

# Tunnel

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

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



13. ROČNÍK, č. 4/2004

MK ČRE 7122

ISSN 1211 - 0728

# Tunel

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

## OBSAH

	str.
<b>Úvodník:</b> Ing. Petr Kuchár, generální ředitel, SUBTERRA, a. s. ....	1
<b>Čtyřicáté výročí založení firmy SUBTERRA, a. s.</b> Ing. Miroslav Uhlík, Ing. Jiří Nový, SUBTERRA, a. s. ....	2
<b>Zprovoznění Krasíkovského a Tatenického tunelu</b> Ing. František Kouba, Ing. Jiří Tesař, SUBTERRA, a. s. Ing. Alois Kejík, SZDC, s. o., stavební správa Olomouc .....	7
<b>Některé zkušenosti z ražení jednodílné stanice pražského metra</b> Prof. Ing. Miloš Bucek, DrSc., METROSTAV, a. s. Ing. Josef Kuňák, METROPROJEKT, a. s. ....	12
<b>Definitivní ostění jednodílné ražené stanice metra Kobylisy</b> Ing. Jiří Růžicka, METROPROJEKT, a. s. Ing. Miloslav Zelenka, METROSTAV, a. s. ....	19
<b>Analýza posunů kotvených podzemních stěn zajišťujících stavební jámy hloubených tunelů metra ve Varšavě</b> Dr hab. inž. Anna Siemińska-Lewandowska, Politechnika Warszawska .....	23
<b>Požární skúška v tuneli Branisko</b> Ing. Ján Dekánek, APOLLOPROJEKT, s. r. o. ....	29
<b>Sesimický monitoring tunela Sítina</b> Mgr. Zuzana Paučová, TAISEI Corporation .....	35
<b>Geodetické merania pri výstavbe tunela Sítina</b> Ing. Peter Ferančík, BASNSKÉ STAVBY, a. s. Ing. Milan Micoláš, VŠB - TU Ostrava .....	38
<b>Geotechnický monitoring a technický dozor při výstavbě železničních tunelů</b> Ing. Bohuslav Stečinský, ČESKÉ DRAHY, a. s. Ing. Václav Veselý, SG-GEOTECHNIKA, a. s. ....	44
<b>Zprávy z tunelářských konferencí</b> .....	48
<b>Aktuality z podzemních staveb v České republice</b> .....	51
<b>Životní jubilea</b> .....	53
<b>Technické zajímavosti</b> .....	54
<b>Spravodaj Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES</b> .....	56
<b>Zpravodajství Českého tunelářského komitétu ITA/AITES</b> .....	57

## 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 redaktori: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,  
Ing. Jozef Frankovský

**Grafická úprava:** Petr Mišek

**Foto na obálce:** Nový tunel Krasíkov 1 (viz str. 7)

**Task:** GRAFTOP

VOLUME 13, No. 4/2004

MK ČRE 7122

ISSN 1211 - 0728

# Tunel

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

## CONTENTS

	pg.
<b>Editorial:</b> Ing. Petr Kuchár, General Manager, SUBTERRA, a. s. ....	1
<b>Forty years since the foundation of SUBTERRA, a. s.</b> Ing. Miroslav Uhlík, Ing. Jiří Nový, SUBTERRA, a. s. ....	2
<b>Krasíkov and Tatenice tunnels opening to traffic</b> Ing. František Kouba, Ing. Jiří Tesař, SUBTERRA, a. s. Ing. Alois Kejík, SZDC, s. o., operational district Olomouc .....	7
<b>Experience from excavation of one-vault station of Prague metro</b> Prof. Ing. Miloš Bucek, DrSc., METROSTAV, a. s. Ing. Josef Kuňák, METROPROJEKT, a. s. ....	12
<b>Final lining of the Kobylisy single-vault mined station</b> Ing. Jiří Růžicka, METROPROJEKT, a. s. Ing. Miloslav Zelenka, METROSTAV, a. s. ....	19
<b>Analysis of displacements of anchored diaphragm walls supporting excavation boxes for tunnels in Warsaw</b> Dr hab. inž. Anna Siemińska-Lewandowska, Politechnika Warszawska .....	23
<b>Fire test in the Branisko tunnel</b> Ing. Ján Dekánek, APOLLOPROJEKT, s. r. o. ....	29
<b>Seismic monitoring of Sítina tunnel</b> Mgr. Zuzana Paučová, TAISEI Corporation .....	35
<b>Survey service at the Sítina tunnel construction</b> Ing. Peter Ferančík, BASNSKÉ STAVBY, a. s. Ing. Milan Micoláš, VŠB - TU Ostrava .....	38
<b>Geotechnical monitoring and survey at the railway tunnels construction</b> Ing. Bohuslav Stečinský, ČESKÉ DRAHY, a. s. Ing. Václav Veselý, SG-GEOTECHNIKA, a. s. ....	44
<b>News from tunneling conferences</b> .....	48
<b>Current news from the Czech and Slovak underground construction</b> .....	51
<b>Life jubilees</b> .....	53
<b>Technical matters of interest</b> .....	54
<b>Slovak Tunnelling Association ITA/AITES reports</b> .....	56
<b>Czech Tunnelling Committee ITA/AITES reports</b> .....	57

## 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:** New Krasíkov 1 tunnel (see page 7)

**Printed:** GRAFTOP



## VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

s potěšením jsem přijal možnost vás pozdravit a připomenout významné výročí společnosti Subterra, a. s. Ta vznikla před čtyřiceti lety. Na stránkách tohoto časopisu se zájemci mohou seznámit s historií naší firmy a výsledky její práce, a to již po několikáté. Nebudu proto nosit dříví do lesa.

Rád bych se však poohlédl za uplynulým obdobím a pokusil se ukázat na to, co nového se v oboru podzemního stavitelství u nás událo.

Velké projekty, které byly před pěti lety na svém počátku, mezitím úspěšně skončily. Za všechny uvedme tunel Mrázovka a trasu IVC1 pražského metra. Dozrával čas a přibývaly argumenty pro zahájení jiných velkých dopravních staveb, jako je tunel Dobrovského v Brně, tunely na silničním okruhu kolem Prahy a dálnici D8. Byla zahájena stavba dalšího prodloužení trasy C pražského metra. Projekt části městského okruhu v Praze v úseku Myslbekova-Pelc-Tyrolka naopak stále čeká na svůj čas. I zde však již probíhají průzkumné práce. Stavělo se také na železniční síti, kde musím zmínit především tunely Krasíkov. Pokračovala výstavba podzemních objektů v infrastruktuře velkých měst, která zřejmě představuje nikdy nekončící úkol.

Pozitivní vývoj v podzemním stavitelství nezastihl české specializované firmy nepřipravené. Jsem rád, že Subterra, a. s., je mezi nimi na čelném místě.

Stále velmi živá je mezinárodní odborná spolupráce v našem oboru. Přispívá k ní Český tunelářský komitét a jeho časopis Tunel. Pověření uspořádat již podruhé Světový tunelářský kongres v roce 2007 v Praze hovoří za vše.

Chtěl bych při této příležitosti uvést jedno jméno významného českého odborníka. Tím je Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Již mnoho let stojí u nás na čele všech hlavních událostí v oboru podzemního stavitelství jako pedagog, odborný garant, organizátor i člen řídicích orgánů. Uprostřed jeho neúnavné práce mnozí ani nepostřehli, že letos uplynulo 65 let od jeho narození. Jubileum, k němuž mu znovu upřímně blahopřeji a děkuji za jeho pomoc a spolupráci.

Čtyřicáté výročí vzniku naší firmy otevírá i novou etapu v jejím životě. V letošním roce se naším rozhodujícím akcionářem stala společnost Metrostav, a. s. Byl tak završen bezmála dvouletý proces hledání strategického partnera. Subterra, a. s., je tak dnes součástí DDM Group – silné stavební skupiny, která svým obratem bude největší na českém a slovenském trhu. Věřím, že jsme pro naši firmu, její pracovníky i akcionáře zvolili dobře. Spojila se dlouholetá tradice s jasnou perspektivou a budoucností.

## DEAR READERS,

*I was pleased to be given the opportunity to greet you and remember an important anniversary celebrated by the Subterra, a. s., company. The company was founded forty years ago. Interested readers can find information on the history of our company and results of its operations in this magazine already repeatedly. For that reason I am not going to hold a candle to the sun.*

*I would like, however, to briefly recapitulate the past period, and try to outline news in our company in the underground construction sphere.*

*Large projects commencing five years ago have ended meanwhile successfully. As examples, we can recall the Mrázovka tunnel and the Prague Metro line IVC1. The time was nearly ripe, and arguments were growing for the commencement of other large traffic projects, e.g. the Dobrovského tunnel in Brno, tunnels on the city circle road around Prague and on the motorway D8. The work on another extension of the Prague Metro line C started. On the other hand, the construction of the inner road circuit section Myslbekova – Pelc-Tyrolka is still waiting for its time. But even here exploration operations are in progress. We also participated in development of the railway network, above all the Krasíkov tunnels. Construction of underground structures within the infrastructure of large towns continued. This is probably a never-ending task.*

*Positive development in the sphere of underground engineering did not catch Czech specialised companies unprepared. I am happy that Subterra a. s. is among the top ones.*

*International professional co-operation is permanently very active in our profession. The Czech Tunnelling Committee and their magazine Tunel also contribute in this field. The assignment to organise the World Tunnelling Congress for the second time in Prague in 2007 is great evidence of this.*

*On this occasion, I would like to mention one name of an outstanding Czech expert, the name of Prof. Ing. Jiří Barták. He has been standing at the forefront of all main events within the underground engineering industry for many years, as a pedagogue, expert guarantor, organiser and member of executive bodies. Distracted by his tireless work, many of us have not noticed that 65 years have passed since his birth this year. This is an anniversary that I would like to congratulate him on again, and thank him for his help and co-operation.*

*The forties anniversary of the foundation of our company also opens a new phase of its life. Metrostav, a. s., has become its major shareowner this year. Thus a nearly two-year process of seeking a strategic partner has been finished. Today, Subterra, a. s., is part of DDM Group, a powerful civil engineering group, which is going to become the largest one on the Czech and Slovakian markets. I believe that our choice was good, for our company, as well as for its employees and shareholders. Long-term tradition joined a clear perspective and a bright future.*

**Ing. Petr Kuchár**  
generální ředitel Subterra, a. s.  
General Manager Subterra, a. s.

## ČTYŘICÁTÉ VÝROČÍ ZALOŽENÍ FIRMY SUBTERRA, a. s.

### FORTY YEARS SINCE THE FOUNDATION OF COMPANY SUBTERRA, a. s.,

ING. MIROSLAV UHLÍK, ING. JIŘÍ NOVÝ, SUBTERRA, a. s.

#### HISTORIE SPOLEČNOSTI

Počátek historie společnosti sahá do roku 1964. V září uvedeného roku byl proveden první odpal na pokusné ražbě štolového přivaděče pitné vody ze Želivky do Prahy. To byl začátek vývoje podniku, který se od samostatného útvaru Uranových dolů Příbram přes odštěpný závod Želivka, národní podnik Podzemní inženýrské stavby, koncernový podnik Výstavba dolů uranového průmyslu, státní podnik Subterra, přeměnil až na dnešní akciovou společnost Subterra. Ta byla na základě privatizačního projektu založena k 1. 4. 1992. V polovině 60. let neměly podniky resortu stavebnictví prakticky žádné tunelářské kapacity, takže nabídka Uranových dolů Příbram na vybudování 50 km štoly v reálném čase a za přijatelnou rozpočtovou cenu umožnila velkorysé řešení problému, které bylo nakonec přijato a realizováno.

V dalším období se na základě pozitivních zkušeností z Vodního díla Želivka objevily nové projekty jako štolové přivaděče na vodárenských soustavách, podzemní objekty na přehradách, ražené kanalizace, kolektory, podzemní čistírny odpadních vod, pražské metro, podzemní přečerpávací elektrárna i silniční a železniční tunely. Vznikly nové specializované firmy na podzemní stavby, Subterra ve své původní podobě však byla první.

Subterra významně přispěla k rozvoji tunelářských technologií. V prostředí Československého uranového průmyslu, který patřil mezi prioritní odvětví, dokázala pořídit technicky vyspělé moderní technologie. Její zaměstnanci zase dostali příležitost naučit se s moderními mechanismy a technologiemi pracovat, ovládnout je a podle těchto vzorů vyvinout i zařízení vlastní. Pozvedli tak technickou úroveň československého podzemního stavitelství na stupeň srovnatelný se západním světem.

Podnik rozšiřoval své zkušenosti a aktivity v celém průřezu podzemních inženýrských staveb, ve vodním hospodářství, ve výstavbě dolů i ve velkoprostorových podzemních stavbách pro energetická díla a podzemní garáže. V Praze je Subterra hlavním stavebním dodavatelem sítě kolektorů. Kolektory staví také v Brně, Ostravě a donedávna stavěla i v Bratislavě. Součástí dodávky velkých inženýrských staveb byly také povrchové objekty. I ty Subterra zvládla a v dalším vývoji postavila mnohé povrchové stavby jako samostatné zakázky.

Transformací oborového podniku na koncern v roce 1976, která spadla do začátku období posledního rozmachu Československého uranového průmyslu (ČSUP), dostal podnik nový název a současně nové úkoly pro mateřský koncern. Koncernový podnik Výstavba dolů uranového průmyslu (VDUP) zaměstnával zkušené pracovníky zvyklé pracovat v nejrůznějších přírodních podmínkách včetně vel-

#### COMPANY HISTORY

The beginning of the company history falls into the year 1964. The first blast at the experimental excavation of the gallery feeder for drinking water from Želivka to Prague was carried out in September that year. That was the start for development of a company that gradually transformed from the independent department of the Uranové doly Příbram, through separate division Želivka, public corporation Podzemní inženýrské stavby, trust corporation Výstavba dolů uranového průmyslu, and public corporation Subterra, a. s. to the current joint-stock company Subterra, a. s. This was created based on a privatization project as of April 1, 1992.

In the middle sixties, companies in the construction field had almost no tunneling capacities, and therefore the commission of the Uranové doly Příbram to construct a 50 km long gallery in reasonable time and for an acceptable budget price enabled a generous solution of the problem that was ultimately accepted and realized.

Based on positive experience from the water-work Želivka, new projects turned up in the following time period, such as gallery feeder at water-work complexes, underground structures at dams, mined sewers, collectors, underground sewage treatment plants, Prague subway, underground pumped-storage power plant as well as road and railway tunnels. New companies specialized in the underground field were founded, yet Subterra, a. s. in its original form was the first one.

Subterra, a. s. significantly contributed to the development of the tunneling technologies. In the field of the Czechoslovakian uranium-mining industry, which ranked among the priority industrial fields, it managed to secure technically advanced modern technologies. On the other hand, its employees had the opportunity to learn how to manipulate with modern mechanisms and technologies, to control them and based on these models also how to design own devices. Thus, they have raised the technical level of the Czechoslovakian underground engineering to be comparable with the western world. The company expanded its activities and experience in the entire field of underground engineering constructions, in the water-work industry, in construction of mines as well as in large underground structures for power plants or underground garages. Subterra, a. s. is the main construction supplier for the network of collectors in Prague. It moreover realizes collectors in Brno, Ostrava and until recently also in Bratislava. Surface structures were also part of supply for the large engineering constructions. Subterra, a. s. mastered even those and throughout its further development realized many surface structures as separate commissions.

Transformation of the sectoral company into a trust in 1976, which



Obr. 1 Rok 1964, vodovodní přivaděč Želivka – první odpal na pokusné štolě  
Fig. 1 1964, water feeder Želivka – first blasting in the experimental gallery



Obr. 2 Podzemní ČOV v Peci pod Sněžkou  
Fig. 2 Underground STP in Pec pod Sněžkou



Obr. 3, 4, 5 Ražba vodovodního přívaděče Želivka  
Fig. 3, 4, 5 Excavation of the water feeder Želivka

kých hloubek. Z toho důvodu byl orientován na hloubení nových průzkumných a těžebních jam. Takovými díly byly jámy Milasín (530 m) Nová Včelnice (690 m) nebo Vítkov v západních Čechách.

V této souvislosti je nutno poznamenat, že podnik prováděl průzkumné a otvírkové práce i na různých lokalitách rudného hornictví, z nichž stojí za zmínku otvírka XIII. obzoru na Rudných baních v Rudňanech, kde byl poprvé v našem rudném hornictví nasazen plno-profilový razicí stroj.

V době svého největšího personálního rozvoje zaměstnával VDUP více než 3000 zaměstnanců působících zhruba na 140 stavbách v sedmi krajích. Pro ně disponoval 1036 byty, z nich téměř polovinu postavil jako generální dodavatel. Šlo vesměs o byty v Praze. K tomu ještě hotelovou ubytovnu na Zbraslavi se 400 lůžky a několik rekreačních objektů v Čechách i na Moravě. V roce 1990 nastal ve vývoji podniku zásadní obrat.

Velké zkušenosti z důlních stavebních prací přispěly k tomu, že již v roce 1989 získala Subterra zakázku na provedení důlních děl ve španělské Asturii. V posledních letech byla Subterra úspěšná svými stavebními pracemi v Německu, zejména na výstavbě silničního tunelu Löwenherz, který je součástí obchvatu města Annweileru.

## PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ

Jak již bylo řečeno, specializované kapacity pro podzemní stavitelství vznikaly na půdě báňského průmyslu. Bylo tomu tak i v dávné minulosti, což lze dokumentovat na příkladě Rudolfovy štoly v Praze, kterou na konci 16. století vyrazili převážně kutnohorští havíři a jejich mistři. Přesto se oba obory, podzemní stavitelství a hornictví, postupně oddělily, což bylo způsobeno hlavně jejich odlišným posláním, různým časovým využitím jejich produktů a v neposlední řadě i rozdílnými ekonomickými kritérii.

Od poloviny šedesátých let lze vysledovat v následujícím období tři časové vlny. První se týkala regionální infrastruktury, kdy tunelářské technologie přinesly řešení mnoha úkolů v zásobování vodou, likvidaci odpadních vod i v energetice. Druhá vlna sehrála podstatnou roli v městské infrastruktuře, ve které podzemní stavitelství dominovalo v případě metra, kolektorů a kmenových stok. Třetí vlna právě probíhá a jejím předmětem jsou dopravní tunely, ať železničního nebo silničního stavitelství.

## PODZEMNÍ OBJEKTY VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ A ENERGETICE

### Vodní dílo Želivka

Po desetileté investiční a projektové přípravě bylo dílo v základním rozsahu vybudováno v období 1965 až 1972. Skládá se z hydrotechnického komplexu, který obsahuje mj. přehradní hráz na řece Želivce u Švihova a z vodárenského komplexu, jehož významným objektem je štolový přívaděč pitné vody z úpravny u Soutic do vodojemu u Jesenice.

Štola má délku 51,1 km, světlý průměr 264 cm, projektovanou kapacitu 6000 l/sec a dodnes patří mezi evropské unikáty.

Celkový obsah vylámané horniny ze štoly 505 522 m<sup>3</sup>, uloženého betonu 250 000 m<sup>3</sup>, počet pracovních úseků při ražbě 14, technologie ražby konvenční pomocí trhavin. Po trase je řada objektů na přechodech vodních toků a šachtic pro tlakové vyrovnání a odběr vody. Práce na štole se vyznačovaly vysokými měsíčními výkony při ražbě i betonáži, dokonalým měřickým vedením, ale i nepředvídanými potížemi z důvodů místních geologických anomálií, které měly

coincided with the beginning of the last boom of the Czechoslovakian uranium-mining industry (ČSUP), gave the company a new name along with new tasks for the mother company. The trust Výstavba dolů uranového průmyslu (VDUP) employed experienced personnel that were used to working in various natural conditions including large depths. Due to these reasons it was focused on excavation of new exploratory or mining shafts. To such works belonged the shafts Milasín (530 m), Nová Včelnice (690 m) or Vítkov in western Bohemia. Connected to this it is necessary to mention that the company carried out exploration and development works also at various locations of the mining industry, for instance the development of the XII. horizon in Rudňany ore mines, where a full-profile boring machine was deployed for the first time within our mining industry.

In the times of the greatest personnel capacity the VDUP employed more than 3000 people that covered approximately 140 construction sites in 7 regions. It offered them 1036 apartments, more than half out of which it realized as a main contractor. Those were mostly apartments in Prague. On top of that there was a hostel accommodation in Zbraslav with 400 beds and several recreation structures both in Bohemia and Moravia. A fundamental change in the company development occurred in 1990.

Substantial experience from mine engineering works contributed to the fact that Subterra won a contract for realization of mining structures in Spanish province of Asturia in 1989. Already in the recent years, Subterra, a. s. was successful with its engineering works in Germany, especially with construction of the Lowenherz tunnel as part of bypass of the city of Annweiler.

## UNDERGROUND ENGINEERING

As it was already said, specialized capacities for underground engineering originated in the field of the mining industry. This also applied in far past, for instance documented by the Rudolf's gallery in Prague, which was excavated by miners and their masters of Kutná Hora in late 16<sup>th</sup> century. Nevertheless the two fields, underground engineering and mining, did ultimately separate, which was mainly due to their disparate purpose, time-oriented use of their products and last but not least also due to different economic criteria.

Since the half of the sixties, three time phases can be observed. The first one dealt with the regional infrastructure, when tunneling technologies brought solutions to many tasks such as water supply, liquidation of sewage or in power engineering. The second phase played an important role in the urban infrastructure, which was dominated by the subway, collectors and trunk sewers. The first phase is currently underway and it is focused on traffic tunnels, both road and railway.

## UNDERGROUND STRUCTURES IN WATER RESOURCES AND POWER ENGINEERING

### Water-work Želivka

Following ten years of investment and design preparation, the work was constructed in its basic extent between 1965 and 1972. It consists of the hydro-technical complex, which for instance includes the dam at river Želivka, and the water supply complex with its significant structure in the drinking-water feeder from the treatment plant near Soutice to the water-tank near Jesenice.

The 51,1 km long gallery with net diameter of 264 cm and designed capacity of 6000 l/sec ranks among unique structures in Europe until today. Total volume of excavated rock from the gallery reached 505 522 m<sup>3</sup>, cast concrete then 250 000 m<sup>3</sup>. There were 14 working sections throughout the excavation, using the conventional drill and blast

dopad na cenu i smluvní termíny. V závěru roku 1972 byl přivaděč uveden do trvalého provozu a od té doby spolehlivě slouží.

#### Oblastní zásobování pitnou vodou

V sedmdesátých a osmdesátých letech probíhala téměř ve všech krajích v Čechách a na Moravě rozsáhlá výstavba oblastních vodárenských soustav. Součástí těchto staveb byly i podzemní objekty a Subterra se na všech podílela. Byly to tyto stavby:

Oblastní vodovod Přísečnice pro zásobování Chomutovska, Březovský přivaděč pro Brno, Vodní dílo Stanovice pro Karlovy Vary, Vodní dílo Římov pro zásobování Českých Budějovic, Skupinový vodovod Humpolec-Pelhřimov-Pacov, Vodní dílo Josefův Důl pro libereckou oblast, Vodní dílo Slezská Harta pro severní Moravu, Vířský oblastní vodovod pro jižní Moravu. Celkově vyrazila Subterra razicími stroji na těchto dílech přes 60 km štol.

#### Ražené kanalizační sběrače a podzemní čistírny odpadních vod

Zvládnutí tunelářských technologií prakticky ve všech geologických podmínkách bylo impulsem pro projektanty kanalizačních sítí, aby v městské zástavbě nebo v členitém terénu extravilánu navrhovali ražené kanalizační sběrače. Subterra má tento typ staveb ve výrobním programu od roku 1971. Do dnešní doby realizovala tyto hlavní stavby:

Kmenová stoka K v Praze, Nadsídlíšní kanalizační sběrač pro Jihozápadní Město v Praze, Soubor sběračů v oblasti Barrandov, Sídlíšní kanalizace Čimice, Petrovice, Lhotka - Libuš, Poštovka, Hrdlořezy, Černý Most aj., Levobřežní kunratický sběrač, Sběrač pro sídlíště Brno-Líšeň, Kanalizační sběrač Jablonec - Liberec, Sběrač A v Karlových Varech, Stoka C v Brně, Napojení na ČOV Hradec Králové, Sběrač Y v Ústí nad Labem.

Vývoj technologií výstavby na těchto ražených kanalizacích vedl od konvenční ražby přes použití razicích strojů plnoprofilových nebo s frézou na výložníku až po první nasazení tunelovacího systému řízeného mikrotunelování u nás od japonské firmy ISEKI v Ústí nad Labem, v dnešní době využívaný například na stavbě „Rozšíření kanalizačního systému města Ostravy“. Nedostatek vhodných pozemků pro výstavbu nových čistíren odpadních vod v okolí velkých sídlíšť či v chráněných územích a snaha eliminovat jejich nepříjemné vlivy na životní prostředí vede projektanty, zatím v ojedinělých případech, k umísťování těchto staveb do podzemí. Subterra postavila první dvě takové čistírny u nás - ČOV v Peci pod Sněžkou a ČOV v Lokti nad Ohří.

#### Podzemní přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně, Jeseníky

Jde o jedno z nejvýznamnějších děl v historii společnosti Subterra. Vlastní stavba byla zahájena v roce 1978, uvedení do provozu proběhlo v roce 1994. Z toho je patrné, že lhůta výstavby přesáhla běžné normy. Je to způsobeno mnoha vlivy, zejména změnami energetických koncepcí a technického řešení, nedostatkem prostředků a z toho plynoucího zařazení stavby do „útlumového programu“ atd. Tak na příklad na výlom a statické zajištění kaverny hydrocentrály byl vymezen čas 24 měsíců a Subterra jej dodržela.

Tato elektrárna byla postavena v severomoravském regionu v Jeseníkách poblíž masivu Praděd. Dolní nádrž je vytvořena novou údol-

method. There are several structures along the path within river crossings with shafts for pressure equalization and water extraction. Works on the gallery were marked by high monthly outputs during both excavation and concrete placement, perfect survey control, but also by unexpected complications due to local geological anomalies, which had an impact on contractual price as well as terms. By the end of 1972, the feeder was put into permanent operation and serves satisfactorily ever since.

#### Regional supply of drinking water

Extensive construction of regional water-supply complexes proceeded in virtually all regions of Bohemia and Moravia in the seventies and eighties. Underground structures were part of this construction and Subterra took part in all of them. It included these structures: Regional water pipeline Přísečnice for supply of the Chomutov region, Březovský feeder for Brno, water-work Stanovice for Karlovy Vary, water-work Římov for supply of Českých Budějovic, group water supply Humpolec-Pelhřimov-Pacov, water-work Josefův Důl for Liberec region, water-work Slezská Harta for northern Moravia, Vířský regional pipeline for southern Moravia. Altogether, Subterra excavated on these works more than 60 km of galleries.

#### Mined sewer collectors and underground sewage treatment plants

Mastering of the tunneling technologies in all geological conditions was an impulse for the designers of sewerage networks to start designing mined sewer collectors in urban areas or segmented outer terrain. Subterra, a. s. has this type of structures in its production program since 1971. Until present day it realized these main structures:

Trunk sewer K in Prague, sewer collector for Jihozápadní město in Prague, Complex of sewers in the Barrandov district, residential sewerage network Čimice, Petrovice, Lhotka - Libuš, Poštovka, Hrdlořezy, and Černý Most; left-bank collector Kunratic, collector for the district Brno - Líšeň, sewer collector Jablonec - Liberec, collector A in Karlovy Vary, Sewer C in Brno, connection to STP Hradec Králové, collector Y in Ústí nad Labem.

Development of the construction technologies at these mined sewerage networks led from conventional excavation through the use of tunnel boring machines, full-profile ones or equipped with a cutter, to the first national deployment of the tunneling system for directional drilling (developed by the Japanese company ISEKI) in Ústí nad Labem, today for instance used at the construction "Expansion of the sewerage system in Ostrava". Lack of suitable land for the construction of new sewage treatment plants in the vicinity of large residential areas or within protected areas as well as an effort to eliminate their unfavorable impacts on the environment leads the designers, yet in very sporadic cases so far, to placing these structures in the underground. Subterra built the first two such treatment plants - STP in Pec pod Sněžkou and STP in Loket nad Ohří.

Underground pumped-storage power plant (PSPP) Dlouhé Stráně, Jeseníky It is one of the most significant works in the company history of Subterra, a. s. The own construction began in 1978 while the work was put into operation in 1994. It is obvious that the time of construction exceeded normal standards. It was caused by numerous reasons, namely changes in national energy policies, technical solutions, and lack of finance and to that connected classification of the work as "suspended program". To give an idea, there was a 24-month period assigned excavati-



Obr. 6 Dolní nádrž Přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně  
Fig. 6 Lower basin of the pumped-storage power plant Dlouhé Stráně



Obr. 7 Kaverna Přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně  
Fig. 7 Cavern of the pumped-storage power plant Dlouhé Stráně



Obr. 8 Kolektor Centrum I. (II. kategorie)  
Fig. 8 Collector Centrum I. (II. category)

ní přehradou na říčce Divoká Desná, horní nádrž leží v sedle horského hřebenu mezi vrcholy Dlouhé stráně a Mravenečník. Vlastní PVE včetně přivaděčů je umístěna do podzemí. Elektrárna je vybavena dvěma reverzními soustrojími o výkonu 2 x 325 MW, hydraulický spád je 525 m.

Speciálním problémem byla ražba šikmin na přivaděčích se sklonem 45° o délce 2 x 740 m a raženém profilu 18 m<sup>2</sup>. Bylo použito zařízení Groundhog - GLH Alimak na závěsné dopravní dráze. Se všemi těmito novými technologiemi se Subterra vyrovnala, odevzdala dílo včas a v dobré kvalitě. Dnes tvoří tato elektrárna důležitou součást naší elektrizační soustavy.

## PODZEMNÍ OBJEKTY V MĚSTSKÉ INFRASTRUKTUŘE

### Kabelové tunely

Kabelové tunely v Praze budované v letech 1971 až 1985 mají celkovou délku 15 km, kruhový profil o průměru 216 až 264 cm.

### Kolektory

Pro ukládání hlavních rozvodů vody, tepla, elektrické energie, plynu a spojových kabelů se v centru velkých měst staví systém kolektorů. Například v Praze Subterra staví kolektory již dvacet let. Podle významu uložených sítí se kolektory rozdělují na primární (v Praze se užívá termín 2. kategorie) a sekundární (3. kategorie). Pro 1. kategorii jsou v Praze vyhrazeny tranzitní trasy hlavních rozvodů pod městem, k jejichž realizaci dosud nedošlo.

V Brně systém primárních kolektorů obepíná svým jedním okruhem historické jádro města, druhý okruh je veden blíže průmyslové zóny. Ty jsou vedeny v hloubce 20 až 30 m pod terémem a mají příčný profil obdobný jako pražské metro o průměru 5,1 m. Na trasách jsou technické komory a šachty, provoz je zabezpečen automatickými prvky a řízen z centrálního velínu. Sekundární kolektory v Brně respektují stávající kanalizační síť, která je do nich svedena, takže jsou umístěny v menších hloubkách a odbočují z nich jednotlivé domovní přípojky.

V Praze jsou kolektory 2. a 3. kategorie řešeny nezávisle na kanalizační síti. Jejich hloubka uložení je dána geologickými a provozními podmínkami a pohybuje se pod úrovní 15 m. Pouze některé trasy kolektorů třetí kategorie jsou raženy v pokryvných útvarech.

### Dopravní tunely

Subterra se v letech 1979 – 1983 zúčastnila přípravy Strahovského tunelu. Realizovala průzkumnou štolu, vlastní stavba však byla administrativním rozhodnutím zadána jinému podniku.

Po 15 letech došlo k zahájení stavby druhého městského silničního tunelu v České republice. V soutěži na jeho dodávku zvítězila Subterra, protože se mohla mimo jiné prokázat kladnými referencemi z obdobné stavby v Německu. Jde o tunel na trase vnějšího dopravního okruhu v Brně zvané Pražská radiála.

Tunel dálničního typu má dvě roury o délce 2 x 500 m, z toho cca 25 % je hloubená část. Ražený příčný profil podkovovitého tvaru má rozměry 13 x 8,5 m. Byl proveden pomocí Nové rakouské tunelovací metody. Plocha výrubu jedné roury činila 95 m<sup>2</sup>. První část stavby byla uvedena do provozu v závěru roku 1997. S jistotou lze tvrdit, že s těmito parametry a rozměry nebylo dosud v České republice takové dílo provedeno. Svým řešením odpovídá nejmodernějším stavbám tunelů v takové tradiční tunelářské zemi, jako je Švýcarsko.



Obr. 9 Ražba silničního tunelu VMO na Pražské radiále v Brně  
Fig. 9 Excavation of the road tunnel on the city ring road Prague artery in Brno

on and support of cavern of the hydro-center and Subterra kept it. This power plant was built in the North Moravian region in Jeseníky near the Praděd massif. Its lower basin is formed by the new valley dam on the Divoká Desná river, upper basin then in the saddle of a mountain ridge between the peaks Dlouhé Stráně and Mravenečník. The own PSPP including the feeders is located underground. The power plant is equipped with two reversal generating sets with the output of 2 x 325 MW and hydraulic head of 525 m.

There was a special problem in excavation of the inclined adits with a gradient of 45°, length of 2 x 740 m and excavated profile of 18 m<sup>2</sup>. The machine Groundhog -GLH Alimak on a roof-mounted monorail was used. Today, this power plant represents an important part of our electrification framework.

## UNDERGROUND STRUCTURES IN THE URBAN INFRASTRUCTURE

### Cable tunnels

Cable tunnels built in Prague between 1971 and 1985 have a total length of 15 km and circular profile of 216-264 cm in diameter.

### Collectors

A system of collectors is being constructed in the centers of large cities in order to conduct the distribution grid of water, heat, power, gas and connection cables. For example Subterra builds collectors for already 20 years. Based on importance of the conducted grids the collectors classify as primary (the term 2<sup>nd</sup> category is being used in Prague) and secondary (3<sup>rd</sup> category). In Prague, the 1<sup>st</sup> category is reserved for transit paths of those main grids below the city, which had not yet been realized.

In Brno, the system of primary collectors encircles the entire historical city center, the second circuit is conducted close to the industrial zone. All these are conducted app. 20 to 30 m below terrain surface and have a cross section of 5,1 m in diameter like the Prague subway. There are technical chambers and shafts along the track, operation is secured by automatic elements and controlled from the central command station. Secondary collectors in Brno observe the existing sewerage network, which is diverted into them, so that they can be located in smaller depths and individual house connections turn directly.

