia modelovania a optimalizácie správanie riadiaceho systému by sa fuzzy logika mohla stať významným nástrojom pri zvyšovaní bezpečnosti i hospodárnosti prevádzky cestných tunelov, vrátane tunela Branisko. Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu č. 1/8261/01 "Uplatnenie umelej inteligencie v riadení kritických procesov", podporovaného grantovou agentúrou MŠ SR a SAV SR VEGA.

LITERATÚRA / REFERENCES

- MANGOLD, M. - TRÄGER, K. - LINDEBACH, A.: Efficiency of Traffic Control Systems Focusing on Detection of Environmental Data. Research work for Ministry of Transport, Kassel, 1996.
- SPÁLEK, J. - MOLNÁROVÁ, M.: "Using fuzzy logic in the Critical Process Controlling", Proc. of the 10th International Conference Communications on the edge of Millenniums, University of Žilina, September 9-11, 1998, pp. 97-100.
- PŘIBYL, P.: Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací. Technické podmínky. ELTODO, a. s., Praha, 1997.
- SPÁLEK, J. a kol.: Informačný systém tunela a riadenie dopravy v tuneli. In: Súťažný návrh "Diaľnica D1 Beharovec - Branisko", technologická časť, Zmluva o dielo č. 5-520/97, Křížik, a.s., Prešov - ŽU, Žilina, 1997.
- SCHLOSSER, T.: Inteligentné dopravné systémy. Bratislava: JAGA group, 2001.
- PŘIBYL, P.: Inteligentní dopravní systémy. Technická literatura BEN, Praha, 2001.

line". This kind of control has many disadvantages - indirect coupling to the traffic volume through pollution measurement, negative influence of large disturbances and difficulties of keeping the controller stable, higher consumption of power because (bigger quantity of air blown than necessary). Fuzzy logic control with prediction of traffic data enables to operate with the values close to marginal levels of exhalation concentrations. Thus total electric power consumption can be decreased.

CONTROL OF TUNNEL ILLUMINATION

Realisation of tunnel illumination aims to ensure safety over day and night, fluent traffic operation and visual comfort of all participants respecting a given imposed speed. Considering visual adaptation of drivers the tunnel illumination is critical during day hours because of driver transition from high to low level luminance environment. For that reason five illumination areas are differentiated:

- **An approach area** - road section close to the tunnel entrance. The luminance value L_{20} is measured from the viewing angle of 20° in the distance equivalent to the total braking distance of a vehicle in front of the entrance. It depends on geographical orientation, background brightness, actual atmospheric conditions, time of the day and year season;

- **An entrance area** - is defined by the **threshold and transient areas**. The threshold area is the first area inside the tunnel proper with a distance equivalent to the total braking distance. The luminance value is $L_{th} = k \cdot L_{20}$ (e.g. under conditions of the tunnel Branisko the value $k = 0.05$ was used). In the transient area the luminance level fluently goes down to the level of inside area. Optimum distance of the transient area enables our eye to be adapted up to time t after entering the transient area. The luminance value is determined according to the empirical formula $L_{tr} = L_{th} (1.9 + t)^{-1.4}$ [3];

- **An inside area** - the area with a constant level of the luminance L_{in} given by the total braking distance and actual traffic flow intensity;

- **An exit area** - a driver's sight is affected by background brightness outside the tunnel. The luminance value L_{ex} is not critical since outlines of objects situated in the exit are well seen on the clear background of the exit opening.

Available methodology for computation of tunnel illumination is given in the regulation CIE 88/1990 "Guide for the Road Tunnels and Underpassing". It makes static control possible on the base of designed tunnel speed and actual value of the luminance L_{20} .

Illumination inside the Branisko tunnel

The use of fuzzy logic could make adaptive illumination control in a real time possible, could also enable respecting instantaneous speed and intensity of the traffic flow and making correction of inaccurately or incorrectly measured physical quantities and weather effects. This would significantly contribute to the higher level of traffic safety and consequently to cost reduction of tunnel operation.

As the primary entries of the control system there are luminance quantities from luminance meters used, represented by four special CCD cameras. The luminance value L_{20} is measured in a distance of 80 m from portals, the value L_{th} of the accommodation zone in a distance of 100 m from entrances. Actual parameters of the traffic flow, weather conditions, signalling mode inside the tunnel and real time are the secondary parameters.

To control sections of light fittings in the transient area the value L_{20} is evaluated by the fuzzy-inference system in 6 stages: sunny, half cloudiness, cloudiness, twilight, light night and dark night. Computed value L_{th} (Calc.) is in the fuzzy-inference system FIS-2 corrected by the measured value L_{th} (Meas.) and simultaneously their dynamics is evaluated [3]. The difference $\Delta L_{th} = L_{th}$ (Calc.) - L_{th} (Meas.) represents a regulation deviation of the system. The plausibility $MV(L_{th})$ of L_{th} gets the value from the interval (0, 1). Its comparison with the threshold value makes solution of failure modes possible by transition to static illumination control of the tunnel transient area. In a tunnel N_p sections of light fittings in the transient area are assumed. Their control is non-linear and determined by the instantaneous value of L_{in} . Therefore, outputs of the corresponding fuzzy-inference system FIS-3 are generated for each section separately. Thus a fluent change of luminance can be reached at the end of the threshold area and beginning of the inside area.

The recommended values of luminance in the inside area are defined (e.g. $3 \div 4 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ over day, $1 \div 2.5 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ over night). The fuzzy-inference system FIS-4 optimises control of section illumination in accordance with actual traffic data.

Designing luminance control in the exit area of tunnels we must respect the fact if two-way traffic is assumed. From the point of safety view transition from approaching to entrance area is more critical than the other way round. Therefore, illumination control in the exit and entrance areas is supposed to be identical. The architecture of the illumination control system, as it could be used under conditions of the tunnel Branisko, is shown in Fig. 1.

CONCLUSIONS

Control of such a complex technological unit as a motorway tunnel requires consistent harmonisation of all the subsystems' functions [4]. Conventional ways of control are cumbersome, not flexible and robust enough. The paper has aimed to show possible applications of relevant knowledge gained from related realised constructions and advantages resulting from the use of fuzzy logic to control selected safety-critical functions of the tunnel. It turns out that after mastering the stages of modelling and optimising the behaviour of the control system, fuzzy logic could become an outstanding tool to increase safety and operation efficiency of road tunnels, including the motorway tunnel Branisko.

This work has been supported by the Grant Agency of the Slovak Republic VEGA, grant. No. 1/8261/01 "The Use of Artificial Intelligence for Critical Processes Controlling".

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTION

TUNEL STRENGER

Ve dnech 6. až 8. listopadu roku 2003 uskutečnil Český tunelářský komitét exkurzi na velmi zajímavý tunel Strenger, který se staví v Rakousku na rychlostní komunikaci S 16 několik kilometrů západně od Landecku. Níže uvedený text čerpá z této exkurze a z článku z časopisu World Tunnelling.

STRENGER TUNNEL

The Czech Tunnelling Committee visited the very interesting tunnel Strenger on 6 to 8 November 2003. The tunnel is being built in Austria, on the S 16 speedway, several kilometres west of Landeck. The following text draws from this excursion and from an article published in the World Tunnelling magazine.

ÚVOD

Stará obchodní stezka mezi Tyrolskem s hlavním městem Innsbruckem a nejzápadnější částí Rakouska, kterou je spolková země Vorarlbersko (hlavní město Bludenz), vedla vždy od Landecku na západ proti proudu řeky Rossa. Počátkem 18. století to již byla regulérní silnice pro koňské povozy. Za tehdejší horalskou vesnici St. Anton překonávala v arlberském sedle ve výšce skoro 1800 m nad mořem horský hřeben, který je přirozenou hranicí mezi Tyroly a Vorarlberskem. Stále se však jednalo o sezónní komunikaci, protože v zimních měsících byla cesta přes sedlo i řadu měsíců neprůjezdná.

S rozvojem dopravy význam této dopravní trasy vzrůstá. Nejprve byla jako celoroční komunikace postavena železniční trať, která dlouhým tunelem podchází arlberské sedlo. Silniční doprava však sílí a potřeba kapacitního a celoročně spolehlivého spojení stále roste. Proto byla v roce 1971 zahájena výstavba rychlostní čtyřpruhové komunikace S 16 mezi Landeckem a Bludenzem. Jako první se stavěl její klíčový úsek včetně nejnáročnějšího objektu, kterým byl 14 km dlouhý arlberský automobilový tunel.

Jednotlivé úseky rychlostní komunikace S 16 byly postupně uváděny do provozu, ale později se její výstavba zastavila. Především úsek západně za Landeckem, který je technicky i finančně velmi náročný, čekal na další impuls. Tím byl nejen tlak obyvatel městečka Strengen a dalších vesnic v údolí, kteří musí snášet vrůstající intenzitu automobilového provozu, ale také politické změny v Evropě po roce 1989. Narůstající význam kapacitních komunikací ve směru západ - východ vedl k tomu, že byla v roce 2000 po dlouhých přípravách zahájena stavba rozhodujícího objektu v tomto úseku - tunelu Strenger.

POPIS STAVBY

Jedná se o silniční tunel se dvěma dvoupruhovými tunelovými troubami ražený novou rakouskou tunelovací metodou. Z řady variant byla pro realizaci vybrána varianta s dlouhým tunelem. Důvodem výběru dlouhé varianty tunelu byly ekologické a bezpečnostní aspekty stavby. Pokud by nedošlo k výstavbě tunelu, projíždělo by v roce 2010 městem Strengen 18750 automobilů za 24 hodin. Výstavbou tunelu dojde ke snížení intenzity dopravy až na třetinu. Tunelové řešení zvyšuje bezpečnost silničního provozu, snižuje vznik emisí i spotřebu pohonných hmot, zcela vylučuje lavinové nebezpečí a nebezpečí skalního řízení.

Východní portál tunelu Strenger je situován u osady Pians, západní portál u vesnice Flirsch. Vzhledem ke složitě geologické stavbě strmého údolí s křehkou stabilitou svahů byla trasa obou trub záměrně vedena hlouběji v hoře, neboť se zde očekávaly lepší geotechnické podmínky pro ražbu (viz obr. 1). Z hlediska bezpečnosti provozu je tunel mimo jiné vybaven šesti průchozími a pěti průjezdnými propojkami a 46 požárními a SOS výklenky. Z důvodu úspory investičních nákladů je plocha příčného řezu minimalizována. Toho je dosaženo příčným natočením tunelového profilu, takže tunelová osa je kolmá na rovinu vozovky.

ZÁKLADNÍ PARAMETRY TUNELU

	Jižní tunelová trouba	Severní tunelová trouba
Celková délka tunelu	5 775 m	5 851 m
z toho: ražená část	5 659 m	5 740 m
hloubená část - východ	36 m	26 m
hloubená část - západ	80 m	85 m
Sklon	2,92 %	2,91 %
Nadm. výška		
- východní portál	925,4 m n.m.	925 m n.m.
- západní portál	1 093,4 m n.m.	1 094,2 m n.m.
Průjezdný profil	4,7 x 7,5 m	
Teoretický profil	bez protiklenby 77,1 m ²	
	s protiklenbou 78,8 m ² a 88,4 m ²	
Světlý profil	55 m ²	

Vzorový příčný řez tunelu mimo nouzové zálvy viz obr. 2.

INTRODUCTION

An old trade path between Tyrol, with its capital Innsbruck, and the westernmost part of Austria, the Vorarlberg province (capital Bludenz), always led from Landeck to the west, up the Rossane River. At the beginning of the 18th century, it already was a regular road for horse-drawn carts. Behind St. Anton, then a mountain village, at an altitude of nearly 1,800 m a.s.l., at the Arlberg pass, it crossed a mountain crest, which is a natural border between Tyrol and Vorarlberg. Still it was a seasonal road, because the route across the pass was impassable even for several months in winter.

With developing transport, the importance of this route increased. A railroad passing under the Arlberg pass was constructed as a first permanent connection. Road transportation, however, becomes more intensive, and a need for a capacity and year-round reliable connection keeps growing. For that reason, the construction of the S16 four-lane speedway between Landeck and Bludenz began in 1971. Its key section, including its most demanding structure, the 14 km long Arlberg road tunnel, was built first.

Individual sections of the speedway S16 were opened to traffic in stages, but later the construction work was suspended. The section to the west of Landeck above all, which is technically demanding and costly, waited for a new impulse. The pressure by inhabitants of Strengen and other villages in the valley, who have to suffer the increasing intensity of vehicular traffic, and also the political changes in Europe after 1989 were the impulse.

The growing importance of high-capacity roads in the west - east direction was the reason why the construction of the crucial object of this section, the Strenger tunnel, started in 2000, after a long planning period.

PROJECT DESCRIPTION

The road tunnel, featuring two double-lane tubes, will be excavated by the NATM. The long variant was selected for construction, out of a number of variants, respecting environmental and safety aspects of the construction. Without the tunnel in operation, 18,750 vehicles per 24 hours would pass through Strengen in 2010. The tunnel construction will reduce the traffic intensity to roughly one third. The tunnel solution improves safety of road traffic, reduces emissions and fuel consumption, and completely removes the threats by avalanches or falling rock.

The portal East of the Strengen tunnel is situated at a village Pians, the portal West at Flirsch village. Considering the complex geology of the steep valley with delicate stability of slopes, the alignment of the two tubes was placed deeper under the mountain, because of better geotechnical conditions for mining anticipated at that depth (see Fig. 1).

Regarding operational safety, the tunnel is also equipped with six crosscuts passable for pedestrians, five crosscuts passable for vehicles, and 46 emergency call and fire-fighting niches.

The cross-section area is minimised to save investment costs. This is achieved by rotating the tunnel profile transversally so that the tunnel axis is perpendicular to the carriageway plane.

BASIC TUNNEL PARAMETERS

	Southern Tunnel Tube	Northern Tunnel Tube
Total tunnel length	5 775 m	5 851 m
Out of that: mined part	5 659 m	5 740 m
Cut-and-cover part - East	36 m	26 m
Cut-and-cover part - West	80 m	85 m
Gradient	2,92 %	2,91 %
Altitude - Portal East	925.4 m a.s.l.	925 m a.s.l.
- Portal West	1,093.4 m a.s.l.	1,094.2 m a.s.l.
Clearance envelope	4,7 x 7,5 m	
Excavated cross-section - without invert	77.1 m ²	
- with invert	78.8 m ² a 88.4 m ²	
Net cross-section area	55 m ²	

For a typical tunnel cross section found beyond emergency bays see Fig. 2.

Stavbu tunelu provádí sdružení dodavatelských firem ARGE Tunnel Strengen tvořené firmami Beton- und Monierbau GmbH Innsbruck, Universale Bau AG Salzburg, Alpine-Mayreder Bau GmbH Wals a Jäger Bau GmbH Schruns.

USPOŘÁDÁNÍ TUNELU

Současná bezpečnostní hlediska se promítla do uspořádání tunelu následovně:

- vzdálenost bezpečnostních zálivů šířky 3 m a délky 44,4 m činí 1000 m;
- obě tunelové trouby jsou po 500 m propojeny průchozími, resp. průjezdnými spojovacími chodbami. Chodby vycházející z bezpečnostních zálivů umožní průjezd vozidel záchranné služby a požárníků. Z důvodu nedostatku místa před portály budou u každého portálu v tunelu zřízeny průjezdné chodby pro otáčení vozidel zimní údržby (pluhy apod.);
- vzdálenost mezi místy tíšňového volání je stejně jako v případě požárních hydrantů 250 m.

Požární vodovod bude mít dimenzi DN 125 a z důvodu snížení tlakových ztrát bude propojen přes každou spojovací chodbu i u obou portálů. Napojen bude na existující rozvod a vodojem o obsahu 100 m³, který slouží tunelu Flirsch.

VĚTRÁNÍ TUNELU

Rozměry výrubu jsou ovlivněny také koncepcí podélného větrání, které bude zajišťováno 8 dvojicemi ventilátorů v každé troubě s instalovaným výkonem 720 kW (celkově pro obě trouby 1 440 kW).

ODVODNĚNÍ TUNELU

Odvedení podzemní vody v předpokládaném celkovém množství 20 l/sec bude zajišťováno podélnými drenážemi DN 200 mm, které při spádu 2,9 % poskytnou dostatečnou kapacitu 320 l/sec pro obě tunelové trouby. Drenáže budou u východního portálu zaústěny přímo do recipientu (potok Faldernalbach).

Pro odvedení vod nebo jiné kapaliny (v případě havárie v tunelu) z povrchu vozovky byl stanoven požadavek odvedení 200 l/sec v celkovém množství 50 000 l z úseku tunelu délky 200 m. To vyvolalo potřebu instalovat dvojité gule každých 50 m včetně sifonového uzávěru proti šíření případného požáru. Odtok z tohoto systému bude u východního portálu napojen na stávající čisticí tunel z tunelu Quadratsch.

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území se nachází ve velmi složitých inženýrskogeologických poměrech. Pro povrch území jsou charakteristické mohutné svahové sesuvy a potenciální nestabilita, která se projeví v souvislosti s každým zásahem do terénu. Při volbě trasy bylo snahou situovat portálové úseky mimo sesuvná území. Tento záměr se nepodařilo v případě východního portálu splnit. Jeho umístění bylo předurčeno morfologií údolí a nutností napojení na Pians.

Geologicky je prostor ražby tvořen metamorfovanými horninami – křemitými fylity a slídnatými krystalickými břidlicemi ve velkém rozsahu tektonicky porušenými. Vyskytují se i horniny zcela porušené a nesoudržné.

PORTÁLY

Východní portál u Pians musel být prováděn ve stupňovité stavební jámě kotvené v každé etáži. Vyvolaly to velmi nehomogenní geotechnické podmínky - podrcené horniny až na jemná zrna, říční sedimenty, morény i nestabilita svahu.