In Prague, the collectors of 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> category are realized independently from the sewerage network. Their depth is given by the geological and operational conditions and ranges below 15 m. Only some collector tracks of the 3<sup>rd</sup> category are excavated within surface deposits.

### Traffic tunnels

Subterra took part in preparation of the Strahovský tunnel between 1979 and 1983. It realized an exploratory gallery, however, based on an administrative decision, the own construction was commissioned to a different company.

15 years later, construction of the second city road tunnel in the Czech Republic started. Subterra won the contract, also because it could prove favorable references from similar construction in Germany. It is a tunnel on the outer city ring road of Brno called the Prague artery. The motorway-type tunnel has two 500 m long tunnel tubes, 25% of which are of cut-and-cover type. Excavated cross section of a horseshoe shape has the dimensions of 13 x 8,5 m. It was realized using the new Austrian tunneling method. Area of the cut in one tube reached 95 m<sup>2</sup>. First section of the structure was put into operation in the late



Obr. 10 Slavnostní zprovoznění silničního tunelu VMO na Pražské radiále v Brně  
Fig. 10 Ceremonial opening of the road tunnel on Prague artery of the Brno city ring road

V roce 1998 byla zahájena další stavba městského silničního tunelu v Praze – tunel Mrázovka, který navazuje na jižní vyústění Strahovského tunelu. Ve veřejné soutěži na tuto stavbu opět zvítězila společnost Subterra, tentokrát ve sdružení s Metrostavem. Jedná se o jednu z nejvýznamnějších dopravních staveb v Praze poslední doby.

## SOUČASNOST

Poslední výše uvedené stavby nás přivádějí do současnosti. Vývoj situace na stavebním trhu v 90. letech si vynutil značnou diverzifikaci výrobního programu společnosti. Subterra postupně rozšiřuje své aktivity do všech oblastí podzemního i pozemního stavitelství. V současnosti nabízí inženýrské, dopravní, vodohospodářské, ekologické, průmyslové, občanské a bytové stavby.

Za zmínku rozhodně stojí současné a v nedávné době dokončené železniční stavby. První zakázkou tohoto typu byla v letech 1997 až 1999 „Modernizace traťového úseku Hodonín – Moravský Písek“, po ní následovala „Modernizace traťového úseku Otrokovice – Přerov“ (2000 - 2002) a v současné době právě dokončovaná „Optimalizace úseku Krasíkov – Česká Třebová“, kde Subterra staví tunely Krasíkov. První z nich, tunel Krasíkov 1 je svou délkou 1098 m nejdelším dvoukolejným tunelem na koridoru v České republice. Nejnovější stavbou tohoto charakteru je „Optimalizace traťového úseku Zábřeh – Krasíkov“. Železniční stavitelství se tak pevně usadilo mezi profilové oblasti výrobního programu společnosti Subterra. Dalším výrazným úspěchem poslední doby je účast společnosti Subterra na výstavbě pražského metra. Po první zakázce „Metro IVC1“, kde byla Subterra hlavním subdodavatelem Metrostavu, zahájila v nedávné době stavbu dalšího úseku metra - IV C2, tentokrát však již jako člen sdružení dodavatelů.

Subterra dále úspěšně pokračuje v realizaci kolektorů. V poslední době získala hlavní zakázky této oblasti - „Rozšíření kanalizačního systému města Ostravy“, jejíž součástí je i stavba kolektoru Ostrava Centrum. V současné době též probíhá realizace stavby Kolektoru Vodičkova v Praze, kde je Subterra vedoucím sdružením. Dvacetiletá tradice výstavby kolektorů v centru Prahy a další úspěšné pokračování řadí společnost Subterra jednoznačně do role leadera mezi stavebními firmami v této oblasti.

Subterra se již čtrnáct let pohybuje také na evropském trhu. V současné době je její nejvýznamnější zahraniční zakázkou stavba tunelu Plasina v Chorvatsku.

Dalšími v současnosti probíhajícími nebo v nedávné době dokončenými stavbami jsou: Tramvajová trať Hlubočepy – Barrandov v Praze, jedna z průzkumných štol tunelu Dobrovského v Brně a průzkumná štola 513 Lahovice – Vestec na Silničním okruhu kolem Prahy, Stoková síť města Brna, rekonstrukce Letenského dopravního tunelu v Praze, kavernový zásobník plynu v Příbrami – hodnocený odborníky jako světový unikát, komplexní oprava Těšnovského tunelu v Praze.

1997. It can be stated with certainty that a work with such parameters and dimensions has not yet been realized in the Czech Republic. With its solution it is compatible with the most modern tunnel structures in such a traditionally tunneling country like Switzerland.

In 1998, construction of another city road tunnel began in Prague - the Mrázovka tunnel that connects to southern portal of the Strahovský tunnel. Subterra again won a public tender for this construction, this time in a consortium with Metrostav. It is one of the most significant traffic structures in Prague in recent time.

## PRESENT DAY

The aforementioned structures have brought to the present day. The market development in the field of civil engineering construction in the nineties called for substantial diversification of the company's production program. Gradually, Subterra expands its activities into all areas of underground as well as surface construction. It currently offers civil engineering, traffic, ecological, water-economy related, industrial, civilian and housing constructions.

Worth mentioning are the ongoing and recently completed railway constructions. The first commission of this kind was "Modernization of the railway section Hodonín - Moravský Písek" between 1997 and 1999. "Modernization of the railway section Otrokovice - Přerov" followed between 2000 and 2001 and about to be completed is the "Optimization of the railway section Krasíkov - Česká Třebová", where Subterra builds the Krasíkov tunnels. The first one of them, Krasíkov 1, is with its length of 1098 m the longest double-track tunnel in the Czech Republic. The most recent construction of this type is "Optimization of the railway section Zábřeh - Krasíkov". Railway engineering has thus entrenched among the prestigious fields of Subterra's production program.

The next recent remarkable success is the participation of Subterra in construction of the Prague subway. Following the first commission for "Subway section IV. C1", where Subterra acted as the main subcontractor of Metrostav, it recently started the construction of another subway section - IV. C2, although this time already as a member of the consortium of contractors.

Subterra also successfully continues to realize collectors. Recently it won main commissions in the field - "Expansion of the sewerage system in Ostrava", as part of which it constructs the collector Ostrava Centrum. There is also the ongoing realization of construction of the Vodičkova collector in Prague, where Subterra leads the consortium. The 20-year tradition of collector construction in Prague as well as its successful continuation explicitly appoints Subterra a leader among other construction companies in the field.

For 14 years, Subterra has been already active on the European market. The commission for construction of the Plasina tunnel in Croatia is currently its most significant foreign contract.

Other ongoing or recently completed constructions include: Tram track Hlubočepy - Barrandov in Prague, one of the exploratory galleries of the Dobrovského tunnel in Brno and exploratory gallery 513 Lahovice - Vestec on the Prague city ring road, sewerage network of the city of Brno, reconstruction of the Letenský road tunnel in Prague, cavern gas storage in Příbram - by experts appraised as globally unique structure, complex refurbishment of the Těšnovský tunnel in Prague.



Obr. 11 Silniční tunel Mrázovka na Městském okruhu v Praze na Smíchově  
Fig. 11 Road tunnel Mrázovka on the Prague city ring road in Smíchov



Obr. 12 Tramvajová trať Hlubočepy - Barrandov v Praze  
Fig. 12 Tram track Hlubočepy - Barrandov in Prague



Obr. 13 Rozplet tunelu metra trasy IV C1 v úseku Trója - Kobylisy / Fig. 13 Bifurcation chamber on the subway tunnel IV. C1 in section Trója - Kobylisy



## ZPROVOZNĚNÍ KRASÍKOVSKÉHO A TATENICKÉHO TUNELU

### KRASÍKOV AND TATENICE TUNNELS OPENING TO TRAFFIC

ING. FRANTIŠEK KLOUBA, SUBTERRA, a. s., ING. JIŘÍ TESAŘ, SUBTERRA, a. s.,  
ING. ALOIS KEJÍK, SZDC s. o., STAVEBNÍ SPRÁVA OLOMOUC

#### 1. ÚVOD

Dne 8. září 2004 přesně podle harmonogramu jel po 2. koleji dvoukolejného tunelu Krasíkov a Tatenice první vlak. Tím došlo k zprovoznění výše uvedených tunelů v obou směrech. Uzavřela se tak etapa výstavby traťového úseku z Krasíkova na Hoštejn, který sestává ze dvou tunelů - Krasíkovského a Tatenického - a dvou mostů přes Moravskou Sázavu. Krasíkovský tunel je jedním z nejdelších dvoukolejných tunelů v České republice.

#### 2. CHARAKTERISTIKA CELKOVÉ STAVBY

Stavba "ČD, DDC, Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová" leží na železniční trati Olomouc - Česká Třebová. Úpravou směrových poměrů se železniční trať napřimuje a prochází zvlněným terénem kolem Moravské Sázavy dvěma tunely, novým tunelem Krasíkov (Nový tunel Krasíkov 1, SO 51-21-01) a novým tunelem Tatenice (Nový tunel Krasíkov 2, SO 51-21-02), přičemž opouští starý Tatenický (Krasíkovský) tunel. Optimalizace traťového úseku je řešena na rychlost 120 až 140 km/hod. pro klasické soupravy a 160 km/hod. pro soupravy s naklápěcími skříněmi.

Zhotovitel: Subterra, a. s.

Podzhotovitelé (části objektů): Metrostav a. s. - ražba tunelu Krasíkov od P1 a betonáž dna, dno a střední odvodňovací stoka Tatenického tunelu Carpi CZ a. s. Praha - izolace

Ekozis Zábřeh - terénní úpravy Tatenického tunelu

Zhotovitel realizační dokumentace: Metroprojekt Praha, a. s.

Investor: SZDC, s. o., Stavební správa Olomouc

#### 3. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

TU: (číslo, název): 1901 Česká Třebová - Olomouc

DU: (číslo, název): 08 Krasíkov - Hoštejn

Katastrální území: k. ú. Krasíkov, kraj Pardubický

Místně příslušný drážní úřad: Drážní úřad, sekce stavební, oblast Olomouc

Místně příslušný báňský úřad: OBÚ v Trutnově

	Krasíkovský tunel	Tatenický tunel
Km:	24,692.00 - 25,793.00	25,984.65 - 26,128.00
Délka tunelu:	1101,0 m	143,35 m
Délka ražené části:	1035,0 m	85,00 m
Délka hloubené části na vjezdu:	42,5 m	14,35 m
Délka hloubené části na výjezdu:	23,5 m	44,0 m

#### 4. POSTUP STAVBY KRASÍKOVSKÉHO TUNELU

Předání staveniště: 5. 9. 2002

Začátek ražeb: 17. 2. 2003 kalota, 16. 6. 2003 jádro, 12. 1. 2004 dno

Konec ražeb: 10. 9. 2003 kalota, 30. 9. 2003 jádro, 5. 4. 2004 dno

Měření profilu primární obzdvíky: 11/2003 SG Geotechnika

Začátek betonáže dna: 5. 4. 2004

Konec betonáže dna: 22. 5. 2004

Začátek instalace izolace: 2. 11. 2003

Konec instalace izolace: 19. 5. 2003

Začátek betonáže klenby: 6. 11. 2003

Konec betonáže klenby: 2. 6. 2004

Měření profilu definitivního ostění: 07/2004

Měření bludných proudů: 07/2004

Měření prostorové průchodnosti: 08/2004

Zprovoznění koleje č. 1: 23. 8. 2004

Zprovoznění koleje č. 2: 8. 9. 2004

Krasíkovský tunel byl ražen současně ze dvou stran, na straně vjezdové byl podzhotovitelem Metrostav a. s. Ražbu od vjezdového portálu P2 zajišťovala Subterra, a. s. Styk obou ražeb v kalotě byl ve staničení 25,261.50

Postup ražby tunelu členěným výrubem v jednotlivých třídách výrubu

Portál P1 - zhotovitel Metrostav a. s.

Prorážka kaloty proběhla dne 25. 9. 2003

#### Úniková štola a šachta

Ražbu, izolaci včetně definitivního ostění, výstavbu kiosku včetně zámečnických výrobků, elektroinstalaci a montáž vzduchotechniky zajišťovala Subterra, a. s.

#### Štola

Ražba vč. primárního ostění: 3. 11. 2003 - 18. 8. 2004

Izolace: 31. 3. 2004 - 29. 5. 2004

#### 1. INTRODUCTION

Exactly in compliance with the construction programme, the first train passed along the track #2 through the double-track tunnels Krasíkov and Tatenice on 8 September 2004. By this act the above-mentioned tunnels were opened to traffic in both directions. It closed a phase of the route section from Krasíkov to Hoštejn consisting of two tunnels - Krasíkov and Tatenice - and two bridges over the Moravská Sázava River. The Krasíkov tunnel is one of the longest double-track tunnels in the Czech Republic.

#### 2. CHARACTERISTICS OF THE OVERALL PROJECT

The project "ČD, DDC, Optimisation of the route section Krasíkov - Česká Třebová" is located on the railway line Olomouc - Česká Třebová. The route is being straightened by improvement of the horizontal alignment. It runs through undulated topography along the Moravská Sázava River, passing through two tunnels, i.e. the new tunnel Krasíkov (New Tunnel Krasíkov 1, SO 51-21-01) and new tunnel Tatenice (New Tunnel Krasíkov, SO 51-21-02). It abandons a former Tatenice (Krasíkov) tunnel. The optimisation of the route section is designed for a speed of 120 to 140 km/hour for conventional trains, and 160 km/hour for trains with tilting bodies.

Contractor: Subterra, a. s.

Subcontractors (construction parts):

Metrostav, a. s. - Krasíkov tunnel excavation from P1 plus invert casting; invert and central drainage duct in the Tatenice tunnel

Carpi CZ, a. s. Praha - waterproofing

Ekozis Zábřeh - terrain finishes of the Tatenice tunnel

Designer (detailed design): Metroprojekt Praha, a. s.

Client: SZDC, s. o., Stavební správa Olomouc

#### 3. IDENTIFICATION DATA:

TU: (number, name): 1901 Česká Třebová - Olomouc

DU: (number, name): 08 Krasíkov - Hoštejn

Cadastral district: c.d. Krasíkov, region Pardubice

Locally relevant railway authority: Drážní Úřad, Construction Department, Olomouc region

Locally relevant bureau of mines: OBÚ in Trutnov

	Krasíkov tunnel	Tatenice tunnel
Km:	24.69200 - 25.79300	25.98465 - 26.12800
Tunnel length:	1,101.0 m	143.35 m
Mined section length:	1,035.0 m	85.00 m
Cut-and-cover section at the entrance:	42.5m	14.35 m
Cut-and-cover section at the exit:	23.5 m	44.0 m

#### 4. KRASÍKOV TUNNEL CONSTRUCTION HISTORY:

Site take-over: 5/9/2002

Start of excavation: 17/2/2003 top heading; 16/6/2003 bench; 12/1/2004 invert

End of excavation: 10/9/2003 top heading; 30/9/2003 bench; 5/4/2004 invert

Mapping of the primary lining profile: Nov. 2003, SG Geotechnika

Start of invert casting: 5/4/2004

End of invert casting: 22/5/2004

Start of waterproofing installation: 2/11/2003

End of waterproofing installation: 19/5/2003

Start of vault casting: 6/11/2003

End of vault casting: 2/6/2004

Final lining survey: Jul. 2004

Measurement of stray currents: Jul. 2004

Measurement of traffic clearance: Aug. 2004

Track #1 opening to traffic: 23/8/2004

Track #2 opening to traffic: 8/9/2004

The Krasíkov tunnel was excavated simultaneously from both sides, the subcontractor Metrostav, a. s. operated on the entrance side. The excavation from the exit portal P2 was ensured by Subterra, a. s. The top headings met at chainage 25.26150.

#### Description of the construction

##### Preparatory work

Preparatory work started on 9/9/2002. It consisted of setting out the constructi-

Definitivní ostění:	16. 4. 2004 – 28. 6. 2004
<b>Šachta</b>	
Ražba vč. primárního ostění:	17. 7. 2003 – 15. 8. 2003
Izolace:	30. 6. 2004 – 1. 7. 2004
Definitivní ostění:	20. 7. 2004 – 10. 8. 2004
Kiosek:	21. 8. 2004 – 6. 9. 2004
Doplňkové konstrukce:	14. 8. 2004 – 5. 9. 2004

**Přípravné práce**

Přípravné práce byly zahájeny dne 9. 9. 2002. Jednalo se o vytýčení záborů pozemku, odlesňování svahů, naložení a odvoz dříví, odběr a odvoz ornice na mezideponii.

**Hloubený úsek – těžení**

Dne 6. 11. 2002 zahájeno odtěžování horniny z hloubené části portálu P2 po etapách dle schváleného TP. Odtěžené svahy byly zajišťovány vrstvou stříkaného betonu vyztuženého pletivem a svorníky SW a IBO. Nad profilem ražené části byl vytvořen deštník z mikropilot v počtu 48 a zřízena převážka z žebet. nosníku, kotveného SN kotvami délky 10 m.

Dne 7. 1. 2003 zahájeno odtěžování hloubené části portálu P1 obdobným způsobem jako P2, tj. po etapách se současným zajišťováním odtěženého svahu stříkaným betonem, sítí a svorníky SN a IBO. Ochranný deštník pro ražbu byl proveden ze 36 mikropilot délky 10 m, rovněž proveden převážkový nosník ze železobetonu kotvený kotvami délky 10 m.

**Ražba a primární ostění v tunelu**

Ražený úsek tunelu dlouhý 1035 m byl ražen v masivu tvořeném pískovci, prachovci a jílovcem. Ražba byla prováděna novou rakouskou tunelovací metodou, která je založena na principu redistribuce (snížení) tlaků horninového prostředí na výztuž tunelu, při cílevědomém využití deformací horniny a primární výztuže tunelu. Proto byl nezbytnou součástí prováděné technologie ražby tunelů NRTM geotechnický monitoring (soubor observačních měření a sledování) výrubu a horninového prostředí kolem výrubu, který poskytoval podklady pro zařizování výrubu do technologických tříd výrubu NRTM a také pro operativní upřesnění postupu ražení a stupně vyzbrojení výrubu ve skutečně zajištěných inženýrskogeologických (geotechnických) poměrech v jednotlivých čelbách. Hornina byla zaříděna do pěti technologických tříd výrubu (3, 3a, 4, 5a, 5b).

Geotechnickým monitoringem byly naměřeny konvergence výrubu vč. prumeru max. do 15 mm, ve štole do 5 mm. Průměrná konvergence v tunelu je 2,9 mm. Extenzometrickým měřením byla zjištěna max. deformace nadloží 24 mm. Primární ostění tvořil stříkaný beton B20 (C16/20) tl. 250 - 350 mm vyztužený příhradovými ocelovými oblouky BTX a svařovanými ocelovými sítěmi a horninové svorníky, vše v množství potřebném pro zajištění záběru v mezích příslušné technologické třídy výrubu. V místech nestabilního prostředí byly předháněny jehly v závislosti na třídě výrubu a v množství určeném geotechnickým dozorem stavby. Podrobné údaje o množství výztužných prvků jsou obsahem záběrových listů.

V hloubené části P1 v délce 30 m a P2 v délce 10 m bylo vytvořeno „ztracené

on site, deforesting the slopes, loading and removal of wood, topsoil stripping and removal to an intermediate stockpile.

**Cut-and-cover section - excavation**

Excavation of rock from the cut-and-cover section at the portal P2 started on 6/11/2002, in phases according to the approved specification. Exposed slopes were supported by a sprayed concrete layer reinforced with mesh and SN and IBO rock bolts. A protective umbrella consisting of 48 micropiles was created above the mined section profile, and a waler from a reinforced concrete beam anchored using SN anchors 10 m long.

Excavation of the cut-and-cover section at the portal P1 started on 7/1/2003, in a similar way as at the P2, i.e. in phases, with concurrent supporting of the slopes by sprayed concrete, mesh and SN and IBO rock bolts. The canopy pre-support consisted of 36 micropiles 10 m long. The reinforced concrete waler anchored by 10 m long anchors was also installed.

**Tunnel excavation and primary lining**

The 1035 m long mined section of the tunnel was driven through a rock mass consisting of sandstone, siltstone and claystone. The excavation was carried out using the New Austrian Tunneling Method, which is based on a principle of re-distribution (reduction) of pressures of the rock mass on the tunnel support, at purposeful utilisation of deformations of the rock mass and primary support of the tunnel. For that reason, an indispensable part of the NATM technique was geotechnical monitoring (a set of observation measurements and monitoring) of the tunnel opening and rock mass around the opening, which provided data necessary for determination of NATM excavation classes and also for operative adjustment of the excavation advance rate and degree of the excavation support in actually identified engineering geological (geotechnical) conditions at individual excavation faces. Five excavation classes were determined in the given rock mass (3, 3a, 4, 5a, 5b). Values of convergence of the tunnel opening including the diameter, measured by the geotechnical monitoring, amounted to 15 mm as a maximum, up to 5 mm in the gallery. Average convergence in the tunnel is 2.9 mm. Extensometric measurement determined maximum deformation of the cover 24 mm.

Primary lining consisted of a layer of sprayed concrete C20 (C16/20) 250 - 350 mm thick reinforced with BTX lattice girders and welded mesh, and rock bolts, all of that at a quantity required for supporting the excavation round within limits of the given excavation class. Forepoling was used in sections of unstable rock, depending on the excavation class. The amount of spiles was determined by the geotechnical supervision engineer. Detailed data on the amount of the support elements is contained in round cycle sheets.

The breakthrough took place on 25/9/2004.

"Sacrificial formwork" forming the external face of the final lining was created in the 30 m long cut-and-cover section P1 and 10 m long cut-and-cover section P2, by means of the "primary" structure 400 mm thick, consisting of sprayed concrete C20/25 reinforced with lattice girders and welded mesh on both surfaces.

**Waterproofing system in the tunnel**

An intermediary waterproofing system was used in the tunnel, installed between primary and secondary liners.

Waterproofing system: - 500 g/m<sup>2</sup> geotextile, anchored to the primary liner - PE membrane 2.5 mm thick with a signal layer, welded to fixation blanks



Obr. 1 Nový tunel Krasíkov 1  
Fig. 1 Krasíkov 1 New tunnel

bednění" vnějšího profilu definitivního ostění pomocí „primární“ konstrukce v tloušce 400 mm, tvořené stříkaným betonem C20/25 a vyztužené příhradovými rámy s oboustrannou sítí.

#### Izolace

Izolace tunelu byla provedena jako mezilehlá mezi primárním a definitivním ostěním. Izolační systém:

- geotextilie gramáže 500g/m<sup>2</sup> přikotvena k primárnímu ostění
  - folie PE tl. 2,5 mm se signální vrstvou přivařená na rondely
- Spoje pasů izolace byly svařovány dvojitým svařem umožňujícím kontrolu těsnosti svarů. Zřízení izolačního systému provedla firma Carpi CZ, a. s., Praha. Stejná izolace byla provedena i na izolaci portálů, kde navíc bylo použito ochranné vrstvy geotextilie a stř. beton tl. 70 mm. Izolace byla přikotvena k límcu portálu nerezovým páskem.

#### Definitivní ostění

Trvalé ostění v ražené části tunelu a v části hloubených portálů P2 a P1 v místě ztraceného bednění je z monolitického vyztuženého betonu tl. 350 mm (tř. výrubu 3, 3a, 4) nebo 550 mm (tř. výrubu 5a, 5b). Byl použit beton C25/30 XC1, XF1. Betonovalo se do pojízdného ocelového bednění (bednicího vozu), který byl opatřen příložnými vibrátory. Základové pasy ostění byly provedeny z betonu C25/30 XC1, XF1, XA1.

Mezi primárním a sekundárním ostěním na obou stranách tunelu nad základovými pasy byla instalována patní drenáž obetonována filtračním betonem s čistícími šachticemi po 50 m.

Betonáž konstrukce portálů o tl. 600 m v klenbě se realizovala do oboustranného systémového bednění MEVA. Na lícni plochu se provedl sjednocující nátěr. Dno tunelu je z prostého betonu C16/20-XO. Pod dnem tunelu procházejí příčné svody z patních drenáží zaústěné do čistících šachet střední tunelové stoky o průměru 400 mm, která je obetonována filtračním betonem.

Na základových pasech v úrovni koleje je na obou stranách pochozí betonový chodník, ve kterém byl na obou stranách umístěn multikanál pro převedení kabelových vedení s přístupovými šachticemi po 50 m. Vedle multikanálu vlevo od koleje č. 2 je umístěno nezavodněné potrubí o 100 mm (suchovod) s vývody a rychlouzávěrami v šachticích po 50 m (ve výklencích). V definitivním ostění jsou zabudovány chráničky pro elektrorozvody osvětlení a zásuvek a vývody pro měření bludných proudů. Osvětlení v tunelu je provozní a nouzové. Provozní se zapíná uzamykatelnými tlačítky na začátku a konci tunelu, nouzové tlačítka u výklenků. V tunelu jsou zřízeny oboustranné záchranné výklenky ve vzdálenosti 25 m.

#### Úniková štola a šachta

Ve staničení 25,242,00 vlevo od koleje č. 2 (pas č. 52) je provedena úniková štola podkovitého tvaru o rozměrech 3,34 x 2,63 m, dlouhá 245,85 m. Je ukončena únikovou šachtou hloubky 12,6 m, profilu 6,35 x 6,45 m.

Její ražba byla provedena NRTM. Primární ostění tvořil stříkaný beton C16/20 vyztužený příhradovými nosníky a svařovanými sítěmi kotvenými horninovými svorníky. Izolace proti vodě byla provedena geotextilií a izolační folií PE. Geotextilie slouží jako mechanická ochrana a drenážní vrstva. Při levé straně štoly pode dnem je provedena drenáž o 150 mm, uložena ve filtračním betonu. Na drenáži jsou čistící šachtice a je svedena do odvodňovací šachty tunelu.

Definitivní ostění štoly je z monolitického vyztuženého betonu C25/30 XC1, XF1. Štola je dělena na dvě části, přepouštěcí komoru a vlastní únikovou cestu zakončenou šachtou. Přepouštěcí komora délky 16 m je vymezena protipožárními dveřmi na vstupu z tunelu a na výstupu do další části štoly. Spád dna komory je 0,5%, dále ve štole je spád dna 10%.

V šachtě je umístěno ocelové schodiště. Na povrchu je šachta uzavřena kruhovým kioskem. Stěny kiosku jsou z pálených cihel POROTHERM, zastřešení tvoří dřevěný krov zaklopený dřevěným bedněním s oplechováním pozinkovaným plechem. Ve stěně kiosku jsou osazeny dvojce výstupní dvoukřídlé ocelové dveře 160 x 210 cm. V únikové štole při levé straně je zřízeno přetlakové větrání přepouštěcí komory potrubím o 315 mm a větrání zbylé části únikové štoly potrubím o 500 mm. Štola i šachta jsou osvětleny nouzovým osvětlením zapínaným otevřením vstupních dveří z tunelu. Otevřením vstupních dveří se rovněž uvede v činnost větrání vzduchotechnickým zařízením zajišťujícím přívod a přetlak čerstvého vzduchu.

#### Dokončovací práce

Kolem límce portálu je uložen odvodňovací žlab z prefabrikátů TBM 51-30 obložených v šířce 2 m kamennou dlažbou do betonu lemovanou obrubníky. Nad dlažbou je svah vysvahován a zatravněn.

Odvodňovací žlab u portálu P1 je zaústěn do systému odvodnění příjezdové komunikace SO 51-18-05. U portálu P2 je sveden do šachtic, odtud do šachtic odvodnění mostu SO 51-19-02. Střední tunelová stoka je svedena do odvodňovací šachtice u koleje č. 1. Příčný přechod stoky pod kolejí č. 1 je obetonován. Po obou stranách tunelu byla osazena záchytná madla ve výšce 1,1 m nad pochozím chodníkem. Hrany záchytných výklenků a přibližovací pásy byly nabileny, dále byly osazeny orientační tabulky s údaji vzdálenosti k portálům. Nad oběma portály jsou zřízeny protidotykové zábrany k prvkům troleje pod napětím. Orientační tabulky „Hydrant“ byly osazeny nad výklenky, ve kterých jsou umístěny vývody suchovodu.

#### Měření světých profilů tunelu

*Joints between the membrane sheets were welded using double welds allowing inspection of the weld tightness. The waterproofing system was installed by Carpi CZ, a. s. Praha.*

*The same waterproofing system was used for portals. An additional protective layer was applied there consisting of geotextile and sprayed concrete 70 mm thick. The membrane was anchored to the portal collar using a stainless steel tape.*

#### Final lining in the tunnel

*Final lining in the mined section of the tunnel and in a part of cut-and-cover portals P1 and P2 in the section provided with the "sacrificial formwork" is from cast-in-situ reinforced concrete, 350 mm thick (excavation class 3, 3a, 4) or 550 mm thick (excavation class 5a, 5b). Concrete grade C25/30 XC1, XF1 was used. Concrete was cast behind a steel travelling form provided with external vibrators. The footing of the lining was from concrete C25/30 XC1, XF1, XA1.*

*Springing drainage was installed between the primary and secondary lining on either side of the tunnel, above the footing. It was encased in filter concrete. Inspection shafts are every 50 m.*

*Double-sided shuttering system MEVA was used for casting of the portal structures, 600 mm thick at the vault. The exposed surface was provided with a unifying coat.*

*The tunnel bottom is from unreinforced concrete C16/20-XO. Lateral drainage pipes lead from the springing drainage to inspection shafts on the central drainage duct (400 mm in diameter, encased in filter concrete).*

*A concrete pavement is on both sides, on the footing, at the railway track level. A cables housing multi-duct was placed on both tunnel sides into the pavement. Inspection shafts spacing is 50 m. A dry pipeline 100 mm in diameter is installed next to the multi-duct, to the left of the track #2, with outlets and fast valves in shafts installed every 50 m (in recesses). Casings for wiring for illumination and sockets, and outlets for measurement of stray currents are embedded in the secondary liner. Operational and emergency illumination circuits are available in the tunnel. The operational illumination is switched on by lockable buttons at the beginning and end of the tunnel, the emergency illumination is turned on by buttons installed at the recesses. Safety recesses are provided on either side of the tunnel every 25 m.*

#### Escape gallery and shaft

*A horseshoe shaped escape gallery (dimensions 3.34 x 2.63 m, 245.85 m long) is built at chainage 25.24200, to the left from the track #2 (round #52). It terminates in a 12.6 m deep escape shaft (cross section 6.35 x 6.45 m).*

*The NATM was used for the excavation. Primary lining consisted of sprayed concrete C16/20 reinforced with lattice girders and mesh anchored by rock bolts. The waterproofing consisted of geotextile and PE waterproof membrane. The geotextile provides mechanical protection and works as a drainage layer. On the left side, under the bottom, there is drainage 150 mm in diameter, encased in filter concrete. Inspection shafts are on the drainage. The drainage leads to a tunnel drainage shaft.*

*The gallery final lining is from monolithic reinforced concrete C25/30 XC1, XF1. The gallery is divided into two parts, i.e. a relief chamber and an escape route proper terminating in the shaft. The 16 m long relief chamber is delineated by fire-check doors at the entry from the tunnel and at the exit to the other part of the gallery. The chamber bottom gradient is 0.5 %, further in the gallery the bottom gradient is 10 %.*

*Steel staircase is installed in the shaft. On the surface, the shaft is provided with a circular kiosk. Walls of the kiosk are from POROTHERM clay blocks, the roof consists of a timber truss covered with timber shuttering, with galvanised sheet flashing. A pair of double-wing exit doors 160 x 210 cm is installed in the kiosk wall. Positive pressure ventilation of the relief chamber is provided in the escape gallery, through a 315 mm diameter duct installed on the left side. Remaining part of the gallery is ventilated through a 500 mm diameter duct.*

*The gallery and the shaft are illuminated by emergency lighting switched on by opening the entrance door from the tunnel. Also the ventilation system providing supply and overpressure of fresh air is switched on by the entrance door opening.*

#### Finishing work

*A drainage trough from TBM 51-30 precast units, clad within a width of 2 m with concrete-bedded quarry tiles lined with curbs, is laid along the portal collar. The slope above the tiles is trimmed and covered with grass.*

*The drainage trough at the portal P1 is connected to the SO 51-18-0 access road drainage system. At the portal P2, the drainage is connected to shafts, then to the SO 51-19-02 bridge drainage shafts. The central tunnel drainage duct is connected to a drainage shaft at the track #1. The lateral transition of the duct under the track #1 is encased in concrete.*

*Handrails were installed on either side of the tunnel, at a 1.1 m height above the pavement. Edges of the safety recesses and approach marking strips were painted white, guide-boards informing about the distance from the portal were also installed. Barriers preventing a contact with live elements of the overhead catenary system are installed above both portals. Signs "Hydrant" were installed above recesses housing outlets of the dry fire main.*

#### Measurement of net tunnel profiles

*The tunnel profile was surveyed after completion of the primary lining. The measurement confirmed that the designed profile was maintained.*

*Another survey of the net profile was conducted after the final lining casting. Measurement of geometrical position of the track #1 followed. Both surveys*

Po dokončení primárního ostění se zaměřil profil tunelu. Měření potvrdilo dodržení projektovaného profilu.

Další měření světlého profilu se provedlo po vybetonování definitivního ostění. Následující měření bylo měření GPK koleje č. 1. Obě měření byla vyhodnocena vzájemně s tím, že prostorová průchodnost v tunelu je dodržena. Tunel vyhovuje světlému tunelovému průřezu dle ČSN 737508 s pojistným prostorem 300 mm.

## 5. POSTUP STAVBY TATENICKÉHO TUNELU

Předání staveniště:	5. 9. 2002
Přípravné práce:	9. 9. 2002 - 8. 10. 2002
Začátek hloubené části:	P1 - 8. 10. 2002 P2 - 11. 3. 2003
Konec hloubené části:	P1 - 20. 1. 2003 P2 - 28. 5. 2003
Začátek ražeb:	21. 1. 2003 kalota, 6. 4. 2003 jádro, 16. 2. 2004 dno
Konec ražeb:	19. 5. 2003 kalota, 31. 5. 2003 jádro, 25. 2. 2004 dno
Měření profilu primární obezdívky:	08/2003 SG Geotechnika
Začátek betonáže dna:	10. 4. 2004
Konec betonáže dna:	11. 4. 2004
Začátek instalace izolace:	16. 8. 2003
Konec instalace izolace:	1. 10. 2003
Začátek betonáže klenby:	21. 8. 2003
Konec betonáže klenby:	11. 10. 2003
Měření profilu definitivního ostění:	06/2004
Měření bludných proudů:	07/2004
Měření prostorové průchodnosti:	08/2004
Zprovoznění koleje č. 1:	23. 8. 2004
Zprovoznění koleje č. 2:	8. 9. 2004

### Přípravné práce

Přípravné práce byly zahájeny dne 9. 9. 2002. Jednalo se o vytýčení záborů pozemku, odlesňování svahů, naložení a odvoz dříví, odběr a odvoz ornice na mezideponii.

### Hloubený úsek - těžení

Dne 8. 10. 2002 zahájeno odtěžování horniny z hloubené části portálu P1 po etapách dle schváleného TP. Odtěžené svahy byly zajišťovány vrstvou stříkaného betonu vyztuženého pletivem a svorníky SN a IBO. Nad profilem ražené části byl vytvořen deštník z mikropilot a jehel v celkovém počtu 48 ks (24 jehel + 24 mikropilot) a zřízena převážka z železobetonového nosníku, kotveného SN kotvami délky 10 m.

Dne 11. 3. 2003 zahájeno odtěžování a zajišťování hloubené části portálu P2 obdobným způsobem jako u P1.

Ve svahu nad pasem č. 9, tj. ve staničení 26,079 až 26,084 vlevo byla provedena zesilující železobetonová deska kotvená systémem kotev a svorníků do horniny i do železobetonové konstrukce primární obezdívky pasu č. 9.

### Ražba a primární ostění

Ražený úsek tunelu dlouhý 85 m byl ražen v masivu tvořeném pískovci, prachovci a jílovcí pomocí metody NRTM. Na základě geotechnického monitoringu byla hornina zatříděna do tří technologických tříd výrubu (3, 4, 5a). Geotechnickým monitoringem byly naměřeny konvergence výrubu vč. primárního ostění max. do 15 mm, průměrná konvergence v tunelu je 4,92 mm. Inklinometrie vykázala hodnoty max. 22 mm.

Primární ostění tvořil stříkaný beton B20 (C16/20) tl. 250 - 350 mm vyztužený příhradovými ocelovými oblouky BTX a svařovanými ocelovými sítěmi, ukotvenými horninovými svorníky, vše v množství potřebném pro zajištění záběru výrubu v mezích příslušné technologické třídy výrubu. V místech nestabilního prostředí bylo použito jehlování. Podrobné údaje o množství vyztužných prvků jsou obsahem záběrových listů.

V hloubené části P2 v délce 30 m bylo vytvořeno „ztracené bednění“ vnějšího profilu definitivního ostění provedením „primární“ konstrukce tloušťky 400 mm tvořené stříkaným betonem C20/25 vyztuženým příhradovými rámy s oboustrannou sítí.

### Izolace

Izolace tunelu je provedena jako mezilehlá mezi primárním a definitivním ostěním. Izolační systém:

- geotextilie gramáže 500 g/m<sup>2</sup> přikotvená k primárnímu ostění
  - folie PE tl. 2,5 mm ze signální vrstvou přivařená na rondely
- Spoje pasů izolace jsou svařovány dvojitým svarem umožňujícím kontrolu těsnosti svarů. Zřízení izolačního systému provedla firma Carpi CZ Praha. Stejný izolační systém se použil i u portálů, kde se navíc instalovala ochranná vrstva geotextilie a stříkaný beton tl. 70 mm. Izolace byla přikotvena k límcům portálu nerezovým páskem.

### Definitivní ostění

Trvalé ostění v ražené části tunelu a v části hloubené portálu P2 (klenba a opěří) je z monolitického vyztuženého betonu tl. 350 mm (tř. výrubu 3,4) nebo 550 mm (tř. výrubu 5a). Byl použit beton C25/30 XC1, XF1. Betonovalo se do pojizdného ocelového bednění (bednicího vozu) osazeného příložnými vibrátory. Základové pasy ostění jsou z betonu

were evaluated together with a result that the traffic clearance has been maintained. The tunnel conforms to a net tunnel cross section according to the standard ČSN 73 7508, with construction margin of 300 mm.

## 5. THE TATENICE TUNNEL CONSTRUCTION HISTORY

Site take-over: 5/9/2002

Preparatory operations: 9/9/2002 - 8/10/2002

Start of cut-and-cover part: P1 - 8/10/2002 P2 - 11/3/2003

End of cut-and-cover part: P1 - 20/1/2003 P2 - 28/5/2003

Start of excavation:

21/1/2003 top heading; 6/4/2003 bench; 16/2/2004 invert

End of excavation:

19/5/2003 top heading; 31/5/2003 bench; 25/2/2004 invert

Mapping of the primary lining profile: Aug. 2003, SG Geotechnika

Start of invert casting:

10/4/2004

End of invert casting:

11/4/2004

Start of waterproofing installation:

16/8/2003

End of waterproofing installation:

1/10/2003

Start of vault casting:

21/8/2003

End of vault casting:

11/10/2003

Final lining survey:

Jun. 2004

Measurement of stray currents:

Jul. 2004

Measurement of traffic clearance:

Aug. 2004

Track # 1 opening to traffic:

23/8/2004

Track # 2 opening to traffic:

8/9/2004

### Preparatory work

Preparatory work commenced on 9/9/2002. It consisted of setting out the construction site, deforesting the slopes, loading and removal of wood, topsoil stripping and removal to an intermediate stockpile.

### Cut-and-cover section - excavation

Excavation of rock from the cut-and-cover section at the portal P1 started on 8/10/2002, in phases according to the approved specification. Exposed slopes were supported by a sprayed concrete layer reinforced with mesh and SN and IBO rock bolts. A protective umbrella consisting of 48 micropiles and spiles (24 spiles + 24 micropiles) was created above the mined section profile, and a waler from a reinforced concrete beam anchored by SN anchors 10 m long.

Excavation of the cut-and-cover section at the portal P2 started on 11/3/2003, in a similar way as at the P1, with an only difference - the number of the canopy micropiles increased to 48.

A reinforcing RC slab was cast on the slope above the round # 9, i.e. at chainage 26.079 to 26.084, on the left side. The slab was anchored by a system of anchors and rock bolts to the rock mass and to the reinforced concrete primary lining structure of the round # 9.

### Tunnel excavation and primary lining

The 85 m long mined section of the tunnel was driven through a rock mass consisting of sandstone, siltstone and claystone using the NATM. Based on geotechnical monitoring, three excavation classes were determined (3, 4, 5a).

Geotechnical monitoring identified the excavation convergences incl. primary lining up to 15 mm as a maximum, average tunnel convergence is 4.92 mm. Inclimetry recorded maximum values of 22 mm.

Primary lining consisted of a layer of sprayed concrete C20 (C16/20) 250 - 350 mm thick reinforced with BTX lattice girders and welded mesh, anchored by rock bolts, all of that at a quantity required for supporting the excavation round within limits of the given excavation class. Forepoling was used in sections of unstable rock. The amount of spiles was determined by the geotechnical supervision engineer. Detailed data on the amount of the support elements is contained in round cycle sheets.

The tunnel breakthrough took place on 19/5/2004.

"Sacrificial formwork" forming the external face of the final lining was created in a 30 m long section of the cut-and-cover section P2 by means of the "primary" structure 400 mm thick, consisting of sprayed concrete C20/25 reinforced with lattice girders and welded mesh on both surfaces.

### Waterproofing system in the tunnel

An intermediary waterproofing system was used on the tunnel, between primary and secondary liner.

Waterproofing system: - 500 g/m<sup>2</sup> geotextile, anchored to the primary liner - PE membrane 2.5 mm thick with a signal layer, welded to fixation blanks

Joints between the membrane sheets were welded using double welds allowing inspection of the weld tightness. The waterproofing system was installed by Carpi CZ, a. s. Praha.

The same waterproofing system was used for portals, where additional protective layer was applied consisting of geotextile and sprayed concrete 70 mm thick. The membrane was anchored to the portal collar using a stainless steel tape.

### Final lining in the tunnel

Final lining in the mined section of the tunnel and in a part of the cut-and-cover portal P2 (vault and side walls) is from cast-in-situ reinforced concrete, 350 mm thick (excavation class 3, 4) or 550 mm (excavation class 5a). Concrete grade C25/30 XC1, XF1 was used. Concrete was cast behind a steel travelling form provided with external vibrators. The footing of the lining is from concrete C30/37 3b. Springing drainage was installed between the primary and secondary lining on

C30/37 3b.

Mezi primární a sekundární obezdívkou na obou stranách tunelu nad základovými pásy leží patní drenáž obetonována filtračním betonem s čistícími šachticemi po 50 m.

Pro betonáž portálů se použilo oboustranné systémové bednění MEVA o tl. 600 m v klenbě. Lícni plocha se natřela sjednocujícím nátěrem.

Dno tunelu je z prostého betonu C16/20-XO. Pod dnem tunelu prochází příčné svody z patních drenáží zaústěné do čistících šachet střední tunelové stoky o průměru 400 mm, která je obetonována filtračním betonem.

Na základových pasech v úrovni koleje je vytvořen na obou stranách pochozí betonový chodník, ve kterém je na obou stranách umístěn multikanál pro kabelová vedení s přístupovými šachticemi po 50 m. V definitivním ostění jsou zabudovány chráničky pro elektrorozvody osvětlení a zásuvek a vývody pro měření bludných proudů. Osvětlení v tunelu se zapíná uzamykatelnými tlačítky na začátku a konci tunelu. V tunelu jsou zřízeny oboustranné záchranné výklenky ve vzdálenosti 25 m.

#### Dokončovací práce

Kolem límce portálu je uložen odvodňovací žlab z prefabrikátů TBM 51-30 obložených v šířce 2 m kamennou dlažbou do betonu lemovanou obrubníky. Nad dlažbou je svah vysvahován a zatravněn.

Nad portálem P2 byla zřízena portálová zeď navazující na zárubní zeď, zajišťující svah vpravo u koleje č. 1. Svah nad tímto portálem je upraven ve sklonu 1:1,7 a zasahuje do prostoru bývalé tratě.

Odvodňovací žlab u portálu P1 je zaústěn do systému odvodnění příjezdových a přístupových komunikací SO 51-18-04. U portálu P2 je sveden do podélných příkopů podél tratě, z prvků UCB. Střední stoka tunelu je svedena do odvodňovacího příkopu vlevo u kol. č. 2 u P2. Příčný přechod stoky pod koleji č. 2 je obetonován.

Po obou stranách tunelu jsou zřízena záchytná madla ve výšce 1,1 m nad pochozím chodníkem. Hrany záchytných výklenků a přibližovací pásy byly nabíleny, dále byly osazeny orientační tabulky s údaji vzdálenosti k portálu. Nad oběma portály jsou zřízeny protidotykové zábrany k prvkům troleje pod napětím.

#### Měření světlych profilů tunelu

Po provedení primárního ostění byl zaměřen světlý profil. Měřením bylo potvrzeno dodržení projektovaného profilu.

Další měření světlych profilů se uskutečnilo po vybetonování definitivního ostění. Následovalo měření GPK koleje č. 1. Obě měření byla vyhodnocena a prokázala, že prostorová průchodnost v tunelu je dodržena. Tunel vyhovuje světlemu tunelovému průřezu dle ČSN 737508 s pojistným prostorem 300mm.

## 6. ZÁVĚR

Krasíkovský a Tatenický tunel představují ojedinělý, zajímavý a zároveň však i technicky velmi náročný projekt. Zhotovitel stavby, zkušená tunelářská společnost Subterra, a. s., zvládla výstavbu a koordinaci navazujících prací na výbornou v souladu se schváleným harmonogramem postupu prací a k plné spokojenosti investora i budoucího uživatele.

either side of the tunnel, above the footing. It was encased in filter concrete. Inspection shafts are every 50 m.

Double-sided shuttering system MEVA was used for casting the portals, 600 mm thick at the vault. The exposed surface was provided with a unifying coat.

The tunnel bottom is from unreinforced concrete C16/20-XO. Lateral drainage pipes lead from the springing drainage to the inspection shafts on the central drainage duct (400 mm in diameter, encased in filter concrete).

A concrete pavement is on both sides, on the footing, at the railway track level. A multi-duct housing cables was placed on both sides into the pavement. Inspection shafts spacing is 50 m. Casings for wiring for illumination and sockets, and outlets for measurement of stray currents are embedded in the secondary liner. The tunnel illumination is switched on by lockable buttons at the beginning and end of the tunnel, the emergency illumination is turned on by buttons installed at the recesses. Safety recesses are provided on either side of the tunnel every 25 m.

#### Finishing work

A drainage trough from TBM 51-30 precast units, clad within a width of 2 m with concrete-bedded quarry tiles lined with curbs, is laid along the portal collar. The slope above the tiles is trimmed and covered with grass.

A portal wall was built above the portal P2, connected to the revetment wall supporting the slope on the right side of the track # 1. The slope above this portal is cut to a 1 : 1.7 gradient. It reaches to the area of the former track.

The drainage trough at the portal P1 is connected to the SO 51-18-04 access roads drainage system. At the portal P2, the drainage is connected to longitudinal ditches along the track, made from UCB elements. The central tunnel drainage duct is connected to a drainage trench on the left side of the track # 2, at the P2. The lateral transition of the duct under the track # 2 is encased in concrete.

Handrails were installed on either side of the tunnel, at a 1.1 m height above the pavement. Edges of the safety recesses and approach marking strips were painted white, guide-boards informing about the distance from the portal were also installed. Barriers preventing a contact with live elements of the overhead catenary system are installed above both portals.

#### Measurement of net tunnel profiles

The tunnel profile was surveyed after completion of the primary lining. The measurement confirmed that the designed profile was maintained.

Another survey of the net profile was conducted after the final lining casting. Measurement of geometrical position of the track # 1 followed. Both surveys were evaluated together with a result that the traffic clearance has been maintained. The tunnel conforms to a net tunnel cross section according to the standard ČSN 73 7508, with construction margin of 300 mm.

## 6. CONCLUSION

The Krasíkov and Tatenice tunnels represent a unique, interesting, but also technically very difficult project. The experienced tunnelling contractor Subterra, a. s., coped with the construction and co-ordination of subsequent operations excellently, in compliance with the works schedule, and to client's and future operator's full satisfaction.



Obr. 3 Krasíkovský tunel  
Fig. 3 Krasíkov tunnel



Obr. 2 Železniční stanice Tatenice mezi Krasíkovským a Tatenickým tunelem  
Fig. 2 Tatenice railway stop between Krasíkov and Tatenice tunnels

## NĚKTERÉ ZKUŠENOSTI Z RAŽENÍ JEDNOLODNÍ STANICE PRAŽSKÉ PODZEMNÍ DRÁHY

## EXPERIENCE FROM EXCAVATION OF ONE-VAULT STATION OF PRAGUE SUBWAY

PROF. ING. MILOŠ BUCEK, DrSc., METROSTAV, a. s.  
ING. JOSEF KUŇÁK, METROPROJEKT PRAHA, a. s.

## 1. ÚVOD

## 1.1 STRUČNÁ HISTORIE

Pražské metro se buduje již 35 let. Jsou vybudovány tři trasy (A, B, C) o celkové délce 51 km s 51 stanicemi. Na lince C, která byla budována jako první, jsou všechny stanice budovány v otevřeném jámě. Linka A, budovaná jako druhá, má již hlubinné stanice ražené po hornicku, dokonce nejhlubší v celém systému metra. Všechny jsou však konstruovány jako trojlodní, jak to vyhovovalo tehdy používané prstencové metodě výstavby. Rovněž je tomu tak i na další budované trase B. V současné době je realizována 1. etapa IV. provozního úseku trasy C, s raženou stanicí Kobylisy a hloubenou stanicí Ládví. Stanice Kobylisy byla v dokumentaci pro ÚR z roku 1997 původně uvažována jako stanice se 3 staničními tunely. V dalším stupni řešení byla stanice upravena jako 2 samostatné staniční tunely. Na koncích nástupiště byly dvě příčné spojovací chodby s průchozí šířkou 8,0 m, do kterých byly zaústěny eskalátorové tunely. (viz. článek Ing. Růžičky a Ing. Hasíka v časopise TUNEL č. 4/99). Navržené řešení bylo na požadavek investora před zahájením realizace změněno na jednolodní stanici s ostrovním nástupištěm. Jako poradci Metrostavu se na realizaci stanice podíleli Ing. F. K. Blindow, Prof. M. Bucek a Prof. Z. Eisenstein. Jako stavbyvedoucí zde působil Ing. M. Zelenka, Metrostav. Výsledky měření jsou v příspěvku použity s laskavým svolením Ing. Kutily z IDS.

Stanice Kobylisy však není první jednolodní stanicí pražského metra, jak by se mohlo zdát. Ještě před samotným započítáním výstavby linky C byla v letech 1953 až 1959 v Praze na Klárově vybudována první jednolodní stanice na předpokládané trase podzemní dráhy. Prvním posláním této stanice bylo sloužit jako protiatomový úkryt v době studené války. Jinak však byla koncepčně řešena a provedena jako skutečná stanice, se všemi náležitostmi včetně výtahů, eskalátorů, nástupiště a zárodků traťových tunelů. Bohužel, během dalšího vývoje alternativních situačních návrhů se tyto prostory ocitly mimo konečné řešení, takže se nikdy nedočkali skutečně jediného smysluplného využití, pro které byly projektantem navrženy, tj. zapojení do dopravní sítě pražské podzemní dráhy.

## 1.2 TECHNICKÉ PARAMETRY STANICE

Stanice má světlou šířku 18,4 m a světlou výšku 11,2 m. Vrchol klenby je 7,8 m nad úrovní ostrovního nástupiště šířky 10,6 m, délky 100 m. Celková délka staničního tunelu je 147,9 m, v místě zaústění východního eskalátorového tunelu je umístěn výtah pro osoby s omezenou schopností pohybu. Stanice bude využívána i v režimu OSM.

## 2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Základní charakter inženýrskogeologických poměrů je naznačen v podélném a příčném řezu stanicí. Celková mocnost nadloží je cca 19,0 m. Při povrchu jsou sprašové hlíny a spraše, které včetně navážek tvoří vrstvu 2 – 6 m. Nejvý-

## 1. INTRODUCTION

## 1.1 BRIEF HISTORY

The Prague subway, the Metro, has been built for 35 years. Three lines (A, B, C) at a total length of 51 km with 51 stations have been finished. All stations on the line C, which was built first, were constructed in open cuts. The line A, built as the second one, features also mined stations, even the deepest ones within the entire Metro system. All of them, however, are designed with three vaults, to suit to the common excavation method of that period, the ring method. The same applies to the line C. Currently under construction is the 1st phase of the operational section IV of the line C, containing the KOBYLISY mined station and the Ládví cut-and-cover station. The Kobylisy station preliminary design from 1997 consisted originally of 3 parallel station tunnels. The next design stage changed the station configuration to 2 separate station tunnels. There were two cross passages 8.0 m wide at the platform ends, with escalator tunnels connecting to them (see the article by Ing. Ruzicka and Ing. Hasik in the TUNEL magazine No.4/99). The proposed design was changed at the request of the owner before the commencement of the works to a single-vault station with an island platform. Ing. F. K. Blindow, Prof. M. Bucek and Prof. Z. Eisenstein participated in the construction as consultants for Metrostav, a. s., the contractor. Ing. M. Zelenka was the site manager for Metrostav, a. s. Measurement results are published in this article with a kind approval by Ing. Kutil, IDS.

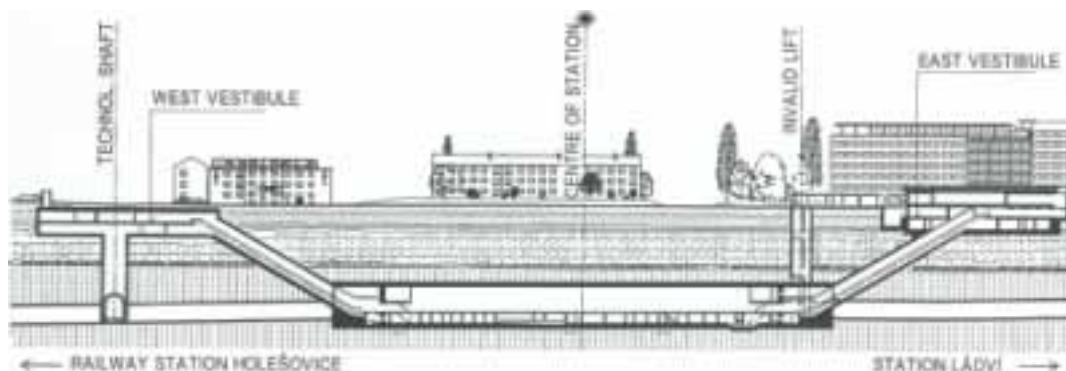
The Kobylisy station, however, is not the first one-vault station of the Prague Metro, as it could seem. The first one-vault station was built in 1953 – 1959 in Prague district Klarov, on the projected subway alignment, even before the commencement of the line C construction. The primary purpose of this station was to serve as a nuclear shelter in the cold war era. But it was designed conceptually and constructed as a real station, with all facilities, including elevators, escalators, a platform and stubs of running tunnels. Unfortunately, the final solution of the alignment developed in the process of selection of variants passed by this structure. It has never been and will never be used for the only reasonable purpose that it had been designed for, i.e. to operate in the Prague Metro system.

## 1.2 TECHNICAL PARAMETERS OF THE STATION

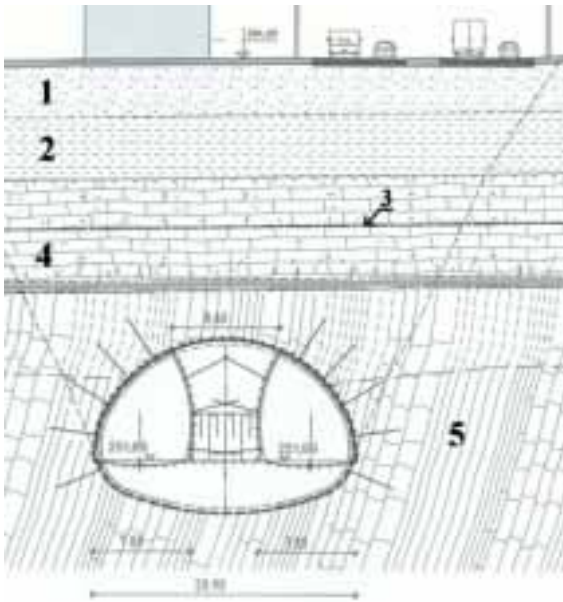
The station net width and height is 18.4 m and 11.2 m respectively. The vault crown is 7.8 m above the level of the 10.6m-wide and 100m-long island platform. The total length of the station tunnel is 147.9 m. A disabled access elevator is installed in the location where the eastern escalator tunnel connects to station tunnel. The station will be also utilised in the OSM regime (a civil defence system).

## 2. GEOLOGICAL CONDITIONS

The basic character of the engineering geological conditions is shown in the longitudinal and cross sections through the station. Total overburden thickness



Obr.1 Podélný profil stanice Kobylisy  
Fig. 1 Kobylisy station – Longitudinal profile



Obr. 2 Geologické poměry: 1 – sprašová hlína, 2 – prachovce, 3 – hladina podzemní vody, 4 – pískovec, 5 – ordovické horniny  
Fig. 2 Geology: 1 – loessal loam, 2 – siltstone, 3 – water table, 4 – sandstone, 5 – Ordovician rock

znamnější vrstvu nad profilem jednodílné stanice tvoří křídové cenomanské sedimenty mocnosti 12 – 15 m. Ve svrchní části těchto sedimentů se nachází prachovce 2 – 6 m mocné, pod kterými jsou pískovce. Na bázi těchto pískovců se nachází silně zvodněná propustná vrstva 0 – 1,0 m mocná, tvořená zvětralými ordovíky. Horninový masiv podloží je tvořen převážně nepravidelně se střídajícími vrstvami křemenců a jílovitých břidlic dobrotvických vrstev. Hladina podzemní vody se nachází cca 10,0 m nad vrcholem klenby. Ordovické horniny, ve kterých leží výlom stanice, jsou velmi málo propustné. Mocnost souvrství těchto hornin nad vrcholem stanice je cca 4,0 m. Generelní směr těchto vrstev je východo-západ (tj. ve směru podélné osy stanice) a sklon cca 75° k jihu.

### 3. PRIMÁRNÍ ZAJIŠTĚNÍ VÝLOMU STANICE

#### 3.1 VÝVOJ A ZMĚNY KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ

Jako tunelovací metoda byla pro provádění stanice zvolena NRTM, s vertikálním členěním výrubu. Tento vertikální systém výstavby byl zvolen z několika důvodů. Jednak proto, že podle výsledků inženýrsko-geologického průzkumu byla hornina vzhledem k tunelování oceněna jako velmi špatná. Dále proto, že při svislém členění zákonitě musí docházet k menším celkovým deformacím výrubu než při členění vodorovném, což bylo prakticky ověřeno při ražbě tunelu Mrázovka v Praze, a tím i k menším poklesům povrchu území. Protože konstrukce stanice se nachází v zastavěné oblasti, bylo hledisko velikosti poklesů jedno z rozhodujících. Rovněž vzhledem k velikosti příčného profilu, cca 228 m<sup>2</sup> a celkové šířce výlohu 21,0 m, bylo vhodné ho rozčlenit na tři části, dvě boční štoly po stranách a kalota s jádrem uprostřed, i když to v porovnání s členěním vodorovným přináší určité těžkosti a celkové zpomalení ražby. Vzhledem k nízkému nadloží to byl rozhodně i bezpečnější způsob výstavby. V neposlední míře hráli roli i fakt určitých zkušeností a pracovních návyků, nabytých minérskými partami s tímto postupem ražení.

#### 3.2 PŮVODNÍ NÁVRH

Vzhledem k předpokládané, poměrně nepříznivé geologii bylo v první fázi projektování navrženo klasické zajištění, vycházející z principů NRTM, tvořené 40,0 cm silnou vrstvou stříkaného betonu a vějířem kotev délky 4,0 m v opěři a 8,0 m v klenbě, celkem 135,0 m kotev na 1 bm stanice. Délka kotev v klenbě vycházela z předpokladu, že do pevných pískovců bude vyvěšena nestabilní část ordovických břidlic, cca 4,0 m mocná, nacházejících se v oblasti těsně nad výrubem. Vzhledem k přítomnosti vody v nadložních pískovcích a v propustné vrstvě, nacházející se nepravidelně na jejich bázi, byl navržen systém injektáže nadloží z provedeního výlohu opěrových štól tak, aby byl omezen očekávaný přítok vody zprostředkovaný kotevními vrty a puklinami skalního masivu v oblasti křemenců (obr. 3). Že tento přítok může být značný, se prokázalo při ražbě přístupové štoly místními vývěry o vydatnosti cca 5,0-10,0 l/sec. V technologickém předpise se předpokládalo, že kalo-

is about 19.0 m. Loessal loams and loess are found close to the surface, forming together with made-ground a layer 2-6 m thick. The most significant layer above the one-vault station profile, 12-15 m thick, consists of Cretaceous Cenomanian sediments. A layer of siltstones 2-6m thick is found at the upper part of these sediments. Sandstones are underneath. Underlying the sandstones, there is a heavily saturated permeable layer of weathered Ordovician rock, 0-1.0m thick. The bedrock consists mostly of irregularly alternating layers of quartzites and clayey shales of the Dobrotivý Member. The water table is found about 10.0 m above the vault crown. The Ordovician rock mass that the station excavation is found in is very little permeable. The thickness of the series of measures above the station roof is about 4.0 m. Generally these layers are striking in east-west direction (i.e. in the direction of the station centre line), and dipping about 75° south.

### 3. PRIMARY SUPPORT OF THE STATION EXCAVATION

#### 3.1 DEVELOPMENT AND CHANGES IN THE CONCEPTUAL DESIGN

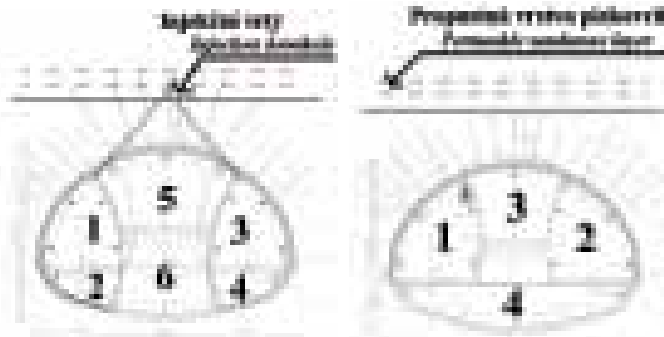
The NATM was selected as the method suitable for the tunnel construction, with vertical sequencing of the excavation. This vertical excavation system was selected for several reasons. Firstly, because, according to the engineering geological investigation results, the rock was assessed as very poor in terms of tunnelling. The other reason was that the vertical sequencing is always associated with smaller deformation of the excavation compared to the vertical sequencing, therefore the surface settlement is also smaller. This fact was verified in practice in the Mrázovka tunnels construction in Prague. Since the station structure is found in a developed area, the aspect of settlement magnitude was one of the deciding aspects. It was suitable also because of the cross-section size, about 228 m<sup>2</sup>, and the total width of the excavation of 21.0 m, to divide the cross section into three parts, i.e. two side wall drifts and the central top heading with bench, despite the fact that this solution, compared to the horizontal option, causes certain difficulties and overall slowing down of the excavation performance. No doubt, this sequence was better from the construction safety aspect, considering the shallow overburden. Last but not least aspect taken into consideration was certain experience and working habits gathered by the mining crews in this excavation method.

#### 3.2 ORIGINAL PROPOSAL

With respect to anticipation of relatively unfavourable geology, conventional excavation support was proposed in the first phase of elaboration of the design, based on the NATM principles, i.e. a 40cm-thick layer of shotcrete and a fan of anchors 4.0m long in the side-wall area and 8.0 m long in the crown (135.0m of anchors per 1m of the station in total). The length of anchors in the crown was designed on a basis of an assumption that the unstable part of the Ordovician shales, about 4.0 m thick, found in the area just above the excavated profile, would be "suspended" under the competent sandstones. Because of the presence of water in the covering sandstones and in the permeable layer found irregularly at their base, a system of grouting carried out from the side wall drift was designed to reduce the anticipated inflow of water along anchor boreholes and fissures existing in the rock mass in the area of quartzites (see Fig. 3). It was proved in the course of the access adit excavation that this inflow could be considerable. The yield of local springs achieved 5.0 - 10.0 litres/s. The method statement expected that the excavation of the top heading of the central part of the station would start through a cross passage between the right and left side wall drifts at the eastern end of the station, after closing the primary liners of the two drifts by the invert. The excavation in the invert area was assumed in the two side wall drifts first, to be followed by the central part excavation.

#### 3.3 EXCAVATION SYSTEM MODIFICATION AS A RESPONSE TO THE GEOLOGY ENCOUNTERED

When the running tunnels excavation reached the station, it was found out that the quality of the rock mass encountered was much better than originally assumed. For that reason a close co-operation with Ing. Ruzicka was requested to review the primary support system. With respect to the fact that it was difficult to carry out the sealing grouting successfully, and that improved stability of the covering layers was anticipated, it was decided that the anchors in the top heading, reaching into the water bearing environment, could be left out, which would eliminate the need for problematic grouting. To make this major change possible, it was necessary to change the original excavation sequence: the area of side wall drifts (found entirely in a stable rock mass) was increased and, as a result, the original 12 m span of the top heading vault between the two side wall drifts was reduced to 8.0 m. The designed support of this reduced central part of the excavation consisted of primary lining (40.0 cm thick shotcrete layer) and 3m-long anchors. The vault above the central part of the top heading, created using this method, rested



Obr. 3 Původní návrh

Fig. 3 Original station design

Obr. 4 Revize původního návrhu

Fig. 4 Reviewed original design of the station

ta střední části stanice bude otevřena propojkou mezi pravou a levou opěrovou štolou v východního čela stanice, až po uzavření primárního ostění obou štol spodní klenbou. Výlom v oblasti spodní klenby byl po celé délce stanice předpokládán nejprve v obou štolách a nakonec ve střední části.

### 3.3 ZMĚNA SYSTÉMU RAŽBY JAKO REAKCE NA ZASTIŽENÉ GEOLOGICKÉ PROSTŘEDÍ

Po vyrazení traťových tunelů až k čelu stanice však bylo zjištěno, že kvalita zastíženého skalního masivu, a tudíž i stabilita, je podstatně lepší, než byl původní předpoklad, a bylo proto přikročeno v těsné spolupráci s Ing. Růžičkou k revizi návrhu systému provizorního vystrojení. Vzhledem k obtížnosti úspěšného provedení těsnící injektáže a vzhledem k předpokladu zlepšené stability nadložních vrstev bylo rozhodnuto vypustit kotvy v kalotě zasahující do vodonosného prostředí, a tak eliminovat nutnost provádění problematické injektáže. Pro umožnění této zásadní změny bylo však lépe původní rozčlenění výrubu upravit tak, že plocha opěrových štol, které celé ležely ve stabilní hornině, byla zvětšena, takže 12,0 m rozpětí původní klenby v kalotě mezi oběma opěrovými štolami bylo zkráceno na 8,0 m. Zajištění takto zmenšené střední části výlomu bylo navrženo pomocí primárního ostění ze stříkaného betonu tloušťky 40,0 cm a pomocí 3,0 m dlouhých kotev. Tak byla vytvořena klenba nad střední částí kaloty, opřená do oblastí nad zajištěnými výrubu opěrových štol. Celková délka kotev na 1 km stanice je v tomto případě 165,0 m. Žádná z navržených kotev nezasahuje do vodonosné oblasti (obr. 4). Vzhledem k již zmíněné zastížené lepší geologii byl rovněž změněn způsob výstavby spodní klenby. Po vyrazení a zajištění horní části opěrových štol bylo navrženo provedení betonové desky na jejich dně pro ochranu horniny proti rozbahnění ve spodní polovině. Po vyrazení kaloty ve střední části mezi opěrovými štolami se provedl výlom a vystrojení spodní klenby po větších celcích. První propojka mezi oběma štolami byla provedena zhruba v jedné třetině stanice, bez uzavření bočních štol spodní klenbou.