Na západě se podařilo pouze portál jižního tunelu situovat tak, že zahájení ražby probíhalo v relativně kvalitní hornině. Ražba severního tunelu však začíná ve svahových uloženinách, které tvoří okraj rozsáhlého starého sesuvu. Ten prošel pravděpodobně od poslední doby ledové dalšími pohyby a současnou stabilitu si vytvářel po celou tuto dobu. Bylo proto naprosto nutné volit takové postupy ražby a zajištění portálové jámy, aby vyvolané deformace svahu byly co nejmenší. Toho se dosáhlo velkým množstvím masivně kotvených železobetonových převážek s kotvami dlouhými až 80 m (viz obr. 3 a 4).

POSTUP RAŽEB

Ražba probíhá s využitím nové rakouské tunelovací metody při horizontálním členění výrubu na kalotu a jádro se dnem. Ražba byla zahájena z obou portálů v březnu, resp. květnu 2001. Ražba probíhala současně na 6. čelbách – 4 čelby v kalotě a 2 v jádru. Na stavbě pracovalo celkem 250 pracovníků sdružení dodavatelských firem a 40 pracovníků subdodavatelů. Výstavba je zajišťována dodavatelskými firmami ve třech osmihodinových směněch, stavební dozor probíhá ve dvou dvanáctihodinových směněch.

Pro ražbu bylo připraveno 7 technologických tříd výrubu, avšak s ohledem na horší geologii bylo použito pouze 5 horších tříd. Maximální délka záběru

The tunnel construction is carried out by the ARGE Tunnel Strengen joint venture consisting of Beton- und Monierbau GmbH Innsbruck, Universale Bau AG Salzburg, Alpine-Mayreder Bau GmbH Wals and Jäger Bau GmbH Schruns.

TUNNEL CONFIGURATION

Current safety requirements were reflected in the tunnel configuration in the following manner:

- *Emergency bays 3m wide and 44.4 m long, built every 1,000 m*
- *The two tubes are interconnected every 500 m by crosscuts passable for people and vehicles respectively. The galleries starting from the emergency bay will allow even big industrial vehicles to pass. Remaining galleries will allow passage of ambulances and fire-fighting vehicles. Regarding U-turning of winter maintenance vehicles (snow ploughs etc.), which is impossible in front of the tunnel due to the lack of space, the cross passages near the portals will allow this turning operation.*
- *Emergency-call niches spacing is the same as that of fire hydrants, i.e. 250 m.*

The DN 125 fire-fighting water supply pipeline will be interconnected through each cross passage and at both portals so that the pressure losses are reduced. This pipeline will be connected to an existing water distribution system and a 100 m³ reservoir serving the Flirsch tunnel.

TUNNEL VENTILATION

Dimensions of the excavation are also affected by the conception of longitudinal ventilation, which will contain 8 pairs of fans in each tunnel tube, each having an installed output of 720 kW (1,440 kW in total for both tubes).

TUNNEL DRAINAGE

Evacuation of groundwater at an anticipated total outflow rate of 20 lt/s will be provided by longitudinal drains DN 200 mm. Their capacity at the given gradient of 2.9% will amount to 320 lt/s for both tubes, which is sufficient. The drains will discharge directly to a recipient (the Faldernalbach creek) at the portal East.

To remove water or another liquid from the pavement (in case of an accident), a requirement was set out that the system must be able to cope with 200 lt/s at a total volume of 50,000 litres, over a tunnel length of 200 m. For this reason, double gullies had to be installed every 50 m, including a siphon preventing the contingent fire spreading. The discharge from this system will be connected at the portal East to the water protection plant of the Quadratsch tunnel.

GEOLOGICAL CONDITIONS

The area of operations is found in very complex engineering geological conditions. Significant landslides and potential instability following any cutting in the terrain are characteristic of the area surface. The design of the alignment followed an idea that the portal sections be placed beyond the landslide zones. This intention was unsuccessful so far as the portal East is concerned. Its location was predestined by the morphology of the valley, and a necessity of connecting to Pians.

From the geological aspect, the area of excavation consists of metamorphic rock types – quartzitic phyllites and micaceous crystalline schist, broken tectonically at a large extent. Even totally broken and non-cohesive rock occurs.

PORTALS

The portal East nearby Pians had to be built in a side-benched excavation pit anchored at each bench level. This was due to very inhomogeneous geotechnical conditions - to fine grains crushed rock, river sediments, moraines and also slope the instability.

On the west, the portal of the southern tunnel tube only was successfully situated to relatively good quality ground. But the excavation of the northern tunnel starts in slope deposits, forming an edge of a vast old landslide. The landslide probably moved frequently during the past ice age, and the process of establishing its current stability has been lasting for all that time. It was therefore absolutely necessary to chose excavation procedures and support of the portal excavation reducing the slope deformations caused by the works to a minimum. This was achieved by many anchored reinforced concrete walers, with anchor lengths up to 80 m (see Fig. 3 and 4)

EXCAVATION PROCEDURE

The excavation is carried out using the New Austrian Tunnelling Method, with horizontal division of the face to the top heading, bench and invert. The work started from both portals in March 2001. Six partial faces were excavated simultaneously, i.e. 4 top headings and 2 benches. The construction has been carried out by 250 workers of the contractor joint venture, and 40 workers of subcontractors. Three shifts of 8 hours each are worked by contractors, while the site supervision takes place in two 12-hour shifts. Originally 7 excavation classes were prepared for the excavation, but only 5 of them, the worse ones, were applied due to worse geology encountered. Maximum round length was not more than 1.7 m. Excepting the portal sec-

nepřesáhla 1,7 m. Ražba probíhala kromě příportálových úseků s nasazením trhacích prací. Aby osádka nemusela při odstřelu opouštět tunel, jsou v tunelu k dispozici ocelové bezpečnostní kontejnery vybavené zásobníky stlačeného vzduchu, osvětlením a telefonem. V nich se při odstřelu a po dobu odvětrání zplodin může ukrýt až 10 pracovníků.

Během ražby byly naštěstí zastíženy pouze nízké přítoky podzemní vody, i ty však vedly vzhledem ke kvalitě horninového masivu k rychlému rozbahnění počvy.

Zajímavý je systém větrání použitý při ražbě. Po proražení několika propojek se vybudovala v jižní tunelové troubě větrná přepážka, za kterou se instalovaly dva ventilátory. Pomocí foukacích luten jeden z nich přímo větral pracoviště v jižní troubě, druhý obdobně přes propojku větral pracoviště v severní troubě. Celá jižní trouba od portálu až k větrné přepážce slouží jako větrná tah, a to i po zahájení realizace sekundárního ostění v této troubě.

Jak už to u podzemních staveb bývá, ne všechny předpoklady se splnily. Po dobrém zvládnutí ražby příportálových úseků se pokračovalo v poměrně slušné geologii, avšak obtiže se proti předpokladům objevily a narůstaly ve vzdálenosti asi 1200 m od portálu. Hodnoty radiální deformace dosahovaly 700 až 800 mm s maximem uprostřed délky tunelu, kde došlo ke zdvínání počvy v kalotě až o 1000 mm. Extrémní deformace líce výrubu vedly k odstřelování hlav u SN kotev a nežádoucím drcením betonu primárního ostění. Proto byly pro umožnění deformace vytvářeny v primárním ostění podélné niky, do kterých se instalují deformační ocelové prvky tvořené ocelovými plotnami propojenými 40 cm vysokými přivařenými trubkami o průměru asi 15 cm. Nejprve se v kalotě používalo až 5 deformačních nik, postupně se jejich počet redukoval až na dvě. Současně bylo prováděno zahuštění kotev. Na vnitřním líci primárního ostění byla z bezpečnostních důvodů osazena síť chráničů pracovníků před odtrženými podložkami kotev. Ke snížení napětí v kotvách způsobeného radiální deformací výrubu byly používány upravené podložky. Na jejich rubu byly jako kompenzační prvek navařeny ocelové trubky o průměru cca 40 mm (viz obr. 5). K plné aktivaci kotvy došlo až po deformaci trubek. Ani tyto kotvy však mnohde nevydržely nárůst deformací a jejich hlavy vystřelovaly do prostoru výrubu. Nárůst deformací v prvních dnech činil až 80 mm za 24 hodin. Obrázek 6 zachycuje stav primárního ostění s osazenými kompenzačními prvky v nikách, dodatečně provedeným dokotvením a ochrannými sítěmi. Desky dodatečně osazených kotev jsou označeny modrými kříži a nejsou dosud deformovány horninovým tlakem.

Vzhledem k tomu, že skutečné deformace výrazně překročily prognózané hodnoty, musely být některé úseky tunelu přeprofilovány. Po těchto zkušenostech pokračovala další ražba s nadvýšením až 80 cm. Úprava nadvýšení profilu s sebou přináší další problémy, které je nutno řešit. Prvním problémem je zvětšení objemu rubaniny o cca 10 m³/bm tunelu s dopadem do objemu materiálu ukládaného na deponiích. Deponie u východního portálu byla v době návštěvy již zaplněná a kapacitu deponie u západního portálu bylo nutno pomoci různých opatření zvětšovat. Přestože prvotní nárůst deformace je poměrně rychlý, dosažení deformace 800 mm probíhá delší dobu. Proto je nutno rozhodnout, zda vyčkat až do ustálení deformací na rychlosti 2 mm/měsíc, či budovat definitivní ostění do deformujícího se primárního ostění. To má dopad na objem betonu definitivního ostění, množství výztuže, čas výstavby a tím do výše investičních nákladů. Větší část definitivního ostění

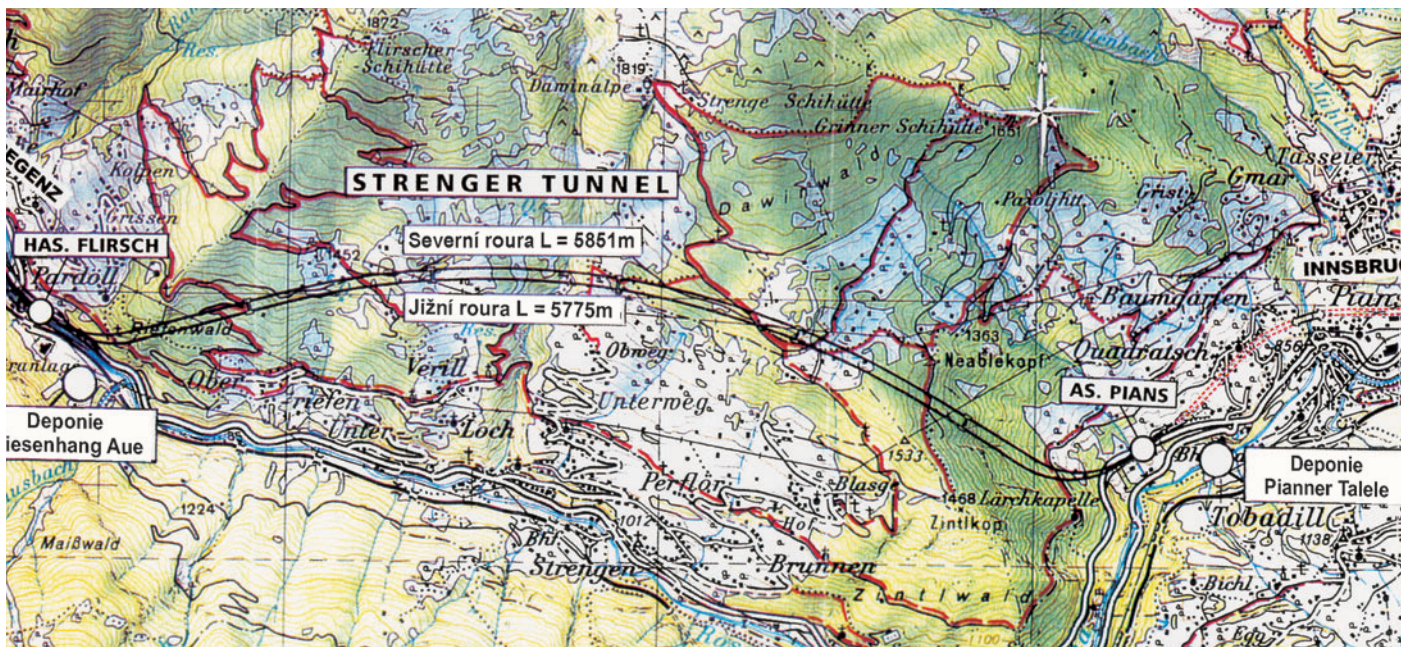
the drill-and-blast was utilised. For the mining crew not to have to leave the tunnel during the blasting, there are steel protection containers equipped with pressurised air tanks, lighting and telephone, available in the tunnel. The containers can provide a shelter for 10 workers during the blasting and defuming.

Fortunately, only low inflows of groundwater were encountered during the excavation. Even those, however, due to the poor quality of the rock mass, caused rapid waterlogging of the bottom.

The ventilation system used for the excavation is also a matter of interest. When several cross passages had been broken through, a brattice was built in the southern tube, with two fans installed behind. One of them ventilated the face in the southern tube through a blower duct, the other one ventilated the northern tube similarly, via the cross passage. The entire southern tube from the portal to the brattice functions as a current of air, even when the work on the secondary lining starts in this tube.

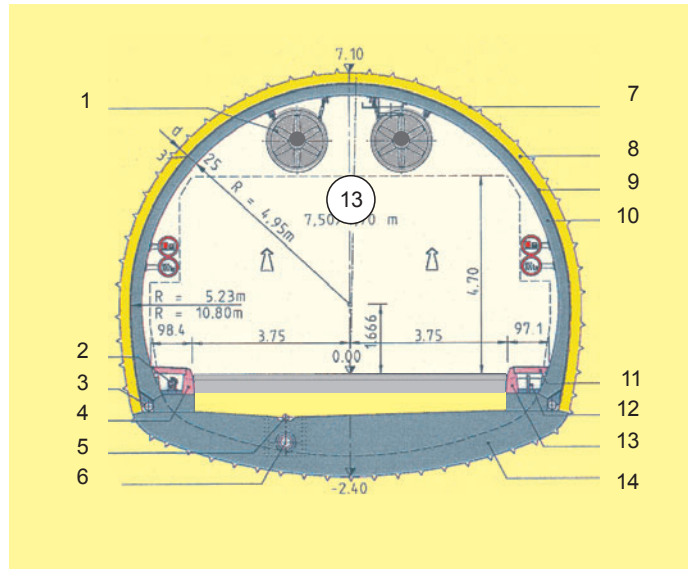
As usual in underground construction, not all assumptions came true. Once the portal sections had been overcome successfully, the excavation continued through rather favourable geology. Troubles, which had not been anticipated, emerged and grew at a distance of about 1,200 m from the portals. The values of radial deformations reached 700 to 800 mm, with the maximum at the tunnel midpoint, where the invert floor heaving occurred up to 1,000 mm. Extreme deformations of the rock face resulted in bursting of the SN anchor heads, and undesired crushing of the concrete primary lining. To prevent this damage by allowing the deformation, longitudinal niches were created in the primary lining, and deformation steel elements, consisting of steel plates interconnected by welding 40cm-high pipes 15 cm in diameter, installed into the niches. At the beginning, up to 5 deformation niches were applied, this number was step-by-step reduced down to two niches. Densening of the anchoring pattern took place simultaneously. For safety reasons, a net protecting the crew from the torn-off anchor washers was fixed to the primary lining surface. Modified washers were used to reduce the tension in the anchors due to the radial deformations of the excavated opening. They had 40mm-diameter pipes welded to their back side as a compensation element (see Fig. 5). The anchor got activated fully after deformation of the pipes. Even those anchors in many cases did not resist the increased deformation, and their heads shot into the excavated space. The increase in deformations in the first days amounted to 80 mm per day. Fig. 6 shows the condition of the primary lining with the compensation elements installed in the niches, additionally applied anchors and protective nets. The plates of the additionally installed anchors, not deformed by the rock pressure yet, are marked by blue crosses.

Since the actual magnitude of deformations was significantly larger than anticipated, some sections of the tunnel had to be re-profiled. Based on this experience, the further excavation continued with overcutting up to 80 mm. The overcutting induces other problems to be solved. The first problem is an increased volume of muck (about 10 m³/lm) and subsequent impact to the volume of the dump sites. The dump site at the eastern portal was already full at the time of our visit, and the capacity of the dump site at the western portal had to be extended by various measures. Despite the fact that the initial increase in deformations was relatively fast, it takes a longer time to achieve a deformation of 800 mm. It is therefore necessary to decide whether the tunnellers are to wait until the deformation rate reaches 2 mm/month, or to build the final lining while the primary lining is still deforming.



Obr. 1 Situace výsledné varianty směřovacího řešení
Fig. 1 Final variants of the horizontal alignment design

- 1 – Ventilátor Da = 1450 mm
- 2 – Rozvod vody
- 3 – Podélná drenáž
- 4 – Obrubník
- 5 – Drenáž
- 6 – Odvodnění vozovky
- 7 – Teoretický výrub 86,2 m²
- 8 – Primární ostění
- 9 – Izolace
- 10 – Definitivní ostění
- 11 – Zakrytí kabelového kanálu
- 12 – Kabelový kanál
- 13 – Obrubník
- 14 – Spodní klenba



- 1 – Fan = 1450 mm
- 2 – Water Distribution
- 3 – Longitudinal drain
- 4 – Curb
- 5 – Drainage
- 6 – Roadway Drainage
- 7 – Neat Line of Excavation 86,2 m²
- 8 – Primary Lining
- 9 – Waterproofing Membrane
- 10 – Final Lining
- 11 – Cable Duct Covering
- 12 – Cable Duct
- 13 – Curb
- 14 – Invert

Obr. 2 Vzorový příčný řez
Fig. 2 Typical cross section

ni tunelu je i v těchto inženýrskogeologických podmínkách navržena z prostého betonu.