### 4. MODELOVÉ ŘEŠENÍ POMOCÍ MKP

Matematický model primárního ostění obsahoval 11 zatěžovacích stavů, které jsou zobrazeny na obr. 5:

- zatěžovací stav A – Geostatická napjatost horninového masivu; (není na obr. uveden);
- zatěžovací stav B – Výrub kaloty levého bočního tunelu. Čelba kaloty se nachází v rovině výpočtu. Ke změnám napjatosti a přetvoření v rovině, ve které je prováděn výpočet, dochází ještě před tím, než čelba dosáhne této roviny. Stav napjatosti a změny přetvoření vyvolané přiblížováním se a dosažení roviny výpočtu čelbou jsou modelovány v tomto zatěžovacím stavu;
- zatěžovací stav C – Ostění v kalotě levého bočního tunelu. V tomto zatěžovacím stavu je nastříkáno ostění a čelba je vzdálena z roviny výpočtu. Ostění tvoří mladý stříkaný beton;
- zatěžovací stav D – Výrub kaloty pravého bočního tunelu. Čelba kaloty se nachází v rovině výpočtu. Beton ostění v kalotě levého bočního tunelu je starý;
- zatěžovací stav E – Ostění v kalotě levého bočního tunelu. Beton ostění je mladý;
- zatěžovací stav F – Výrub kaloty jádra tunelu. Beton ostění v kalotě pravého bočního tunelu je starý;
- zatěžovací stav G – Ostění v kalotě jádra tunelu. Beton ostění je mladý;
- zatěžovací stav H – Výrub druhé lůvky jádra tunelu. Beton ostění v kalotě jádra tunelu je starý;
- zatěžovací stav I – Výrub počvy levé poloviny tunelu;
- zatěžovací stav J – Ostění v počvě levé poloviny tunelu. Beton ostění je mladý;

on the areas above the supported excavation of the side wall drifts. The total length of anchors per 1 km of the station amounts to 165.0 m in this instance. None of the designed anchors reaches into the water-bearing region (see Fig. 4). With respect to the above-mentioned better geology, the method of the invert construction was also changed. The design required that a concrete slab be cast on the bottoms of the side wall drifts once their excavation had been completed and supported in the top. The slab was to protect the rock of the bottom from turning to mud. The excavation and support of the invert section in larger units was carried out after the excavation of the top heading in the central part, between the side wall drifts. The first cross passage between the two drifts was excavated roughly in one third of the station length, without closing the side wall drifts by the invert.

### 4. MODEL SOLUTION USING THE FEM

The mathematical model of the primary lining contained 12 load states. These are shown in Fig. 5.

- load state A - Geostatical state of stress of the rock mass (not shown in the Fig. 5)
- load state B - Excavation of the left side wall drift top heading. The top heading face is found in the calculation plane (Note: Changes in the stress and strain state in the plane in which the calculation is carried out, take place even before the excavation face reaches this plane. The state of stress and changes in the strain induced by nearing and reaching the calculation plane by the excavation face are modelled in this load state).
- load state C - The lining in the left side wall drift top heading. (Note: The shotcrete lining is applied in this load state, and the excavation face is remote from the calculation plane.) The lining concrete is young.
- load state D - Excavation of the right side wall drift top heading. The top heading face is found in the calculation plane. The lining concrete in the left side wall drift top heading is young.
- load state E - The lining in the right side wall drift top heading. The lining concrete is young.
- load state F - Excavation of the tunnel core top heading. The lining concrete is young.
- load state G - The tunnel core top heading lining. The lining concrete is young.
- load state H - Excavation of the second bench of the tunnel core. The lining concrete in the tunnel core top heading is old.
- load state I - Excavation of the tunnel left half invert.
- load state J - The tunnel left half invert lining. The lining concrete is young.
- load state K - Excavation of the tunnel left half invert. The lining concrete in the tunnel left half invert is old.
- load state L - The tunnel left half invert lining. The lining concrete is old.

Results of the calculations proved that the loading capacity of the designed lining was sufficient for all working phases and states of maturity of the lining concrete, in terms of the given rock environment.

Only those deformation changes can be compared with reality objectively which depended on the progress of the partial headings. The following results were obtained from the mathematical modelling assessment:

- Deformations of the side wall drifts and the central top heading fluctuate approximately about 24 mm.
- The side wall excavation operations nearly do not affect each other.
- The invert excavation nearly does not affect the excavation deformation.
- At the eighth load state, increased deformation can be seen in the right side wall drift, which is a result of differing rock mass properties.

If we compare the results of the model solution (obtained by means of the MISES3 mathematical model) with the results of the monitoring carried out in the course of the construction, we learn that:

- The values of total deformations of the excavation were more favourable in the mathematical model than those obtained from convergence measurements (see the text above) - see Table 1.

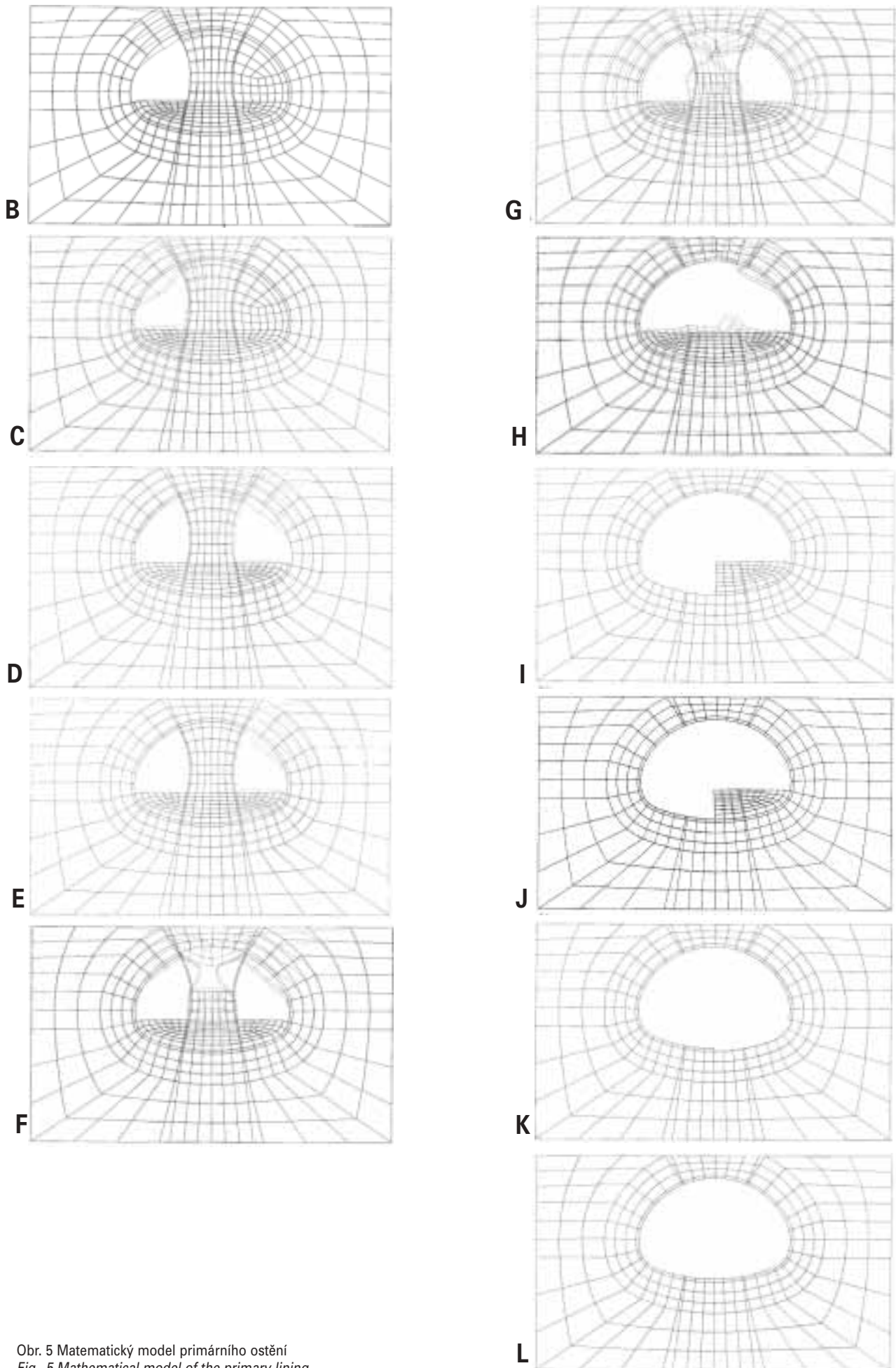
### 5. ASSESSMENT OF MEASUREMENT RESULTS

Detailed monitoring of deformations, both at the surface and in the underground, was conducted in the course of the excavation operations. Because of a necessity to minimise the effects of the excavation due to existing buildings, an immediate response to increasing convergence values was essential.

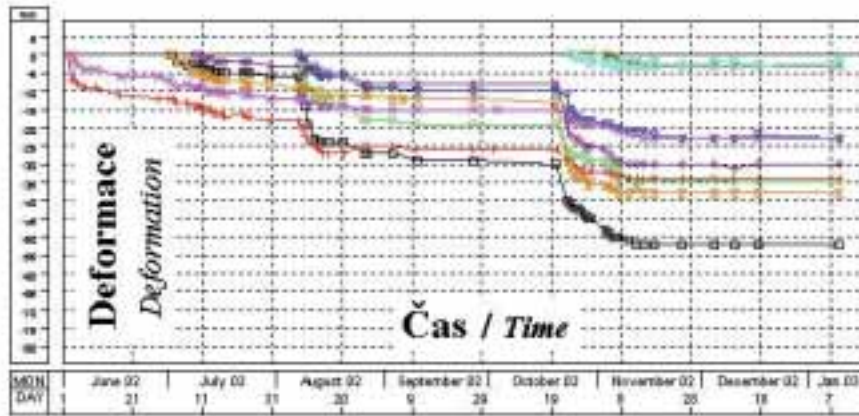
#### 5.1 CONVERGENCE MEASUREMENTS

The shape of most deformation curves measured in the underground fully corresponded to the rock mass character, exhibiting a relatively high value of the modulus of deformation. The instantaneous deformation in the area of the excavation face was followed by very rapid settling (within several days), unless its development was affected by another excavation in the vicinity, see Fig. 6 - Time dependence of development of measured convergences, where the rock deformation velocity and the influence of commencing and advancing the other partial headings could be observed easily.





Obr. 5 Matematický model primárního ostění  
Fig. 5 Mathematical model of the primary lining



Obr. 6 Časová závislost průběhu deformace  
Fig. 6 Time dependence of development of measured convergences

– zatěžovací stav K – Výrub počvy pravé poloviny tunelu. Beton ostění v počvě levé poloviny tunelu je starý;  
– zatěžovací stav L – Ostění v počvě pravé poloviny tunelu. Beton ostění je starý. Výsledky provedených výpočtů prokázaly, že v daném horninovém prostředí bylo navrženo ostění dostatečně únosné ve všech svých pracovních fázích i stavech zralosti betonu ostění. Porovnávat se skutečností lze objektivně pouze deformační změny v závislosti na postupech částečných výlomů. Výsledky plynoucí z vyhodnocení matematického modelování v této oblasti byly následující: Deformace bočních výrubů a středního výrubu kaloty se pohybují kolem cca 24 mm. Výrubu bočních tunelů se téměř neovlivňují. Výrub spodní klenby nemá téměř žádný vliv na deformace výrubu. V osmém zatěžovacím stavu lze pozorovat zvětšenou deformaci v pravém bočním výrubu, což je způsobeno rozdílnými vlastnostmi horninového masivu. Porovná-li se výsledky z modelového řešení získané pomocí matematického modelu MISES3 s výsledky monitoringu prováděného během ražby, zjistíme, že: Hodnoty celkových deformací výrubu v matematickém modelu byly příznivější než hodnoty celkových deformací výrubu získané z konvergenčního měření (především text) – viz tabulka 1.

hodnoty	deformace (mm)	hodnoty	poklesy povrchu (mm)
matematický model	cca 24	matematický model	cca 11
monitoring	cca 20 - 50	monitoring	cca 60

Tab. 1 Hodnoty celkových deformací

Tab. 2 Hodnoty poklesů povrchu

Hodnoty sedání povrchu dle matematického modelu byly opět příznivější než hodnoty získané monitoringem – viz. tabulka 2.

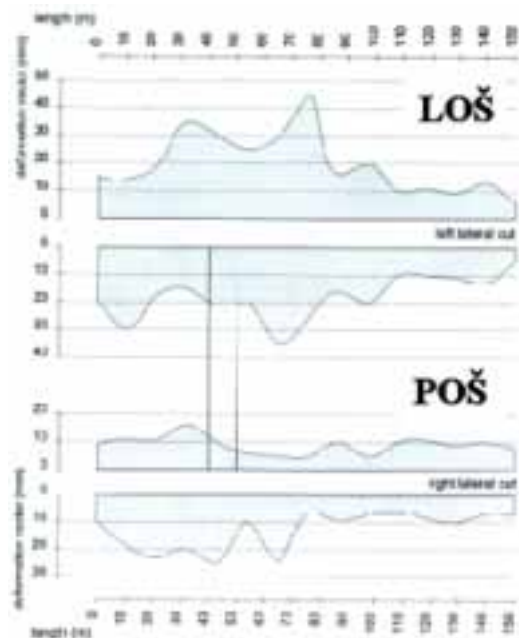
## 5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROVÁDĚNÝCH MĚŘENÍ

Během ražby bylo prováděno detailní sledování deformací jak na povrchu, tak i v podzemí. Protože vzhledem k povrchové zástavbě bylo třeba minimalizovat účinky ražby, bylo nutno okamžitě reagovat na zvýšení konvergenčních hodnot.

### 5.1 KONVERGENČNÍ MĚŘENÍ

Průběh většiny deformačních křivek měřených v podzemí odpovídal zcela charakteru horninového masivu, s poměrně vysokým modulem deformace. Po okamžité deformaci v oblasti čelby docházelo velmi rychle, v několika dnech, k jejímu uklidnění, pokud její průběh nebyl ovlivněn další ražbou v blízkosti, viz obr. 6, časová závislost průběhu naměřených konvergencí, kde je možno dobře sledovat deformační rychlost horniny a vliv započítání a pokračování dalších dílčích výlomů.

O detailním rozboru naměřených hodnot bylo možno vyslovit následující závěry. Výlomy obou štol, vzdor poměrně tenkému cca 6,5 m širokému horninovému pilíři, se navzájem ovlivňovaly buď jen velmi málo, cca 0,5 cm, nebo vůbec ne. Deformace pravé opěrové štoly POŠ, která byla ražena jako druhá, byly v průměru třetinové ve srovnání s levou opěrovou štolou LOŠ, raženou jako první (obr. 7). K největším pohybům, vektorově cca 4,0 cm, došlo v LOŠ zhruba v polovině stanice, patrně díky mírně zhoršeným geologickým podmínkám a vodě, přece jen v této oblasti pronikající



Obr.7 Vliv výlomu LOŠ na deformaci POŠ  
Fig. 7 Influence of the LSWD excavation on the RSWD deformation

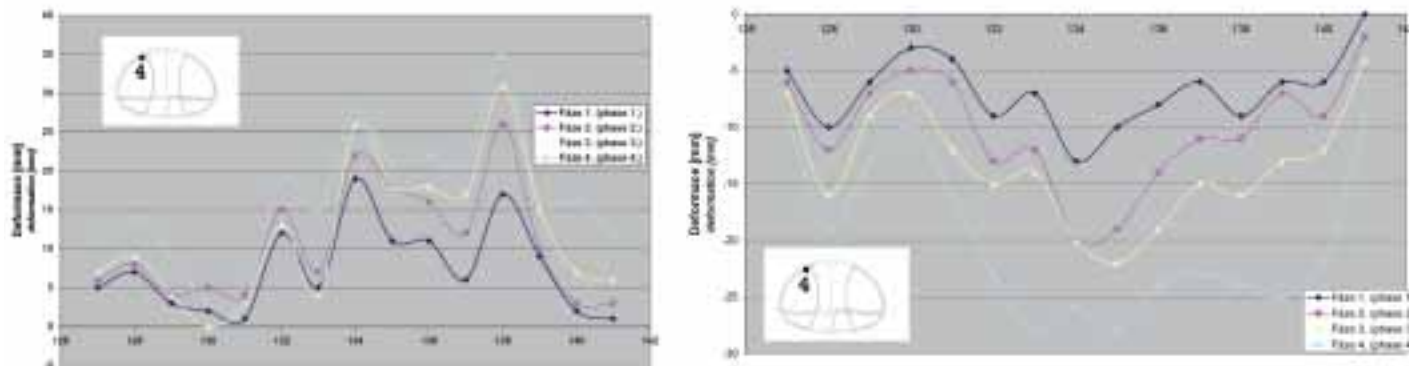
values	deformations (mm)	values	surface settlement (mm)
mathematical model	approx. 24	mathematical model	approx. 11
monitoring	approx. 20 - 50	monitoring	approx. 60

Table 1 Total deformation values

Table 2 Surface settlement values

– The surface settlement values following from the mathematical model were again more favourable than those obtained from the monitoring measurement - see Table 2.

The following conclusions could be formulated regarding the detailed analysis of the measured data: Despite a relatively thin, about 6.5 m wide rock pillar between the two drifts, the excavation operations affected each other either very little, about 5 cm, or not at all. Average deformations in the right side wall drift (RSWD), driven as the second one, amounted to one third of deformations experienced in the left side wall drift (LSWD), driven as the first one (see Fig. 7). The most significant movements, about 4.0 cm vector-wise, occurred in the LSWD roughly at the station mid point, probably due to slightly worsened geology and unexpected water, which seeped to this area along fissures in quartzites. Reinforcing anchors 6.0 to 8.0 m long were installed wherever required due to the deformation. Additional convergences reaching 4.0 to 5.0 mm were measured in the right drift after the drifting completion, while the deformation rose by 3.0 cm in the left drift, on the core side. Fig. 8 shows a continuous effect of individual



Obr 8 Horizontální a vertikální deformace bodu 4 v závislosti na postupném výlomu – stanice Kobylisy v podélném směru  
Fig. 8 Horizontal and vertical deformations of the point 4 in dependence on partial excavations – Kobylisy station in longitudinal section

do výrubu puklinami v křemencích. Všude, kde to deformace vyžadovala, byly instalovány zesilující kotvy 6,0 a 8,0 m dlouhé. V oblasti propojky, na počátku výstavby 11,0 m široké, byly po jejím vyražení naměřeny dodatečné konvergence na pravé štole, velikosti cca 4,0 – 5,0 mm, v levé štole se zvětšila deformace na straně jádra o cca 3,0 mm. Na obr. 8 je znázorněn postupný vliv jednotlivých výlomových kroků na deformaci bodu 4., který byl v levé opěrové štole osazen jako první, po provedení celého výlomu stanice. Překvapující vliv výlomu spodní klenby byl způsoben kvalitativní změnou horninového masivu vzhledem k hloubce uložení. Pro rozvolnění horniny bylo třeba použít mnohem větší množství trhavin, než pro výlom kaloty.

## 5.2 EXTENZOMETRICKÉ MĚŘENÍ

Deformace horninového masivu byly rovněž sledovány pomocí extenzometrů, viz obr. 9 extenzometrické měření. Z těchto měření vyplynulo, že pískovcová deska vytváří nad výrubu příkrov, plynule se deformující jako jeden celek v celé tloušťce až k povrchu terénu, zatímco v oblasti kolem výrubu dochází v ose štol nad jejich stropem k rozvolnění horniny cca 25,0 mm. Hlavní část tohoto rozvolnění probíhá patrně právě na styku pískovců a ordovicových hornin.

## 5.3 DEFORMACE POVRCHU TERÉNU

Vliv postupných výlomových prací na poklesy povrchu terénu je uveden na obr. 10. Zde je patrný velmi malý vliv výlomu spodní klenby. Pískovcové souvrství přenáší vliv rozvolnění spodních vrstev svým příznivým deskovým efektem. Z tohoto konstatování vyplývá rovněž opodstatnění původního návrhu Ing. Růžičky – zavěšení ordovicových hornin do zmíněné pískovcové desky v nadloží.

Maximální poklesová pořadnice se nacházela v ose stanice a byla průměrně cca 60mm, což vzhledem k výšce nadloží a šířce výrubu lze považovat za uspokojivý výsledek. Zástavba na povrchu, která se nachází v oblasti nad LOŠ, zatím nevykazuje závažné porušení zdiva, dochází však k naklánění budov nebo jejich částí jako celků. Největší relativní pohyby byly u jednotlivých budov doposud naměřeny v hodnotách 6,0; 18,0; 16,0 a 25,0 mm, přičemž právě poslední uvedená hodnota měla za následek otevírání spáry mezi sousedními částmi budovy. Tato zvýšená hodnota sedání byla patrně způsobena koncentrací výrubů v čele stanice, kde se setkávají dva traťové tunely s eskalátorem a velkým výrubem stanice.

## 6. ZÁVĚR

Z uvedených skutečností vyplývá celá řada zajímavých souvislostí a poučení. Následující konstatování platí pro horninový masiv podobných vlastností jako v tomto konkrétním sledovaném případě:

- Uzavírat částečně výrub spodní klenbou není třeba. Ochrana betonem proti rozmočení ve dně výrubu není považována za spodní klenbu.
- Paralelní výlomy, jsou-li správně zajištěny provizorním ostěním, se jen velmi málo vzájemně ovlivňují, i když horninový pilíř je pouze 2/3 rozpětí výlomu.
- Na celkovou deformaci výrubu má podstatný vliv intenzita střelných prací, tento vliv se projevuje především v jeho nejbližším okolí.
- Pro zmenšení deformací a zajištění bezpečné stability výrubu je třeba bezprostředně reagovat na varovné změny charakteru deformačního diagramu zahuštěním, eventuálně prodloužením kotevního systému.

excavation steps on deformation of the point 4, which was fixed in the left side wall drift as the first one after completion of the entire station excavation. A surprising influence of the invert excavation was caused by a change in the rock mass quality with depth. Significantly larger amount of explosives had to be used for the excavation than in the case of the top heading excavation.

## 5.2 EXTENSOMETER MEASUREMENT

The rock mass deformations were also monitored using extensometers (see Fig. 9 - Extensometer measurement). This measurement showed that the sandstone plate forms a nappe above the excavated openings, deforming continually as a single unit within the whole thickness, up to the ground surface, while close to the openings, above the roofs of the drifts, on their centre lines, the rock becomes loose. This process results in deformations of about 25,0 mm.

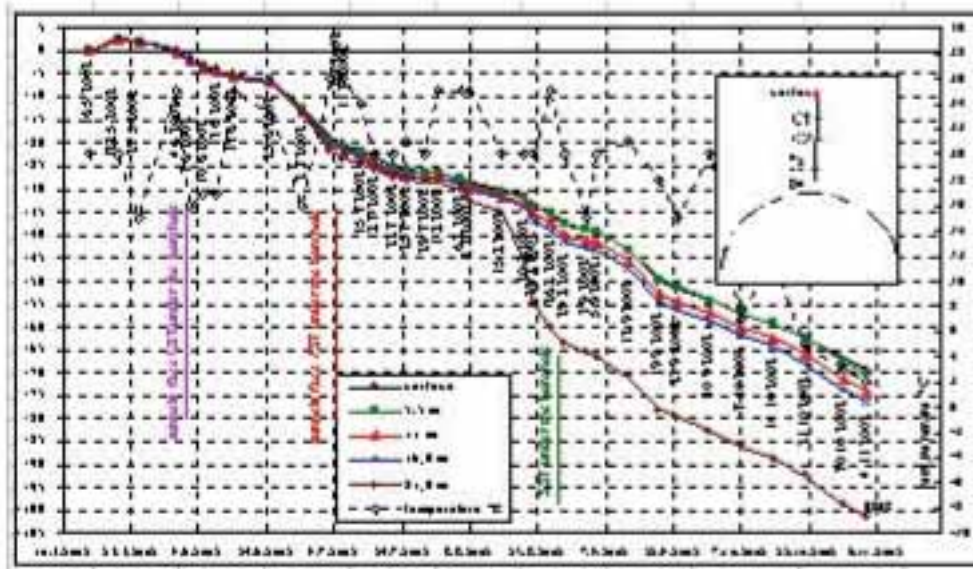
## 5.3 GROUND SURFACE DEFORMATIONS

The impact of the excavation operations on the ground surface settlement is shown in Fig. 10. Very low influence of the invert excavation can be seen there. The sandstone series of measures transfer the influence of loosened bottom layers due to the favourable plate effect. It also follows from this finding that the original Ing. Ruzicka's proposal to suspend the Ordovician rock from the above-mentioned sandstone layer found in the overburden was well founded. Maximum subsidence coordinate was identified on the centre line of the station. Its average value of 60 mm can be considered satisfactory with respect to the overburden thickness and the excavation width. The masonry of the buildings existing in the area above the LSWD have not exhibited any serious damage yet, although tilting of the buildings or their parts has been recorded. Till now the largest measured relative movements of individual buildings have amounted to 6,0, 18,0, 16,0 and 25,0 mm respectively, where the latter value resulted in opening the joint between neighbouring parts of the building. This increased subsidence value was probably a result of concentrations of headings at the station end, where two running tunnels meet the escalator tunnel and the large profile station excavation.

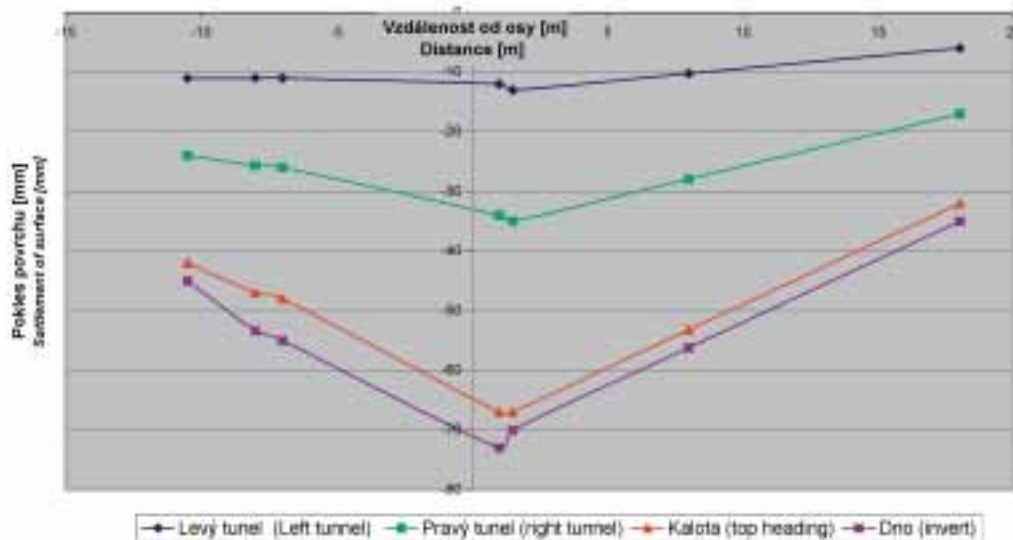
## 6. CONCLUSION

A lot of interesting consequences and lessons follow from the above-mentioned facts. The following statement applies to a rock mass having similar properties to those encountered in this monitored instance:

- There is no need for closing the excavation with invert. The bottom protection against turning to mud with concrete is not considered to be an invert structure.
- Parallel headings, if supported properly by temporary lining, affect each other very little, even if the rock pillar width is equal to 2/3 of the excavation span only.
- Intensity of drill-and-blast operations affects the total deformation significantly; this effect shows mainly in the closest proximity of the excavation.
- To reduce deformations and secure safe stability of the excavation, it is necessary to respond immediately to warning changes of the deformation diagram character by reducing the spacing of anchors and extending their lengths.
- In rock types with a higher modulus of deformation, deformation changes are quick; settling follows within several days after the excavation face passage, or behind the face of a parallel influencing heading. Longer lasting development of deformation is a warning signal, and the anchoring system has to be reinforced immediately.



Obr. 9 Extenzometrické měření  
Fig. 9 Extensometer measurements



Obr. 10 Vliv postupných výlomů na poklesy povrchu stanice Kobylišy v profilu 15,480  
Fig. 10 Influence of partial headings on subsidence of the Kobylišy station ground surface at chainage 15,480

- V horninách s vyšším modulem deformace probíhají deformační změny rychle, uklidnění následuje během několika dní bezprostředně za čelbou výrubu nebo za čelbou vedlejšího ovlivňujícího výrubu. Déle trvající průběh deformace je varující a je třeba neprodleně posílit kotevní systém.
- Rychlá instalace kotev již v prvním prstenci je rozhodující i v tomto typu horniny pro zmenšení deformací HM. Rychlý průběh deformace horniny způsobí při opožděné instalaci kotevního systému znehodnocení jeho funkce.
- Z extenzometrického měření (dále jen E) vyplývá, že svislá deformace HM v oblasti výrubu dosahuje hodnoty 105 mm. Konvergenční měření ve vrcholu klenby dosáhlo hodnoty 35 mm, což je hodnota shodná s E od okamžiku osazení konvergenčního bodu. Poklesy povrchu dosahují cca dvojnásobku hodnoty K v ose stanice (72 mm). Z tohoto měření rovněž vyplývá nutnost rychlé instalace kotev, aby tohoto zbytku deformace bylo využito k aktivaci kotevního systému.

Závěrem lze konstatovat, že přes všechny pesimistické předpovědi proběhlo vylomení a primární zajištění stanice úspěšně, díky plodné a operativní spolupráci všech zainteresovaných složek výstavby, projekční kanceláře, prováděcího podniku a zástupce investora.

- Quick installation of anchors as early as in the first round is crucial for reduction of the rock mass deformations even in this rock type. Rapid development of the rock mass deformation causes, if the anchors are installed late, impairment of the anchoring system function.
- It follows from the extensometer measurements that vertical deformation of the rock mass in the excavation area reaches a value of 105 mm. The convergences measured at the vault crown reached a value of 35 mm, which value is identical with the extensometer measurement carried out from the moment of the convergence point installation. The ground surface subsidence values are approximately twice the K value measured on the station centre line (72 mm). It also follows from this measurement that quick installation of anchors is necessary so that the remaining deformation is utilised for activation of the anchoring system.

To conclude, it can be stated that, despite all pessimistic predictions, the excavation and primary support of the station was carried out successfully, owing to the fruitful and operative co-operation of all parties to the project, the designer/consultant, contractor and resident engineer.

## DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ JEDNOLODNÍ RAŽENÉ STANICE KOBYLISY

## FINAL LINING OF THE KOBYLISY SINGLE-VAULT MINED STATION

ING. JIŘÍ RŮŽIČKA, METROPROJEKT PRAHA, a. s., ING. MILOSLAV ZELENKA, METROSTAV, a. s.

## ÚVOD

Dne 26. června 2004 byl zahájen provoz na dalším úseku pražského metra. Jedná se o 1. etapu IV. provozního úseku trasy C, který napojí severní část Prahy na síť metra. Jsou na něm situovány 2 stanice. Ražená jednolodní stanice Kobylisy a hloubená stanice Ládví, která bude krátkodobě také stanicí koncovou.

Vývoji dispozičního řešení stanice Kobylisy, geologickým poměrům a ražbě staničního tunelu bylo v časopise Tunel věnováno již několik článků (č. 4/1999; č. 3/2000 a č. 2/2002). V tomto článku se chceme věnovat pouze návrhu a realizaci definitivního ostění stanice Kobylisy.

## NÁVRH DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ

Ražená stanice má světlou šířku 18,4 m a světlou výšku 11,2 m. Vrchol klenby je nad úrovní nástupiště 7,8 m. Osová vzdálenost kolejí metra je 13,6 m a šířka ostrovního nástupiště je 10,6 m. Celková délka staničního tunelu včetně čelních stěn je 147,9 m. Střední část tunelu, kde je vlastní nástupiště, má délku 115,2 m a příčný profil tunelu je zcela otevřený (viz. obr. 1). Krátké koncové úseky staničního tunelu v délkách 15,1 m a 16,0 m jsou v příčném profilu děleny 2 podélnými nosnými stěnami na 3 části. Do střední části tunelu jsou zaústěny eskalátorové tunely, do bočních částí tunelu ústí traťové tunely metra (viz. obr. 2). Střední částí členěného profilu tunelu jsou v místě napojení na otevřený profil staničního tunelu ukončeny příčnou nosnou stěnou, ve které je umístěn tlakový uzávěr stanice.

Ostění staničního tunelu je dvouplášťové s mezilehlou vodotěsnou izolací z folie PVC tl. 3 mm v klenbě a ve dně tunelu tl. 2 x 2 mm. Primární ostění, postupně prováděné v průběhu ražby tunelu, je ze stříkaného betonu tl. 400 mm v kombinaci se systémem kotev. Definitivní ostění, realizované následně po dokončení ražby celého tunelu, je z monolitického železobetonu B30 a má v klenbě tl. 600 mm. Spodní klenba je navržena s vnějším licem stupňovitým ve třech úrovních (viz obr. 1 a 2), přičemž v ose tunelu má tl. 1050 mm.

## STATICKÉ ŘEŠENÍ DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ

V průběhu zpracování realizační dokumentace definitivního ostění bylo nutno řešit zásadní problém styku dvou staticky zcela odlišných typů příčného profilu staničního tunelu. Příčný profil v úseku nástupiště je zcela volný profil (viz obr. 1), který se po následném zatížení (především hydrostatickým tlakem) deformuje zcela odlišně, než příčný profil vyztužený podélnými stěnami s příčnou stěnou v místě, kde jsou umístěny tlakové uzávěry stanice (viz obr. 2). Vypočtené rozdíly deformací na styku odlišných profilů by byly v ose tunelu 50 mm.

Z následujících obrázků statického modelu je velmi dobře patrný průběh deformací definitivního ostění a výrazná změna především ohybových



Obr. 1 Příčný řez nástupištěm  
Fig. 1 Cross section through the platform

## INTRODUCTION

Another section of the Prague Metro was open to traffic on 26 June 2004, i.e. the 1st phase of the fourth operational section of line C (IVC2). This section will join the northern part of Prague to the subway network. It contains 2 stations, the Kobylisy single-vault mined station, and the Ládví cut-and-cover station, which will become a terminal station temporarily.

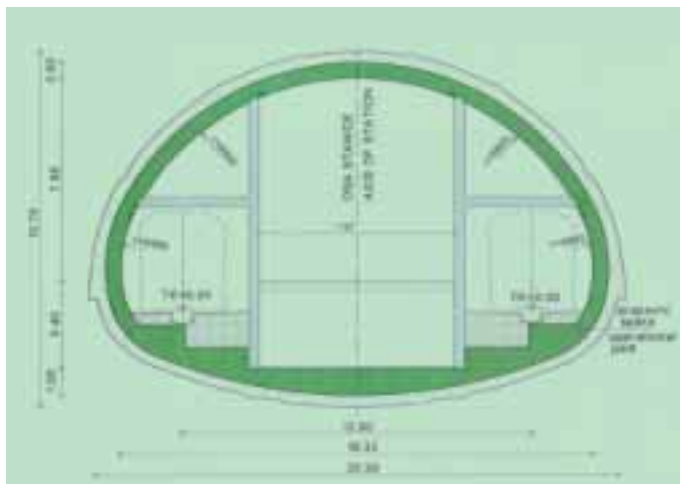
Development of the Kobylisy station interior layout, geological conditions and excavation of the station tunnel have already been topics of several articles published in the TUNEL magazine (No. 4/1999; No. 3/2000; No. 2/2002). In this article, we want to devote ourselves to the design and implementation of the final lining of the Kobylisy station only.