Příčinou vysokých deformací výrubu a zdvíhání počvy v kalotě je působení horninového tlaku na takřka svisle uložené vrstvy filitů. Přitom stabilita čelby nevyžadovala mimo nastříkání stabilizační ochranné vrstvy stříkaného betonu žádná opatření. Při ražbě tunelových propojek, tj. kolmo na vrstvy filitů, nedocházelo k žádným komplikacím a deformace se výrazně snížily. Běžná vzdálenost profilů pro měření deformací výrubu je 10 až 15 m, v problematických úsecích se zřizují podle potřeby i každý den.

Z důvodu časového průběhu deformací se přistoupilo k velkému předstihu ražby kaloty. Jádro se razí se značným zpožděním po odeznění hlavních deformací v kalotě. Po odtěžení jádra se urychleně dobírá počva a primární ostění se uzavírá spodní klenbou.

V době exkurze byla jižní trouba zcela proražena a provádělo se v ní sekundární ostění. K prorážce severní trouby chybělo necelých 200 m. Ražba kaloty zde probíhala pouze ze západního směru, protože další ražba z východu byla z důvodu velkých deformací zastavena a probíhalo přeprofilování výrubu.

SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

Projekt předpokládal provedení sekundárního ostění z prostého betonu tloušťky 25 cm, pouze v nouzových zálivech měl být použit monolitický drátkobeton tloušťky 35 cm (viz obr. 7). Ve skutečnosti byl v závislosti na průběhu deformací primárního ostění drátkobeton použit i v některých úsecích mimo zálivy. Některé pasy byly dokonce klasicky vyztuženy sítěmi.

Výsledky geotechnických měření jsou účastníkům výstavby kdykoli k dispozici prostřednictvím internetu. Přístup k datům je chráněn heslem. Výsledky měření jsou podkladem pro dimenzování definitivního ostění. Dimenzování probíhá jednak z hlediska tloušťky ostění, kvality betonu a typu vyztuže (prostý beton, drátkobeton, síť). Pokud není stanoveno jinak, je ostění vestavěno v okamžiku, kdy rychlost deformací nepřesáhne hodnotu 2 mm/měsíc.

DEPONIE PRO RUBANINU

Rubaninu z tunelu nelze využít k žádnému účelu. Je úspěchem, že se v úzkém údolí řeky Rossany podařilo vyřešit místo pro trvalé deponie v blízkosti obou portálů. Rubanina na deponii u východního portálu se odváží auty, zatímco u severního portálu se použilo unikátní nové řešení. Všechna rubanina je předčena a pak pomocí dopravníkového systému ROPECON přemístována na deponii. Jedná se o kombinaci dopravníkového pásu a lanovky. Na podpěrné pilíře jsou ukotvena dvě lana ve dvou výškových úrovních, po kterých se pomocí koleček pohybuje vlastní dopravníkový pás. Kolečka jsou s pásem, který má svislé krajní bočnice, pevně spojena. Koncové výsypné zařízení se po lanech může v určitém rozsahu pohybovat a slouží současně jako jakási napínací a obracíací stanice. Pás se zde zcela otočí, aby se na cestě zpět k místu nakládky pohyboval opět špinavou stranou nahoru (viz obr. 8). Nedochází tedy ke klasickému otočení, jak je známo u dopravníkových pásů.

ŘÍZENÍ STAVBY

Stavba je financována ze státního rozpočtu. Investorem jsou Alpen Strassen AG, které zastupuje ÖBA/ASG, projektantem ILF Consulting Engineers Innsbruck a dodavatelem sdružení firem ARGE ATS.

Trvalý stavební dozor zajišťují vždy 3 lidé ve dvou dvanáctihodinových směnách (2 pro ražbu a 1 pro definitivní ostění).

ming. This decision affects the volume of concrete for the final lining, the quantity of steel reinforcement, construction period, thus the investment costs value. Larger part of the final tunnel lining is in unreinforced concrete even in those engineering-geological conditions.

The reason for the large deformations of the excavation, and the invert floor heaving, is the effect of the rock pressure acting on nearly vertically deposited layers of phyllites. At the same time, the face stability required no other measures (apart from application of a stabilisation protective shotcrete layer). No complications occurred, and deformations were significantly smaller at the excavation of cross passages, perpendicular to the phyllite layers. Common spacing of the excavation deformation measurement profiles is of 10 - 15 m. In troublesome sections the profiles are established as needed, even daily.

Because of the time behaviour of the deformations, the top heading advance ahead of the bench excavation is long. The bench is excavated with a significant delay, when the major deformations at the top heading have faded away. When the bench has been removed, the invert is excavated expeditiously, and the lining is closed by the invert.

At the time of the excursion, the southern tube excavation was completed, and erection of the final liner was in progress. Less than 200 m of excavation remained to the northern tube breakthrough. The top heading excavation took place from the west only, as further excavation from the east had to be suspended and re-profiling carried out.

SECONDARY LINING

The design expected 25 cm thick secondary lining from unreinforced cast-in-situ concrete. Steel fibre reinforced concrete (SFRC) lining 35 cm thick was designed for the emergency bays only (see Fig. 7). In fact, the steel fibre reinforced concrete was also applied to some sections beyond the bays, depending on the behaviour of deformations of the primary lining. Some sections were even reinforced in a standard manner, using welded mesh.

Results of geotechnical measurements are available to the project parties anytime, through the Internet. Access to the data is protected by a password. The measurement results are a basis for proportioning of the final lining. The proportioning covers the lining thickness, concrete quality, and reinforcement type (unreinforced concrete, SFRC, mesh). Unless required otherwise, the lining is erected at the moment when the deformation rate is not higher than 2 mm/month.

MUCK DUMP SITES

The muck from the tunnel cannot be utilised for any other purpose. It is a success that locations for permanent deposition of muck were found in the narrow valley of the Rossane River near both portals. From the eastern portal, the muck is moved to the dump site by dump trucks, while a new unique solution was applied at the northern portal. All muck from this portal is treated by a crusher and moved to the dump site by the ROBECON conveyor system. This system is a combination of a belt conveyor and a cableway. Two cables are fixed to supporting pillars at two levels, with the conveyor belt moving along the cables by means of rollers, firmly connected with the belt. The belt is provided with vertical sideplates. The terminal discharge device can move along the cables within a certain range, and it also works as a tensioning and turning station. The belt turns in the station completely so that it moves back to the loading point again with the dirty side upward (see Fig. 8). This is not a standard way of turning as we know it at standard belt conveyors.



Obr. 3 Zajištění stability západního příportálového úseku tunelu
Fig. 3 Support of the western pre-portal section of the tunnel



Obr. 4 Zajištění stěny západního portálu
Fig. 4 Support of the western portal wall



Obr. 9 Východní portál a stávající komunikace
Fig. 9 Eastern portal and existing road

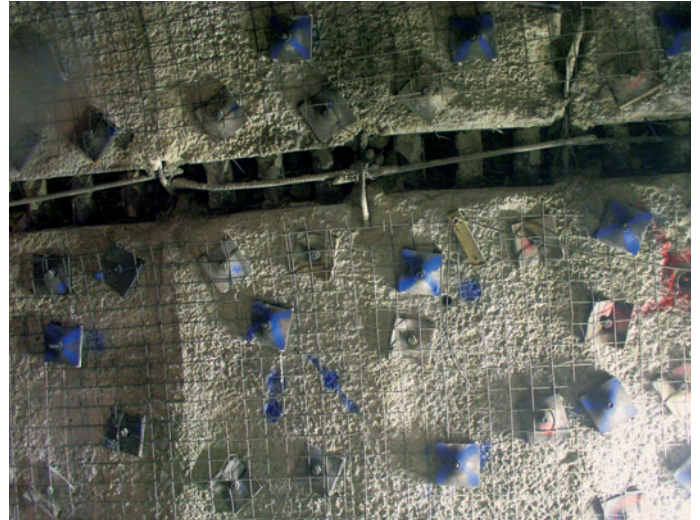
Praktické řízení stavby je v rukou dvou lidí - jeden je pověřený pracovník zastupující investora a druhý zastupuje dodavatelské sdružení firem. Tito lidé na základě komplexního monitoringu a dat vyplývajících i ze zaměřování výrubu rozhodují o dalším postupu, především o použití konkrétní technologické třídy výrubu nebo dalších dodatečných opatřeních. V případě rozdílných názorů pak jako rozhodčí orgán fungují nezávislí experti, v tomto případě profesori innsbrucké univerzity.

PROJECT MANAGEMENT

The project is funded from the state budget. The client, Alpen Strassen AG, is represented by ÖBA/ASG. ILF Consulting Engineers Innsbruck is the designer, the contractor is the ARGE ATS joint venture. Permanent site supervision is provided by 3 persons in each of the two 12-hour shifts (2 for excavation, 1 for the final lining).



Obr. 5 Deformační prvky vkládané do primárního ostění a na desky kotvěv
Fig. 5 Deformation elements inserted into the primary lining and fixed to the anchor face plates



Obr. 6 Dodatečně překotvená oblast s deformačními prvky v primárním ostění
Fig. 6 Additionally re-anchored area with deformation elements in the primary lining



Obr. 7 Definitivní ostění v místě závlivu a tunelové propojky
Fig. 7 Final lining at the bay and cross passage location



Obr. 8 Odtěžování drcené rubaniny dopravníkovým pásem unikátní konstrukce
Fig. 8 Transportation of crushed muck by the unique-design belt conveyor

ZÁVĚR

Při výstavbě tunelu pomocí NRTM byly jako doprovodná opatření použity deformační niky ve stříkaném betonu kaloty. Hodnota radiálních deformací výrubu dosahovala až 800 mm. Pro zajištění stability výrubu bylo použito stříkaného betonu se sítí a kotvami délky 4, 6 a 8 m. K prorážce došlo 11. 10. 2003. Zprovozněním tunelu dojde k výraznému zlepšení životního prostředí odlehčením dopravního zatížení stávající komunikace, snížením množství exhalací a spotřeby pohonných hmot. Rovněž dojde ke snížení nehodovosti a rizika ohrožení dopravy vlivem skalního řícení nebo lavin v zimním období. Obrázek 9 zachycuje stávající situaci v oblasti východního portálu.

Uvedení stavby do provozu bylo původně plánováno na prosinec 2005, ale z důvodu komplikací vyplývajících ze skutečně zastižených geotechnických podmínek se dnes jeví jako reálný termín provozu červen roku 2006. Výše investičních nákladů činí 199,95 mil. EUR.

Zasvěcený a vstřícný výklad poskytli pánové Dipl. Ing. Christian Sprenger za investorskou stranu a Dipl. Ing. Budil za sdružení dodavatelů ARGE ATS.

Practical construction management is performed by two people - one of them is authorised by the client, the other represents the joint venture. On the basis of the comprehensive monitoring and data obtained, among others, from the tunnel surveying, those two people decide on the further procedure, above all on application of a particular excavation class or other additional measures. In case of differing opinions, independent experts (in the given instance professors of the University of Innsbruck) are invited as an arbitration body.

CONCLUSION

Deformation niches in shotcrete lining of the top heading were used as supplementary measures to the NATM at the tunnel construction. The magnitude of radial deformations of the opening reached 800 mm. Shotcrete with mesh and 4.6 to 8 m long anchors were used to secure the excavation stability. The breakthrough took place on 11/10/2003. When the tunnel is opened to traffic, the environment will improve significantly thanks to reduction in the traffic load on the existing road, lowering of the volume of emissions and consumption of fuels. Also the accident rate and risk of threatening the traffic by falling rock or avalanches in winter seasons will drop. Fig 9 shows the existing situation in the area of the eastern portal.

The tunnel inauguration was originally scheduled for December 2005, but, due to the complications following from the actually encountered geotechnical conditions, the date of June 2006 appears more realistic today. The investment cost amounts to EUR 199.95 million.

Well informed and prompt explanation was provided by Dipl.-Ing. Christian Sprenger on behalf of the client, and Dr. Andreas Budil on behalf of the contractor, the ARGE ATS joint venture.

Ing. Miloslav Novotný, Ing. Libor Mařík

AKTUALITY

CURRENT NEWS

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A VE SLOVENSKÉ REPUBLICE

CURRENT NEWS OF UNDERGROUND CONSTRUCTION IN THE CZECH AND IN THE SLOVAK REPUBLIC

(stav k 15. 12. 2003 / as of 15. December 2003)

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL SITINA

Počas jesenných mesiacov roku 2003 sa rozvinuli práce na výstavbe diaľničného tunela Sitina v Bratislave v rámci úseku diaľnice D 2 Lamačská cesta - Staré grunty. Subdodávateľom tunelových objektov pre medzinárodné konzorcium Taisei - Skanska DS sú Banské stavby, a. s., Prievidza, pričom časť prác (sekundárne ostenie a hĺbené tunely) bude vykonávať spoločnosť Váhostav - Tunely a špeciálne zakladania, a. s. Projektantom stavby je Dopravoprojekt, a. s., jeho subdodávateľom pre tunelové objekty bol Infracprojekt, s. r. o. Projektantom realizačnej dokumentácie tunelových objektov je Terraprojekt, a. s., na základe zmluvy s Taisei Corporation. Tunel je razený podľa princípov Novej rakúskej tunelovacej metódy v granitoidnom masíve s nízkym nadložením. Obe tunelové rúry (dĺžky 1415 a 1440 m vrátane hĺbených úsekov) sú razené od južného portálu v Mlynskej doline, podľa platného harmonogramu bude sekundárne ostenie budované v súbehu s razičskými prácami. Uvedenie diaľničného úseku vrátane tunelových rúr do prevádzky je plánované v roku 2007. Z dôvodov medzinárodného obsadenia stavby sa uskutočnili dve slávnosti posväcujúce začiatok prác v tuneli. Dňa 27. októbra 2003 sa uskutočnil bezpečnostný ceremoniál organizovaný Taisei Corporation. Pri ňom zástupcovia japonskej firmy obeťovali soľ, ryžu a saké bohyni hory a prosili ju o ochranu pred úrazmi.

Po tom ako 14. novembra 2003 začali práce na razení východnej tunelovej rúry, Banské stavby, a. s., usporiadali slávnosť požehnaní Svätej Barbory priamo v deň jej sviatku 4. decembra. Slávnostný obrad celebroidal arcibiskup Sokol, prítomní boli okrem iných minister dopravy Pavol Prokopovič, primátor Bratislavy Andrej Ďurkovič s manželkou, ktorá sa stala krstnou mamou tunela, zástupcovia investora a dodávateľských organizácií.

TUNEL HORELICA

V októbri 2003 boli betonážou vozovky ukončené práce na stavebnej časti tunela Horelica. Spoločnosť Váhostav - Tunely a špeciálne zakladania, a. s., v súčasnosti razi únikovú štôľňu paralelnú s tunelovou rúrou. Tunel dĺžky 600 m je súčasťou stavby úseku diaľnice D3 na obchvate mesta Čadca. Uvedenie do prevádzky sa očakáva na konci roku 2004.

ŠTÔĽŇA VIŠŇOVÉ

Spoločnosť Doprastav, a. s., pokračovala v prácach na zriadení definitívnej úpravy ostenia prieskumnej štôľne Višňové dĺžky 7480 m. Úprava prieskumnej štôľne spočíva vo vytvorení sekundárneho ostenia v hrúbke od 5 do 15 cm zo striekaného vláknotbetónu, úprave dna a zachytení horninovej vody. V decembri 2003 je upravených viac než 3 km štôľne, ukončenie prác sa predpokladá v októbri 2004.

TUNELY V SLOVINSKU

V Slovinsku pokračovali pracovníci Banských stavieb v prácach na viacerých diaľničných tuneloch. Dňa 10. 11. 2003 sa uskutočnila slávnostná prerážka tunela Dekani dĺžky 2000 m. Na tuneli Trojane dĺžky 2900 m sa betonuje sekundárne ostenie, pričom do konca zostáva približne 1200 m. Betonárske práce pokračujú aj na 550 m dlhom tuneli Podmilj.

ČESKÁ REPUBLIKA

TUNEL PANENSKÁ NA DÁLNICI D8

Na stavbe úseku diaľnice D8 st. 0807/II, ve které diaľnice prekonáva Krušné hory, byla již zahájena stavba G - Tunel Panenská a ražba západního tunelu probíhá od 1. září 2003. V souladu s harmonogramem byla již také zahájena ražba východního tunelu, a to 1. listopadu 2003. K 15. 12. 03 bylo vyraženo v západním tunelu 474 m kaloty a ve východním 169 m.

TUNEL KRASÍKOV I PRORAŽEN

Jako součást optimalizace železniční trati v úseku Krasíkov - Česká Třebová se staví více než 1 km dlouhý tunel Krasíkov I. Ražba ze západu zajišťovala a. s. Metrostav a od východu a. s. Subterra. Úspěšná prorážka proběhla 28. září 2003.

MĚSTSKÝ SILNIČNÍ OKRUH, PRAHA - PRŮKUMNÁ ŠTOLA PRO TUNEL BLANKA

Ražená průzkumná štola pro budoucí silniční tunel Blanka v Praze již podešla vlastní řečiště Vltavy a její čelo se nachází pod Císařským ostrovem. V současné době se na ostrově hloubí úniková a přístupová šachta a ze štoly se razi propojovací štola směrem k budoucímu dnu šachty.

THE SLOVAKIAN REPUBLIC

SITINA TUNNEL

Works on construction of the motorway tunnel Sitina in Bratislava as part of the D2 motorway section Lamačská Cesta - Staré Grunty advanced during the fall months of 2003. Banské stavby Prievidza, a.s. is a subcontractor of tunnel structures to the international consortium Taisei - Skanska DS, while part of the works will be realized (secondary lining and cut-and-cover tunnels) by Váhostav - Tunely a Špeciálne Zakladania, a.s. Dopravoprojekt, a.s., is the designer, Infracprojekt, s.r.o., is its subcontractor for tunnel structures. Based on a contract with Taisei corporation, Terraprojekt, a.s., develops the detailed design of the tunnel structures. The tunnel is excavated using the New Austrian Tunneling Method in a granite massif with low overburden. Both tunnel tubes (1415 and 1440 m long including cut-and-cover sections) are driven from the southern portal in Mlynské Valley, according to valid timetable, secondary lining will be constructed simultaneously with the excavation works. The motorway section including tunnel tubes is planned to be put into operation in 2007.

The international participation in construction has laid grounds for two festivities marking the beginning of works in the tunnel. A safety ceremony organized by Taisei corporation took place on October 27, 2003. At the occasion, representatives of the Japanese company sacrificed salt, rice and saké to goddess of the mountain and pleaded for protection from injuries.

Following the start of works on excavation of the eastern tunnel tube on November 14, 2003, Banské stavby, a.s., organized a festivity of blessing from Saint Barbara directly on the day of her name day, December 4. The ceremonial ritual was served by archbishop Sokol under presence of the Minister of transport Pavol Prokopovič, representatives of the investor and contracting companies as well as Mayor of Bratislava Andrej Ďurkovič with his wife, who has consecrated the tunnel.

HORELICA TUNNEL

With concrete placement of the carriageway in October 2003, works on the civil engineering part of the Horelica tunnel were terminated. Váhostav - Tunely a Špeciálne Zakladania, a.s., is currently excavating an exit gallery parallel with the tunnel tube. The 600 m long tunnel is part of construction of the D3 motorway section on bypass of Čadca. The tunnel is estimated to be put into operation at the end of 2004.

GALLERY VIŠŇOVÉ

Doprastav, a.s., continued with works on final adjustments to lining of a 7480 m long exploratory gallery Višňové. The adjustment of the exploratory gallery lies in construction of 5 to 15 cm thick secondary lining of fiber reinforced shotcrete, adjustment of the bottom and interception of groundwater. More than 3 km of gallery are adjusted as of December 2003, termination of works is estimated for October 2004.

TUNNELS IN SLOVENIA

Employees of Banské Stavby continued with works on several motorway tunnels in Slovenia. A ceremonial breakthrough of the 2000 m long Dekan tunnel took place on November 10, 2003. Secondary lining is being concreted in the 2900 m long Trojane tunnel, approximately 1200 m are left. Concrete placement works also continue in the 590 m long tunnel Podmilj.

Ing. Miloslav Frankovský

CZECH REPUBLIC

PANENSKÁ TUNNEL ON D8 MOTORWAY

Works on construction of the G structure - Panenská tunnel as part of a motorway section D8 st. 0807/II, where the motorway passes through the Krušné Mountains, has already started and excavation of the western tunnel has been proceeding since September 1, 2003. Excavation of the eastern tunnel tube also started in accordance with the timetable, and thus on November 1, 2003. As of December 15, 474 m and 169 m of calotte were excavated in the western and eastern tunnel respectively.

KRASÍKOV I TUNNEL BROKEN THROUGH

As part of optimization of the railway track Krasíkov - Česká Třebová, a more than 1 km long tunnel Krasíkov I is being constructed. Excavation from the western side was realized by Metrostav, a.s., while from the eastern by Subterra, a.s.. The tunnel successfully broke through on September 28, 2003.

PRAGUE CITY RING ROAD - EXPLORATORY GALLERY FOR THE BLANKA TUNNEL

Mined exploratory gallery for the future road tunnel Blanka in Prague already passed under the river basin of Vltava and its face is currently below the Císařský island. As of now, an exit and access shaft is being sunk on the island and a connecting gallery towards a prospective bottom of the shaft excavated from the gallery.

Ing. Miloslav Novotný

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB

FROM THE UNDERGROUND CONSTRUCTION HISTORY

TUNELOVÁNÍ KANÁLU V HUTNÍ ODVALOVÉ HALDĚ

ÚVODEM

Kladno, ty černé Kladno, ty město se sty komínů... Tak začíná oblíbená romantická, ale dnes už zapomenutá písnička z dávného života Kladenských, mezi jinými i kladenských valčíků a jejich pomocníků. Práce na hutích nebyla nijak lehká, už jen proto, že museli zacházet s těžkým materiálem - železem, litinou, ocelí. Pracovali v prostředí, které odpovídalo charakteru materiálu a jeho měnícímu se stavu: od žhavého po studený, od suchého po mokré. Vždyť při válcování se vodou končilo.

Před polovinou minulého století vznikl problém v kanále, který odváděl okujové odpadní vody z válcoven hutě Koněv Spojených oceláren Kladno do vzdálených usazovacích nádrží zvaných Layerka. Na vysvětlenou těm, kdo neznají hutní terminologii: okuje jsou oxidy železa, které odpadají ze žhavého železa do vody při průchodu válcovacími stolicemi. Problém se nepodařilo nezdát být příliš závažný. Jednalo se pouze o to, že se kanál ve své spodní části začal zanášet okujemi a dalšími látkami z válcovenského procesu.

Avšak každá anomálie v tomto kanále by měla být už od svého vzniku pokládána za závažnou, neboť kanál byl starý; pocházel z roku 1885. Navíc byl neopravitelný, protože se nacházel pod desítky metrů vysokou odvalovou haldou hutě Koněv. Také jeho vnitřní rozměry byly tak malé, že byl přístupný jen zčásti a pro případné opravy už vůbec ne.

Problém byl dočasně vyřešen tak, že byla určena skupina čistíků, kteří lezli od konce kanálu do jeho přístupnější části o rozměrech 100x130 cm, tj. od jeho ústí za haldou, samozřejmě za plného provozu válcoven, tedy v odpadní vodě, v níž nabírali usazené okuje a pak je dlouhou cestou vynášeli ven. Práce to byla velmi namáhavá, protože vyhrabaný kal byl těžký, dělníci mohli chodit jen v sehnutém stavu a to vše se odehrávalo v nehygienickém prostředí, v němž se nikomu pracovat příliš nechtělo. Tato činnost byla málo efektivní a bez perspektivy na změnu k lepšímu. Naopak, s přibývajícím lety se množství usazených látek zvětšovalo, tím se musel zvyšovat počet čistíků, až vznikla velmi početná kanalizační četa. Bylo zřejmé, že se kanál neustále více propadá. Pro válcovnu z nenápadného problému postupně vznikla velká hrozba. Chod válcovny visel na vlásku a tím vláskem byl kanál pod haldou hutě Koněv. Bylo nutno rychle jednat.

V dnešní době, kdy význam železa pro národní hospodářství není zdaleka tak velký jako tehdy, lze si jen těžko představit důležitost zachování plynulé výroby válcovny. Proto se stalo odstranění poruchy v kanále prioritní záležitostí.

Jak ale opravu provést, když byla v cestě řada překážek, zejména vysoká halda hutě, sestávající v různých polohách z neznámého výsypového materiálu, který se zde za desetiletí existence hutě nashromáždil?

ZJIŠTĚNÍ ROZSAHU DEFORMACÍ KANÁLU

Jedinou možností, jak zjistit rozsah deformace, bylo měření uvnitř kanálu za jeho plného provozu. Geodetům nezbylo, než se s geodetickým náčiním proplížit v odpadní vodě, za současného polohopisného i výškopisného měření, od bodu 1 až tam, kam to šlo, tedy k bodu označenému 6 (viz. obr. 1). První dvě měření uskutečnili pracovníci Sdružení kamenouhelných dolů Kladno a navazující další kontrolní měření v roce 1963 pracovníci odboru nové techniky Spojených oceláren Kladno pod vedením Ing. Čecha. V jakých podmínkách geodeti pracovali, charakterizuje zvolání Ing. Čecha - klíčícího u nivelačního stroje poblíž bodu 6 - na autora článku, který držel nivelační lať: „Pane inženýre, nešplouchejte, teče mi voda do pusy!“

Výsledkem měření bylo zjištění, že kanály od válcoven, které se spojují v bodě 6 do jednoho, jsou relativně v pořádku, a teprve kanál od jejich spojení až po ústí pod haldou, kde přechází v otevřený žlab vedoucí až do usazovacích nádrží, je deformován.

VOLBA ZPŮSOBU OPRAVY POŠKOZENÉHO KANÁLU

Hledáním nápravných opatření se SONP zabýval delší dobu. Nalézání řešení se postupně ukazovala jako nereálná. Nakonec zbylo jako poslední nadějně řešení nahradit vadnou část kanálu novým kanálem vyraženým v tělese haldy. Jeho vybudování se však s ohledem na různorodé hmoty ukládané do haldy jevílo jako mimořádně obtížné. Díky odvaze pozdějšího dodavatele Výstavba kamenouhelných dolů Kladno se k tomuto řešení přistoupilo.

Omezující podmínky pro návrh štolového řešení:

- zrekonstruovat kanál za plného provozu válcoven,
- nový kanál musí odvést veškeré odpadní vody jako doposud,
- kanál musí být průchozí a musí být vybaven tak, aby usazené okuje mohly být vyklizeny relativně v suchu (i nadále se předpokládala funkce čistící čety).

KONEČNÉ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Trasa nového úseku kanálu (viz. obr. 1) byla situována jižně od trasy dosavadního poškozeného kanálu. Začínala poblíž otevřeného žlabu, na který se nový úsek musel napojit, podcházela těleso vlečky, pak vstoupila do tělesa haldy a skončila v prostoru spoje stávajících kanalizačních větví od válcoven. Základová spára kanálu ležela v úrovni 331,68 až 332,05 m n. m. (Jadran). Rostlý terén byl přítom podle geologického průzkumu na úrovni 328,00 (u portálu) až 330,54 m n. m. (u rozvětvení). Svrchní vrstvu rostlého terénu tvořily tuhé až pevné jíly o mocnosti asi 2 m. Problémy se objevily hned při ražení štoly pod železniční vlečkou, v jejímž podloží byl nejen materiál z výkopů, ale i struska a sypké materiály sklovitého charakteru. Tomu se muselo přizpůsobovat vystrojení štoly a stejně obezřetně se muselo postupovat i pod haldovým tělesem, kde se vyskytovaly nejrůznější zrnité až sklovité materiály včetně kovových zbytků.

Světlý profil štoly s betonovým oštěním byl navržen o rozměrech 180 x 195 cm, tedy průchozí. Kanál byl ve dně rozdělen svislou železobetonovou dělící příčkou o výšce 80 cm na dvě části tak, aby v jedné polovině mohla téci okujová odpadní voda a ve

TUNNELING OF CANAL IN THE STEEL-WORKS WASTE DUMP

INTRODUCTION

"Kladno, you black Kladno, the city of hundred chimneys..." these are the first words of a romantic but now forgotten song about the former life of Kladno citizens, including the workers of a rolling mill and their assistants. Their job was not easy in any way, if only for the fact that they had to deal with heavy materials - iron, cast iron and steel, while working in conditions that corresponded to the character of processed materials, with its state from hot to cold or dry to wet, as the rolling mills also required working with water.

Around the middle of the previous century, a problem arose in the canal, which drained mill-scale waste water from rolling mills of the steel works Koněv of United steelworks Kladno (Spojené ocelárny Kladno) into the distant sedimentation basins called Layerka. For those not familiar with the metallurgical terminology, scales are ferro-oxides, which fall off the iron into water, which cools down the rolling-press when the hot iron is running through. At first, the problem did not appear very serious, as the only issue was that the bottom of the canal was becoming filled with scales as well as with other substances from the rolling process.

First I have to stress that any anomaly in this canal should have been considered serious from the beginning, since the canal is very old, being built already in 1885, but also due to the serious fact that it was irreparable because it ran below tens of meters high waste dump of the steel works Koněv. Also his inner dimensions were small, so that it was partially accessible from the inside and for outside repairs not at all.

The problem was temporarily solved by forming a group of cleaners, who crept from the canal's ending into its more accessible section with dimensions 100 x 130 cm. That is from a mouth behind the waste dump, naturally under full operation of the rolling mill, when they gathered sedimented scales from the waste water and carried it a long way out. It was a very rough job, as the dugout material was very heavy, the workers could only move in a stooping position, and all that took place within an unhygienic environment, which was apparently not an attractive job for many. Moreover, the job had a very low effectiveness and brought no prospects of improvement. To the contrary, with passing years the amount of sedimented substances grew, therefore the number of cleaners had to grow as well up to the point when it became a large waste-water treating squad. It was apparent that the canal is sinking, the later, the more. An inconspicuous problem has evolved into a grave threat for the rolling mills. "Operation in the rolling mills hangs on but a thread, and that thread is the canal lying below waste dump of the steel works Koněv. Something has to be done with this!"

In present day, when the significance of iron in national economy is far lower than it used to be, it is hard to imagine the importance of operation of such rolling mills and consequently the importance of finding a solution for defects in the canal. However, how it is possible to carry out the rectification with some many obstacles, especially considering the high waste dump of the Steel works Koněv consisting of an unknown filling material in particular levels being gathered throughout decades of existence of the steel works?

MAIN OBSTACLES PRIOR TO PROPOSAL FOR REMEDIAL WORKS

How to determine the extent of deformations in the canal?

The only possibility how to determine the extent of deformations was a measurement inside the tunnel under full operation. Surveyors had no choice but to crawl with their surveying equipment in the waste water, from point 1 marked on fig. 1, while simultaneously measuring altitude and position as far as they could, i.e. to the point 6. First two measurements were carried out by employees of the Association of Coal Mines and Quarries Kladno (Asociace kamenouhelných dolů Kladno) while the supplementary check measurements later on in 1963 by the employees of the New Technique (Nová technika) department of the United Steelworks of Kladno (Spojené ocelárny Kladno) under the leadership of Ing. Čech. Conditions in which the surveyors had to work are best described by exclamation of Ing. Čech while he was kneeling down to the leveling device close to the point 6, pointed at the author of this article who was at the time holding the leveling staff: "Mr. engineer, please stop splashing water around yourself, it's flowing into my mouth!"

As a result of this measurement there was an ascertainment that the canals from rolling mills are relatively fine up to their connection at point 6, and that the canal is technically deformed only from their connection on to the mouth point below the waste dump, where it changes into open canal that brings the water all the way into the sedimentation basins.

What kind of remedial method of the defected canal to select?

The SONP (United Steelworks) searched for remedial measures during a longer period of time. Discovered solutions were gradually proving as unviable until there was only one last viable solution left, which lied in replacement of the defected canal section with a new canal, constructed in tunnel through the waste dump, although its construction with regards to diverse materials disposed had appeared very challenging. Thanks to boldness of the potential contractor Constructions of Coalmines and Quarries Kladno (Výstavba kamenouhelných dolů Kladno), such solution was adopted.

RESTRICTING CONDITIONS OF PROPOSAL FOR THE SOLUTION

- to reconstruct the canal under full operation of the rolling mills;
- new canal has to be able to carry away all waste water as before;
- canal has to be passable and properly equipped so that sedimented scales could be disposed in relatively dry conditions;
- cleaning squad is to maintain its operation.

TECHNICAL SOLUTION

The route of the new canal section (see fig. 1) was situated south of the route of the old sunken canal. It began close to the old open canal, on which the new section had to link, then it underpassed a railway siding, entered the body of the waste dump and finished in the area of connection of the two old canal arms from the rolling mills while crossing them both. Foundation bottom of the canal lied at the level of 331,68 to 332,05 meters above sea level (Adriatic sea). According to geological exploration, the actual surface ranged from 328 (at the portal) to 330,54 (intersection of the two arms) meters above sea level, while the upper layer of the actual surface consisted of up to 2 m thick solid to consistent clays.

Problems arose already during excavation of tunnel below the railway siding, which had been constructed not only out of dugout materials, but in that particular area also out of

druhé zůstal suchý pochozí chodník pro obsluhu, čištění a revize. Protože výškové poměry neumožňovaly provedení kanálu o spádu větším než 1 promile, bylo nutno i nadále počítat s čištěním. Proto byl vybaven dřevěnými stavítky, aby mohl být průtok vody veden střídavě jednou a pak zas druhou polovinou kanálu. Usazené okuje bylo tak možno nechat vysoušet a následně vyklízet v odvodněném stavu. Oproti minulosti to představovalo značný pokrok.

Navazující venkovní žlab byl navržen jednoduchý, protože pro čištění byl přímo přístupný.

Vzhledem tomu, že část ražené štolý ležela pod vlečkou a část pod haldovým tělesem, bylo její ostění řešeno ve dvou variantách: první o délce 22,0 m a druhá 132,5 m. Každá část byla odlišně dimenzována, pod vlečkou mohutněji. Celková délka činila 154,5 m.

V obou úsecích byla použita k provizornímu vystrojení důlní výztuž z profilové oceli ZV 17. Tato profilová výztuž zůstala jako ztracené bednění v hotovém díle. Práce v prvním úseku byla povolena výhradně bez použití trhavin. Na obr. 2 je patrný příčný řez kanalizační štolou v prostoru pod haldou. Štola byla ukončena běžným svislým portálem.

Napojení kanálu do stávajícího žlabu si vyžádalo vybudovat před portálem obdobně otevřené přípojné žlaby s odvodněním do blízké průmyslové kanalizace. Tím bylo zajištěno odvodňování okují a čištění kanálu.

Zvláštním režimem bylo řízení napojování obou stávajících větví od válcoven, protože přítok odpadní vody nesměl být ani krátkodobě zastaven. K tomu účelu byl vypracován speciální podrobný harmonogram, podle kterého musela být především kompletně ukončena výstavba od ústí kanálu až k rozvětvení včetně otevřeného žlabu a všech dřevěných stavítek a teprve pak bylo možno přistoupit k postupnému napojování obou kanalizačních větví na novou kanalizační štolu.

ZÁVĚREM

Novou kanalizační štolu se podařilo vybudovat díky projektantům odboru nové techniky SONP Kladno, kteří zpracovali v roce 1964 zadávací projekt, a projektantům Výstavby kamenouhelných dolů Kladno, kteří byli v roce 1965 autory prováděcího projektu. Realizační složka téhož podniku pak výstavbu zajistila v letech 1965-6.

Ing. Jaroslav Kočí
bývalý projektant SONP Kladno
recent designer of SONP Kladno

cinder materials of powdery glass-like consistency. The tunnel support had to be adjusted to this material and in the same way it was necessary to continue also below the waste dump, which held materials of diverse kinds including the grainy glass-like ones or metal leftovers.