## FINAL LINING DESIGN

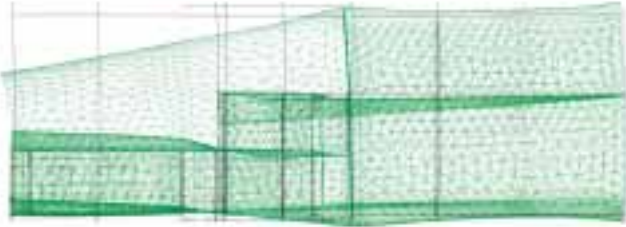
The net width and net height of the mined station is 18.4 m and 11.2 m respectively. The crown of the vault is 7.8 m above the platform level. The subway's track centre distance amounts to 13.6 m; the isle platform is 10.6 m wide. The overall length of the station tunnel inclusive of front walls amounts to 147.9 m. The central part of the tunnel, containing the platform proper, is 115.2 m long, and the cross-section of the tunnel is completely open (see Fig. 1). The cross sections of the short end sections of the station tunnel (15.1 m and 16.0 m long) are divided by 2 longitudinal structural walls into 3 parts. Escalator tunnels are connected to the central part of the tunnel; the subway running tunnels lead to the side parts of the tunnel (see Fig. 2). Side parts of the divided tunnel profile end by lateral structural walls with pressure gates of the station. The station tunnel lining is of a double-shell type, with an intermediate waterproofing PVC membrane 3 mm thick in the vault and 2 x 2 mm thick in the invert. The primary lining, erected continually in the course of the tunnel excavation, consists of a 400 mm thick shotcrete layer, combined with a system of anchors. The cast-in-situ reinforced concrete B30 final lining was constructed subsequently, after completion of the entire tunnel excavation. It is 600 mm thick at the crown. The invert was designed with its base divided into three levels (see Fig. 1 and 2); its width on the tunnel centre line is 1050 mm.

## STRUCTURAL DESIGN OF THE FINAL LINING

It was necessary in the course of elaboration of the detailed design of the final lining to solve a fundamental problem of two types of the station tunnel cross section, which are totally different in terms of structural analysis. The cross section within the platform section is entirely free (see Fig. 1). It deforms in an absolutely different manner than the cross section supported by longitudinal walls with lateral walls in the locations of the pressure gates of the station (see Fig. 2). The calculated differences in deformations at the contact of the differing profiles would amount to 50 mm on the tunnel centre line. The presented pictures of a structural analysis model show very clearly the course of deformations of the final lining, and the pronounced change, above all, in bending moments and normal forces in the vicinity of the lateral pressure walls, both in the lateral and longitudinal directions.

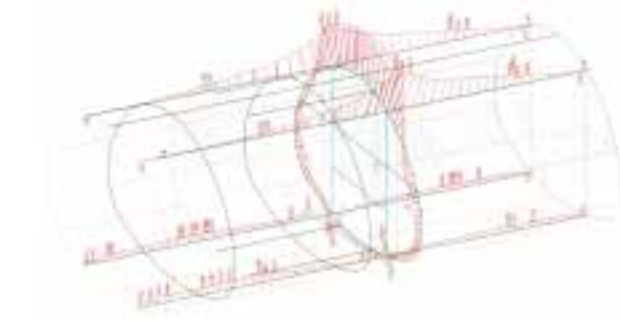
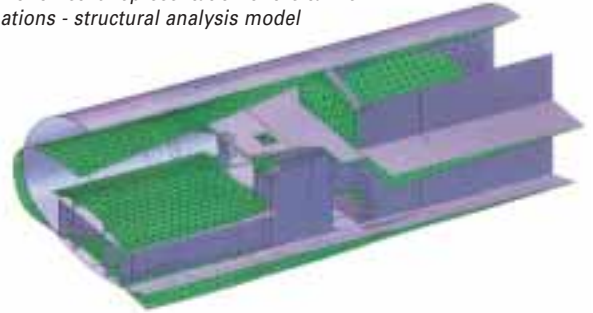


Obr. 2 Příčný řez s podélnými tlak. stěnami  
Fig. 2 Cross section at the location of pressure walls

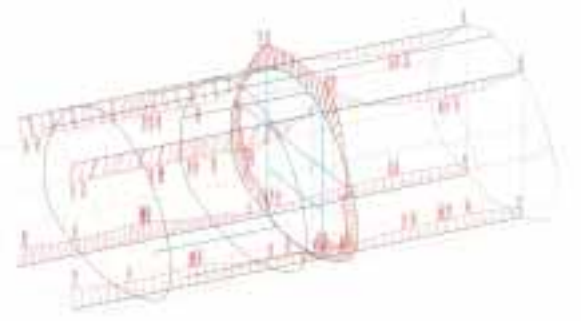


Obr. 3 Statický model - podélný průběh deformací tunelu  
Fig. 3 Course of longitudinal deformations of the tunnel – structural analysis model

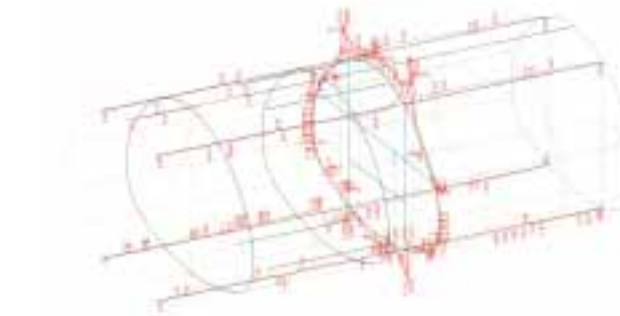
Obr. 4 Statický model – axonometrie deformací tunelu  
Fig. 4 Axonometric representation of the tunnel deformations - structural analysis model



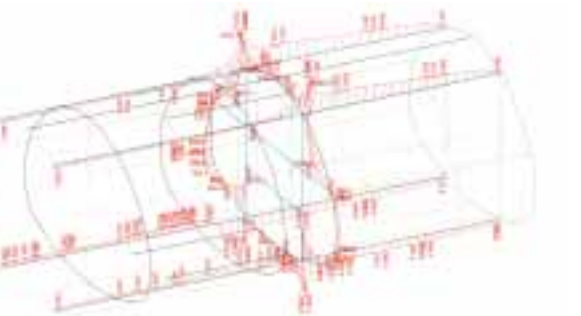
Obr. 5 Průběh podélných normálních sil  
Fig. 5 Course of longitudinal normal forces



Obr. 6 Průběh příčných normálních sil  
Fig. 6 Course of transversal normal forces



Obr. 7 Průběh podélných ohybových momentů  
Fig. 7 Course of longitudinal bending moments



Obr. 8 Průběh příčných ohybových momentů  
Fig. 8 Course of transversal bending moments

momentů a normálových sil v blízkosti příčných tlakových stěn jak v příčném, tak i v podélném směru.

Z těchto důvodů bylo nutno výztuž ostění staničního tunelu, kde je navržena hlavní nosná výztuž v příčném směru, doplnit v úsecích na styku rozdílných profilů o mohutnou podélnou výztuž. Mimo tyto úseky byly všechny pracovní spáry mezi jednotlivými pásy ostění stanice upraveny zalomením (viz obr. 9), a tím se zajistil plynulý průběh deformací definitivního ostění v podélném směru. Jediná přímá pracovní a zároveň dilatační spára byla zachována ve středu stanice. Problém přechodu podélné nosné výztuže v klenbě tunelu přes čelo posunového bednění byl řešen prodlužováním podélné výztuže pomocí šroubovaných spojů s konickými závitů (systém LENTON). Ve spodní klenbě tunelu byla délka pracovních záběrů upravena tak, aby nebylo potřeba používat šroubové spoje.

### POSTUP VÝSTAVBY DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ

S minimálním předstihem před betonáží definitivního ostění se prováděly vodotěsné izolace. Systém izolace z měkčeného PVC je doplněn pojistným injekčním systémem umožňujícím event. sanaci poškozené izolační fólie provedením injektáže spáry mezi izolací a rubem definitivního ostění pomocí trvale pružných gelů.

Betonáž definitivního ostění staničního tunelu byla v příčném profilu rozdělena na dvě části. Nejprve se prováděla betonáž spodní klenby ve 3 výškových úrovních. Časový postup betonáže byl upraven tak, aby mezi jednotlivými výškovými úrovněmi nevznikaly nežádoucí pracovní spáry a zároveň nedocházelo k vytlačování čerstvého betonu u paty boční stěny vyšší etáže.

V podélném směru byla délka záběrů dna tunelu při betonáži navržena s ohledem na rozmístění podélné nosné výztuže a také na polohu jímek umístěných ve dně tunelu. Délka záběrů se pohybovala v rozmezí 6,1 až 36,2 m (viz obr. 10). Betonáž klenby stanice byla prováděna do posunového bednění délky 9,6 m,

For the above-mentioned reasons, the reinforcement of the station tunnel lining designed in the transversal direction only had to be strengthened by mighty longitudinal reinforcement in the contact sections of the differing profiles. In the other sections, a sheer key design was used for all day joints between individual sections of the lining (Fig. 9) The only flat joint serving as an expansion joint was maintained in the station centre.

The problem of transition of the longitudinal structural reinforcement bars at the tunnel vault over the stop end of the travelling formwork was solved by application of the LENTON system of reinforcement splicing, using conically threaded coupling sleeves. The length of casting sections of the invert was adjusted so that threaded joints were necessary.

### FINAL LINING CONSTRUCTION SEQUENCE

The waterproofing was installed with a minimum advance ahead of the final lining casting. The waterproofing system using plasticised PVC is complemented by a safety grouting system allowing repair of a damaged membrane section if required. The joint between the membrane and external face of the final lining can be injected with permanently elastic gels.

Casting of the concrete final lining of the station tunnel was divided in the cross section into two parts. Casting of the three levels of the invert was carried out first. The concrete casting operation was organised in a manner preventing both origination of undesired day joints between individual levels and extrusion of moist concrete at the base of the side wall form of the higher level.

In the longitudinal direction, the length of the invert casting sections was designed with respect to placement of the main longitudinal reinforcement, and to the position of sumps positioned in the tunnel invert. The length varied from 6.1 to 36.2 m (see Fig. 10). The concrete vault casting was carried out using a tunnel form traveller 9.6 m

což byla délka požadovaného základního podélného modulu členění klenby stanice příznanými výraznými pracovními sparami. Kromě 14 typických pasů délky 9,6 m byly betonovány i zkrácené pasy délky 5,5 m a 6,4 m.

Pracovní spáry mezi jednotlivými sekcemi betonáže klenby byly v líci tunelu příznané jako drážky a byly vytvořeny pomocí pryžového pásku osazeného do formy před každou betonáží.

Jak dno, tak klenba vyžadovaly speciální receptury. Naší snahou bylo použít pro beton B30 (požadavek projektu) běžně dostupné materiály, které nadměrně nezvýší cenu betonu a zároveň splní požadavky na dobrou zpracovatelnost čerstvého betonu po dobu potřebnou k dopravě, přečerpání a uložení a zároveň splní požadavky uvedené v následujících odstavcích.

## BETONÁŽ DNA TUNELU

Nejdříve se betonovalo dno tunelu s boky a dny jímek. Dno staničního tunelu bylo navrženo se dvěma výškovými stupni na každé straně a bednění dna bylo provedeno pouze na čele záběru a na podélných svislých stěnách stupňů. Z tohoto řešení vyplývala nutnost přesného načasování betonáže s časovým průběhem tuhnutí použitého betonu. Bylo nutné zajistit, aby beton v nižší výškové úrovni spodní desky dostatečně zatuhnul do doby, kdy se betonovala vyšší úroveň a boky, tak aby nedošlo k vytlačení betonu dna v důsledku hydrostatického tlaku betonu na bocích. Další požadavek na pomalejší tuhnutí betonu měl garantovat, že nedojde k zavadnutí povrchu betonu při betonáži a ke vzniku tzv. neplánované pracovní spáry dříve, než bude doplněna další vrstva betonu do boků. Náběh pevnosti i rychlost tuhnutí jsou závislé na teplotě a navržený beton musel pokrýt různé podmínky při betonáži, tj. vysoké i nízké teploty.

Tento okamžik byl určován pomocí zkoušky tuhnutí betonu dle ČSN 73 1332 (zkouška penetračního odporu na cementové maltě).

Při betonážích dna se betony do bednění čerpaly běžným mobilním čerpadlem betonu, které bylo postaveno ve staničním tunelu. Autodomčávače zajišťovaly s betonem do podzemí. Jednotlivé bloky dna byly betonovány po vrstvách cca 0,5 m a zpracování betonové směsi se provádělo pomocí ponorných vibrátorů. Betonáž jednoho velkého bloku dna trvala zhruba 16 až 24 hodin a během ní bylo uloženo přibližně 470 m<sup>3</sup> betonu.

long. This length was corresponded to the required length of a basic longitudinal module of the station vault sectioning achieved by means of prominent untreated joints. In addition to 14 typical sections 9.6 m long, shortened sections 5.5 m and 6.4 m were also cast.

Day joints between individual vault casting sections remained exposed on the tunnel internal surface, in a form of grooves created by means of a rubber gasket inserted into the form before each concrete casting operation.

Both the invert and the vault required special formulas. Our effort was to use concrete C30 (required by the design) prepared from generally available materials, which would not increase the concrete price and, in the same time, would meet requirements for good workability of wet concrete for a period needed for transportation, pumping and placing, and would also meet the requirements contained in the text below.

## TUNNEL INVERT CASTING

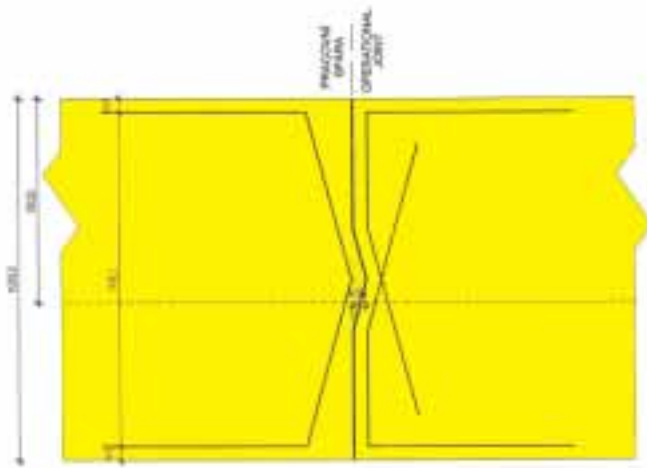
The concrete tunnel invert with the sides and bottoms of sumps were cast first. The invert of the station tunnel was designed with two steps on either side. The formwork was erected at the front end of each casting section only, and along the longitudinal vertical sides of the steps. This solution required precise timing of the casting to suit the course of the concrete setting. It had to be ensured that the concrete at the lower level of the lower slab set sufficiently before the higher level and sides were cast, so that the concrete at the bottom was not forced up due to the hydrostatic head from the wet concrete cast on the sides. Another requirement regarding slower setting of concrete was for guaranteeing that the concrete surface would not set in the course of the casting operation, causing origination of an unplanned day joint before placing another layer of concrete on the sides. Initial strength build-up and setting time depend on temperature, and the designed concrete had to cope with various conditions during the casting operation, i.e. both high and low temperatures.

The proper moment was determined by a concrete setting test according to the ČSN 73 1332 standard (the penetration resistance testing on cement mortar).

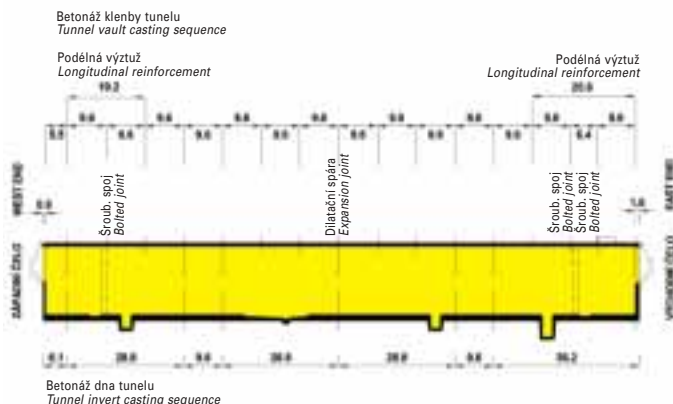
When the invert was being cast, concrete was cast behind the formwork using a standard mobile concrete pump standing in the station tunnel. Transmixers with concrete entered the tunnel. Individual invert sections were cast in layers about 0.5 m thick, and the concrete mix was processed using immersion vibrators. The casting of one large section of the invert took about 16 - 24 hours, and about 470 m<sup>3</sup> of concrete was placed during this operation.

## VAULT CASTING

The concrete vault was cast using a steel formwork. The formwork was a purpose-made self-propelled self-supporting frame structure. The weight of the formwork amounted to about 160 t; the drive along rails for the casting of the



Obr. 9 Detail zalomené pracovní spáry v klenbě tunelu  
Fig. 9 Shear key day joint at the tunnel vault



Obr. 10 Schéma postupu betonáže definitivního ostění  
Fig. 10 Chart of the sequence of casting the final lining



Obr. 11 Napojení podélné výztuže – systém LENTON  
Fig. 11 Splicing of longitudinal reinforcement – LENTON system

## BETONÁŽ KLENBY

Betonáž klenby se prováděla do ocelové formy. Forma byla speciální samohybná samonosná rámová konstrukce. Hmotnost formy byla cca 160 t, jezd po kolejnicích po betonáž dalšího segmentu byl zajišťován elektromotory. Konstrukce formy umožnila odsunutí bednění od vnitřního líce o cca 400 až 600 mm tak, aby vznikl prostor pro čištění a nanášení separačního nátěru.

Hlavním nosným prvkem výztuže klenby byly čtyřpruté příčné příhradové oblouky obdélníkového profilu v intervalu 1,6 m, které byly svařené z betonářské oceli. Příhradové oblouky byly složeny ze sedmi dílů, které byly sešroubovány. Na rubových stranách příhradových nosníků byly před montáží přivařeny pomocné pásy z KARI sítě, které umožnily fixovat nosnou výztuž klenby na rubové straně definitivního ostění v požadované poloze. Nosná výztuž byla ještě přidržována tvarovanými rozpěrami. Hlavní výztuž na lící straně definitivního ostění byla navržena z vázané výztuže. Minimální krytí výztuže bylo projektem stanoveno na 50 mm.

Vzhledem k postupu výstavby nebylo možné dopravovat beton do nitra stanice domíchávači, ale bylo nutné jej čerpat z povrchu do hloubky 31 m. Beton byl dopravován z povrchu mobilním čerpadlem eskalátorovým tunelem nebo výtahovou šachtou na plně vyložené čerpadlo a pomocí potrubí do druhého stabilního čerpadla před formou. Toto čerpadlo přečerpávalo beton do distributoru na formě. Beton byl do formy ukládán pomocí plnicích oken rovnoměrně na obě betonované strany tak, aby rozdíl hladin nebyl vyšší než 1 m a nedošlo k deformacím formy. Těchto plnicích oken bylo v konstrukci formy celkem 12 na každé straně. Zpracování betonové směsi se provádělo pomocí příložených vibrátorů umístěných na formě. Z výše uvedeného je patrné, že v tomto případě byly na beton kladeny zvýšené nároky zejména na dobu jeho zpracovatelnosti, na konzistenci a na odolnost proti rozmišení při čerpání do extrémních hloubek. Zároveň byl respektován požadavek stavby na rychlost betonáže a možnost odbedňování po asi 24 hodinách od ukončení betonáže.

Veškeré povrchy se prováděly v pohledové kvalitě. Navržená směs o konzistenci S4 sednutí kužele měla maximální vodní součinitel cementu 0,5 a vodní součinitel jemných podílů 0,4. Vhodnou skladbou kameniva a použitím optimální dávky přísad a příměsí byl beton dostatečně tekutý a zároveň soudržný a odolný proti segregaci hrubého kameniva a neodlučoval vodu. Průběh betonáže a výsledná kvalita betonu (pevnost a zejména kvalita povrchových vrstev) potvrdily vhodnost navržené směsi.

## ČASOVÝ PRŮBĚH BETONÁŽÍ VE STANICI

zahájení betonáže definitivního dna stanice	12/2002
ukončení betonáže definitivního dna stanice	04/2003
zahájení betonáže klenby stanice	03/2003
dokončení betonáže klenby stanice	05/2003

## ZÁVĚR

Betonáže ve stanici metra Kobylisy byly příkladem nutného spojení mnoha často protichůdných požadavků na beton. Současné možnosti volby složek, zejména přísad na bázi modifikovaných polykarboxylátů, umožňují vyrábět tyto konstrukce za přiměřených nákladů. Podmínkou je však stanovit parametry betonu nejen z pohledu výsledného produktu (pevnosti), ale rovněž z pohledu technologie výstavby konstrukce v předstihu.



Obr. 12 Betonáž klenby definitivního ostění  
Fig. 12 Casting of the final lining vault

next section was ensured by electric motors. The collapsible formwork structure allowed separation of the formwork from the internal face creating a gap of approximately 400 to 600 mm allowing access for cleaning and application of a separation coat.

The main load bearing element of the vault support were four-bar lattice girders of a rectangular cross section, installed at 1.6 m spacing, welded from reinforcement bars. The lattice girders consisted of seven sections bolted together. Auxiliary mats of KARI steel mesh were welded to external sides of the girders before the installation. The mesh made placement of the main reinforcement on the external face of the vault into a correct position possible. The main reinforcement was further fixed by distance inserts. Tie-up main reinforcement was designed for the internal side of the final lining. The design required a minimum cover of the main reinforcement of 50 mm.

With respect to the construction progress it was impossible to transport concrete inside the station by transmixers. Concrete had to be pumped from the ground level down to a depth of 31 m. A mobile pump pumped concrete via the escalator tunnel or the lift shaft, applying maximum outreach and a stretch of a pipeline, to another pump, stationary one, standing next to the formwork. This pump pumped the concrete to a distributor mounted on the formwork. Concrete was cast behind the form through filling gates, evenly on both sides of the vault, so that the difference between the surfaces did not exceed 1 m and the formwork was not deformed. There were 12 casting ports in the formwork structure, 12 in total, on either side. The concrete mix was processed using external vibrators mounted on the formwork. It is obvious from the above text that increased demands were put on the concrete in this case, namely for the workability time, consistency and resistance to segregation during pumping to extreme depths. In the same time, a requirement of the contractor regarding the speed of concrete casting operations and possibility to strike the formwork after roughly 24 hours from the casting finish was respected.

Architectural concrete finishes were designed for all surfaces. The designed S4 slump concrete mixture had the water-cement ratio 0.5, and water-fine particles ratio 0.4. Thanks to a proper composition of aggregates, and to utilisation of optimal doses of admixtures and additives, the concrete was sufficiently fluid and, in the same time, cohesive and resistant to segregation of aggregates, and it did not separate water. Suitability of the designed mix was proved by the progress of the concrete casting and the resulting quality of concrete (the strength and quality of surface layers above all).

## HISTORY OF CONCRETE CASTING IN THE STATION

commencement of the final invert casting in the station	Dec. 2002
finish of the final invert casting in the station	Apr. 2003
commencement of the station vault casting	Mar. 2003
finish of the station vault casting	May 2003

## CONCLUSION

Concrete casting operations in the Kobylisy subway station were an example of a necessary combination of many, often contradicting requirements for concrete. Current possibilities to choose components, primarily modified polycarbonate-based admixtures, make the construction of those structures possible at reasonable costs. There is, however, a condition that parameters of the concrete must be determined not only in view of the resulting product (the strength), but also with respect to the fact that this is a matter of an underground structure.



Obr. 13 Stanice připravená k zahájení provozu  
Fig. 13 The station ready for opening to traffic



## ANALÝZA POSUNŮ KOTVENÝCH PODZEMNÍCH STĚN ZAJIŠŤUJÍCÍCH STAVEBNÍ JÁMY HLOUBENÝCH TUNELŮ VE VARŠAVĚ

### ANALYSIS OF DISPLACEMENTS OF ANCHORED DIAPHRAGM WALLS SUPPORTING EXCAVATION BOXES FOR TUNNELS IN WARSAW

Dr hab. inž. ANNA SIEMIŃSKA-LEWANDOWSKA, POLITECHNIKA WARSZAWSKA

#### 1. ÚVOD

Konstrukce varšavského metra se staví jako hloubené nebo ražené tunelovacími stroji. Část traťových tunelů a všechny stanice se prováděly v hlubokých stavebních jámách, zajištěných záporovými a podzemními stěnami. Poslední do provozu uvedená stanice (Ratusz = Radnice) byla postavena pomocí milánské metody. Výstavba stanic ve středu města vyžadovala provádění hlubokých výkopů v souvisle zastavěných územích. Kvůli vlivu těchto stavebních prací na zástavbu v blízkosti výkopů se prováděl trvalý monitoring dvou velkých stanic A13 („Centrum“) a A14 („Świętokrzyska“). V tomto článku jsou popsány výsledky měření posunutí podzemních stěn a přilehlého staveniště ve všech fázích zemních prací i napínání kotvených zajišťujících stabilitu stěn.

S ohledem na finanční možnosti se provádělo hodnocení posunutí podzemních stěn a přilehlého terénu pomocí přesných geodetických měření pevných bodů, umístěných na podzemních stěnách a na povrchu terénu, a pomocí přejímacích zkoušek a průkazných zkoušek injektovaných kotven (celkem 1600 kusů) [2]. Úkolem šetření bylo stanovení průběhu a rozdělení skutečných deformací stěny a terénu v závislosti na hloubce výkopů a stadiu prací, stanovení rozsahu vlivu výkopů na životní prostředí, posouzení skutečné a teoretické tuhosti kotvení, a výběr vzorového příčného řezu pro hodnocení parametrů zemin (modul pružnosti) pomocí zpětné analýzy.

Měření posunutí se prováděla pomocí geodetických služeb investora (Varšavské metra) ve spolupráci se stavební firmou „Hydrobudowa 6“ SA a generálním projektantem „Metroprojekt“ SA.

S ohledem na velký objem výsledků šetření se tento příspěvek zabývá pouze vybranými problémy. Úplné záznamy se najdou v samostatné publikaci [2].

#### 2. SLEDOVÁNÍ PODZEMNÍ STĚNY NA STANICI „CENTRUM“

##### 2.1 POPIS DÍLA

Stanice metra A13 „Centrum“ [3] leží v centrální části Varšavy. Zajištění stavební jámy tvoří kotvená podzemní stěna, spojená v horní části s pilotovou záporovou stěnou. Největší hloubka výkopů byla 17,45 m.

Pilotová záporová stěna o výšce 4,1 m se skládala z profilů I 500 s roztečí 1,5 až 2,5 m, zabetonovaných do podzemní stěny do hloubky 1,5 m, a plechových nebo dřevěných pažnic. Stabilitu této části zajišťovala první úroveň injektovaných kotven s únosností 500 kN, s roztečemi 2,7 m. Celková délka kotven v první úrovni je 20,5 až 25 m, z toho injektovaná část byla 8,5 m dlouhá.

Podzemní stěna o tloušťce 80 cm a výšce 22 m se betonovala betonem B30. Stabilitu podzemní stěny zajišťovaly tři nebo čtyři úrovně injektovaných kotven (podle hloubky výkopu). Jejich únosnost byla 550 kN nebo, v nejnižší úrovni, 600 kN, a jejich rozteč byla 1,35 m. Celková délka kotven byla různá; 20,50 m a 19,50 m ve druhé úrovni, 19,50 m, 18,00 m a 17,50 m byla ve třetí, a 15,00 m ve čtvrté a páté úrovni. Délka injektovaného těla kotvy byla konstantní ve všech úrovních a byla rovna 8,5 m. Celkový počet kotven na stanici A13 „Centrum“ byl 1241. Celková šířka výkopu byla různá, od 40,8 m na jižním konci do 44,7 m v severní části. Schematický výkres konstrukce, chránící výkop, s geotechnickými podmínkami v jednom ze sledovaných profilů, je na obr. 1.

##### 2.2 GEOTECHNICKÉ POMĚRY

Na základě geologicko-inženýrského průzkumu v oblasti stanice A13 [6] se určilo pět geotechnických vrstev. Skládaly se z:

1. podpovrchových navážek o tloušťce 1 - 3 m (místy až 4 m), následovaných;
2. formacemi morén, sahajícími 8 - 11 m pod povrch, představovanými tuhými jíly a pevnými písčitými jíly; jílovitými písky - ledovcovými usazeninami řeky Warty;
3. pod nimi pevné písčité jíly z doby ledové řeky Odry;
4. souvislá vrstva písčitých usazenin asi 15 m silná, skládající se z jemných a střednězrnných písků;
5. pod tím soudržné zeminy, 1 - 5 m, a písčité usazeniny (jemné, středně a hrubozrnné písky, ale i šterky a nerozlišené frakce) o tloušťce 10 až 15 m.

Po celé délce stanice je průběh vrstev velmi nepravidelný, ve formě klenb a kapes. V oblasti stanice byly pozorovány dvě úrovně spodní vody. S ohle-

#### 1. INTRODUCTION

Warsaw underground is built using cut-and-cover and TBM methods. A part of railway tunnels and all stations were carried out in deep excavation boxes supported by soldier piles and diaphragm walls. The last station put into service (Ratusz = Town Hall) was built using Milan method. The construction of stations in town centre required carrying out deep excavations in compact settlement areas. Due to the influence of these engineering works on buildings in the vicinity of excavations, constant monitoring of the two large stations A13 ("Centrum") and A14 ("Świętokrzyska") was maintained. In this paper the displacement measurement results of diaphragm walls and the adjacent site are described in every phase of excavation as well as stressing stages of anchors assuring the stability of walls.

In view of the financial possibilities, the assessment of diaphragm wall displacements and that of the adjacent ground was carried out on the basis of high precision geodetic measurements of fixed points positioned on diaphragm walls and on the ground, as well as on acceptance tests and injection anchors suitability tests (1600 items in all) [2].

The object of the investigation was the determination of the course and distribution of real deformations of the wall and the ground in function of excavation depth and stages of work, establishing the range of excavation influence on the environment, assessment of the real and theoretical injection anchorage stiffness and choice of representative cross section to assess soil parameters (modulus of elasticity) by back analysis.

Displacement measurements were carried out by geodetic services of the investor (Warsaw Underground) in co-operation with construction firm "Hydrobudowa 6" SA and the Chief Designer - "Metroprojekt" SA.

In view of the large volume of investigation results the paper deals with the selected problems. The complete records can be found in separate publication [2].

#### 2. INVESTIGATION OF "CENTRUM" STATION DIAPHRAGM WALL

##### 2.1 FEATURES OF THE WORK

The Underground station A13, "Centrum" [3] is situated in central part of Warsaw. The excavation support system consists of anchored diaphragm wall connected in its upper part with soldier pile wall. The greatest depth of the excavation was 17.45 m.

Soldier pile wall 4.1 m high was composed of I 500 sections spaced at 1.5 to 2.5 m concreted in diaphragm wall to the depth of 1.5 m and steel sheet or timber lining. The stability of this part is assured by the first level of injection anchors of load carrying capacity 500 kN at 2.7 m spacing. The total length of first layer anchors is 20.5 or 25 m, of which the grouted body is 8.5 m long.

Diaphragm wall 80 cm thick and 22 m high was cast using B30 class of concrete. Stability of diaphragm wall was assured by three or four (depending on excavation depth) levels of injection anchors. Their load-carrying capacity was 550 kN or - at the lowest level - 600 kN and their spacing was 1.35 m. The total length of anchors was varied; 20.50 m and 19.50 m for the second level, 19.50 m, 18.00 m and 17.00 m for the third and 15.00 m for the fourth and fifth levels. The length of grouted body was constant at all levels and equalled 8.5 m. The total number of anchors on A13 station "Centrum" was 1241.

The overall width of the excavation varied from 40.8 m at the southern end to 44.7 m in the northern part.

Schematic drawing of the structure protecting the excavation together with the geotechnical conditions in one of investigated cross-sections is shown in Fig. 1.

##### 2.2 GEOTECHNICAL CONDITIONS

On the ground of geological engineering investigation of the A13 station area [6], five geotechnical layers were distinguished. They were composed of:

1. sub-surface random fill 1-3 m thick (locally up to 4 m), followed by;
2. moraine formations reaching 8-11 m below ground level, represented by stiff clays and firm sandy clays; clayey sands of Warta river glacial deposits;
3. below - firm sandy clays of Odra river glacial period;
4. continuous stratum of sand deposit of about 15 m thickness consisting of fine and medium sands;

dem na způsob, kterým se práce prováděly, a na zachování stability dna jámy se hladina spodní vody po dobu prací snižovala.

### 2.3 POSTUP PRACÍ

1. etapa - výkopy do hloubky 3,1 m pod úroveň terénu (31,4 m nad úrovní „0“ Vistuly), vybudování záporové stěny, vrtání a napínání první úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 2,1 m pod úrovní terénu.
2. etapa - výkopy do hloubky 6,6 m, vrtání a napínání druhé úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 5,6 m pod úrovní terénu.
3. etapa - výkopy do hloubky 10,1 m, vrtání a napínání třetí úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 9,1 m pod úrovní terénu; zahájení snižování hladiny spodní vody pomocí čerpacích studní, zřízených uvnitř jámy a udržovaných do dokončení izolací proti vodě a vodotěsných konstrukcí stanice.
4. etapa - výkopy do hloubky 13,6 m, vrtání a napínání čtvrté úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 12,6 m pod úrovní terénu.
5. etapa - výkopy do hloubky 16,1 m, vrtání a napínání páté úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 15,1 m pod úrovní terénu.
6. etapa - výkopy do hloubky 17,5 m, to znamená na základovou spáru základové desky stanice metra.

### 2.4 MĚŘENÍ VODOROVNÝCH POSUNUTÍ STĚNY

Předmětem sledování byly opěrné zdi na stranách východní, západní, jižní a severní, ve všech kotevních úrovních. Svislé řady měřících bodů byly ve vzájemných vzdálenostech asi 20 m. Body, vyznačené měřící tyčí, byly stabilizovány na speciálních konzolách z úhelníků, osazených v blízkosti hlav kotev (obr. 3). Schematické zakreslení situace svislých řad měřících bodů v půdorysu stanice je na obr. 2. Zemní práce se prováděly od osy stanice (mezi měřícími profily 14 - 27 a 15 - 26) směrem na jih a na sever.