Net profile of the proposed concrete canal vault with flat bottom was designed to be 180 cm wide and 195 cm high, therefore as passable (see fig. 2).

At the bottom, the canal was divided into two parts using a 80 cm high dividing wall of reinforced concrete, so that one half would hold a running scale waste water while the other a dry passage for cleaning and maintenance activities. As the height conditions prevented increased descent of the canal and it was thus necessary to construct it with a minimal gradient of 1 o/oo, it was essential to take into consideration future cleaning and the canal was accordingly equipped with wooden gates, so that the water flow could be alternately diverted into one half or the other as convenient, and therefore the sedimented scales could be always dried out in the half currently not in operation and subsequently disposed in dry condition, which is by itself a great improvement when compared to the past. The connecting outside canal was designed as very simple, because it was directly accessible for cleaning.

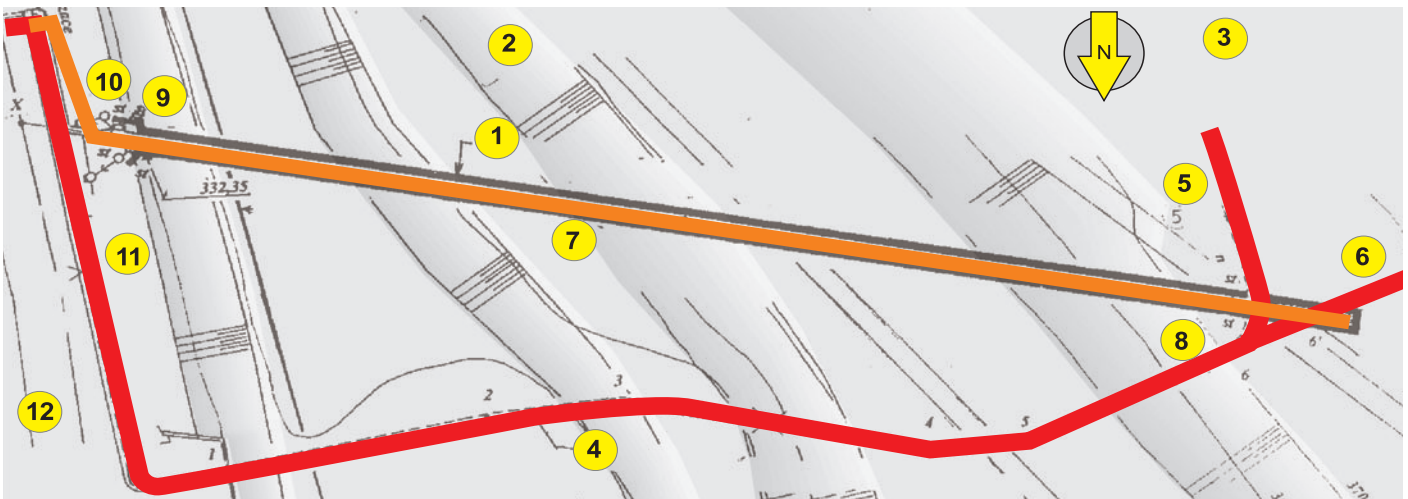
With regards to the fact that part of the tunnel lied below the railway siding and part below the waste dump, canal in the tunnel was realized in two sections: first section was 22 m long while the second 132,5 m; each section had different dimensions, the one below the siding was longer. The total canal length then reached 154,5 m.

As a temporary support, a colliery arches from profiled steel ZV 17 were used in both cases, with each section varying according to its specific conditions. The profiled steel ZV 17 remained as a sacrificial formwork in the completed structure. Works on the first section were allowed only using drilling hammers and without blasting. Fig. 2 shows a distinct cross profile of the canal in area below the waste dump. The canal was terminated by a vertical portal.

Connection of the canal to the current canal required a construction of similar open connecting canals in front of the portal, equipped with drainage into the adjacent industrial sewerage for draining of water from drying sedimented scales as well as canal cleaning. Connection of the two old canal arms from the rolling mills required a special solution, as the inflow of wastewater could not be stopped for even a short period of time. A special detailed timetable was elaboration for the solution, according to which, in summary, construction of the canal from the beginning all the way to both arms, including the open canal and wooden gates, has to be fully completed prior to step-by-step completion of connection to the both arms and the rest of the gallery ending.

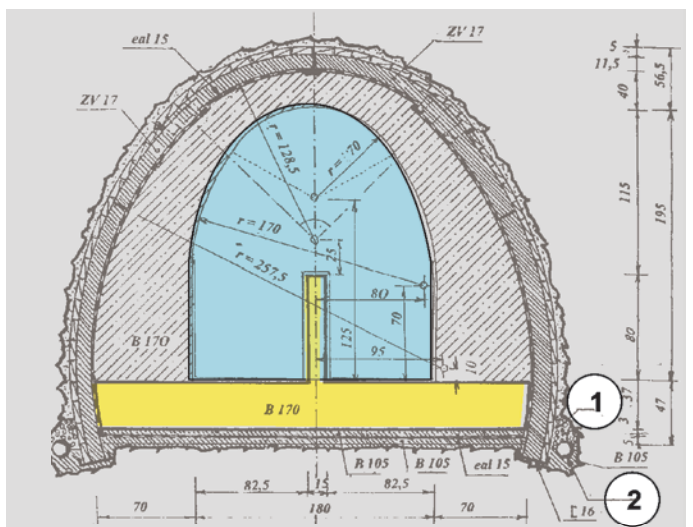
CONCLUSION

The new canal was successfully constructed thanks to the effort of designers of the department of New technique of SONP Kladno, who elaborated the master project in 1964, of designers of the Constructions of coalmines and quarries Kladno, who elaborated the detailed design in 1965, as well as of the construction team from the very same company, who subsequently carried out the works in 1965-6.



Obr. 1 Situace kanálu pod haldou
Fig. 1 Layout of the canal under the waste dump

1. Nový kanalizační sběrač 1,80 x 1,95 m, dl. 154,5 m ve štolu
New sewer 1.80 x 1.95 m, 154.5 m long, inside the gallery
2. - 3. Odvalová halda bývalé hutě Koněv
Former Koněv Steel-Works' waste dump
4. Původní rušený propadlý kanál 1,00 x 1,30 m
Original sunken canal 1.00 x 1.30 m being cancelled
5. Východní větev od válcoven
Eastern branch from the rolling mills
6. Západní větev od válcoven
Western branch from the rolling mills
7. Spád dna kanálu 1 ‰
Bottom gradient of 1 ‰
8. Dřevěná stavítka
Wooden gates
9. Dolní portál
Downstream portal
10. Nový otevřený žlab
New open canal
11. Starý otevřený žlab
Old open canal
12. Průmyslová ulice
Průmyslová Street



Obr. 2 Příčný řez kanálem pod haldou
Fig. 2 Cross section of the canal under the waste dump

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

10. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY 2003

THE 10th INTERNATIONAL CONFERENCE UNDERGROUND CONSTRUCTION 2003

Český tunelářský komitét ITA/AITES uspořádal ve dnech 18. - 20. 11. 2003 další mezinárodní konferenci odborníků z oblasti pozemního stavitelství. Tyto konference patří spolu s časopisem TUNEL k nejvýznamějším aktivitám ČTuK. Na významu jim nic neubírá to, že se konají jednou za tři roky - spíše se zdá, že tím jejich prestiž stoupá. Ta letošní byla jubilejní desátá a důstojně se řadí k předchozím.

Konference se konala pod záštitou pražského primátora MUDr. Pavla Béma, který se však vzhledem k velkému pracovnímu zaneprázdnění nemohl konference zúčastnit. Po zahájení konference předsedou přípravného výboru Prof. Ing. Jiřím Bartákem, DrSc., přednesl úvodní projev první náměstek primátora Ing. Bürgemeister, který díky své stavařské erudici výstižně charakterizoval podstatné municipální problémy v oblasti dopravy a souvisejícího podzemního stavitelství. Následující projev předsedy ČTuK Ing. Jindřicha Hesse nastínil problematiku hlavních zájmových oblastí našeho oboru a vyzval všechny účastníky, aby se aktivně podíleli na průběhu konference.

Konferenční jednání bylo rozděleno do čtyř tematických okruhů:

- podzemní urbanismus a ekologické aspekty podzemních staveb,
- vývoj, výzkum a projektování podzemních staveb,
- provádění, vybavení a bezpečnost podzemních staveb,
- údržba, sanace a rekonstrukce podzemních staveb.

Tyto tematické okruhy jsou na naše konference zařazovány pravidelně, jejich naplnění příspěvků není sice zdaleka rovnoměrné, ale zkušenost ukazuje, že ve všech okruzích jsou prezentovány příspěvky kvalitní a všeobecně poučné, takže vyřazení některého z méně obsažených okruhů by nebylo vhodné. Ve sborníku konference bylo otištěno 91 příspěvků (počty v jednotlivých tematických okruzích 9 + 29 + 45 + 8), necelá polovina příspěvků (včetně úvodních přednášek jednotlivých okruhů) byla prezentována přímo na konferenci a lze objektivně konstatovat, že vesměs na velmi dobré odborné úrovni. Zvláště je nutno vyzdvihnout formální kvalitu prezentovaných příspěvků, která na letošní konferenci dosáhla dosud nejvyšší úrovně.

Předsedy jednotlivých tematických okruhů byli Ing. Jiří Romancov, CSc., Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., Ing. Petr Vozarik (Ing. Jiří Smolík v podokruhu provozní bezpečnosti podzemních staveb) a Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., kteří jednání sekci i bohatou následnou diskusi s odborným i organizačním přehledem řídili.

V každém tematickém okruhu byly předneseny úvodní klíčové příspěvky (Ing. Miloslav Novotný, Ing. Radek Bucek, PhD, Prof. Ing. Zdeněk Eisenstein, Ing. Willy de Lathauwer - bezpečnost provozu, Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.), které velmi fundovaně zobecňovaly problematiku jednotlivých témat a vesměs byly přijaty s velkým zájmem (bohužel nemohly být z časových důvodů publikovány ve Sborníku příspěvků).

Dvoudenní konferenční jednání proběhlo za stálého zájmu účastníků konference, pro něž byla navíc v předšálí k dispozici velmi obsažná výstavka čin-

The Czech Tunnelling Committee (CTuC) ITA/AITES held another international conference, gathering civil engineering professionals, on 18 - 20 Nov. 2003. Those conferences, together with publishing the TUNEL magazine, belong among the most important activities of the CTuC. Their importance is not detracted by the fact that they are held at three-year intervals. It rather seems that their prestige has been soaring. The last conference, the tenth in the line, meaning a special jubilee for the organisers, was a dignified successor of the previous ones.

The conference took place under the auspices of MUDr. Pavel Bém, Lord Mayor of Prague, who unfortunately was not able to be present in person due to other work obligations. The opening address was given by Ing. Bürgemeister, first vice-mayor, after Prof. Ing. Jiří Barták, who opened the conference. Ing. Bürgemeister, knowing the civil engineering sphere well, characterised precisely fundamental municipal problems in the field of traffic and the associated underground construction. The following address given by Ing. Jindřich Hess, the CTuC chairman, outlined the issues of the main fields of our industry, and called upon the participants to take an active share in the conference proceedings.

The conference programme was divided into four key topics:

- Urban underground planning and environmental aspects of underground construction
- Development, research and design of underground structures
- Implementation, equipment and operational safety of underground projects
- Maintenance, rehabilitation and refurbishment of underground structures

The above key topics are regular topics in our conferences. Their filling by individual papers is far from even, but our experience suggests that all papers within all key topics are of high quality and generally informative value. Therefore cancellation of one of less frequented key topics would have been unwise.

The conference proceedings contain 91 papers (9 + 29 + 45 + 8 in terms of the particular key topics), with nearly a half of the papers (inclusive of the contributions opening the individual key topics) presented directly at the conference, mostly at a very good professional level. First and foremost, the formal quality of the presented papers is to be appreciated, being the highest to date at this conference.

Chairing the particular key topics were: Ing. Jiří Romancov, CSc., Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., Ing. Petr Vozarik (Ing. Jiří Smolík for the sub-topic Operational Safety in Underground Facilities), and Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. They controlled the presentations within their particular sections, and the following wide discussion with great professional and organisational skill.

Initial keynote papers for each key topic, presented by the respective chairmen (Ing. Miloslav Novotný, Ing. Radek Bucek, PhD, Prof. Ing. Zdeněk Eisenstein, Ing. Willy de Lathauwer - Operational Safety, Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.), generalised the issues of the individual key topics, and were mostly accepted with great attention (unfortunately they could not be published in the Conference Proceedings due to time limitations).



Obr. 1 Pohled na předsednický stůl při prezentaci příspěvků
Fig. 1 View of the chairman desk during the presentation of papers



Obr. 2 Přátelský večer při cimbálové muzice v prostorách Břevnovského kláštera přispěl k úspěchu konference
Fig. 2 Evening party in the Břevnov monastery with live cimbalon music contributed to the success of the conference

ností odborných firem tuzemských i zahraničních. Konferenční jednání jako celek výstižně zhodnotil Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., a poděkoval všem, kteří se zúčastnili vlastní konference a její odborné i organizační přípravy. Oficiální závěr konference provedl Prof. Ing. Zdeněk Eisenstein, někdejší prezident ITA/AITES.

Konferenci odborně připravil devatenáctičlenný přípravný výbor v čele s Prof. Bartákem a organizační stránku konference bezproblémově zvládla agentura Bonus. Mezi dvěma přednáškovými dny byl pro účastníky konference připraven diskusní večer v nádherných prostorách Břevnovského kláštera, který se stal mimořádným zážitkem jak pro zahraniční hosty, tak pro domácí účastníky konference.

Třetí konferenční den se konala exkurze na staveniště tunelu Mrázovka a trasu metra IVC1, kterou výborně připravili pracovníci firem Metrostav a Subterra. Celkem se konference zúčastnilo 317 hostů ze 13 zemí (263 domácích a 54 zahraničních), navíc ještě 20 vysokoškolských studentů s bezplatným přístupem. Účast na konferenci svědčí bezesporu o potřebě příslušníků tunelářské společnosti vyměnit si zkušenosti a získat nové znalosti a kontakty.

Přípravný výbor se sešel ještě naposledy 12. 12. 2003, pochvalně i kriticky zhodnotil všechny aspekty přípravy konference a zpracoval konkrétní doporučení, aby příští konferenci v roce 2006 (nebo v případě úspěšné kandidatury světovou konferenci v r. 2007) bylo možno uspořádat ještě kvalitněji.

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
předseda přípravného výboru
Chairman of the Preparatory Committee

The two days of the conference negotiations passed in conditions of uninterrupted attention of the conference participants, for whom also an ample exhibition displaying activities of professional companies, both domestic and foreign, was available in the vestibule. The conference negotiations were assessed as a whole by Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. He thanked everybody who took part in the conference proper and the professional and organisational preparation of the conference. The official closing address was given by Prof. Ing. Zdeněk Eisenstein, former ITA/AITES president.

The professional preparation of the conference was performed by a nineteen-strong committee headed by Prof. Barták, and the Bonus agency, which coped with the organisation issues without problems. A discussion evening party was prepared for the conference participants between the two days of reading the papers, in gorgeous rooms of the Břevnov monastery. It became an outstanding event for both the foreign guests and domestic participants of the conference.

An excursion to the Mrázovka tunnel and the IV C1 Metro line, prepared excellently by employees of Metrostav and Subterra, took place on the third conference day. In total, 317 guests from 13 countries (263 domestic and 54 foreign) took part in the conference (plus 20 university students enjoying free admittance). The participation in the conference proves explicitly that the tunnelling society members need exchange experience and gain new knowledge and contacts.

The steering committee met for the last time on 12 Dec. 2003. They assessed all aspects of the conference preparation in both an appreciating and critical manner, and elaborated concrete recommendations so that the quality of the future conference to be held in 2006 (or, in case of success in the efforts to host the World Conference, in 2007) could be even higher.

KONFERENCE ŽELEZNICE 2003

RAILWAY CONFERENCE 2003

Kongresový sál hotelu Olšanka v Praze 3 se stal ve dnech 12. - 13. listopadu 2003 už 8. setkáním investorů, projektantů, zhotovitelů a správců železničních staveb.

Témata konference:

- aktualizace investičních priorit železnic ČR do roku 2010
- příprava modernizace III a IV tranzitního železničního koridoru
- příprava a realizace modernizace železničních uzlů ležících na TŽK
- kraje a regionální tratě, jejich údržba a rozvoj
- novinky v oblasti železničního stavitelství a technologie

Podle zákona České republiky č. 77/2002 proběhla zásadní reforma železničního systému ČR. Dosavadní státní organizace České dráhy byly transformovány na akciovou společnost České dráhy a současně vznikla i státní organizace Správa železniční dopravní cesty (SŽDC). Mezi obě nástupnické organizace byla převedena i převážná část majetku státní organizace České dráhy. Na SŽDC přešlo hospodaření s majetkem státu, který tvoří železniční dopravní cesty. Z pohledu ekonomiky SŽDC nese náklady na modernizaci a náklady na rozvoj železniční dopravní cesty a zajištění provozuschopnosti ve veřejném zájmu. Jednotliví dopravci, tedy i ČD, a. s., hradí SŽDC poplatky za užívání dopravní cesty.

Na konferenci byla vysvětlena role SŽDC hlavně v oblasti investic, přípravy, realizace a financování.

Na této organizaci leží i zajištění priorit, modernizace čtyř tranzitních koridorů, racionalizace, investice a modernizace rozhodujících železničních uzlů v trase koridorů.

Z významných příspěvků na konferenci, které se dotýkaly investičních záležitostí nových staveb obsahujících i tunelové objekty:

- Ing. Pavel Švagr – Činnost SFDI a pravidla financování programů, staveb a akcí z rozpočtu SFDI.
- Ing. Igor Kokojan, ČR ČD – Příprava modernizace III. Tranzitního železničního koridoru, kde vedle problematiky vlastní přípravy a financování byly rozebrány i otázky technické asistence ISPA a plnění jejich podmínek a požadavků.
- Ing. Jiří Tesař, Subterra, a. s. – Postup prací na tunelech Krasíkov. Příspěvek je věnován poznatkům z realizace tunelů na optimalizaci traťového úseku Krasíkov – Česká Třebová, kde se na výstavbě tunelů podílely firmy Subterra a Metrostav.

Na konferenci byly předneseny i velmi zajímavé příspěvky zabývající se stavbou Nového spojení v Praze, přestavbou železničního uzlu Brno či modernizací železničního spojení Praha-Ruzyně – Kladno.

Na tuto listopadovou konferenci, která byla převážně zaměřena na problematiku přípravy a financování široké škály železničních staveb a problematiku jejich udržování v provozuschopném stavu, naváže už začátkem příštího roku další, která se bude výhradně zabývat stavebně důležitou součástí železničních staveb, a to objekty mostními a tunelovými.

Ing. Petr Vozarik

The congressional auditorium of the Olšanka hotel in Prague 3 hosted already the eighth meeting of investors, designers, contractors as well administrators of railway structures during November 12-13, 2003.

Topics of the conference:

- update on investment priorities of railways in the CR until 2010
- preparation of modernization of the III. and IV. railway transit corridor (RTC)
- preparation and realization of modernization of railway intersections on the RTC
- regions and regional railways, their maintenance and development
- news from the field of railway engineering and technologies

According to the Act no. 77/2002 Coll. of the Czech Republic, a fundamental reform of the railway system in the CR is underway. Existing public corporation Czech Railways was transformed into joint-stock company Czech Railways (CR a.s.) and parallel public corporation Administration of Railways (AR). Both succession organizations have taken over substantial portion of assets of the public corporation Czech Railways. The AR goes on administrating the public estates comprising all railway tracks. Economically speaking, the AR will carry the costs of modernization and development of railway tracks and for providing their operational ability while advocating public interest. Individual carriers, including CR a.s., are to pay fees to the AR for maintenance of railway tracks.

The AR's role mainly in the field of investment, preparation, realization and financing was further clarified at the conference.

This organization is also responsible for carrying out the priorities - modernization of four transit corridors, rationalizing, investment and modernization of crucial railway intersections on the corridor.

Selected contributions from the conference, which dealt with investment matters of new constructions including tunnel structures:

- Ing. Pavel Švagr – Activity of SFDI (Public fund for development of infrastructure) and rules for financing of programs, constructions and events from the SFDI budget.
- Ing. Igor Kokojan, CR a. s. – Preparation of modernization of the III. railway transit corridor, where beside issues of the own preparation and financing he also dealt with the ISPA technical assistance and fulfillment of its conditions and requirements.
- Ing. Jiří Tesař, Subterra a. s. – Progress of works in the Krasíkov tunnels. Contribution was devoted to the knowledge from realization of tunnels under the project Optimization of the railway section Krasíkov – Česká Třebová, where the companies Subterra and Metrostav took part in the tunnels' construction.

Very interesting contributions dealing with construction of the New Connection in Prague, reconstruction of the railway intersection Brno or modernization of the railway connection Prague-Ruzyně – Kladno have been also delivered at the conference.

There will be another conference already in the beginning of next year, focused solely on bridges and tunnels as important part of railway constructions. It will be building on this November's conference, focused rather on the issues of preparation, financing of wide range of tunnel constructions, and maintaining proper operating condition.

SILNIČNÍ KONFERENCE 2003

ROAD CONFERENCE 2003

Tradiční už 11. Silniční konference investorů, projektantů, dodavatelů i servisních organizací se ve dnech 7. - 8. 10. 2003 konala v Plzni. Místo konání nebylo zvoleno náhodně, protože právě dálniční obchvat města je tím posledním dnes realizovaným úsekem, který završí výstavbu dálnice D5 až na hranice s Německem. Téma konference obsahovala širokou problematiku, která se v oblasti naší nejrozšířenější dopravy řeší s aktualizovanou naléhavostí každým rokem.

Byla to následující témata:

- hlavní záměry rozvoje silničního hospodářství
- stav silniční sítě v roce 2003 a její další rozvoj
- financování silničního hospodářství
- bezpečnost silničního provozu
- technická politika silničního hospodářství

V prvním tematickém okruhu byly zásadními příspěvky vystoupení gen. ředitele ŘSD a příspěvek ze Státního fondu dopravní infrastruktury. Dotýkaly se vlastně těch nejdůležitějších oblastí, a to investorského zajištění výstavby a údržby a způsobu financování.

Od letošního roku je nové organizační uspořádání organizace ŘSD, významné je, že výstavba dálnic a rychlostních komunikací je zajišťována ze dvou závodů Praha a Brno. Výstavbu a údržbu silnic nižších tříd pak zajišťuje 13 krajských správ. Nové organizační uspořádání by mělo vedle zkvalitnění práce na přípravě rozvoje silnic a dálnic vyřešit problematiku, která vyplývá z přechodu republiky do EU, a to jak ve fázi investorské přípravy, tak financování. Referáty se také významně zabývaly legislativními problémy výstavby, vždyť doba na přípravu staveb dálnic a silnic se pohybuje od územněplánovací fáze až do vydání stavebního povolení od 10 do 20 let. Problematika financování řeší stejně závažné problémy jako legislativa a příprava. Je to hlavně v tom, že Česká republika se pohybuje v disproporcii, kde zhotovitelé mají dostatečné kapacity, ale rozvojové finanční prostředky dané vládou jsou jednoznačně určeny a jsou nedostatečné. Proto je nutné, aby státní fond hledal jiné zdroje a nalézal spolu s investory priority realizace. Z hlediska priority je pro nejbližší období důležité zajištění výstavby dálnice D8 Trmice - st. hranice ČR/SRN, výstavba silničního okruhu kolem Prahy - část jihovýchod a dokončení výstavby silničního obchvatu Plzně. Na všech těchto úsecích jsou buď ve stavu rozestavenosti, nebo přípravy dálniční tunely. Pro další rozvoj dopravní infrastruktury je však nutno se zabývat rozšířením způsobu financování a získání finančních prostředků třeba systémem Projektuj - Financuj - Postav - Provozuj - Předej, či diskutovanou problematikou elektronického mýtného.

Z velkých připravovaných a realizovaných staveb byly na konferenci prezentovány stavby Silniční obchvat kolem Prahy, Velký městský okruh v Brně a Dálniční obchvat Plzně.

Stále významnější problematikou na této konferenci se stává otázka bezpečnosti provozu. Rozbor příčin a vyhodnocování lokalit určitě přináší podklady pro zmenšování rizikovitosti, ale bez navyšování finančních prostředků do nových komunikací a údržby se všechna opatření míjejí účinkem. Velmi zajímavým příspěvkem bylo vyhodnocení zkušeností s nově prováděnými bezpečnostními audity u nových projektů. Je velmi pozitivní, že do problematiky bezpečnosti významně vstupuje i skupina ČSS pro podzemní stavby a její výstupy z činnosti, ať už technické podmínky pro provoz v tunelech, či úprava normy jsou významnými materiály, které zahrnuje ministerstvo dopravy do svých předpisů.

V přehledu ministerstva dopravy jsou zahrnuty následující předpisy týkající se tunelů, které byly upravovány v letech 2002 - 2003:

- ČSN 737507-99 Projektování tunelů pozemních komunikací - změna 2003/04
- TP 98 technologické vybavení tunelů PK 2003 (i v angličtině)
- TP 154 Provoz, správa a údržba tunelů PK 2002
- TP Dopravní a řídicí centra - probíhá tvorba
- TP Dopravní problematika - probíhá tvorba

Ve sborníku konference jsou encyklopedicky zařazeny:

- Adresář správců pozemních komunikací a správy a údržby silnic (SÚC)
- Krajské úřady a statutární města, pověřená města včetně adres zástupců pro dopravu
- Adresář členů České silniční společnosti, v němž jsou i společnosti, které jsou členy organizace ITA/AITES.

Ing. Petr Vozarík

Already the eleventh annual Road conference of investors, designers, contractors and servicing organizations took place in Pilsen during October 8-10, 2003. Such location was not selected accidentally but because of the fact that a motorway bypass of the city is the last currently realized section that will seal the construction of the D5 motorway all the way to German border. Topics at the conference covered wide range of issues that are annually dealt with in the field of most widely used mode of transport with updated persistence.

It included the following:

- major objectives in development of the road traffic
- condition of the road network in 2003 and its further development
- financing of the road traffic
- safety of road traffic
- technical policies in road traffic

Speech of general manager of the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic (DRM) and contribution from the Public Fund for Development of Infrastructure were the notable ones in the first topic category. They dealt with the most important aspects, and thus with investment safeguarding of the construction and the means of financing.

Since the beginning of this year, there is a new administrative scheme in the DRM. Significantly, the construction of motorways and high-speed roads is supervised from two divisions in Prague and Brno. Construction and maintenance of lower-class roads are provided by 13 regional administrations. This new administrative scheme was designed to improve the quality of works on preparation for the development of roads and motorways as well as to solve the problems arising from the EU accession, both in the phase of investment preparation and financing. The contributions also largely dealt with legal issues of projects, especially when the time period for motorway and road constructions from the planning phase to issuing of the building permit ranges between 10 and 20 years. The issues of financing deal with the very same problems as legislation and financing. This is mainly due to the disproportion in the Czech republic when contractors possess adequate capacities but governmental development funds are specific and insufficient. Therefore it is necessary for the public fund to seek alternative means of finance elsewhere and to set realization priorities together with the investors. As far the priorities in the upcoming season are concerned, it is important to supervise construction of the D8 motorway Trmice - state border CR/GER, construction of the Prague ring road - southeastern section, and to complete construction of the motorway bypass of Pilsen. All these sections contain motorway tunnels either in preparation or under construction. For further development of traffic infrastructure it is also necessary to deal with extension of the methods of financing and acquiring financial means, for instance through a system "Design - Fund - Build - Operate - Transfer" or through the disputed method of electronic tolls.

To mention some large prepared or realized projects, the Prague City Ring Road, Large City Ring Road in Brno and the motorway bypass of Pilsen have been introduced at the conference.

The issue of traffic safety became ever more important at the conference. An analysis of causes and evaluations of localities definitely builds ground for diminution of risks, but without increased funds for new roads and maintenance all measures fail to produce effects. There was a very interesting contribution on the evaluation of experience with newly elaborated safety audits of new projects. It is convenient that the CSS (Czech road society) and its workgroup for underground works enter the field of safety and their output, be that technical specifications for tunnel traffic or adjustments of standards, are important materials, which the Ministry of transport integrates into its regulations.

Review of the Ministry of transport contains the following regulations dealing with tunnels, which have been modified in 2002 and 2003:

- ČSN 737507-99 Design of Road Tunnels - modification 2003-2004
- TP 98 Tunnel Equipment PK 2003 (also in English)
- TP 154 Operation, Administration and Maintenance of Tunnels PK 2002
- TP Traffic Management Centers - in preparation
- TP Traffic Issues - in preparation

Proceedings from the conference contain the library of:

- Address book of road tunnel administrators and Administration and maintenance of roads
- Regional offices and statutory cities, delegated cities including addresses of traffic administration representatives
- Address book of members of the Czech Road Society, including those companies that are ITA/AITES members.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/ AITES

CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA/AITES REPORTS

Český tunelářský komitét ITA/AITES má nové předsednictvo. Na příští čtyřleté funkční období jej zvolili delegáti členských subjektů při Pracovním shromáždění ČTuK v Ostravě. Jeho složení je uvedeno v následujícím záznamu z jednání včetně výsledků voleb. O rozdělení funkcí v novém předsednictvu vás budeme informovat v příštím čísle našeho časopisu.

Czech Tunnelling Committee ITA/AITES has elected its new Council for the next four-years function period at the General Assembly held in Ostrava in December 2, 2003. Ivan Hrdina, member of the Metrostav management, has become new President. Next 6 members have been elected from 15 candidates: Josef Aldorf (Technical University Ostrava), Jiří Barták (Technical University Prague), Libor Mařík (ILF Consulting Engineers, Praha), Petr Mičunek (ŽS Brno), Georgij Romancov (Metroprojekt Praha), Stanislav Sikora (VOKD, Ostrava). Their functions in the Council will be published in the next issue of this magazine. The minutes from the GA follows in the Czech language.

ZÁZNAM

z Pracovního shromáždění členů Českého tunelářského komitétu ITA/AITES spojeného s volbami předsedy a předsednictva na funkční období 2004-2007,

kteří se konalo na pozvání firmy VOKD, a. s., a Ústavu geoniky AV ČR dne 2. 12. 2003 v Ostravě-Porubě

Přítomni: delegáti 29 členských společností a institucí, 10 individuálních členů, studenti vyhodnocení v soutěži o nejlepší diplomní projekt, přednášející hosté, celkem 44 účastníků podle prezenční listiny uložené v sekretariátu ČTuK

Omluvili se: Doc. Ing. Rozsypal, CSc., (písemná omluva kandidáta do předsednictva byla přečtena), Ing. Pokorný, Ing. Pohl, Ing. Rataj, Ing. Bartoš, Ing. Lepičová, Ing. Doležalová, CSc., Ing. Polák, Ing. Vozarik

Všechny členské subjekty v předstihu podle stanov ČTuK obdržely:

- výzvu k nominaci kandidátů na funkci předsedy a členů předsednictva
- pozvánku s programem jednání
- kandidátní listinu pro volby předsedy a předsednictva

Přítomní delegáti obdrželi:

- volební řád
- volební lístek pro volbu předsedy
- volební lístek pro volbu předsednictva
- orientační návrh podílů členských subjektů ČTuK ve fondu na podporu kandidatury pořádání WTC 2007 v Praze
- orientační mapku na exkurzi do Hornického muzea

1. Přivítání přítomných

Přítomné delegáty a hosty přivítali Ing. Jindřich Hess, předseda ČTuK, Ing. Jan Březina, generální ředitel VOKD, a. s., a Ing. Richard Šňupárek, ředitel Ústavu geoniky AVČR.



Obr. 1 Odstupující předseda Ing. Jindřich Hess si připije na další úspěchy ČTuK se svým právě zvoleným nástupcem Ing. Ivanem Hrdinou
Fig. 1 Resigning President proposes a toast for further success of the CTuK to his just elected successor Ing. Ivan Hrdina

2. Zpráva o jednání Executive Council a o další činnosti asociace ITA/AITES

Ing. Hess zrekapituloval současné priority tunelářské asociace, které se projevují po přesunu sekretariátu do Lausanne zejména ve zdokonalování informačních toků mezi centrem a členskými subjekty a ve zkvalitňování zprostředkovaných informací. Další perspektivní tendencí je získávání mladých odborníků ve spolupráci s vysokými školami a využití jejich rozvíjejícího se odborného potenciálu. Zdůraznil, že Český tunelářský komitét patří mezi 52 členskými zeměmi mezi deset nejaktivnějších organizací a náš časopis TUNEL je hodnocen jako jeden ze tří nej kvalitnějších periodik svého druhu ve světě. Na příštím Valném shromáždění ITA/AITES, které se koná v roce 2004 u příležitosti Světového tunelářského kongresu v Singapuru, se budou konat volby nového vedení ITA/AITES na příští funkční období: volby prezidenta, 4 viceprezidentů a dalších 4 nových členů EC. Pro nás je mimořádně důležitá volba pořadatele Světového tunelářského kongresu 2007, v níž podle usnesení našeho Valného shromáždění kandidujeme. Je třeba maximálně naši kandidaturu podpořit účastí a aktivitou účastníků kongresu z ČR. Pro mezinárodní prestiž ČTuK je významná skutečnost, že v případě úspěšné kandidatury bude zástupce ČR v letech 2006 a 2007 dočasným členem EC ITA/AITES. Světový kongres v roce 2005 se koná v Istanbulu, v roce 2006 v Koreji.

3. Informace o mezinárodní konferenci Podzemní stavby Praha 2003 a o stavu příprav k uspořádání Světového tunelářského kongresu ITA/AITES v roce 2007 v Praze

Prof. Barták stručně zhodnotil úspěšný průběh konference PS Praha 2003 konané pod záštitou pražského primátora, která se setkala s dobrým ohlasem u 263 domácích i 54 zahraničních účastníků. Potěšitelná byla i účast 20 studentů. Z 91 příspěvků publikovaných ve Sborníku konference bylo k přednesu vybráno 38 nejzajímavějších, které byly doplněny několika dalšími v rámci diskuse.



Obr. 2 Z prohlídky Hornického muzea na závěr Pracovního zasedání ČTuK v Ostravě
Fig. 2 From the visit to Mining Museum at the end of the CTuK General Assembly in Ostrava

Členům Přípravného výboru včetně agentury BONUS patří dík za úspěch konference.

Ing. Romancov pak zrekapituloval dosavadní činnost již ustaveného předpřípravného výboru **Světového tunelářského kongresu 2007 (WTC 2007)**, seznámil přítomné s jeho složením, které bylo doplněno o dva členy z pléna a bez dalších připomínek uzavřeno. V souladu s usnesením Valného shromáždění ČTuK byla zaslána sekretariátu ITA/AITES oficiální kandidatura na pořádání WTC 2007 v Praze. Protikandidáty jsou Londýn a Vídeň. Na podporu kandidatury budou pořízeny propagační tištěné i audiovizuální materiály včetně maskota, loga a názvu akce. Budou rozdány účastníkům Světového kongresu a delegátům General Assembly ITA/AITES v Singapuru, kteří budou o pořadateli rozhodovat.