Harmonogram pozorování, upravený pro etapy prací, předpokládá:

\* měření výkopů v úrovních 3,1 m, 6,6 m, 10,1 m, 13,6 m a 16,1 m,

\* měření před a po napínání kotev v každé úrovni,

\* po dosažení konečné úrovně dna výkopu, tj. v hloubce 17,5 m,

\* každý měsíc, až do okamžiku zabetonování základové desky.

Měření byla zahájena v červenci 1995 (nulové měření) a pokračovala do dubna 1996 (poslední měření 18. 4. 1996). Hodnoty posunutí v měřeném profilu 15 (na západní straně jámy) z každé etapy prací ve sledovaném období jsou uvedeny v tab. 1 a na obr. 4. Tento profil ležel v oblasti nejhlubšího výkopu, tj. s hloubkou 17,5 m. Znaménko „-“ znamená posunutí stěny směrem k ose jámy a „+“ posunutí směrem ven.

### 2.5 ROZBOR VÝSLEDKŮ

Metodika měření předpokládala získání obrazu posunutí stěn stanice 13 „Centrum“ v průběhu dlouhého období pozorování (9 měsíců). Velká hloubka výkopu (17,45 m v nejhlubší oblasti) a pět kotevních úrovní implikovaly značné hodnoty vodorovných posunutí podzemní stěny. Monitoring výkopu [2] a současná analýza výsledků měření umožnily investoři a dodavateli mít stálou kontrolu nad stabilitou stěny. Stejně tak dohled nad napínáním a přejímáním injektovaných kotev zajistily jejich únosnost podle projektu.

Velké rozměry jámy ztěžovaly pozorování všech svislých a vodorovných měřících bodů ve všech etapách jejího hloubení. Po celou dobu sledování byly pozorovány velké rozdíly mezi osluněním východní a západní strany jámy. Výkyvy denní teploty, jak v létě, tak i v zimě, mohly výsledky měření ovlivnit.

Analýzou posunů jámy A13 bylo zjištěno, že:

- \* vodorovná posunutí po výšce stěny se ve směru osy jámy zmenšovala s její hloubkou (krakorcový typ průhybu),
- \* maximální hodnoty vodorovných posunutí (na vrcholu stěny) byla 14 mm v hloubce 13,6 m a 15 mm v hloubce 17,5 m,
- \* maximální vodorovná posunutí směrem k ose jámy během 4. etapy, tj. v hloubce 13,6 m, dosáhla 0,103% výšky stěny,
- \* maximální vodorovná posunutí směrem k ose jámy během 6. etapy, tj. v hloubce 17,5 m, dosáhla 0,09% výšky stěny,

5. underneath - cohesive soils, 1 to 5 m thick and sandy sediments (fine, medium and coarse sands, as well as gravel and all-in aggregates) of 10 to 15 m thickness. Over the entire station length the course of layers is very irregular, in form of uplifts and pockets. In the station region two levels of ground water were observed. In view of the manner the works were carried out as well as to maintain the stability of excavation floor, the groundwater table was lowered for the duration of the work.

### 2.3 SEQUENCE OF WORK

Stage 1 - excavation to the depth of 3.1 m below the ground level (31.4 m above "0" level of Vistula), constructing the soldier wall, drilling and stressing first level of anchors with grouted bodies at 2.1 m below ground level.

Stage 2 - excavation to the depth of 6.6 m, drilling and stressing second level of anchors with grouted bodies at 5.6 m below ground level.

Stage 3 - excavating to the depth of 10.1 m drilling and stressing third level of anchors with grouted bodies at 9.1 m below ground level; starting the drainage of the ground by means of draining wells - installed inside the excavation and maintained till the completion of water insulation and leak-proof station structure.

Stage 4 - excavating to the depth of 13.6 m drilling and stressing third level of anchors with grouted bodies at 12.6 m below ground level.

Stage 5 - excavating to the depth of 16.1 m drilling and stressing third level of anchors with grouted bodies at 15.1 m below ground level.

Stage 6 - excavating to the depth of 17.5 m, that is to the foundation level of the bottom slab of Underground station.

### 2.4 MEASUREMENT OF HORIZONTAL DISPLACEMENTS OF THE WALL

Under observation were the retaining walls on the eastern, western, southern and northern sides, at all anchorage levels. Lines of vertical measuring points were positioned about 20 m apart. The points marked by measuring rod were stabilised on special cantilevers of angle section installed in the vicinity of anchor heads (Fig. 3). The schematic drawing of situation of vertical lines of measuring points on station plan is shown in Fig. 2. Earthworks were carried out from station axis (between the measuring sections 14 - 27 and 15 - 26) in southern and northern directions. Observation time-table, adjusted to work stages assumed:

\* measurements of excavation at the levels of 3.1 m, 6.6 m, 10.1 m, 13.6 m, and 16.1 m,

\* measurements before and after stressing the anchors at each level,

\* after reaching the final level of excavation on bottom i.e. 17.5 m,

\* up to the moment of concreting bottom slab - once every month.

The measurements started in July 1995 (zero measurement) and were continued till April 1996 (last measurement - 18. 04. 1996). Displacement values in the measurement cross-section 15 (on the western side of excavation) for every stage of work in the investigated period are presented in Table 1 and Fig. 4. This cross-section was situated in the region of the deepest excavation, i.e. 17.5 m. Symbol " - " means wall displacement toward the axis of excavation and " + " the displacement to the outside.

2.5 ANALYSIS OF RESULTS  
Measurement methodology assumed obtaining the pattern of displacement of Station 13 "Centrum" walls during a long period of observations (9 months). Great depth of excavation (17.45 m in the deepest region) and five levels of anchors implied appreciable values of horizontal displacements of diaphragm wall. Monitoring of the excavation [2] and current analysis of measurement results allowed the investor and the contractor to have constant control of wall stability as well as the supervision of stressing and admission to service of injection anchors assured their capacity in accordance with the design.

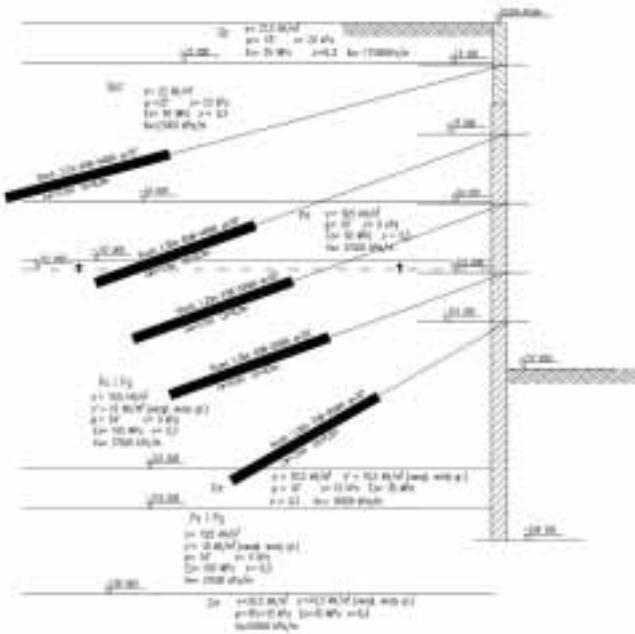
Large size of excavation made difficult the observation of all perpendicular and horizontal measurement points in all stages of its excavation. During the entire period of investigations large difference was noted between the insolation of eastern and western sides of the excavation. Daily temperature fluctuation, both in summer and in winter could influence the results of measurements. On the basis of A13 excavation displacement analysis it was found that :

- \* over the height of curtain wall, the horizontal displacements in the direction of excavation axis were diminishing with its depth (cantilever type of deflection),
- \* maximum values of horizontal displacements (at the top of wall) were 14 mm at the excavation depth of 13.6 m and 15 mm at 17.5 m,
- \* maximum horizontal displacements towards excavation axis during stage 4 i.e. at the depth of 13.6 m amounted to 0.103 % of wall height,
- \* maximum horizontal displacements towards excavation axis during stage 6 i.e. at the depth of 17.5 m amounted to 0.09 % of wall height,

	1	2	3	4
FAZA 1a - wykop 3,1 m				
FAZA 1b - 1 rzęd kotwi	-7			
FAZA 2a - wykop 6,6 m	-9			
FAZA 2b - 2 rzęd kotwi	-17	-3		
FAZA 3a - wykop 10,1 m	-21	-9		
FAZA 3b - 3 rzęd kotwi	-18	-6	1	
FAZA 4a - wykop 13,6 m	-8	4	5	
FAZA 4b - 4 rzęd kotwi	-10	2	5	0
FAZA 5a - wykop 16,1 m	-6	7	8	4
FAZA 5b - 5 rzęd kotwi	-8	7	10	5
FAZA 6 - wykop 17,5m	-11	4	11	8

Tab. 1 Posuny v řezu 15 (hloubka výkopu a úroveň kotev)

Table 1 Displacements in cross-section 15 (excavation depth and anchor level)



Obr. 1 Schematický výkres zajištění jámy stanice „Centrum“ ve vybraném měřicím profilu (s geologickými poměry)

Fig. 1 Schematic drawing of excavation wall stabilisation in "Centrum" station at the selected measurement cross-section (with geological conditions)

### 3. SLEDOVÁNÍ PODZEMNÍ STĚNY STAVBY STANICE „ŚWIĘTOKRZYSKA“

#### 3.1 POPIS DÍLA

Stavba stanice metra A14 - „Świętokrzyska“ [4] se nachází na severozápad od křižovatky ulic Marszałkowska a „Świętokrzyska“. K zajištění boků stavební jámy byly navrženy podzemní stěny tl. 80 cm, hluboké 20,7 m. Stabilita stěn byla zajišťována dvěma úrovněmi injektovaných kotev a jednou řadou rozpěr. Celková hloubka jámy byla 14,6 m. Únosnost první úrovně kotev byla 500 kN, celková délka - 20,0 m nebo 21,0 m (z toho injektována délka 6,0 m a 8,0 m, a vzdáleností mezi kotvami 2,4 m). Druhá úroveň kotev měla únosnost 600 kN, celková délka 17,0 m (včetně injektované délky 8,0 m), rozteče 1,2 až 1,3 m. Sklon obou úrovní byl 15°. Technické parametry kotev byly analogické s kotvami, prováděnými na stanici A13. Rozpěry byly z ocelových rour prům. 508 ve vzdálenostech 2,0 m. Celková šířka stavební jámy byla 20,0 m. Řez stěnou výkopu s geotechnickými údaji je na obr. 5, a etapy prací a situace měřicích bodů na stěně na obr. 6.

#### 3.2 GEOTECHNICKÉ POMĚRY

Na základě geologicko inženýrského průzkumu [7] bylo zjištěno, že v oblasti stanice A14 se nacházejí glaciálně-tektonicky přemístěné kvartérní a terciární pliocenní usazeniny. Při povrchu byla nalezena vrstva smíšených usazenin o tloušťce asi 2,5 m, následovaná soudržnými usazeninami (jíl, varvský jíl, tuhé jíly, tuhé siltické jíly), obsahující vrstvy zvodněných písčitých jílu, ale i prachovitých a jemných písků. Tyto vrstvy nejsou horizontální - v písčích se nacházejí dva horizonty spodní vody:

první - volná hladina spodní vody se nachází 4 m pod úrovní terénu, druhá - pode dnem stanice, napjatá hladina spodní vody, stabilizovaná asi o 7 m výše.

S ohledem na technologii hloubení jámy (vrtání injektovaných kotev) a stabilitu desky dna se provádělo čerpání vody po dobu stavby, a hladina se udržovala 50 cm pod deskou dna.

#### 3.3 POSTUP ZEMNÍCH PRACÍ

**Etapa 1a** - výkop do hloubky 4,55 m

**Etapa 1b** - vrtání a napínání první úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 3,75 m pod terémem

**Etapa 2a** - výkop do hloubky 8,6 m

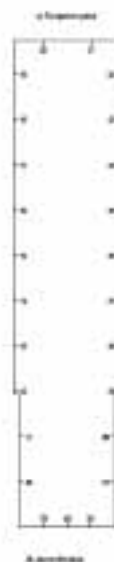
**Etapa 2b** - vrtání a napínání druhé úrovně kotev s injektovanými těly v hloubce 7,85 m pod terémem

**Etapa 3a** - výkop do hloubky 11,8 m

**Etapa 3b** - instalace rozpěr prům. 508 mm v úrovni -11,85 m

**Etapa 4a** - provedení vrstvy z hubeného betonu tl. 20 cm

**Etapa 4b** - položení desky dna



Obr. 2 Půdorys podzemních stěn na stanici „Centrum“ s vyznačenými svislými řadami měření  
Fig. 2 Plan view of the diaphragm walls of "Centrum" station with vertical measurement lines marked



Obr. 4 Vodorovné posuny ve svislé řadě měření č. 15  
Fig. 4 Setting-up of horizontal displacement measurements at No 15 vertical measurements line

### 3. INVESTIGATION OF "ŚWIĘTOKRZYSKA" STATION DIAPHRAGM WALL

#### 3.1. FEATURES OF THE WORK

The Underground station A14 - "Świętokrzyska" [4] is situated at the north-western side of intersection of Marszałkowska and "Świętokrzyska" streets. Diaphragm walls 80 cm thick and 20.7 m deep were designed to protect the sides of excavation. Stability of the wall was assured by two levels of injection anchors and one row of struts. The total depth of excavation was 14.6 m. The bearing capacity of first level anchors was 500kN, total length - 20.0 m or 21.0 m (of which the grouted body was 6.0 and 8.0 m and the spacing - 2.4 m. Second level anchors had bearing capacity of 600kN total length - 17 m (including the grouted body of 8.0 m) and spacing 1.2 to 1.3 m. Inclination of both levels was 15°. Technological parameters of anchors were analogous to those carried out on A13 station. Struts consisted of f 508 steel pipes spaced at 2.0 m. Overall width of the excavation was 20 m.

The section across excavation wall with geotechnical data is shown in Fig. 5 and stages of work and situation of measuring points on the wall - in Fig. 6.

#### 3.2. GEOTECHNICAL CONDITIONS

On the basis of geological engineering investigation [7] it was found that in A14 station area quaternary - and tertiary Pliocene deposits with glacial-tectonic - dislocations are present. Near the surface, a layer of mixed deposits of about 2.5 m thickness was found followed by cohesive deposits (clay, varve clay, stiff clays, stiff silty clays) containing strata of water-saturated sandy clays, as well as silty and fine sands. These strata are not horizontal.: Two levels of ground water occur:

the first - free water table occurs at 4 m below ground, the second - beneath the bottom of the station with perched - water table stabilising some 7 m higher.

In view of the technology of excavation (drilling of injection anchors) and the stability of the bottom slab, pumping of underground water was carried out for the duration of the construction, maintaining its level 50 cm below the bottom slab.

#### 3.3. SEQUENCE OF EARTHWORKS

**Stage 1a** - excavation to the depth of 4.55 m,

**Stage 1b** - drilling and stressing first level of anchors with grouted bodies at 3.75 m below ground level,

**Stage 2a** - excavating to the depth of 8.65 m,

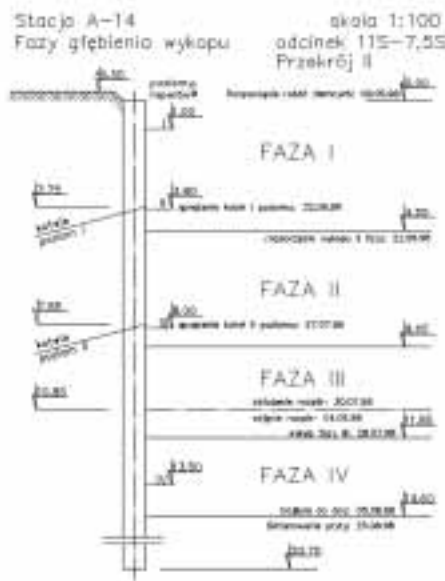
**Stage 2b** - drilling and stressing second level of anchors with grouted bodies at 7.85 m below ground level,

**Stage 3a** - excavating to the depth of 11.85 m,

**Stage 3b** - placing of f 508 struts at the level of -11.85 m.



Obr. 3 Měřicí bod posunutí podzemní stěny na stanici A13  
Fig. 3 Measuring point of diaphragm wall horizontal displacement at station A13



Obr. 6 Etapy prací při výkopu a při stavbě konstrukce ve stanici A 14  
Fig. 6 Stages of work in excavation and during erection of the structure in station A 14

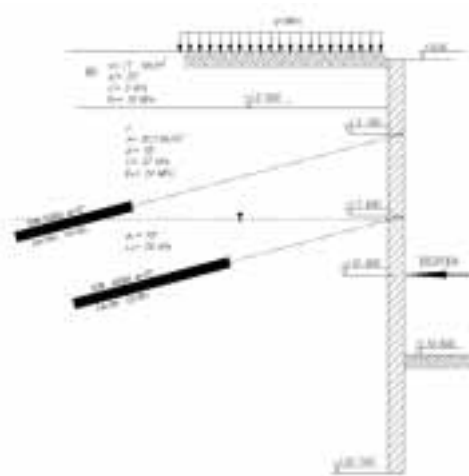
- Etapa 4c** – rozebrání rozpěr  
**Etapa 4d** – betonáž mezistropu  
**Etapa 4e** – betonáž stropu v úrovni 0

### 3.4 SLEDOVÁNÍ POSUNUTÍ STĚNY A OKOLNÍHO TERÉNU

Program sledování, připravený na základě [5], obsahoval:

- Měření vodorovných posunutí podzemních stěn v 9 svislých řezech na východní, západní a jižní straně jámy, v úrovních: 1,0 m, 3,8 m, 8,0 m a 13,5 m pod úrovní terénu. Na úhelnících, připojených na stěnu, byly instalovány výškové značky,
- měření sedání a posunutí podzemních stěn,
- měření posunutí v úrovni terénu - výškové značky byly instalovány na východní a západní straně jámy ve sledovaných profílech ve vzdálenostech 1,0 m a 7,0 m vně od stěny jámy,
- měření zdvihání dna jámy, měřeno na základě měření hlubokých výškových značek.

Poloha měřících profilů a hlubokých výškových značek jsou na obr. 7. Harmonogram měření byl upraven podle po sobě jdoucích etap výkopu, vrtání kotev nebo instalace rozpěr, a stavby konstrukce. Zemní práce začaly od jižního konce stanice; instalace výškových značek a měření proto byla prováděna postupně na profílech I, II, III až VII. Kvůli stavebním pracím nebylo možno provádět instalaci výškových značek ani měření posunutí na všech čtyřech úrovních, jak bylo předvídáno projektem monitoringu. [5].



Obr. 5 Schematický stavební výkres stabilizace stěny jámy stanice „Świętokrzyska“ (A14) s geotechnickými parametry zemin [1]  
Fig. 5 Schematic structural drawing of excavation wall stabilisation of "Świętokrzyska" station (A14) with geotechnical parameters of the ground [1]

- Stage 4a** – placing 20 cm thick layer of lean concrete,  
**Stage 4b** – placing the bottom slab,  
**Stage 4c** – dismantling the struts,  
**Stage 4d** – concreting the intermediate floor,  
**Stage 4e** – concreting the floor at level 0.

### 3.4. INVESTIGATION OF THE DISPLACEMENTS OF THE WALL AND THE SURROUNDING GROUND

The programme of investigations prepared on the basis of [5] included:

- Horizontal displacement measurements of diaphragm walls in 9 vertical sections on the eastern, western and southern sides of the excavation at levels: 1.0 m, 3.8 m, 8.0 m and 13.5 m below ground. Bench marks were installed on angle sections attached to the wall.
- settlement displacement measurements of diaphragm walls,
- measurements of ground level displacements - bench marks were installed on the eastern and western sides of excavation in the investigation cross-sections at distances of 1.0 m and 7.0 m outside the excavation wall,
- measurements of excavation bottom heave-up measured on the basis of deep bench mark measurements.

The position of measurement cross-sections and deep bench marks is shown in Fig. 7. Measurement time-table was adjusted to the successive stages of excavation progress, anchor drilling or strut erection and construction of the structure. Earthworks started from the southern end of the station; bench mark installation and measurements were therefore carried out successively on cross-sections I, II, III up to VII. Due to construction work, installing benchmarks or displacement measurements could not be carried out at all four levels, as foreseen in monitoring project [5].

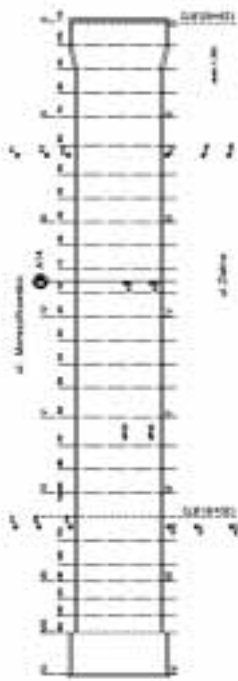
Most measurements of horizontal displacements were carried out in cross-sections II and III (eastern side W and western side Z). They are set up in Table 2. Points 201, 211, 301 and 311 correspond to bench marks situated 1m below ground level. ; points 202, 212, 302 and 312 represent bench marks situated at 3.8 m below ground and points 203, 213, 303, 313 - at 8.0 m below ground. Points having numbers 204 and 214 are situated in lowest level -13.5 m. Bench marks for the measurements of surface level were installed between the cross-sections II and III: bench marks numbered P1, P2, P3 on the eastern side and bench marks P4, P5, and P6 on the western side as well as between cross-sections VI and VII P7, P8, P9 - to the east and P10, P11, P12 to the west. of the excavation. The measurements were taken from June to October 1998.

The results are presented in Table 3.  
The graph of surface displacements in cross-section corresponding to benchmarks P1 to P6 is shown in Fig. 8.

The results of measurements of excavation bottom using deep bench marks are also presented. The total value of vertical displacements of excavation bottom due to elastic recovery amounted to +30 mm at quarter points of excavation width to +60 mm at the mid-point.

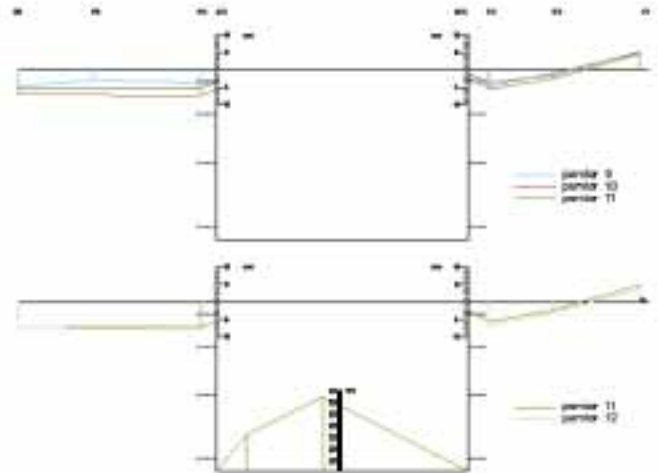
### 3.5. ANALYSIS OF THE RESULTS

Overall dimensions of "Świętokrzyska" station are much smaller than those of A13 station and also its depth is smaller (14.60 m) and only two levels of anchorages. In the analysis, two measurement results of bench marks 211 and 311 were omitted because of the excessively large displacements of these points, due to the detachment of the upper fragment of diaphragm wall resulting from the traffic of heavy vehicles (loaded dump trucks) on the adjacent ground surface.



Obr. 7 Umístění měřicích profilů na stanici „Świętokrzyska“ [5]

Fig. 7 Position of measurement cross-sections in "Świętokrzyska" station [5]



Obr. 8 Graf svislých posunutí výškových značek P1 až P6 a hluboké výškové značky

Fig. 8 Graph of vertical displacements of bench marks P1 to P6 and deep bench marks

Většina měření vodorovných posunutí se prováděla v profilech II a III (východní strana W, západní strana Z). Jsou sestavena v tabulce 2. Body 201, 211, 301 a 311 odpovídají výškovým značkám, umístěným 1 m pod úrovní terénu, body 202, 212, 302 a 312 představují výškové značky umístěné 3,8 m pod terémem, a body 203, 213, 303 a 313 v hloubce 8,0 m. Body s čísly 204 a 214 se nacházejí v nejnižší úrovni -13,5 m. Výškové značky pro měření úrovně terénu byly instalovány mezi profily II a III: výškové značky s čísly P1, P2, P3 na východní straně a výškové značky P4, P5 a P6 na západní straně stejně tak mezi profily VI a VII značky P7, P8 a P9 na východ a P10, P11 a P12 na západ od jámy. Měření byla prováděna od června do října 1998. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3. Graf posunutí povrchu v profilu výškovými body P1 až P6 je na obr. 8. Výsledky měření dna jámy s použitím hlubokých výškových bodů jsou uvedeny také. Celková hodnota svislých posunutí dna jámy v důsledku dopružení dosáhla +30 mm ve čtvrtinách šířky jámy, až +60 mm uprostřed jámy.

### 3.5 ROZBOR VÝSLEDKŮ

Celkové rozměry stanice „Świętokrzyska“ jsou mnohem menší, než rozměry stanice A13, a také její hloubka je menší (14,60 m), a jsou na ní jen dvě úrovně kotvení. V rozboru byly vynechány dva výsledky měření výškových bodů 211 a 311 kvůli nadměrným posunutím těchto bodů v důsledku oddělení horního fragmentu podzemní stěny, způsobeného provozem těžkých vozidel (naložené sklápěcí vozy) na přilehlém terénu. Maximální vodorovná posunutí podzemní stěny v první úrovni měření v profilu II dosahují hodnoty 0,125 % z výšky stěny. V měřicím profilu III na východní straně (III/W) je rozdělení posunutí podobné. Ve 2. etapě, před napínáním kotev, dosáhlo relativní posunutí 13 mm (0,15 % HW); po napínání se pozorovalo ustoupení stěny asi o 10 mm, a instalace rozpěr vede k zatlačení stěny o dalších 8 mm. Hodnota relativního posunutí v této etapě dosahuje 18 mm. Po dosažení dna výkopu dosahuje relativní posunutí v první úrovni 9 mm, a po odstranění rozpěr se zvyšují na +21 mm (0,164 % HW), bez ohledu na to, že již byla provedena deska dna.

## 4. POHYBY POVRCHU TERÉNU

Bylo zjištěno, že obecný pohyb povrchu terénu je kladný, to znamená vzhůru. Největší hodnoty svislých posunutí (až 7,5 mm) byly zaznamenány na měřicích bodech nejdál od okraje jámy, tj. bodech P1, P6, P7 a 12 (obr. 8). Jelikož vzdálenost od okraje se zmenšuje, posunutí se zmenšují, a dosahují záporných hodnot v její těsné blízkosti - sedání vznikající v důsledku vodorovných pohybů podzemní stěny. Tyto hodnoty sedání jsou od -1 mm do -8 mm. Při rozboru svislých pohybů kolem jámy a na jejím dně by se mělo přihlížet ke geotechnickým poměrům v průběhu stavby stanice A14. Na základě geologického průzkumu bylo zjištěno, že celé těleso stanice bylo postaveno v bobtnavých pliocenních jílech, silně porušených (glaciálně-tektonicky), u kterých lze očekávat výrazné bobtnání. Výsledky měření tyto účinky potvrzují.

Maximum horizontal displacement of diaphragm wall at the first measurement level in cross-section II attain 0.125 % of wall height. In III measurement cross-section on the eastern side (III/W) the distribution of displacements is similar. In stage II, before stressing of the anchors the relative displacement amounted to 13 mm (0.15 % HW); after the stressing, receding of the wall by about 10 mm is noticed and the installation of the strut results in driving the wall in by further 8 mm. The value of the relative displacement at this stage amounts to 18 mm. After reaching the excavation bottom, the relative displacements of the first level amount to 9 mm and are increasing to +21 mm (0.164 % HW) after removing the strut, despite that the concrete bottom slab was in place.

## 4. MOVEMENTS OF GROUND SURFACE

It was found that the general movement of ground surface is positive, that means upward. The greatest values of vertical displacements (up to 7.5 mm) were recorded in measurement points most distant from excavation edge, i.e. points P1, P6, P7 and 12 (Fig. 8). As the distance to the edge is diminishing, the displacements become smaller, reaching negative values in its close vicinity - subsidence resulting from horizontal movements of diaphragm wall. These subsidence values are from -1 mm to -8 mm.

When analysing vertical movements around the excavation and in its bottom, account should be taken of geotechnical conditions during the construction of A14 station. On the ground of geological survey it was found that the entire body of the station was constructed in swelling Pliocene clay, highly disturbed (glacial-tectonic) in which pronounced swelling can be expected. Results of measurements confirm these effects.

On the basis of the results of horizontal displacement measurement analysis of A14 station diaphragm wall as well as the ground surface, it can be stated that:

- \* Maximum horizontal displacements of anchored diaphragm wall are present at the first measurement level and are reaching the value of +16 mm.
- \* The maximum values of horizontal displacements of diaphragm wall are equal from 0.095 % to 0.164 % of excavation depth (14.6 m).
- \* Total value of positive vertical displacements of excavation bottom due to the elastic recovery measured at its centre, amounts to 60 mm; the distribution of displacements is parabolic.
- \* In geotechnical conditions of A14 station (Pliocene clays) swelling of ground surface occurs up to maximum value of +7.5 mm at 14 m distance from excavation edge.
- \* The horizontal extent of excavation influence is greater than its depth (14.6 m).

## 5. CONCLUSIONS

General inferences formulated on the basis of measurement results are as follows:

1. The results of empirical analysis confirmed that horizontal displacements in the direction of excavation centre are of cantilever character, i.e. are diminishing with excavation depth.
2. Maximum horizontal displacements of the anchored diaphragm wall occur at wall top and are formed during the stage of maximum excavation depth (HW). Their value is contained in the range of 0.10 % m to 0.16 % HW.

Prze- krój	Nr Pkt.	Przemieszczenia poziome u, mm													
		Pomiar													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Data		23.06	06.07	13.07	17.07	20.07	30.07	06.08	14.08	27.08	03.09	10.09	17.09	24.09	02.10
II/W	201	0	1	12	5	5	4	10	12	14	14	14	15	16	15
	202	0	0	0	1	-1	0	0	0	-2	-2	7	9	10	13
	203	0	0	0	0	0	1	1	-1	-5	3	5	8	zd	zd
	204							0	0	0	8	3	zn	zd	zd
II/Z	211	2	12	26	37	37	38	44	49	53	*0	*3	*5	*5	*6
	212	0	0	1	1	1	0	0	-1	0	1	11	13	12	17
	213					0	-1	-3	-4	-2	12	12	20	17	17
	214							0	0	0	zn	5	zn	zd	zd
III/W	301	-2	-4	9	-2	-1	-9	0	4	8	9	10	12	12	12
	302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	13	14	13
	303											0	0	0	0
III/Z	311	2	13	12	14	17	18	21	29	47	47	53	58	59	63
	312									0	1	14	14	15	20
	313											0	-1	7	7

Tab. 2 Posun stěn v profilech II a III ve stanici A14 „Świętokrzyska“

Tab. 2 Displacement of diaphragm walls in cross-sections II and III in the "Świętokrzyska" station

	Przemieszczenia powierzchni, v, mm												
P1	+ 2,4	+ 1,8	+ 5,4	+ 4,7	+ 6,4	+ 5,5	+ 7,5	+ 4,5	+ 5,2	+ 5,0	+ 4,6	+ 3,8	
P2	+ 0,4	+ 1,1	+ 1,3	+ 0,6	+ 1,6	- 0,2	+ 1,3	- 2,3	- 1,5	- 1,1	- 2,4	- 3,1	
P3	- 1,8	- 1,5	- 2,0	- 1,9	- 0,7	- 3,2	- 1,8	- 3,9	- 3,1	- 4,4	- 5,5	- 6,8	
P4	- 3,7	-	- 2,4	- 6,6	-	-	- 0,7	- 3,2	- 3,7	- 5,0	- 7,3	- 8,1	
P5	- 1,2	- 0,7	-	- 0,5	-	-	-	- 3,2	-	-	-	-	
P6	+ 2,4	+ 2,6	+ 7,0	-	-	+ 4,7	+ 2,8	- 3,2	- 4,6	- 5,2	- 7,1	- 7,0	
P7				0	- 3,2	- 1,0	- 1,4	+ 0,2	+ 0,3	+ 1,3	+ 0,7	+ 0,7	
P8				0	0	0	+ 1,9	+ 2,3	+ 1,2	+ 1,0	- 0,1	- 1,4	
P9				0	- 1,1	- 0,6	+ 0,9	+ 1,8	+ 0,3	- 1,6	- 1,9	- 2,7	
P10				0	+ 0,3	+ 1,8	+ 3,2	+ 4,4	+ 3,3	+ 2,6	+ 1,6	+ 1,4	
P11				0	+ 1,8	+ 3,7	+ 3,6	+ 5,9	+ 5,5	+ 3,5	+ 2,7	+ 2,2	
P12				0	+ 1,6	+ 2,7	+ 1,9	+ 2,9	+ 3,0	+ 2,5	+ 1,4	- 0,2	
Data	19.06	06.07	13.07	30.07	06.08	20.08	28.08	02.09	10.09	17.09	25.09	05.10	

Tab. 3 Posun povrchu terénu

Table 3 Displacement of the surface

Na základě výsledků rozboru měření vodorovných posunutí u podzemní stěny stanice A14 i povrchu terénu lze prohlásit, že:

- \* Maximální vodorovná posunutí kotvené podzemní stěny se nachází v první úrovni měření, a dosahují hodnoty +16 mm.
- \* Maximální vodorovná posunutí podzemní stěny jsou od 0,09 % do 0,164 % hloubky výkopu (14,6 m).
- \* Celková hodnota kladných svislých posunutí dna jámy v důsledku dopružení, měřených v jejím středu, dosahuje 60 mm: rozdělení posunutí je parabolické.
- \* V geotechnických podmínkách stanice A14 (pliocenní jíly) dochází k bobtnání povrchu terénu do maximální hodnoty +7,5 mm ve vzdálenosti 14 m od okraje jámy.
- \* Vodorovný dosah vlivu výkopu je větší, než je jeho hloubka.