Delegáti přijali k tomuto bodu významné usnesení, jímž schválili:

1. Složení předpřípravného výboru WTC 2007 podle příloženého seznamu. Jeho předsednictvím byl pověřen Ing. Georgij Romancov, CSc.
2. Vytvoření fondu ve výši 500 000 Kč na podporu kandidatury ČR na pořádání WTC 2007 v Praze.
3. Spoluúčast členských subjektů ČTuK na vytvoření tohoto fondu. Všechny členské subjekty sdělí **do 31. 12. 2003** sekretariátu ČTuK výši částky, kterou jsou ochotny se na fondu podílet. Rovněž oznámí, pokud se na fondu podílet nehodlají. Na dohodnuté částky budou vystaveny daňové doklady.
4. Pověření Ing. Petra Doubka a Ing. Karla Matznera k racionálnímu hospodaření tímto fondem, který bude veden na samostatném podúčtu ČTuK, na němž budou skutečně vynaložené náklady řádně průčítovány.

4. Volby předsedy a předsednictva na funkční období 2004 - 2007

Ing. Matzner seznámil delegáty s volebním řádem a podal mandátní zprávu, podle níž bylo přítomno při volbách 39 delegátů, 29 z členských firem a institucí, 10 individuálních. Pak vyzval přítomného kandidáta na funkci předsedy Ing. Ivana Hrdinu, aby se delegátům představil. Druhý kandidát na tuto funkci Ing. Josef Solar se k volbám nedostavil. Plénum byla schválena volební komise ve složení Ing. Janiček, Carbotech Bohemia, Ing. Miloslav Novotný, Metrostav, a Ing. Karel Matzner, ČTuK.

Výsledek volby předsedy: 38 hlasů pro Ing. Hrdinu, 1 hlas pro Ing. Solara.

Předsedou ČTuK pro funkční období 2004 - 2007 byl zvolen Ing. Ivan Hrdina, výrobně-technický ředitel, Metrostav, a. s.

Ing. Hess pak uvedl 15 kandidátů do předsednictva a vyzval nové kandidáty, aby se v krátkém vystoupení delegátům představili.

Výsledek volby 6 členů předsednictva:

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. (31 hlasů), Stavební fakulta ČVUT
Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. (30 hlasů), VŠB - TU Ostrava
Ing. Libor Mařík (27 hlasů), ILF CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.
Ing. Georgij Romancov (23 hlasů), METROPROJEKT Praha, a. s.
Ing. Petr Mičunek (22 hlasů), ŽS Brno, a. s.
Ing. Stanislav Sikora (21 hlasů), VOKD, a. s.

Nebyli zvoleni (v abecedním pořádku):

Ing. Petr Doubek, Ing. Zdeněk Klein, Prof. Ing. Pavel Přibyl, Ing. Miroslav Rozhon, Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc., Ing. Jiří Smolík, Ing. Václav Soukup, Ing. Václav Valeš a kandidát na předsedu Ing. Josef Solar.

Nový předseda ČTuK Ing. Ivan Hrdina ve svém vystoupení poděkoval odstupujícímu předsedovi a členům předsednictva za vykonanou práci, která je dobrým odrazovým můstkem pro nové předsednictvo, jehož stěžejním úkolem je v případě úspěšné kandidatury příprava Světového tunelářského kongresu 2007 v Praze, v opačném případě uspořádání mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2006. Důvěru vkládá do úspěšné týmové práce předsednictva, členských organizací i individuálních členů.

5. Prezentace firmy VOKD, a. s.

Ing. Jiří Tvardek podal stručný průřez činností společnosti za uplynulá léta.

6. Přednáška na téma: Rozpojitelnost hornin při strojním ražení - testovací metody a výběr vhodného zařízení

Prof. Vašek, DrSc., z Ústavu geoniky AVČR uvedl ve své přednášce doplněné projekcí grafické a obrazové dokumentace zajímavé závěry zkoumání uvedeného tématu. Neplánovaný, ale velmi zajímavý byl příspěvek Ing. Jiřího Ščučky, také z ÚG AVČR, na téma Fotodokumentace skalních výchozů a profilů podzemních děl a možnosti zpracování a analýzy digitálního obrazu.

7. Informace o výstavbě tunelu Klimkovice na dálnici D47

podalí zástupci firmy AMBERG.

8. Vyhodnocení soutěže o nejlepší diplomovou práci

Prof. Aldorf, DrSc., přednesl výsledek hodnotitelské komise soutěže o nejlepší diplomovou práci v roce 2002/2003, která doporučila ČTuK ocenit z pěti nominovaných tyto tři nejlepší práce v pořadí:

1. Ing. Josef Mráz, VŠB TU-Ostrava: Únosnost a přetváření tyčových mikropilot v zeminách
2. Ing. Jan Voves, ČVUT: Návrh primární výtuzte tunelu Valík
3. Ing. Jiří Vychodil, VUT Brno: Tunel na obchvatu krajského města Jihlava

9. Závěr shromáždění

Odstupující předseda Ing. Hess ukončil zasedání přáním úspěchu v činnosti nově zvoleného předsednictva a důvěrou, že konkurenční zájmy budou v rámci České tunelářského komitétu překlenuty společným úsilím o další rozvoj a prosazování předností podzemního stavitelství a o jeho technický pokrok.

Odpoledne následovala zajímavá exkurze do Hornického muzea v Ostravě-Petřkovicích, kde účastníci sfárali do ukázkové štoly a pak si prohlédli expozici důlního záchranářství.

Zaznamenal: Ing. Karel Matzner

Ověřili: Ing. Jindřich Hess, Ing. Petr Doubek, Ing. Georgij Romancov, CSc.

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES

SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES REPORTS

Slovenská tunelárska asociácia ITA/AITES oznamuje, že spolu so Slovenskou cestnou spoločnosťou pri Slovenskej správe ciest organizuje konferenciu so zahraničnou účasťou:

VÝZNAM TUNELOV V DOPRAVE,

ktorá sa bude konať v dňoch 16. - 18. júna 2004 v hoteli Permon, Podbanské - Vysoké Tatry.

Tematické zameranie konferencie je nasledovné:

- A. Príprava a projektovanie tunelov pri zohľadnení ekologických a ekonomických aspektov
- B. Výstavba a realizácia tunelov, monitoring počas výstavby
- C. Technologické vybavenie a bezpečnosť prevádzky v tuneloch
- D. Správa a prevádzka tunelových stavieb

Organizačné zabezpečenie konferencie:

Etela Bačenková, Dom techniky ZSTVS Košice,
 tel.: +421-55-678 22 44, e-mail: expoeduc4@dtke.sk

Ing. Miloslav Frankovský

The Slovak Tunnelling Association ITA/AITES announces that they are organising, together with the Slovak Road Association, the international conference

SIGNIFICANCE OF TUNNELS FOR TRANSPORT

taking place on 16 - 18 June 2004 in hotel Permon, Podbanské - the High Tatras.

The conference key topics:

- A. Tunnel planning and designing respecting environmental and economic aspects
- B. Tunnel construction, construction monitoring
- C. Tunnel equipment and operational safety in tunnels
- D. Tunnel administration and operation

Conference organisation support:

*Etela Bačenková, Dom Techniky ZSTVS Košice,
 tel.: +421-55-678 22 44, e-mail: expoeduc4@dtke.sk*

OMLUVA REDAKCE:

Tiskový šotek se vloudil do nadpisu článku Branisko – první dálniční tunel v SR (TUNEL č. 4/2003): spoluautorem je Ing. Ján Snopko, jak je správně uvedeno v obsahu na kuléru, a nikoliv Ing. Ján Smaho.

EDITOR'S APOLOGY:

Printer's devil broke into title of the article Branisko – first highway tunnel in Slovakia (TUNEL No. 4/2003): the co-author's name is Ing. Ján Snopko, printed correctly in the contents on the yellow page, and not Ing. Ján Smaho.

**BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU
A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES, V ROCE 2003**

**BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL "TUNEL"
OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE AND THE SLOVAK
TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES WITHIN THE YEAR 2003**

Ing. Pavel Polák

	Číslo Issue	Strana Page		Číslo Issue	Strana Page
ÚVODNÍK EDITORIAL			Komputerizácia procesu aplikácie striekaneho betónu mokrou cestou <i>CAS computer assisted spraying of wet process sprayed concrete</i> Dr. Gustav Bracher	2/2003	29
Ing. Pavel Kutálek	1/2003	1			
Ing. Dušan Mráz	2/2003	1	Rekonstrukce těšnovského automobilového tunelu v roce 2002 <i>The Těšnov road tunnel reconstruction in 2002</i>	2/2003	34
Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.	3/2003	1			
Ing. Jindřich Hess	4/2003	1	Ing. Jiří Štefan		
PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDERGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS			Nejstarší most v České republice a více než pětisetletá povodeň na řece Otavě <i>The oldest bridge of the Czech republic and the over - 500 - year recurrence flood of the Otava river</i>	2/2003	37
Projekt dvoukolejných železničních tunelů Malá Huba a Hněvkovský I. na traťovém úseku Zábřeh - Krasíkov <i>Design of the Malá Huba and Hněvkov I. double - rail tunnels on the Zábřeh - Krasíkov track section</i>	1/2003	45	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Ing. Milan Krejcar		
Ing. Libor Mařík					
Bezpečnost silničních tunelů - porovnání s požadavky evropského parlamentu <i>Safety in road tunnels - comparison with requirements of the European Parliament</i>	2/2003	46	Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.	2/2003	46
Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.					
Mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2003 <i>International conference underground construction Praha 2003</i>	4/2003	2	Komplexní aplikace geotechnických metod při ražbě jednoduché stanice metra Kobylisy <i>Comprehensive application of geotechnical methods to the excavation of the Kobylisy one-vault metro station</i>	3/2003	2
Ing. Georgij Romancov, CSc. Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Ing. Petr Vozarik Doc. Ing. Alexander Rozsypal, CSc. Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc. Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.			Ing. Radko Bucek, PhD. Ing. Karel Kolesa Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. Ing. Otakar Vrba		
Panenská - první dálniční tunel v ČR, fotoreportáž ze zahájení stavby <i>Panenská - first highway tunnel in the Czech Republic photoreport from the start of excavation</i>	4/2003	26	Řešení stabilitních problémů v oblasti severního portálu tunelu Mrázovka <i>Solution of stability problems at the northern portal of the Mrázovka tunnel</i>	3/2003	18
Ing. Miloslav Novotný			Ing. Radko Bucek, PhD.		
Připravovaná výstavba kolektorů III. kategorie v centrální oblasti hlavního města Prahy <i>Planned construction of phase III collectors within the central region of the city of Prague</i>	4/2003	45	Inženýrskogeologický průzkum pro trasu metra IV.C2 (Ládví - Letňany) <i>Engineering-geological exploration for the IV.C2 metro line (Ládví - Letňany)</i>	3/2003	22
Ing. Jiří Svoboda			Jakub Bohátka Mgr. Lucie Urbanová Ing. Anna Abramčuková		
TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ THEORY, RESEARCH, MONITORING			Sanace starých a opuštěných důlních děl a jejich geotechnické problémy <i>Treatment of old and abandoned mining structures and their geotechnical problems</i>	3/2003	28
Velkopřůměrové vrty v podzemním stavitelství <i>Large - profile boring in underground works</i>	1/2003	8	Ing. Martin Šefrna		
Ing. Stanislav Kučik Ing. Miroslav Janků					
Trendy ve vývoji TBM pre razienu dopravných tunelov <i>Trends in the development of transit tunnels driving by TBMS</i>	1/2003	13	Vliv ražeb průzkumných štol tunelu Dobrovského na objekty povrchové zástavby v Brně a aplikace observační metody <i>Impact of exploration galleries for the Dobrovského tunnel on surface development in Brno; application of the observation method</i>	3/2003	33
Ing. Pavol Kusý, PhD. Prof. Ing. František Klepsatel, PhD.			Ing. Igor Zemánek Ing. Jaroslav Lossmann Ing. Karel Socha		
Využitie databázy poznatkov z realizovaných tunelov pri príprave a výstavbe nových <i>Application of the database containing the experience gained on completed tunnels in planning and implementation of new tunnels</i>	1/2003	20	Hodnocení rizik tunelů městského okruhu v Praze <i>Risk assessment in tunnels at Prague city ring road</i>	3/2003	41
Ing. Pavol Kusý, PhD. Prof. Ing. František Klepsatel, PhD.			Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.		
Meračské práce na tuneli Trojane <i>Geodetic survey on the Trojane tunnel</i>	1/2003	42	Zlepšení požární bezpečnosti tunelů na pět písmen <i>Improvement of fire safety in tunnels within five letters</i>	3/2003	46
Ing. Milan Smaho			Ing. Jiří Štefan Ing. Jiří Řehák		
Stavebno - technologické zhodnotenie razienu prieskumnej štolne Višňové <i>Evaluation of excavation methods used on the Višňové tunnel</i>	2/2003	2	Mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2003 <i>International conference Underground Construction Praha 2003</i>	4/2003	2
Ing. Juraj Keleši			Ing. Georgij Romancov, CSc. Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Ing. Petr Vozarik Doc. Ing. Alexander Rozsypal, CSc. Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc. Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.		
Podzemní stavitelství při výstavbě vodních děl a hydroenergetických staveb na Moravě <i>Underground engineering applicable to water and hydro - energy works in Morava</i>	2/2003	12	Branisko - první dálniční tunel v SR, fotoreportáž ze slavnostního otevření <i>Branisko - first highway tunnel in Slovakia photoreport from the opening ceremony</i>	4/2003	28
Ing. Jiří Švancara Ing. Václav Torner			Ing. Peter Čertík Ing. Ján Snopko		
Pružnost a pevnost ortotropní horniny <i>Elasticity and strength of orthotropic rock</i>	2/2003	22			
Ing. Aleš Zapletal					

Dopravní tunely v Praze <i>Transportation tunnels in Prague</i> Ing. Georgij Romancov, CSc.	4/2003	30	Tunely Krasíkov <i>The Krasíkov tunnels</i> Ing. Jiří Tesař Ing. Zdeněk Klein	1/2003	29
Železniční tunely v České republice <i>Railway tunnels in the Czech Republic</i> Ing. Bohuslav Stečinský	4/2003	41	Výstavba průzkumné geologické štoly pro dálniční tunely "Valík" <i>Geological exploration gallery for the Valík highway tunnel</i> Ing. Vladimír Sálus Ing. Petr Vožarik	1/2003	34
PROVÁDĚNÉ STAVBY PROJECTS UNDER CONSTRUCTION			Technológia razenia tunela Trojane v Slovinsku <i>Excavation technology of tunnel Trojane in Slovenia</i> Ing. Anton Petko	1/2003	37
Rekonstrukce kmenové stoky v Brně financovaná z fondu Phare <i>Brno - trunk sewer reconstruction financed by Phare</i> Ing. Otakar Fabián Ing. Alexandra Hradská Ing. Jan Sehnal	1/2003	2	Meračské práce na tuneli Trojane <i>Geodetic survey on the Trojane tunnel</i> Ing. Milan Smaho	1/2003	42
Podjezd ul. Na Zlíchově jako součást stavby městského okruhu <i>The Na Zlíchově street underpass a part of the city circle</i> Ing. Jan Růžička Ing. Aleš Merta	1/2003	23	Projekt dvoukolejných železničních tunelů Malá Huba a Hněvkovský I. na traťovém úseku Zábřeh - Krasíkov <i>Design of the Malá Huba and Hněvkov I. double - rail tunnels on the Zábřeh - Krasíkov track section</i> Ing. Libor Mařík	1/2003	45
Tunely Krasíkov <i>The Krasíkov tunnels</i> Ing. Jiří Tesař Ing. Zdeněk Klein	1/2003	29	Stavebno - technologické zhodnotenie razenia prieskumnej štolne Višňové <i>Evaluation of excavation methods used on the Višňové tunnel</i> Ing. Juraj Keleši	2/2003	2
Výstavba průzkumné geologické štoly pro dálniční tunely "Valík" <i>Geological exploration gallery for the Valík highway tunnel</i> Ing. Vladimír Sálus Ing. Petr Vožarik	1/2003	34	Nejstarší most v České republice a více než pětisetletá povodeň na řece Otavě <i>The oldest bridge of the Czech republic and the over - 500 - year recurrence flood of the Otava river</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Ing. Milan Krejcar	2/2003	37
Technológia razenia tunela Trojane v Slovinsku <i>Excavation technology of tunnel Trojane in Slovenia</i> Ing. Anton Petko	1/2003	37	Komplexní aplikace geotechnických metod při ražbě jednodlní stanice metra Kobylisy <i>Comprehensive application of geotechnical methods to the excavation of the Kobylisy one-vault metro station</i> Ing. Radko Bucek, PhD. Ing. Karel Kolesa Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. Ing. Otakar Vrba	3/2003	2
Meračské práce na tuneli Trojane <i>Geodetic survey on the Trojane tunnel</i> Ing. Milan Smaho	1/2003	42	Stavebno - technologické zhodnotenie razenia prieskumnej štolne Višňové <i>Evaluation of excavation methods used on the Višňové tunnel</i> Ing. Juraj Keleši	2/2003	2
Bežvýkopová pokládka vodovodního řádu z tvárné litiny technologií HDD <i>Trenchless laying of ductile cast iron water mains by HDD technique</i> Zdeněk Hradil Robert Čermák	2/2003	42	Ražba první jednoklenbové stanice na trase IV.C1 pražského metra <i>Excavation of the first one-vault station on the IV.C1 line of the Prague Metro</i> Ing. Miloslav Zelenka	3/2003	10
Komplexní aplikace geotechnických metod při ražbě jednodlní stanice metra Kobylisy <i>Comprehensive application of geotechnical methods to the excavation of the Kobylisy one-vault metro station</i> Ing. Radko Bucek, PhD. Ing. Karel Kolesa Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. Ing. Otakar Vrba	3/2003	2	Řešení stabilitních problémů v oblasti severního portálu tunelu Mrázovka <i>Solution of stability problems at the northern portal of the Mrázovka tunnel</i> Ing. Radko Bucek, PhD.	3/2003	18
Ražba první jednoklenbové stanice na trase IV.C1 pražského metra <i>Excavation of the first one-vault station on the IV.C1 line of the Prague Metro</i> Ing. Miloslav Zelenka	3/2003	10	Inženýrskogeologický průzkum pro trasu metra IV.C2 (Ládví - Letňany) <i>Engineering-geological exploration for the IV.C2 metro line (Ládví - Letňany)</i> Jakub Bohátka Mgr. Lucie Urbanová Ing. Anna Abramčuková	3/2003	22
Řešení stabilitních problémů v oblasti severního portálu tunelu Mrázovka <i>Solution of stability problems at the northern portal of the Mrázovka tunnel</i> Ing. Radko Bucek, PhD.	3/2003	18	Vliv ražeb průzkumných štol tunelu Dobrovského na objekty povrchové zástavby v Brně a aplikace observační metody <i>Impact of exploration galleries for the Dobrovského tunnel on surface development in Brno; application of the observation method</i> Ing. Igor Zemánek Ing. Jaroslav Lossmann Ing. Karel Socha	3/2003	33
Vliv ražeb průzkumných štol tunelu Dobrovského na objekty povrchové zástavby v Brně a aplikace observační metody <i>Impact of exploration galleries for the Dobrovského tunnel on surface development in Brno; application of the observation method</i> Ing. Igor Zemánek Ing. Jaroslav Lossmann Ing. Karel Socha	3/2003	33	Dálniční tunel Plasina <i>Plasina motorway tunnel</i> Ing. Milan Pražák Ing. Davor Lugomer	3/2003	38
Dálniční tunel Plasina <i>Plasina motorway tunnel</i> Ing. Milan Pražák Ing. Davor Lugomer	3/2003	38	Panenská - první dálniční tunel v ČR, fotoreportáž ze zahájení stavby <i>Panenská - first highway tunnel in the Czech Republic photoreport from the start of excavation</i> Ing. Miloslav Novotný	4/2003	26
DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS			Branisko - první dálniční tunel v SR, fotoreportáž ze slávnostního otevření <i>Branisko - first highway tunnel in Slovakia photoreport from the opening ceremony</i> Ing. Peter Čertík Ing. Ján Snopko	4/2003	28
Podjezd ul. Na Zlíchově jako součást stavby městského okruhu <i>The Na Zlíchově street underpass a part of the city circle</i> Ing. Jan Růžička Ing. Aleš Merta	1/2003	23	Dopravní tunely v Praze <i>Transportation tunnels in Prague</i> Ing. Georgij Romancov, CSc.	4/2003	30
			Železniční tunely v České republice <i>Railway tunnels in the Czech Republic</i> Ing. Bohuslav Stečinský	4/2003	41