## 5. ZÁVĚRY

Celkové závěry, formulované na základě výsledků měření, jsou následující:

1. Výsledky empirické analýzy potvrdily, že vodorovná posunutí ve směru středu výkopu mají krakorcový charakter, tj. s hloubkou se zmenšují.
2. Maximální vodorovná posunutí kotvené podzemní stěny jsou na vrchu stěny a vytvářejí se v průběhu etapy maximální hloubky výkopu (HW). Jejich hodnota se nachází v rozmezí 0,10 % do 0,16 % HW.
3. V případě stanice A14 se zjistilo, že rozsah vlivu výkopu dosahuje do 14 m od kraje jámy. Svislé posunutí tam bylo +7,5 mm., což prokázalo zdvihání povrchu terénu. To dokazuje, že dosah vlivu výkopu je větší, než je jeho hloubka. Na základě výsledků měření je těžké posoudit, o kolik větší.
4. Na stanici A14 se zjistilo, že v pliocenních jílech docházelo k pružnému uvolnění dna výkopu. Jeho rozdělení bylo parabolické, s maximální hodnotou 60 mm ve středu.
5. Výsledky přejímácích zkoušek prokázaly, že délky injektovaných těl kotev 8,0 m a 8,5 m zajišťují požadovanou únosnost kotev, vrтанých v glaciálně-tektonicky porušených bobtnavých pliocenních jílech.

3. In case of A14 station, the range of excavation influence was found to extend 14 m from the excavation edge. The vertical displacement there was +7.5 mm, proving the uplift of ground surface. This proves that the extent of influence of excavation is greater than its depth. On the basis of measurement results it is difficult to assess exactly how much greater.
4. It was found on station A14 that in Pliocene clays elastic recovery of excavation bottom occurred. Its distribution was parabolic with the maximum value of 60 mm at the centre.
5. The results of the acceptance tests proved that grouted body lengths of 8.0 m and 8.5 m assure the required load capacity of anchors bored in glacial-tectonic disturbed, swelling Pliocene clays.

## LITERATURA/REFERENCES:

1. Siemińska-Lewandowska A., Grzegorzewicz K.: Ocena przemieszczeń kotwionych ścian szczelinowych stacji metra Centrum i Świętokrzyska. International Conference on Underground Constructions. Kraków 2000, str. 456-464
2. Siemińska-Lewandowska A.: Przemieszczenia kotwionych ścian szczelinowych. Oficyna Wydaw. Pol. War., Prace Naukowe, Seria Budownictwo Z. 139 Warszawa 2001
3. B.P. "Metroprojekt": I linia metra w Warszawie. Projekt techniczny korpusu stacji A13. Warszawa 1996
4. B.P. "Metroprojekt": I linia metra w Warszawie. Projekt techniczny stacji A14, Konstrukcja i metody budowy korpusu. Warszawa 1997
5. B.P. "Metroprojekt": Projekt techniczny stacji A14. Monitoring oddziaływania budowy na środowisko przyrodnicze oraz obiekty budowlane i inżynierskie. Warszawa 1997
6. B.P. "Metroprojekt": Warunki techniczne projektowania metra na odcinku od stacji A13 - "Centrum" do stacji A15 - "Ratusz". Warunki gruntowo-wodne stacji A13. Warszawa 1996
7. B.P. "Metroprojekt": Warunki techniczne projektowania metra na odcinku od stacji A13 - "Centrum" do stacji A15 "Ratusz". Warunki gruntowo-wodne stacji A14. Warszawa 1996

## POŽIARNA SKÚŠKA V TUNELI BRANISKO

### FIRE TEST IN THE BRANISKO TUNNEL

ING. JÁN DEKÁNEK, APOLLOPROJEKT, s. r. o., BRATISLAVA

#### ÚVOD

Krátko pred uvedením tunela Branisko do užívania sa uskutočnili 20. 6. 2003 v jeho priestoroch skúšky imitujúce rozptýlenie dymu. Tieto skúšky boli názornou ukážkou, čo sa môže diať, keď v tuneli vznikne požiar, a súčasne poskytli informácie, ktoré sme doposiaľ na Slovensku nemali možnosť získať z vlastných meraní.

#### ZÁKLADNÉ ÚDAJE O TUNELI

Tunel je vybudovaný na trase diaľnice D1 medzi mestami Levoča a Prešov v horskom masíve Branisko a je súčasťou novootvoreného diaľničného úseku Behárovce - Fričovce. Vyhotovený je ako jednorúrovňový obojsmerný. Paralelne s tunelovou rúrou vedie úniková štôľňa. V jej trase sa výhľadovo uvažuje s vybudovaním druhej tunelovej rúry. Dĺžka razenej časti tunelovej rúry je 4 822 m, celková dĺžka tunela vrátane portálov je 4 974,6 m. Západný portál sa nachádza v nadmorskej výške (Balt p.v.) 537 m n. m., východný portál vo výške 590 m n. m. Tunel má na väčšine svojej trasy sklon 1,2 %. Tunelová rúra je s únikovou štôľňou prepojená trinástimi únikovými chodbami, z ktorých jedna je súčasťou dopravného a vetracieho prepojenia (DVP). Vzájomná vzdialenosť vchodov do týchto chodieb je v rozpätí od 300 do 370 m. Únikové cesty sú vetrané samostatným pretlakovým vetraním, ktoré zabezpečujú dva ventilátory v západnom a východnom portáli. Systém vetrania tunelovej rúry (za bežnej prevádzky) je polopriečny. Ventilátory v portáloch tlačia čerstvý vzduch do vetracieho kanála pod stropom tunelovej rúry. Tento vzduch sa rovnomerne distribuuje distribučnými klapkami do priestoru vozovky. Znečistený vzduch sa odsáva pri dopravných a vetracích prepojení cca 2 km od západného portálu centrálnymi klapkami do vetracieho prepojenia a šachtou pomocou dvojice odsávacích ventilátorov v združenom výdušnom objekte (ZVO) sa odvádza do ovzdušia. Zdrojmi elektrickej energie sú elektrické stanice v portáloch, v DVP a v ZVO. Tieto stanice sú prepojené, čím tvoria vzájomné zálohy. Vybrané elektrické spotrebiče sú okrem normálneho napájania zásobované elektrickou energiou aj z náhradných zdrojov (UPS). Spotrebiče v tunelovej rúre sú napájané zo šiestich podružných rozvodní umiestnených rovnomerne v núdzových zálivoch na pravej strane rúry (v smere od Levoče do Prešova). Situácia v tuneli je sledovaná snímačmi rôznych fyzikálnych veličín, statickými kamerami videodohľadu a elektrickou požiarovou signalizáciou Siemens. Všetky informácie sa sústreďujú v centrálnom riadiacom systéme (CRS), ktorý ich vyhodnocuje a na základe výsledku riadi

#### INTRODUCTION

Shortly before the Branisko tunnel is about to be put into operation, tests that imitate dispersion of smoke took place here on June 20, 2003. These tests were meant to clearly demonstrate what could happen if there was a fire in the tunnel and also to submit information that we could not up to this point obtain from our own measurements in Slovakia.

#### BASIC DATA ON THE TUNNEL

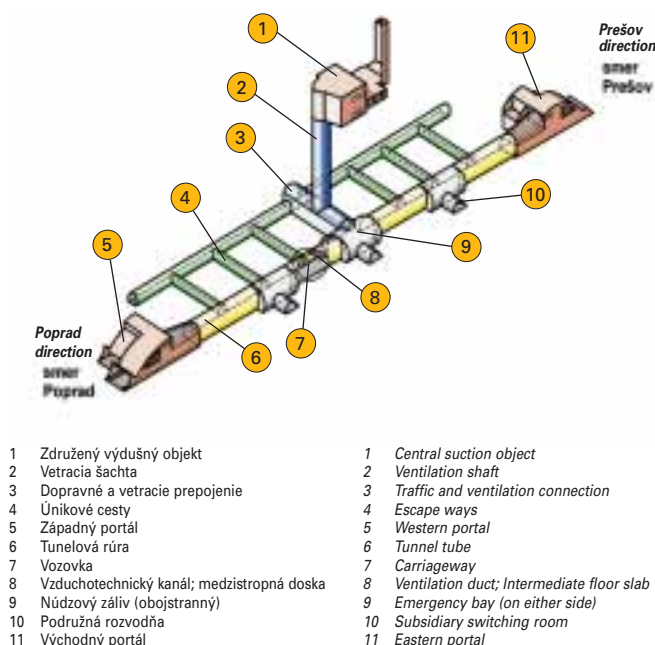
The tunnel is constructed on the D1 motorway between the cities Levoča and Prešov within a mountain massif Branisko, and is a part of the newly constructed motorway section Behárovce - Fričovce. It is realized as a single-tube two-way tunnel. There is an exit gallery conducted parallelly with the tunnel tube. Construction of a second tunnel tube is being considered along its alignment. Length of the mined tunnel tube reaches 4 822 m, the total tunnel length including portals then 4 974.6 m. The western portal is in the altitude of 537 m above the sea level (the Baltic) while the eastern portal 590 m above the sea level. The tunnel thus has a prevalent gradient of 1,2%. The tunnel tube is connected with the exit gallery by thirteen exit corridors, one of which is a part of the traffic and ventilation connection (TVC). Mutual distance of the corridors ranges between 300 and 370 m. The exit ways are ventilated using a separate overpressure ventilation, which is provided by two fans in the western as well as eastern portal. Ventilation system of the tunnel tube (under full operation) is semi-transversal. Fans in the portals propel the fresh air into the ventilation canal below ceiling of the tunnel tube. This air is equally distributed into the road area using distribution valves. Polluted air is sucked through the traffic and ventilation connection app. 2 km away from the western portal by central valves into the ventilation connection and then disposed in the atmosphere through a shaft using a pair of sucking fans in central suction object (CSO). There are sources of electric power in the portal power stations, in the TVC and CSO. These stations are connected and thus form a mutual backup. On top of the normal power, selected electric appliances are also powered by alternative sources (UPS). Appliances in the tunnel tube are powered from six subsidiary switching rooms, equally located in emergency niches on the right side of the tunnel tube (in direction from Levoča to Prešov). Situation in the tunnel is monitored by sensors of various physical factors, static supervision cameras as well as electric fire alarm Siemens. All information is concentrated within the central control system (CCS), which evaluates them and based on the results controls the traffic and function of the tunnel equipment. On Fig. 1 see the synoptic symbolic scheme of the own tunnel and connected objects.

#### THE TESTING PRINCIPLE

Tests using military smoke bombs were decided to be carried out in this tunnel. Such smoke is cool and therefore has no ability to imitate turbulent currents and other attributes typical for the dispersion of hot and gradually cooling smoke and gases. Nevertheless, by larger distances from the "seat of fire" the difference between the smoke and the imitation plays no real part. Military smoke bombs of two types (Fig. 2) were used for the tests :

- DCHG-2 - chemical hand grenade used as a small smokescreen by engineer corps, and
- DDŠ-5 - large-scale smoke bomb, in the past used as a smokescreen for tanks. It is worth mentioning that the DDŠ-5 smoke bombs of soviet production coming from the era of the Second World War (!) were absolutely reliable. Both types of the smoke bombs fulfilled the criteria required for fire tests :
- Size of the particles is comparable with size of smoke particles during fire,
- Temperature of smoke from the smoke bombs is low and does not endanger observers,
- The smoke is non-toxic and does not harm the environment
- The smoke activates the electric fire alarms (EFA) without damaging them,
- Density of the smoke satisfactorily imitates density of the real fire smoke,
- Partial pressure of the arising smoke is sufficient for penetration through leaks in fire dampers and for mixing with air in the tunnel tube.

Three fire tests were carried out in the tunnel, one of which was small-scale wit-



Obr. 1 Schéma tunela Branisko  
Fig. 1 Scheme of the Branisko tunnel



Obr. 2 Typy dymovnic  
Fig. 2 Types of the smoke bombs



Obr. 3 Dopravné a vetracie prepojenie  
Fig. 3 Traffic and ventilation connection

dopravu a funkciu zariadení tunela. Na obr. 1 je znázornená prehľadná symbolická schéma vlastného tunela i súvisiacich objektov.

## PRINCÍP SKÚŠOK

Pre tento tunel sa rozhodlo uskutočniť skúšky pomocou dymu z vojenských dymovnic. Tento dym je chladný, a preto nemá schopnosť imitovať turbulentné prúdenie a ďalšie vlastnosti typické pre rozptýlený horúceho a postupne sa ochladzujúceho dymu a plynov. Avšak pri väčších vzdialenostiach od „ohniska“ rozdiel medzi skutočným dymom a imitáciou nehrá podstatnejšiu úlohu. Na skúšky boli použité vojenské dymovnice dvoch typov (obr. 2):

- RCHG-2 - ručný chemický granát používaný ako malá dymová clona ženijných jednotiek a
  - DDS-5 - veľkokapacitná dymovnica používaná v minulosti ako dymová clona pre tanky. Stojí za pozornosť, že dymovnice DDS-5 sovietskej výroby pochádzajúce z obdobia II. svetovej vojny (!) pracovali úplne spoľahlivo.
- Obidva typy dymovnic spĺňali kritériá požiadaviek na požiarne skúšky:
- veľkosť častíc je rádovo porovnateľná s veľkosťou častíc dymu pri požiari,
  - teplota dymu z dymovnice je nízka a neohrozuje pozorovateľov,
  - dym je netoxický a nezneškodňuje životné prostredie,
  - dym aktivuje hlásiče elektrickej požiarnej signalizácie (EPS) bez ich poškodenia,
  - hustota dymu uspokojivo simuluje hustotu dymu reálneho požiaru,
  - parciálny tlak vznikajúceho dymu je dostatočný na prienik netesnostami v požiarňoch uzáveroch i na miešanie sa so vzduchom v tunelovej rúre.

V tuneli boli vykonané tri požiarne skúšky, z toho jedna malorozmerová v uzavretom priestore trafostanice a dve veľkorozmerové v tunelovej rúre. Cieľom skúšok bolo:

- overenie skutočnej funkcie schopnosti zariadení tunela pri požiari a
- simulácia rozptýlu spodín horenia (dymu) v priestoroch tunela.

## SKÚŠKA Č. 1

Prvá skúška sa uskutočnila v priestoroch Dopravného a vetracieho prepojenia (DVP) v miestnosti určenej na osadenie transformátora v budúcnosti. Na obr. 3 je to miestnosť s otvorenými požiarňami dverami. Pohľad je z únikovej štôlne do chodby DVP smerom k tunelovej rúre.

Skúška bola pôvodne určená pre podružnú rozvodňu v tunelovej rúre. V čase jej konania boli však už všetky podružné rozvodne plne funkčné. Základnú úlohu - čas a intenzitu prieniku dymu z miestnosti do tunela - bolo možné overiť aj v tejto náhradnej miestnosti. Náhradnou skúškou bol okrem toho overený rozptýl dymu v priestoroch únikových ciest, pretože chodba DVP je únikovou cestou. Na rozhraní medzi skúšobnou miestnosťou a chodbou DVP sú osadené požiarne dvere a požiarne klapky. Skúšobnou miestnosťou prechádza potrubie VZT, medzi požiarňami úsekmi sú na potrubí VZT osadené požiarne klapky. V skúšobnej miestnosti je nainštalovaný automatický hlásič nasávacieho systému EPS.

## PRIEBEH A VYHODNOTENIE 1. SKÚŠKY

Na tvorbu dymu boli použité 3 dymovnice RCHG-2. Dymovnice boli odpaľované postupne tak, aby vývin dymu trval cca 10 minút. Priemerná rýchlosť tvorby dymu,

hin closed area of the power station and two large-scale in the tunnel tube. The tests were aimed at :

- Verification of the actual functionality of the tunnel equipment during fire, and
- Simulation of the dispersion of fire exhausts (smoke) in the tunnel area.

## TEST NO. 1

The first test took place in area of the Traffic and ventilation connection (TVC) in a room determined for installation of a transformer in the future. On Fig. 3 see the room with opened fire door. The view leads from the exit gallery into the TVC corridor in direction towards the tunnel tube.

The test was originally intended for subsidiary switching room in the tunnel tube. But at the time of its realization all subsidiary switching rooms were already in full operation. The fundamental task – verification of time and intensity of penetration of smoke out of the room into the tunnel – could be fulfilled also from this alternative room. On top of that, an alternative test verified the dispersion of smoke in areas of the exit ways, because the TVC corridor is an exit way. Boundary between testing room and the TVC chamber is formed by installed fire door and a fire damper. Ventilation ducts pass through the testing room and they are equipped with fire dampers between the fire compartments. An automatic alarm of the suction system EFA is installed in the testing room.

## PROCEDURE AND EVALUATION OF THE TEST NO. 1

Three smoke bombs RCHG-2 were used to generate smoke. They were set off one by one so that expansion of the smoke lasted about 10 minutes. Average speed of generation of the smoke, respectively of filling the area with opaque mixture of smoke and air, was  $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  and thus was 1,9 times higher than required by the model conditions for the given fire loading of switching rooms. It was not possible to influence this speed as it was preset by the output of one smoke bomb. At the same time, results of the test could be easily corrected by a simple calculation.

The testing room was closed while tested, in other words the fire door as well as all fire dampers were closed. The status of environment in the room during the entire test was video-recorded. The test began by setting off the first smoke bomb. The smoke advanced towards ceiling of the room where it dispersed and about one and a half minute later activated the automatic alarm EFA, as a result of which a fire alarm was triggered. About at the same time a small cloud of smoke penetrated through the closed fire damper into the TVC and below ceiling of the corridor advanced towards the exit gallery, where it stopped and returned back to the TVC corridor, because the exit ways are also under normal operation ventilated by an adequate amount of air that provides the requisite overpressure compared to the tunnel tube. In the TVC corridor, the smoke was turbulently dispersed towards the tunnel tube while its concentration was decreasing rapidly. As a result of the triggered fire alarm, the preprogrammed sequence of activities of the tunnel equipment went off according to the fire scenario. From the viewpoint of safety of participants of the traffic operation, the most important thing is to prevent further entry of vehicles into the tunnel and provision of safety for those persons already in the tunnel at the time of the fire. Prohibited entry into the tunnel in form of red traffic lights in front of the tunnel was activated 1 and 40 seconds into the test.

At 3 minutes into test, the entire area of the testing room was filled with opaque





Obr. 4 Dym v DVP  
Fig. 4 Smoke in the TVC



Obr. 5 Tvorba dymu v tuneli  
Fig. 5 Generation of smoke in the tunnel

resp. zaplňania priestoru nepriehľadnou zmesou dymu a vzduchu bola  $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a bola 1,9krát väčšia, ako požadovali modelové podmienky pre dané požiarne zaťaženie elektrovozovni. Túto rýchlosť nebolo možné ovplyvniť, pretože bola daná výkonom jednej dymovnice. Výsledky skúšky boli však jednoduchým prepočtom korigované. Skúšobná miestnosť bola počas skúšky uzavretá, tzn., že zavreté boli požiarne dvere aj všetky požiarne klapky. Stav prostredia v miestnosti počas celej skúšky bol zaznamenávaný na videozáznam. Skúška začala odpálením prvej dymovnice. Dym postupoval k stropu miestnosti, kde sa rozptyľoval a asi po 1,5 minúte aktivoval automatický hlásič EPS, v dôsledku čoho bol vyhlásený požiarne poplach. Približne v tom istom čase prenikol dym v malom množstve cez zavreté požiarne klapku do DVP a pod stropom chodby smeroval k únikovej štôlni, kde sa zastavil a vracal sa späť do chodby DVP, pretože únikové cesty sú aj za normálnej prevádzky vetrané primeraným množstvom vzduchu zabezpečujúcim predpísaný pretlak oproti tunelovej rúre. V chodbe DVP sa dym turbulentne rozptyľoval smerom k tunelovej rúre a v čase 4 min 20 s dosiahol koncentráciu, ktorá aktivovala automatický hlásič EPS umiestnený v tejto chodbe.

V čase 8,5 min od začiatku skúšky pracovali ventilátory vetrania únikových ciest i ventilátory vetrania tunelovej rúry v ZVO na plný výkon, čím sa dosiahol účinný odtah dymu z chodby DVP cez požiarne-pretlakovú klapku do priestoru tunela a odtiaľ vetracím kanálom do ovzdušia. V čase 9,5 min sa uskutočnila simulácia protipožiarneho zásahu otvorením dvier skúšobnej miestnosti i vrátil na rozhraní tunelová rúra (núdzový záliv č. NZ 3) - DVP. Dym nazhromaždený v skúšobnej miestnosti zaplnil v krátkom čase celý objem trasy v DVP až k distribučným vetracím klapkám v tunelovej rúre v priestore NZ 3. Po skončení vývinu dymu v čase 10 min začala koncentrácia dymu prudko klesať a v čase 31 min od začiatku skúšky bol všetok dym z tunela odvetraný, čím sa skúška skončila. Z priebehu skúšky sa dajú vyvodiť závery pre požiar v energobloku DVP i pre požiar v podružnej rozvodni. Osobitnú pozornosť si zasluhuje čas  $t_{stop} + 5$  min, ktorý je predpokladaným časom od vyhlásenia požiarneho poplachu ( $t_{stop}$ ) po opustenie tunela posledným vozidlom pri rýchlosti  $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Tento čas sa pohybuje v rozsahu od 6 min 40 s do 7 min 30 s od vzniku požiaru.

V energobloku DVP dym v pomerne krátkom čase začína v malom množstve prenikať cez netesnosti v zavretých požiarnych dverách a požiarnej klapke do chodby DVP. Tu

smokescreen and the smoke began to penetrate through leaks in the fire door into the TVC corridor (fig. 4). In the TVC corridor it dispersed and advanced towards the tunnel tube and 4 minutes and 20 seconds into the test reached a concentration that set off the automatic alarm EFA located in this corridor.

At 8,5 minutes into the test, fans of the exit ways as well as fans of the tunnel tube in TVC worked in full capacity, which promoted a successful suction of smoke from the TVC corridor through the fire-overpressure damper into area of the tunnel and from here through the ventilation canal into the atmosphere. At 9,5 minutes, a simulation of firefighting action took place by means of opening the door of the testing room and gates at the boundary tunnel tube (emergency niche EN no. 3) - TVC. The smoke amassed in the testing room within a short time filled the entire length of the TVC to the distribution ventilation dampers in the tunnel tube in area of the EN no. 3. At 10 minutes into the test when all the smoke dispersed, its concentration began to fall rapidly and 31 minutes after the test had begun all smoke was ventilated away from the tunnel, and that concluded the test.

Conclusions for both the fire in the power block of TVC and the fire in the subsidiary switching room can be deduced from progress of the test. Special attention should be paid to the time  $t_{stop} + 5$  minutes, which is the estimated time since the fire alarm is triggered ( $t_{stop}$ ) until the last vehicle going with the speed of  $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  leaves the tunnel. This time ranges between 6 min 40 sec and 7 min 30 sec since the start of fire.

Within the power block of TVC, the smoke in small amount and relatively short time begins to penetrate through leaks in the closed fire door and fire dampers into the TVC corridor. In here, there is sufficient area for its dispersion at time  $t_{stop} + 5$  minutes. With regards to maintained overpressure compared to the tunnel tube, the smoke does not affect the exit gallery. Fans of the exit ways go off in full capacity only when the tunnel is empty, that is at time  $t_{stop} + 5$  minutes. Dangerous amount of smoke gets into the corridor and the tunnel only after opening the door. At this time, however, suction in the tunnel tube in EN no. 3 must be working in full capacity. If these rules are kept, participants of the traffic are not endangered by fire in the power block of TVC. A unit of firefighting brigade has access to the TVC either from the tunnel tube or from the exit gallery. Nonetheless, rescue units must be prepared for action in opaque and non-breathable conditions of the TVC after opening the door of the room with fire. Progress and results of the test in TVC can be extrapolated for the subsidiary switching room. Model filling with smoke of the subsidiary switching room should, according to methodology contained in the proposal prEN 1991-1-2 and NFPA 92B, take place at 5 min 40 sec since start of the fire. From that it is clear that a significant amount of smoke that penetrates through leaks in the fire door into the tunnel tube will appear at 7 min 10 sec since start of the fire (with regards to low temperature of the smoke it was not possible to simulate spuming of the gasket between the fire door wing and doorframe, which should temporarily reduce the amount of penetrating smoke). At this time, activities as a result of the triggered fire alarm are already underway. Ventilation of the tunnel tube under the regime "fire" effectively ventilates the area of the given emergency niche based on its location. The amount of smoke that penetrates through the closed fire door of the subsidiary switching room is insignificant when compared to suction capacity of the ventilation. Thus at the time of the tunnel becoming empty, suction of combustion products out of the carriageway space is reliably provided, in other words between 6 min 40 sec and 7 min 30

je dostatok priestoru na jeho rozptyl v čase  $t_{stop} + 5$  min. Vzhľadom na udržiavajúci pretlak oproti tunelovej rúre sa dym nedostane do únikovej štôlne. Ventilátory únikových ciest sa spustia na plný výkon až po vyprázdnení tunela, t.j. v čase  $t_{stop} + 5$  min. Nebezpečné množstvo dymu sa dostane do chodby a tunela až po otvorení dverí. V tomto čase však už musí pracovať odsávanie v tunelovej rúre v NZ 3 na plný výkon. Pri dodržaní týchto pravidiel nebudú účastníci cestnej premávky ohrození požiarom v energobloku DVP. Jednotka HaZZ má možnosť prístupu k DVP z tunelovej rúry alebo z únikovej štôlne. Záchranári však musia byť pripravení na zásah v nepriehľadnom a nedýchateľnom prostredí DVP po otvorení dverí miestnosti, v ktorej je požiar.

Priebeh a výsledok skúšky v DVP je možné extrapolovať na podružnú rozvodňu. Modelové zadymenie podružnej rozvodne má podľa metodík uvedených v návrhu prEN 1991-1-2 a NFPA 92B nastať v čase 5 min 40 s od vzniku požiaru. Z toho vyplýva, že významné množstvo dymu prenikajúceho cez netesnosť v požiarnej dverách do tunelovej rúry sa objaví v čase 7 min 10 s od vzniku požiaru. (Vzhľadom na nízku teplotu dymu nebolo možné modelovať napenenie pásy medzi krídlom požiarnej dverí a zárubňou, čím by sa malo množstvo prenikajúceho dymu prechodne zmenšilo). V tomto čase však už prebiehajú činnosti v dôsledku vyhlásenia požiarneho poplachu. Vetracie tunelovej rúry v režime „požiar“ podľa lokalizácie účinne odvetráva priestor príslušného núdzového zálivu. Množstvo dymu prenikajúceho cez zatvorené požiarne dvere podružnej rozvodne je zanedbateľné vzhľadom k saciemu výkonu vetrania. Týmto sa v čase potrebnom na vyprázdnenie tunela zabezpečuje spoľahlivo odťah spodín horenia mimo jazdnú dráhu vozidiel, a teda v čase od 6 min 40 s do 7 min 30 s od vzniku požiaru nebudú účastníci cestnej premávky ohrození požiarom v podružnej rozvodni.

Skúška preukázala funkčnosť automatických zariadení tunela pri vyhlásení požiarneho poplachu v energobloku DVP i možnosť dispečera ručne riadiť niektoré ďalšie činnosti (nastavenie a zapnutie vetrania tunela). Priamo bolo možné pozorovať rozptyl dymu v DVP a následne v NZ 3. Skúška preukázala, že účastníci cestnej premávky nebudú v čase  $t_{stop} + 5$  min ohrození sploďinami požiaru, pokiaľ ostanú zatvorené požiarne dvere.

## SKÚŠKA Č. 2

Táto skúška sa uskutočnila v priestore núdzového zálivu NZ 4 (vzdialenosť 2 880 m od západného portálu a 2 095 m od východného portálu) a boli pri nej použité dve veľkokapacitné dymovnice a päť malých dymovnic. Čas tvorby dymu bol 20 minút. Smer prirodzeného prúdenia vzduchu na začiatku skúšky bol zo západu na východ pri rýchlosti 1,2 m.s<sup>-1</sup>. Nútené vetranie tunelovej rúry i únikových ciest bolo vypnuté. Zariadení, ktoré sú schopné v tunelovej rúre zaznamenať požiar, je niekoľko. V prvom rade je to lineárny teplocitlivý laserový kábel EPS. Ďalej je to videodohľad, meranie zvýšenia opacity na kritickú hodnotu 15 km<sup>-1</sup> (opacita je miera optického nepriehľadnosti prostredia v oblasti viditeľného spektra). Požiar môžu tiež nepriamo zaregistrovať snímače koncentrácie oxidu uhoľnatého (CO). Vzhľadom na použitý studený dym dymovnic nepriehľadnosť od úvahy požiarnej signál ani od EPS ani od videodohľadu ani od snímačov CO. Jediným kandidátom na reálne vyhlásenie požiarneho poplachu bolo meranie opacity. V tunelovej rúre je nainštalovaných 14 snímačov opacity vo vzájomnej vzdialenosti cca 350 m.

## PRIEBEH A VYHODNOTENIE 2. SKÚŠKY

Dymovnice boli postupne odpaľované tak, aby simulovali postupné rozhorovanie požiaru a aby čas tvorby dymu bol 20 minút. Vznikajúci dym bol z miesta tvorby našaňný prirodzeným prúdom vzduchu k východnému portálu, pretože nútené vet-

sec since start of the fire are the participants of traffic not endangered by fire in the subsidiary switching room.

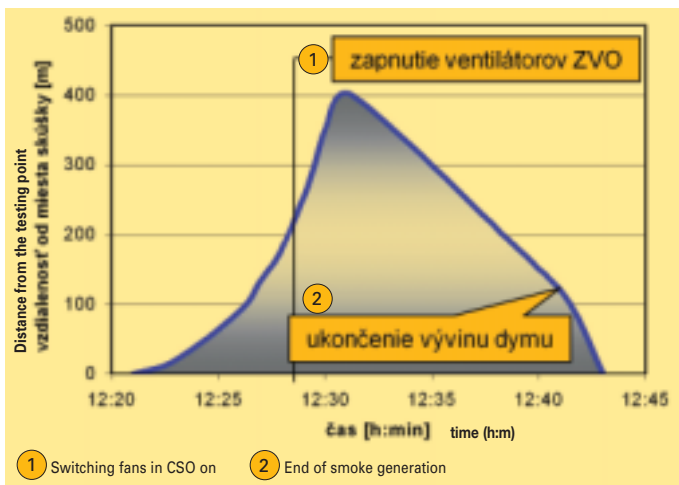
The test proved functionality of the automatic devices in the tunnel after triggering the fire alarm in the power block of TVC as well as ability of the controller to manually control some other activities (settings and switching on ventilation of the tunnel). It was directly possible to observe dispersion of the smoke in the TVC and consequently in the EN no. 3. The test also verified that participants of the traffic will not be in danger of combustion products at time  $t_{stop} + 5$  min, under the condition that the fire door remains closed.

## TEST NO. 2

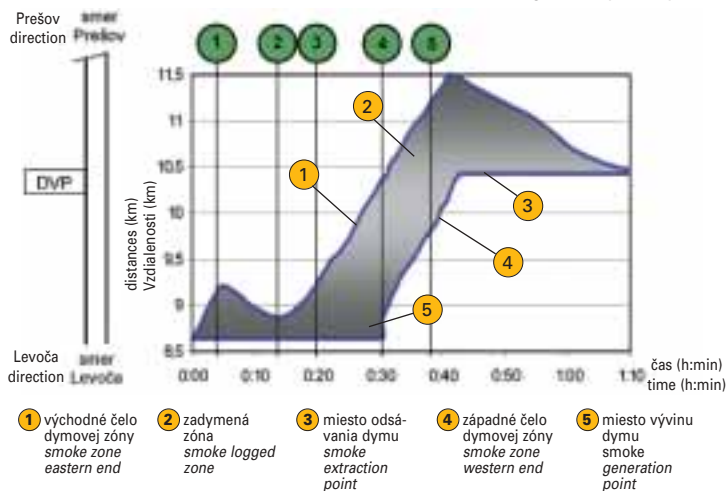
This test took place in area of the emergency niche EN no. 4 (in distance 2 880 m away from the western portal and 2 095 m away from the eastern portal) while two large-scale and five small-scale smoke bombs were used. The smoke was produced for 20 minutes. The direction of natural air current at the beginning of the test was from west to east with a speed of 1,2 m.s<sup>-1</sup>. Forced ventilation of both the tunnel tubes and the exit ways was switched off. There are several devices in the tunnel that are capable of identifying a fire in the tunnel tube. It is the linear heat-sensitive laser cable EFA in the first place. Then the video-surveillance, measurement of increased opacity to a critical value of 15 km<sup>-1</sup> (opacity is the rate of optical invisibility in an environment within a visible spectrum). Fire can be also indirectly discovered by the sensors of concentration of the carbon oxide (CO). With regards to the used cool smoke, fire signals from either EFA or video-supervision or the CO sensors was out of question. The only aspirant for actual triggering of fire alarm was the measurement of opacity. There are 14 sensors of opacity installed about every 350 m in the tunnel.

## PROCEDURE AND EVALUATION OF THE TEST NO. 1

The smoke bombs were set off one by one so that they simulated gradual expansion of fire and so that it took about 20 minutes for the smoke to be generated. From the place of generation, the arising smoke was drifted by the natural air current towards the eastern portal, as forced ventilation of the tunnel was switched off. Speed of the air current was sufficient enough for all arising smoke to be drifted in the eastward direction. Western edge of the smokescreen did not exceed boundary of the emergency niche EN no. 4 at all during the test. (Fig. 5). The test proceeded in an anticipated way. Intensity of generation of the smoke gradually rose until it reached a relatively constant value. At 5 min 20 sec into the test, the closest sensor of opacity (distance of 135 m eastward from the tested place) recorded a critical value and subsequently triggered fire alarm. Soon after that, activities of the tunnel equipment proceeded automatically according to the fire scenario - traffic lights prohibited entry into the tunnel from both sides, fire illumination was switched on, distribution ventilation valves were switched into regime "fire" (according to location of the fire and existing wind conditions) and fans in the TVC were switched on. At 8 min 20 sec into the test, or 3 min after the fire alarm was triggered, fans reached full capacity. When the fire alarm was triggered, eastern face of the smokescreen advanced in the eastward direction and kept this course until 11 min 20 sec into the test. By this time, suction by the fans already came in effect - eastern face of the smokescreen changed course to the westward direction in distance of app. 400 m from the tested place, as suction of the smoke was realized using valves opened above the tested place. Eastern face was retreating in the westward direction at a constant speed until 20 minutes into the test, when generation of the smoke ceased. After this, face of the smoke retreated with greater speed up to



Graf 1 Polohy východného čela dymovej zóny  
Chart 1 Positions of eastern face of the smoke zone



Graf 2 Pohyb okrajov dymovej zóny  
Chart 2 Movement of edges of the smoke zone

ranie tunela bolo vypnuté. Rýchlosť prúdenia vzduchu bola dostatočná na to, aby bol všetok vznikajúci dym unášaný iba východným smerom. Západný okraj dymovej zóny po celý čas skúšky nepresiahol hranicu núdzového zálivu NZ 4 (obr. 5) Skúška mala očakávaný štandardný priebeh. Intenzita tvorby dymu postupne stúpala, až dosiahla pomerne konštantnú hodnotu. V čase 5 min 20 s zaznamenal najbližší snímač opacity (vzdialenosť od miesta skúšky 135 m východne) kritickú hodnotu s následným vyhlásením požiarneho poplachu. Krátko na to sa začali automaticky vykonávať činnosti zariadení tunela podľa požiarneho scenára - semaformi bol zamedzený vjazd do tunela z oboch strán, zaplo sa požiarne osvetlenie, prestavili sa distribučné vetracie klapky do režimu požiar (podľa lokalizácie miesta požiaru a momentálnych poveternostných podmienok) a spustili sa ventilátory vetrania v ZVO. Ventilátory dosiahli plný výkon v čase 8 min 20 s od začiatku skúšky, čiže 3 min po vyhlásení požiarneho poplachu. V čase vyhlásenia požiarneho poplachu postupovalo východné čelo dymovej zóny východným smerom a tento kurz si držalo až do času 11 min 20 s. V tomto čase sa už prejavil účinný odťah ventilátorov - východné čelo dymovej zóny obrátilo kurz západným smerom vo vzdialenosti cca 400 m od miesta skúšky, pretože odťah dymu sa realizoval klapkami otvorenými nad miestom skúšky. Východné čelo ustupovalo západným smerom konštantnou rýchlosťou až do 20. minúty, kedy bola ukončená tvorba dymu. Po ukončení tvorby dymu čelo ustupovalo väčšou rýchlosťou až do úplného odvetrania tunelovej rúry v 31. minúte skúšky. Postup východného čela dymovej zóny je graficky znázornený na grafe 1.