METRO THE METRO		Konference železnice 2002 <i>Railway conference 2002</i> Ing. Petr Vozarik		1/2003	54
Komplexní aplikace geotechnických metod při ražbě jednoduchých stanic metra Kobylisy <i>Comprehensive application of geotechnical methods to the excavation of the Kobylisy one-vault metro station</i> Ing. Radko Bucek, PhD. Ing. Karel Kolesa Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. Ing. Otakar Vrba		3/2003	2	1/2003	54
Ražba první jednoklenbové stanice na trase IV.C1 pražského metra <i>Excavation of the first one-vault station on the IV.C1 line of the Prague Metro</i> Ing. Miloslav Zelenka		3/2003	10	2/2003	53
Inženýrskogeologický průzkum pro trasu metra IV.C2 (Ládví - Letňany) <i>Engineering-geological exploration for the IV.C2 metro line (Ládví - Letňany)</i> Jakub Bohátka Mgr. Lucie Urbanová Ing. Anna Abramčuková		3/2003	22	2/2003	54
KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS		Světový tunelářský kongres ITA/AITES Amsterdam 2003 <i>The world tunneling congress ITA/AITES Amsterdam 2003</i> Ing. Miloslav Novotný Ing. Václav Valeš Ing. Karel Matzner		3/2003	50
Rekonstrukce kmenové stoky v Brně financovaná z fondu Phare <i>Brno - trunk sewer reconstruction financed by Phare</i> Ing. Otakar Fabián Ing. Alexandra Hradská Ing. Jan Sehnal		1/2003	2	3/2003	53
SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY REHABILITATION, REFURBISHMENT, MAINTENANCE, REPAIRS		Pražské geotechnické dny 2003 <i>Prague geotechnical days 2003</i> A. Rozsypal		3/2003	54
Rekonstrukce kmenové stoky v Brně financovaná z fondu Phare <i>Brno - trunk sewer reconstruction financed by Phare</i> Ing. Otakar Fabián Ing. Alexandra Hradská Ing. Jan Sehnal		1/2003	2	3/2003	55
Rekonstrukce těšnovského automobilového tunelu v roce 2002 <i>The Těšnov road tunnel reconstruction in 2002</i> Ing. Jiří Štefan		2/2003	34	4/2003	53
Sanace starých a opuštěných důlních děl a jejich geotechnické problémy <i>Treatment of old and abandoned mining structures and their geotechnical problems</i> Ing. Martin Šefrna		3/2003	28	4/2003	54
ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTION		ZPRAVODAJ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU CZECH TUNNELLING COMMITTEE REPORTS			
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice (stav k 31.12.2002) <i>News from underground construction in the Czech and Slovak republics (as of Dec 31, 2002)</i> Ing. Miloslav Novotný		1/2003	51	1/2003	56
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice (stav k 31.3.2003) <i>News from underground construction in the Czech and Slovak republics (as of March 31, 2003)</i> Ing. Miloslav Novotný		2/2003	51	2/2003	55
Obtíže při ražbě druhého herzogberského tunelu u Štýrského Hradce v Rakousku <i>Complications during excavation of the second Herzogberg tunnel near Graz in Austria</i> Ing. Miloslav Novotný		3/2003	49	2/2003	56
Z HISTORIE TUNELOVÉHO STAVITELSTVÍ FROM THE HISTORY OF TUNNEL CONSTRUCTIONS		Zápis ze zasedání Valného shromáždění Českého tunelářského komitétu ITA/AITES, které se konalo dne 3.června 2003 v hotelu Extol Inn, Přístavní 2, Praha 7 Ing. Karel Matzner		3/2003	56
História železničných tunelov na Slovensku <i>History of the railway tunnels in Slovakia</i> Ing. Iveta Šnauková		4/2003	48	4/2003	54
AKTUALITY CURRENT NEWS		Informace pro členy ČTuK <i>Information for CTuK members</i> Ing. Karel Matzner		4/2003	54
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice (stav k 15.9.2003) <i>Current news of the underground construction in the Czech and in the Slovak Republic (as of 15. September 2003)</i> Ing. Miloslav Novotný Ing. Miloslav Frankovský		4/2003	50	4/2003	54
ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES		JUBILEA JUBILEES			
Silniční konference 2002 <i>The road conference 2002</i> Ing. Petr Vozarik		1/2003	53	4/2003	52
		Ing. Peter Čertík sedemdesiatnikom! <i>Ing. Peter Čertík septuagenarian!</i> Ing. Milada Henkelová		4/2003	52

INFORMACE INFORMATION		
Kalendárium odborných akcí 2003 <i>Calendar of professional events 2003</i> Ing. Karel Matzner	1/2003	56
RŮZNÉ MISCELLANEOUS		

Bibliografie článků a statí uveřejněných v Tunelu, časopisu Českého tunelářského komitétu a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES v roce 2002

Bibliography of articles published in the journal "Tunel" of the Czech Tunnelling Committee and the Slovak Tunnelling Association ITA/AITES within the year 2002

Ing. Pavel Polák 1/2003 kulér

Jmenný rejstřík autorů a statí časopisu Tunel

Name index of authors of articles published in the "Tunel" journal in the year 2002

Ing. Pavel Polák 1/2003 kulér

JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2003

NAME INDEX OF AUTHORS OF ARTICLES PUBLISHED IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2003

Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	číslo: number:	strana: page:
A				
Abramčuková Anna	3/2003	22		
Aldorf Josef	4/2003	23		
B				
Barták Jiří	2/2003	37		
Barták Jiří	4/2003	4		
Bohátka Jakub	3/2003	22		
Bracher Gustav	2/2003	29		
Bucek Radko	3/2003	2		
Bucek Radko	3/2003	18		
Č				
Čermák Robert	2/2003	42		
Čertík Peter	4/2003	28		
F				
Fabián Otakar	1/2003	2		
Frankovský Miloslav	4/2003	51		
Frankovský Jozef	4/2003	54		
H				
Henkelová Milada	4/2003	52		
Hess Jindřich	4/2003	1		
Hradil Zdeněk	2/2003	42		
Hradská Alexandra	1/2003	2		
J				
Janků Miroslav	1/2003	8		
K				
Keleši Juraj	2/2003	2		
Klein Zdeněk	1/2003	29		
Klepsatel František	1/2003	13		
Klepsatel František	1/2003	20		
Kolesa Karel	2/2003	2		
Krejcar Milan	2/2003	37		
Kučík Stanislav	1/2003	8		
Kusý Pavol	1/2003	13		
Kusý Pavol	1/2003	20		
Kutálek Pavel	1/2003	1		
L				
Lossman Jaroslav	3/2003	33		
Lugomer Davor	3/2003	38		
M				
Mařík Libor	1/2003	45		
Matzner Karel	1/2003	54		
Matzner Karel	1/2003	56		
Matzner Karel	2/2003	56		
Matzner Karel	3/2003	50		
Matzner Karel	3/2003	56		
Matzner Karel	4/2003	54		
Merta Aleš	1/2003	23		
Mráz Dušan	2/2003	1		
N				
Novotný Miloslav	1/2003	51		
Novotný Miloslav	2/2003	51		
Novotný Miloslav	3/2003	49		
Novotný Miloslav	3/2003	50		
Novotný Miloslav	4/2003	26		
Novotný Miloslav	4/2003	50		
P				
Petko Anton	1/2003	37		
Polák Pavel	1/2003	kulér		
Polák Pavel	2/2003	56		
Pražák Milan	3/2003	38		
Příbyl Pavel	2/2003	46		
Příbyl Pavel	3/2003	41		
Příbyl Pavel	4/2003	12		
Příbyl Pavel	4/2003	53		
R				
Rozsypal Alexandr	3/2003	1		
Rozsypal Alexandr	3/2003	2		
Rozsypal Alexandr	3/2003	54		
Rozsypal Alexandr	4/2003	12		
Rozsypal Alexandr	4/2003	54		
Růžicka Jan	1/2003	23		
Romancov Georgij	4/2003	2		
Romancov Georgij	4/2003	30		
Ř				
Řehák Jiří	3/2003	46		
S				
Sálus Vladimír	1/2003	34		
Sehnal Jan	1/2003	2		
Sibert Stanislav	3/2003	55		
Smaho Milan	1/2003	42		
Snopko Ján	4/2003	28		
Smolík Jiří	2/2003	54		
Socha Karel	3/2003	33		
Stečinský Bohuslav	4/2003	41		
Svoboda Jiří	4/2003	45		
Š				
Šefrna Martin	3/2003	28		
Šnauková Iveta	4/2003	48		
Šňupárek Richard	2/2003	53		
Štefan Jiří	2/2003	34		
Štefan Jiří	3/2003	46		
Švancara Jiří	2/2003	12		
T				
Tesař Jiří	1/2003	29		
Torner Václav	2/2003	12		
U				
Urbanová Lucie	3/2003	22		
V				
Valeš Václav	3/2003	50		
Vozarik Petr	1/2003	34		
Vozarik Petr	1/2003	53		
Vozarik Petr	1/2003	54		
Vozarik Petr	2/2003	53		
Vozarik Petr	3/2003	53		
Vozarik Petr	4/2003	12		
Vrba Otakar	3/2003	2		
W				
Waiglová Kamila	2/2003	55		
Z				
Zapletal Aleš	2/2003	22		
Zelenka Miloslav	3/2003	10		
Zemánek Igor	3/2003	33		



ANKRA, spol. s r.o.
U Tesly 1825
735 41 Petřvald u Karviné
Česká republika

**Nabízíme
prvky primárního ostění**

Výroba a dodávky:

- Expanzní třecí svorníky řady BOLTEX - (nosnosti 10,12,13,15,17,20,24 tun)
- Injektážní svorníky BOLTEX - PAKRAN
- Těsnící pakry - těsnění injektážních vrtů
- SN - kotvy všech rozměrů
- Příhradové nosníky řady GT pro primární ostění
- Injektážní jehly zaháněné a samozávrtné

Zařízení pro instalaci a testování:

- Plnicí soupravy pro systém BOLTEX
- Čerpadla pro expanzi systému BOLTEX
- Tahoměry včetně adaptérů pro testování široké škály kotevních prvků

Servis:

- Instalace kotevních prvků
- Testování
- Pronájem zařízení pro instalaci a testování
- Poskytování servisu

Tel: 59 6539142
Fax: 59 6541798

E-mail: ankra@ankra.cz
www.ankra.cz

KALENDÁRIUM ODBORNÝCH AKCÍ 2004 CALENDAR OF PROFESSIONAL EVENTS 2004

29. 3. – 4. 4. 2004

Munich, Germany, BAUMA 2004, stavební výstava a veletrh/Construction Exhibition, www.bauma.de

6. – 9. 4. 2004

Moscow, Russia, Underground City 2004, Moscow International Exhibition, irb@global-expo.ru, www.global-expo.ru

17. – 21. 4. 2004

Atlanta, Georgia, USA, NAT – North American Tunneling 2004, www.auca.org

19. – 23. 4. 2004

Shanghai, China, International No-Dig 2004, hez@cenpok.net, www.cstt.org

2. – 7. 5. 2004

Toronto, Canada, CIB World Building Congress, cib2004@nrc.ca, www.cib2004.ca

4. – 7. 5. 2004

Lüttich, Belgium, EurEnGeo 2004, inženýrskogeologické metody v projektech evropské infrastruktury/Engineering geological methods in European infrastructure projects, www.ulg.ac.be/eurengo

11. – 15. 5. 2004

Santiago, Chile, Expomin 2004, expomin@fisa.cl

22. – 27. 5. 2004

Singapore, 30th ITA/AITES WORLD TUNNEL CONGRESS, wtc2004@tucss.com, ita2004@singnet.com.sg, www.ita2004.com

2. – 3. 6. 2004

Aachen, Germany, 5th International Symposium Roofbolting in Mining, aims@bbk1.rwth-aachen.de, www.rwth-aachen.de/bbk1

16. – 18. 6. 2004

Podbanské – Vysoké Tatry, Slovakia, konference se zahraniční účastí / conference with a foreign participation Význam tunelů v dopravě / Significance of tunnels in transport, expoeduc4@dtke.sk

17. – 19. 6. 2004

Delft, The Netherlands, 5th International PHD Symposium in Civil Engineering, info@phdce5.nl, www.phdce.nl

20. – 23. 6. 2004

Seoul, Korea, CONSEC 04 – Concrete under Severe Conditions – Environment and Loading 3rd International Conference, civilcon@gong.snu.ac.kr, <http://conlab.snu.ac.kr>

28. 6. – 2. 7. 2004

Rio de Janeiro, Brasil, IXth International Symposium on Landslides, 9isl@geotec.coppe.ufrj.br, www.abms.com.br

5. – 7. 7. 2004

Cape Town, South Africa, SEMC 2004 – Structural Engineering, Mechanics and Computation, 2nd International Conference, azingon@eng.uct.ac.za

18. – 23. 7. 2004

Mpumalanga, South Africa, Composite Construction in Steel and Concrete, 2nd International Conference, bhconf@poly.edu

20. 8. 2004

Firenze, Italy, 32nd International Geological Congress, casaitalia@geo.unif.it, www.32igc.org

6. – 10. 9. 2004

Johannesburg, South Africa, Electra Mining Africa 2004, gcorin@specialised.com, www.electramining.co.za/2004

9. – 10. 9. 2004

Paris, France, International Symposium on Ground Improvement, bourgain@mail.enpc.fr

13. – 15. 9. 2004

Kassel, Germany, Ultra High Performance Concrete, International Symposium Ghlueke@uni-kassel.de, www.uni-kassel.de/uhpc2004/

22. – 24. 9. 2004

Štrbské Pleso, The High Tatras, Slovakia, Geotechnika 2004/Geotechnics 2004, International Conference, tel: +421(0)2 659 36 486, fax: +421 (0)905 586 542

22. – 24. 9. 2004

Shanghai, China, Metropolitan Habits and Infrastructure, IABSE Symposium, secretariat@iabse.ethz.ch

27. – 30. 9. 2004

Las Vegas, USA, MINExpo International 2004, největší tunelářská výstava na světě/World's largest exhibition of mining, www.nma.org

4. – 6. 10. 2004

Cairns, North Queensland, Australia, International Conference on Engineering Developments in Shotcrete, mail@regocentre.com, www.regocentre.com/eds2004

7. – 9. 10. 2004

Salzburg, Austria, EUROCK&53rd Geomechanics Colloquy Salzburg@oegg.at, www.oegg.at

19. – 22. 10. 2004

Kyoto, Japan, IABMAS 2004 – Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, 2nd International Conference, iabmas04@str.kuciv.kyoto-u.ac.jp

14. – 17. 12. 2004

New Delhi, India, Tunnelling Asia 2004, Conference and Exhibition, cbip@cbip.org, www.cbip.org

SATRA, spol. s r.o.



CERTIFICATION
ČSN EN ISO 9001:2001

- consulting services
- design and engineering services
- technical-economical studies
- projects for zoning decision and building permit
- documentation for selection of contractor
- realization documentation
- set of record drawings
- operational-technical information systems of constructions
- operation regulations
- elaboration of static calculations by the method of final elements
- proposal and dimensioning of operational and fire ventilation of tunnels
- engineering construction works in fields of tunneling, galleries, shafts
- civil, production and industrial constructions
- special foundations
- utility networks
- monolithic underground structures



SATRA, spol. s r.o. - CONSULTING, DESIGN AND ENGINEERING SERVICES - www.satra.cz

Sokolská 32, 120 00 Praha 2 - phone +420 296 337 111 - fax +420 296 337 100 - e-mail satra@satra.cz