Pretože skúšobný dym nemal vysokú teplotu, skúška interpretovaná iba rozptýlením ochladenej frakcie dymu vo väčšej vzdialenosti od ohniska požiaru. Vizúálne sa dokázalo, že už pri relatívne malej rýchlosti prúdenia vzduchu dochádza pri danej intenzite vývinu dymu k jeho prúdeniu výlučne v smere prúdenia vzduchu. Východné čelo dymovej zóny postupovalo počas vypnutých ventilátorov prakticky rovnakou rýchlosťou, ako bola rýchlosť prúdenia vzduchu. Z rýchlosti postupu čela dymovej clony pri ustálenom pohybe pri vypnutých ventilátoroch sa určila rýchlosť tvorby zmesi dym - vzduch na  $45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , ktorá je považovaná za výkon dymových generátorov. Podľa literatúry a medzinárodných odporúčaní sa predpokladá, že z plochy  $1 \text{ m}^2$  požiaru sa uvoľňuje  $0,2 - 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  splošín horenia. Tomu a výkonu generátorov zodpovedá potom plocha požiaru v rozsahu od  $22,5 \text{ m}^2$  do  $225 \text{ m}^2$ . Všetky sledované zariadenia tunela splnili predpokladané požiadavky. Vetrание dosahovalo taký výkon, že pri sústavnej tvorbe vyššie uvedeného množstva dymu zabezpečilo stabilizáciu a následné zmenšovanie dymovej zóny až po jej úplnú likvidáciu. Skúška prebiehala podľa očakávania.

### SKÚŠKA Č. 3

Táto skúška sa uskutočnila v blízkosti vstupu do únikovej chodby č. 1 vo vzdialenosti približne 360 m od okraja západného portálu a boli pri nej použité tri veľkokapacitné dymovnice, čím sa dosiahol čas tvorby dymu 30 minút. Smer prirodzeného prúdenia vzduchu na začiatku skúšky bol zo západu na východ pri rýchlosti  $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $= 9,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Nútené vetranie tunelovej rúry i únikových ciest bolo vypnuté. Systém detekcie a vyhodnotenia požiaru bol rovnaký ako v skúške č. 2.

### PRIEBEH A VYHODNOTENIE 3. SKÚŠKY

Skúška začala odpálením prvej dymovnice. Krátko pred 2. minútou od začiatku skúšky zaznamenal najbližší snímač opacity (vzdialenosť od miesta skúšky 200 m východne) kritickú hodnotu s následným vyhlásením požiarneho poplachu. Vzápätí sa začali automaticky vykonávať činnosti zariadení tunela podľa požiarneho scenára - semaformi bol zamedzený vjazd do tunela z oboch strán, zaplo sa požiarne osvetlenie, prestavili sa distribučné vetracie klapky do režimu požiar (podľa lokalizácie miesta požiaru a momentálnych poveternostných podmienok) a spustili sa ventilátory vetrania. Vznikajúci dym bol z miesta tvorby unášaný prirodzeným prúdom vzduchu k východnému portálu. Rýchlosť prúdenia vzduchu bola dostatočná na to, aby bol všetok vznikajúci

#### Legenda ku grafom 2 a 3/Legend to the charts 2 and 3

VR snímač rýchlosti a smeru prúdenia vzduchu  
VR transducer of air current speed and direction

■ smer prúdenia z → v  
air current direction W → E

■ smer prúdenia v → z  
air current direction E → W

- 1 čas/time 13:22:26 – ventilátor vo VP má výkon 97 %  
– the fan at the EP is running at 97% power
- 2 čas/time 13:32:00 – nastáva výpadok ventilátora vo VP v dôsledku tepelnej ochrany vinúť rotora elektromotora  
– the fan fails at the EP due to heat protection of the fan motor winding
- 3 čas/time 13:39:00 – v ZVO beží jeden ventilátor na čiastočný výkon, ktorý odsáva vzduch z priestoru v km 8,635  
– one fan is running at the CSO at partial power, removing air from the section at km 8.635
- 4 čas/time 13:50:00 – ukončenie tvorby dymu  
– the end of smoke generation
- 5 čas/time 13:58:00 – v ZVO bežia obidva ventilátory na výkon 100 %; otvorené sú centrálné klapky v NZ 3  
– both fans are running at the CSO at 97% power; central extraction nozzles at EN3 are open

the point of total ventilation of the tunnel tube at 31 minutes into the test. Advance of the eastern face of the smokescreen is shown graphically in Chart 1: As the testing smoke did not have a high temperature, the test simulated only the dispersion of cool fraction of the smoke in larger distance away from the fire seat. It was visually proved that already with relatively low speed of air current under a given intensity of expansion of the smoke, the smoke flows exclusively in direction of the air current.

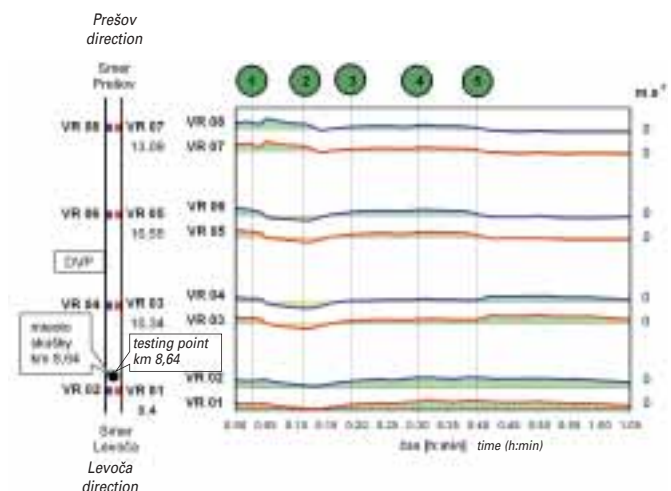
By switched off fans, eastern face of the smokescreen advanced with a practically constant speed, same as the speed of the air current. From the speed of advance of smokescreen's face by switched off fans and constant movement it was possible to determine the rate of generation of the mixture smoke-air as  $45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , which is considered to be the output of the smoke generators. According to literature and international recommendations it is estimated that an area of  $1 \text{ m}^2$  of fire renders  $0,2 - 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  of combustion products generation rate. To that and to the output of generators corresponds a fire area between  $22,5 \text{ m}^2$  and  $225 \text{ m}^2$ . All observed tunnel equipment fulfilled estimated requirements. Ventilation reached such capacity that by a constant generation of the aforementioned amount of smoke provided stabilization and subsequent reduction of the smoke zone until its total removal. The test proceeded as expected.

### TEST NO. 3

This test took place in vicinity of entry into the exit corridor no. 1 app. 360 m away from edge of the western portal while three large-scale smoke bombs were used in order to achieve generation of smoke for a time of 30 minutes. There was a natural air current from west to the east with a speed of  $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $= 9,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) at the beginning of the test. Forced ventilation of both the tunnel tubes and the exit ways was switched off. There was the identical system of detection and evaluation of fire as in the test no. 2.

### PROCEDURE AND EVALUATION OF THE TEST NO. 3

The test began by setting off the first smoke bomb. Closely before 2 minutes into the test, the nearest sensor of opacity (distance of 200 m eastward from the tested place) recorded a critical value, and subsequently triggered the fire alarm. Soon after that, activities of the tunnel equipment proceeded automatically according to the fire scenario - traffic lights prohibited entry into the tunnel from both sides, fire illumination was switched on, distribution ventilation valves were switched into regime "fire" (according to location of the fire and existing wind conditions) and fans in the TVC were switched on. The arising smoke was drifted from the place of generation by the natural air current towards to eastern portal. Speed of the air current was sufficient enough for all of the arising smoke to be drifted in the eastward direction only. Western edge of the smoke zone did not exceed border of the tested place at all during the test. During this test there was an unexpected condition, i.e. a failure of fan in the eastern portal (EP) and partially also both fans in the central suction object (CSO). The cause for switching off the fans was the heat protection of the ventilating electromotors, which automatically turns them off when the critical temperature is reached. Earlier during the day of the tests, the fans were repeatedly switched on and off which resulted in their overheating. The job of fan in the eastern portal was to force air into eastern half of the tunnel tube, which would reduce spreading of the smoke zone in the eastward direction. The job of fans in the CSO is to suck smoke



Graf 3 Rýchlosti prúdenia vzduchu  
Chart 3 Air current speeds

dym unášaný iba východným smerom. Západný okraj dymovej zóny po celý čas skúšky nepresiahol hranicu miesta skúšky.

Počas tejto skúšky došlo k neočakávanému stavu, a to k výpadku ventilátora vo východnom portáli (VP) a čiastočne obidvoch ventilátorov v združenom výdušnom objekte (ZVO). Príčinou odstavenia ventilátorov bola tepelná ochrana elektromotorov ventilátorov, ktorá ich automaticky odstavi pri dosiahnutí kritickej teploty. Ventilátory boli v deň skúšok viackrát striedavo zapínané a vypínané, čo sa prejavilo na ich prehriati. Úlohou ventilátora vo východnom portáli bolo tlačiť do východnej polovice tunelovej rúry vzduch, čím sa malo obmedziť šírenie dymovej zóny východným smerom. Úlohou ventilátorov v ZVO je odsávať dym z miesta, kde sú otvorené distribučné klapky. Kým boli ventilátory v prevádzke, rozptyl dymu prebiehal podľa predpokladov (pozri graf 2). Akonáhle došlo k poruchám, dym začal veľmi rýchlo postupovať v smere prirodzeného prúdenia vzduchu. Výpadok ventilátorov trval 26 minút. Za tento čas dosiahla dymová zóna dĺžku 2 853 m (!) a v čase najväčšej dĺžky zaberala takmer 60 % celkovej dĺžky tunela. Pre pozorovateľov nachádzajúcich sa v tuneli efektne pôsobilo východné čelo dymovej clony. Hranica medzi čistým vzduchom a dymovou zónou bola pomerne ostrá a bolo možné vidieť pohybujúcu sa nepriehladnú a zároveň nehmateľnú dymovú stenu. Táto stena sa pohybovala rýchlosťou 2,1 m.s<sup>-1</sup> východným smerom a zastavila sa vo vzdialenosti 570 m od miesta skúšky. Po minúte stagnácie sa vracala späť na západ, avšak v dôsledku výpadku ventilátorov sa zastavila a začala naberať opäť východný kurz priemernou rýchlosťou 1,7 m.s<sup>-1</sup>. Pohyb týmto smerom trval takmer 26 minút. Dym však okamžite reagoval na opätovné spustenie ventilátorov a začal smerovať k centrálnym klapkám pri DVP, ktorými bol odsávaný cez ZVO do ovzdušia. Tvorba dymu trvala 30 minút, avšak posledné zvyšky dymu opustili tunelovú rúru v čase 1 h 10 min od začiatku skúšky.

Pohyb dymovej zóny v čase i priestore je graficky znázornený v grafe 2, na ktorom vidno komplikovaný pohyb východného čela i pozície západného čela, ktoré v čase tvorby dymu zotrvaly v mieste skúšky, po skončení vývinu dymu smerovali k miestu odsávania v núdzovom zálive NZ 3 a po dosiahnutí NZ 3 ho tvoril dym prísávaný z východu. Vzdialenosti v km sú vzdialenosťami od nultého kilometra diaľničného úseku stanoveného projektom. Zaujímavé je porovnať graf 2 s grafom 3, na ktorom sú zobrazené rýchlosti a smery prúdenia vzduchu zaznamenané snímačmi prúdenia vzduchu. Ich polohy sú zobrazené na schéme vľavo od grafu.

Táto skúška o.i. ukázala, akým nebezpečným by sa stal tunel, keby zlyhalo požiarne vetranie. Rýchlosti pohybu východného čela dymovej zóny boli o niečo vyššie ako v predchádzajúcej skúške a zodpovedali ploche požiaru od 38 m<sup>2</sup> do 470 m<sup>2</sup> (pre rýchlosti od 1,7 m.s<sup>-1</sup> do 2,1 m.s<sup>-1</sup>).

## CELKOVÉ ZHODNOTENIE

Napriek tomu, že vlastnosti dymu z dymovnic nevyjadrovali viacero atribútov vlastností skutočných splođín horenia pri reálnom požiari, všetky tri popísané skúšky poskytli množstvo ojedinelých, praktických a zaujímavých informácií. V rámci prvej skúšky sa prakticky preverilo niekoľko scenárov šírenia dymu - prenikanie dymu cez zavreté požiarne dvere podružnej rozvodne do tunelovej rúry, prenikanie dymu cez zavreté požiarne uzávery z elektrickej stanice do chodby DVP a jeho pohyb v únikovej ceste, ukážka uvoľnenia sa veľkého množstva dymu otvorením požiarnych dvier (rovnako z podružnej rozvodne alebo z elektrickej stanice), ukážka prechodu veľkého množstva dymu z DVP do núdzového zálivu v tunelovej rúre otvorením požiarnych vrat DVP.

Skúšky v tunelovej rúre poskytli v mierke 1:1 takmer reálny obraz o šírení dymu tunelom pri rôznych (aj neočakávaných) situáciách. Tu je však potrebné zdôrazniť, že tieto skúšky nevytvádzajú vôbec nič o šírení neviditeľných plynných splođín horenia, hlavne o oxide uhoľnatom (CO) a uhľičitom (CO<sub>2</sub>). Fyziologické vlastnosti dymu z dymovnic umožnili vstúpiť priamo do dymovej zóny bez použitia dýchacích prístrojov, resp. ochranných masiek, pričom nehrozilo poškodenie zdravia. Účastníci skúšky vrátane záchranárov tak mali možnosť priamo vstúpiť do dymovej zóny a vyskúšať si, ako rýchlo sa dá stratiť orientácia v priestore pri nulovej viditeľnosti. Zistilo sa napr., že jednotlivé svetidlá požiarneho osvetlenia boli v hustom dyme lokalizovateľné do vzdialenosti iba niekoľko centimetrov a ich (rozptylené) svetlo do vzdialenosti menšej ako 1 m! Skúškou č. 3 sa nad rámec príprav preukázala schopnosť obsluhy operatívne zmeniť odsávanie podľa aktuálnej situácie (rozsah dymovej zóny bol taký, že efektívnejšie odsávanie sa dosiahlo otvorením centrálnych klapiek vetrania v NZ 3 vzdialenom od miesta skúšky 1800 m).

Prepočtami bolo možné pretransformovať výkon dymovnic na pravdepodobné rozsahy požiarov jednotlivých skúšok. Táto transformácia napriek svojej malej presnosti predsa len poskytla určitý obraz o vzťahu plochy požiaru k rozšíreniu a celkovému správaniu sa dymu v tunelovej rúre. Treba podotknúť, že skúška nebola vedeckým experimentom, ale bola orientačnou názornou aplikáciou dymovnic v tuneli s obmedzenými možnosťami ovplyvnenia vlastností použitého dymu. Je možné, že tento typ skúšky by sa mohol osvedčiť v budúcnosti aj v ďalších tuneloch na určenie dynamiky pohybu dymovej zóny pri rôznych aerodynamických podmienkach tunelových rúr a spôsoboch ich vetrania.

from the place of the opened distribution valves. In case the fans were operating, dispersion of smoke would proceed according to expectations (see Chart 2). As soon as the defects appeared, smoke began to very quickly move in direction of the natural air current. Failure of the fans lasted for 26 min. During this time, the smoke zone reached 2 853 m (!) of tunnel length and in times of greatest length covered almost 60 % of the entire tunnel length. For the observers in the tunnel, eastern face of the smokescreen had a formidable effect. Boundary between the clean air and smoke zone was relatively sharp while it was possible to see the moving opaque and at the same time intangible smokescreen. This smokescreen moved with a speed of 2,1 m.s<sup>-1</sup> in the eastward direction and stopped about 570 m away from the tested place. After a minute of stagnation it retreated back to the west, but as a result of the switched off fans it stopped and again took the eastward course with an average speed of 1,7 m.s<sup>-1</sup>. It was moving in this direction for about 26 minutes. The smoke immediately reacted to the fans being switched on again and began to move towards central valves near the TVC, through which it was sucked further through the CSO into the atmosphere. Generation of the smoke took 30 minutes, but the last remains of smoke left the tunnel tube at 1 hour 10 min into the test.

Movement of the smoke zone in time and space is graphically depicted on Chart 2, where we can see the complicated movement of the eastern face as well as position of the western face which at the time of smoke generation remained at the test place, after the ceased generation of smoke it moved towards the suction place in the emergency niche EN no. 3 while after reaching the EN 3 it was further formed by the smoke retreating from the east. Distances in km represent distances from the zero kilometer of the motorway section as stipulated by the design.

It is interesting to compare Charts 2 with Chart 3, which illustrates speeds and directions of air currents as recorded by the air current sensors. Their positions are depicted on a scheme left of the chart.

Among other this test proved, how dangerous the tunnel would become if the fire ventilation failed. Speeds of movement of eastern face of the smoke zone were slightly higher than in the previous test and corresponded to a fire area between 38 m<sup>2</sup> and 470 m<sup>2</sup> (for speeds between 1,7 m.s<sup>-1</sup> and 2,1 m.s<sup>-1</sup>).

## GENERAL CONCLUSIONS

Although the attributes of smoke from smoke bombs did not match more attributes of combustion products developed by a real fire, all three described tests have submitted a good deal of unique, practical as well as interesting information.

First phase of the test practically verified several scenarios of smoke spreading - penetration of smoke through the closed fire door of the subsidiary switching room into the tunnel tube, penetration of smoke through closed dampers of the power station into the TVC corridor and its movement in the exit ways, demonstration of release of a large amount of smoke by opening the fire door (regardless whether the door to the subsidiary switching room or to the power station), demonstration of transfer of a large amount of smoke from the TVC into the emergency niche in the tunnel tube by opening the fire gate of the TVC.

Tests in the tunnel tube submitted with a 1:1 ration almost a real picture of the expansion of smoke through the tunnel under different (also unexpected) conditions. However, it is necessary to emphasize here that these tests do not suggest anything about the expansion of invisible gases produced by combustion, namely the carbon oxide (CO) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

Physiological attributes of the smoke from smoke bombs allowed to enter directly into the smoke zone without the use of breathing apparatuses, or protective masks, as there was no health danger. Participants of the test including the rescue units had the ability to directly enter the smoke zone and to try out how fast can a person lose orientation in a room with zero visibility. For instance it was discovered that within heavy smoke separate lights of the fire illumination could be detected only up to distance of several centimeters while their (dispersed) light up to distance lower than 1 m!

On top of the frame of preparations, test no. 3 verified ability of the personnel to operatively change the suction according to existing conditions (extent of the smoke zone was such that more effective suction could be achieved by means of opening the central valves of ventilation in the EN no. 3 in distance 1 800 m away from the test place).

By means of calculations it was possible to transform the output of the smoke bombs to probable extents of fires in the individual tests. Despite its low accuracy, such transformation still submitted some illustration of the relation between the area of fire and its expansion as well as general behavior of smoke in the tunnel tube. It is desirable to mention that the test was not a scientific experiment, but rather an orientational illustrative application of smoke bombs in the tunnel with limited ability to influence attributes of the used smoke.

It is possible that in the future such type of tests could prove useful also in other tunnels in order to determine the dynamics of movement of the smoke zone under various aerodynamic conditions in tunnel tubes and the methods of their ventilation.

## SEIZMICKÝ MONITORING TUNELA SITINA

## SEISMIC MONITORING OF SITINA TUNNEL

Mgr. ZUZANA PAUČOVÁ, TAISEI CORPORATION

Dlhodobou prioritou hlavného mesta Slovenskej republiky, Bratislavy, je odľahčiť výrazne sa zvyšujúce dopravné zaťaženie mestského komunikačného systému. Jedným z riešení je aj výstavba diaľničných úsekov na území mesta, ku ktorým v tejto dobe patrí budovanie časti diaľnice D2 Lamačská cesta – Staré Grunty s celkovou dĺžkou 3,2 km.

Tunel Sitina, ako časť projektu diaľnice D2, patrí k tunelom budovaným v obývanej, mestskej časti. Je nielen na očiach širokej verejnosti, ale konštrukčnými prácami, ktoré na ňom prebiehajú aj viac-menej zasahuje do každodenného života obyvateľov mesta. Tomu sa síce nedá vyhnúť, avšak tieto vplyvy sa dajú korigovať a minimalizovať.

Jednou z neoddeliteľných súčastí tunelovej metódy NRTM, používanej pri budovaní tohto 1,4 km dlhého tunela, sú trhacie práce, pomocou ktorých rýchlo napreduje razienie. Jedným z nežiadúcich účinkov týchto prác sú seizmické vlny, ktoré sa šíria geologickým prostredím a pôsobia na okolité stavebné objekty.

## SEIZMICKÝ MONITORING

Cieľom seizmického monitoringu je určiť dynamické zaťaženie jestvujúcich stavebných objektov od trhacích prác pri výstavbe tunelových rúr a upresniť postup trhacích prác so zámerom predísť prípadným škodám na týchto objektoch. Vykonáva sa pred a súčasne s razením tunelových rúr a pozostáva z nasledujúcich činností:

1. Klasifikácia objektov z hľadiska seizmického zaťaženia a dovolených účinkov vibrácií
2. Realizácia skúšobných odstrelov a merania rýchlosti kmitania a vibrácií na určených objektoch a referenčných stanoviskách
3. Vyhodnotenie skúšobných odstrelov a určenie súčiniteľa prenosu energie geologickým prostredím "K" pre jednotlivé ekvivalentné hmotnosti náloží a vzdialenosti od ťažiska odstrelov. Z určeného "K" sa vypočítajú rýchlosti kmitania podložia objektov a určia sa prípustné množstvá trhavín pre jednotlivé objekty
4. Vypracovanie projektu trhacích prác (dodávateľ trhacích prác a jeho špecialista)
5. Určenie objektov pre monitoring seizmických účinkov
6. Návrh spracovania zaznamenaných dát monitorovacieho systému
7. Inštalácia monitorovacieho systému na určených objektoch
8. Odčítavanie, spracovávanie údajov, ich vyhodnotenie

## PODROBNEJŠÍ POPIS MONITORINGU

Postup činností môžeme zhrnúť do nasledujúcich kategórií:

1. Klasifikácia objektov z hľadiska seizmického zaťaženia pozostáva zo:
  - a) Zatriedenia objektov do tried významnosti podľa STN 73 0031
  - b) Zatriedenia objektov do triedy odolnosti podľa STN 73 0036
  - c) Určenia maximálnych prípustných rýchlostí kmitania pre jednotlivé objekty podľa tabuľky STN 73 0036, podľa prevádzkového hľadiska (určí užívateľ objektu) alebo podľa nariadenia vlády SR č. 40/2002 Z.z. o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami. Podľa tohto nariadenia sú najvyššie prípustné hodnoty zrýchlenia vibrácií na celé telo s trvaním najviac 10 min  $a = 4,16 \text{ m.s}^{-1}$  čo zodpovedá pri frekvenčnom spektre 5 až 50 Hz rýchlosti 832 až  $83,2 \text{ mm.s}^{-2}$ . Pre náročnú duševnú činnosť je korekčný súčiniteľ 0,1 z čoho vychádzajú rýchlosti od 83,2 po  $8,32 \text{ mm.s}^{-1}$ .
  - d) Doplnenia maximálnych prípustných rýchlostí kmitania pre jednotlivé objekty z prevádzkového hľadiska podľa údajov ich užívateľov.



Obr. 1 Diaľničný tunel v zastavenej oblasti  
Fig. 1 Highway tunnel in urban area

The long-term priority of Slovak capital city, Bratislava, is to reduce rapidly growing traffic burden of the city road system. One of the solutions is the construction of highway sections in the city area, among which the D2 Motorway Lamačská Cesta – Staré Grunty currently belongs. The total length of this project is 3.2 km.

The tunnel Sitina, as a part of the D2 Motorway project, is being executed in an urban area. It is a distinctly visible construction site for the public and it also makes some influence upon the every day's life of the people. This situation cannot be avoided, but all this influence can be corrected and minimized.

One of inseparable parts of the NATM used at the construction of this 1.4 km long tunnel are drill-and-blast operations, helping to the excavation progress. There occurs the undesirable influence of this work called seismic waves, which are spread through the geological environment and make influence to the surrounding structures.

## SEISMIC MONITORING

Seismic monitoring is directed towards the determination of dynamic loading imposed on existing buildings due to the blasting performed at construction of tunnels, and specification of blasting procedures preventing any potential damage to these structures. It will be carried out before and concurrently with the tunnel excavation, and will consist of the following activities:

1. Classification of structures in terms of seismic loading and the allowed effects of vibrations.
2. Execution of test blasting and measurement of oscillation and vibration rates in specified structures and at reference sites
3. Evaluation of test blasting and determination of an energy transfer coefficient through geological environment "K" for individual equivalent weights of blasting charges and distances from the centre of the blasting. The specified factor "K" is used for the calculation of the oscillation rates of the structure sub-grade and determination of the permissible volumes of explosives
4. Development of the blasting design (blasting contractor and their specialist)
5. Specification of structures intended for the permanent monitoring of seismic effects, design of the instrument arrangement, its interaction and the selection of instrument components
6. Proposal of software intended for the control and processing of the data recorded by the multi-channel monitoring system
7. Installation of the monitoring system on specified structures
8. Reading, processing, recording and evaluation of the data

## DETAILED DESCRIPTION

The sequence of operations can be grouped in the following categories:

1. Classification of structures in terms of their seismic loading consisting of:
  - a) Categorization of structures into importance classes according to STN 73 0031
  - b) Categorization of structures into resistance classes according to STN 73 0036
  - c) Specification of the maximum permissible oscillation rates for individual structures according to table STN 73 0036; from an operation point of view (stated by the building user) or according to the Decree of the Government of the Slovak Republic, No. 40/2002 (Coll.), on health protection against noise and vibrations. According to this Decree there are the highest allowable values of acceleration of vibrations for a body with duration less than 10 minutes



Obr. 2 Zóna vplyvu trhacích prác pri ekvivalentnej náloží 123 kg  
Fig. 2 Zone of influence of blasting at equivalent charge of 123 kg



Obr. 3 Seismický monitoring

Fig. 3 Seismic monitoring

e) Odsúhlasenia určených zatriedení a prípustných rýchlostí a frekvencií s vlastníkami, respektíve užívateľmi objektov.

Podľa článku 8.4.4. STN 73 0036 je možné vzdialenosť stavebného objektu určitej triedy odolnosti a prípustného stupňa poškodenia od miesta odstreľu približne určiť podľa vzorca

$$l = K_1 \cdot m_{ev}^{K_2}$$

Kde  $K_1$  a  $K_2$  sú koeficienty z tabuľky č. 19 STN 73 0036. Pre všetky triedy odolnosti a nulový stupeň poškodenia (najprísnejšie kritérium) a pre ekvivalentnú nálož  $m_{ev}$  do 1000 kg je  $K_1=15$  a  $K_2=0,666$ . Pre ekvivalentnú nálož 123 kg je potom vzdialenosť  $l = 322$  m. Tým pádom sa vypracuje klasifikácia všetkých objektov do tejto vzdialenosti od osi tunelových rúr.

2. Dôležitými objektmi z hľadiska významu a možnosti vplyvu účinku trhacích prác sú okrem iných aj regulačná stanica plynu na trafostanica v blízkosti južného portálu, ktoré sú zahrnuté do merania rýchlostí kmitania pri skúšobných odstreloch.

Skúšobné odstrely sa realizujú po odkopaní svahu až po zdravú horninu. V kalote tunela sa najprv odstreľí nálož s hmotnosťou cca 10 % z plánovanej hmotnosti pre samotný odstreľ kaloty (čl. 8.4.3.1 STN 73 0036) a merajú sa hodnoty rýchlostí kmitania na referenčných miestach. Ďalšie tri odstrely sa realizujú so zvyšovaním nálože až po maximálnu plánovanú veľkosť pri odstrele kaloty pokiaľ namerané hodnoty rýchlostí kmitania neprekročia dovolené.

3. V rámci vyhodnotenia skúšobných odstrelov sa pre jednotlivé veľkosti nálož a namerané rýchlosti kmitania určí "K" podľa vzorca

$$K = u \cdot (1000 \cdot l / m_{ev})$$

Späťne z určeného "K" sa vypočítajú rýchlosti kmitania a porovnajú s povolenými pre príslušné objekty. Z toho budú známe prípadné obmedzenia množstva trhavín.

4. Podľa vyhodnotenia skúšobných odstrelov a zaradenia objektov si dodávateľ trhacích prác upraví projekt trhacích prác.

5. Podľa zisteného "K" a dovolených rýchlostí kmitania na jednotlivých objektoch sa určia a s užívateľmi odsúhlasia referenčné miesta pre meranie rýchlostí a frekvencie kmitania. Spracuje sa návrh merania a vyhodnocovania meraní.

6. Nainštalujú sa meracie prístroje, budú prebiehať merania a na ich základe - v prípade nameraných hodnôt bližiacich sa pre jednotlivé objekty limitným hodnotám, sa budú späťne upravovať projekty trhacích prác.

### REALIZÁCIA SKÚŠOBNÝCH ODSTRELOV

Na základe vzdialenosti od trhacích prác a stavebného stavu objektov bolo vybraných 5 najviac ohrozených objektov od trhacích prác: obj. č. 2 Trafostanica, obj. č. 65 Súkromný dom, obj. č. 66 Súkromný dom, obj. č. 24 Chemické laboratórium SAV, obj. č. 4 Koniareň v zoo. (Obr. 2)

Na vybraných 5 objektoch bola určená trieda odolnosti objektu, geologické pomery a na ich základe maximálna dovolená rýchlosť kmitania, pri ktorej nedôjde:

- k prvým prejavom škôd,
- ku zväčšením už jestvujúcich, pričom sa prihliadne k už publikovaným prácam pre túto lokalitu.

Z výsledkov sa zostaví návrh trhacích prác a im odpovedajúca mapa izoseist, ktorá sa bude upravovať s postupom ražby. Na základe mapy izoseist sa vyberú objekty, u ktorých je predpoklad ich monitorovania, urobí sa ich začiatočná - nulová pasportizácia, na konci sa znovu pasportizujú a jednotlivé stavy sa porovnávajú. Okolo tunela, vo vybraných objektoch, sa rozmiestni 5 prístrojov, ktoré budú kontinuálne monitorovať seizmické otrasy vzniknuté trhacími prácami v tuneli. Návazne na postup prác sa tieto prístroje budú presúvať s líniou čelby na vopred odhadnuté objekty možného vplyvu konštrukčných prác.

$a = 4.16 \text{ ms}^{-2}$  which corresponds with a speed of 832 to 83.2  $\text{mms}^{-1}$  in frequency range 5 to 50 Hz. A corrective coefficient 0.1 is used for demanding intellectual work, then the speed gets to 83.2 to 8.32  $\text{mms}^{-1}$

d) Addition of maximum admissible speed of vibration for each structure from the operating point of view according to the data of their users

e) Adjustment of specified classifications and permissible rates and frequencies with the owners or users of individual structures

According to the section 8.4.4 of STN 73 0036, it is possible to approximately specify the distance of a building of a certain class of resistance and permissible level of damage, from the point of blasting, according to the formula:

$$l = K_1 \cdot m_{ev}^{K_2}$$

where  $K_1$  and  $K_2$  represent coefficients from table No. 19 of STN 73 0036.  $K_1=15$  and  $K_2=0.666F$  for all of the resistance classes and zero level of damage and for the equivalent charge  $m_{ev}$  up to 1000 kg. For an equivalent charge of 123 kg, the distance is  $l = 322\text{m}$ . Classification of all of structures found within the specified distance from the centre line of the tunnel tubes is carried subsequently.

2. Important, among other structures included in the measurement of vibration speed generated by trial blasting, is a gas regulation station and transformer station nearby the southern portal.

Trial blasting is executed after excavation of the slope and reaching hard rock. A charge of approximately 10% of the weight designed for the calotte (art. 8.4.3.1 STN 73 0036) will be blasted in the calotte of tunnel, and vibration values will be measured at reference points. Another three blasts are executed by increasing of the charge weight until the measured values of vibrations cross the allowable ones.

3. Within the evaluation of the test blasting, the "K" is determined for individual volumes of  $m_{ev}$  and measured oscillation rates according to the following formula:

$$K = u \cdot (1000 \cdot l / m_{ev})$$

In reverse, the specified factor "K" is used for the calculation of the oscillation rates and these are then compared with the permissible rates for the individual structures. This will show any potential limitations of the volume of explosives.

4. On the basis of the evaluation of the test blasting and the classification of structures, the blasting contractor develops the blasting design.

5. The reference places intended for the permanent measurement of rates and frequencies of vibration is specified and approved with the users according to the specified factor "K" and the allowed oscillation rates in individual structures. The design of measurement and evaluation of the measurements is going to be developed.

6. Measuring instruments will be installed; the measurements and the processing of the recorded data will be prepared. In the case of measured values meeting the limitatis, the blasting design will be modified.

### EXECUTION OF TRIAL BLASTING

Based on the distance from the trial blasting point and structural state of the buildings, the following five objects most endangered by the blasting were chosen: obj. No 2 Transformer station, obj. No 65 Private house, obj. No 66 Private house, obj. No 24 Chemical laboratory SAS (Slovak Academy of Sciences), obj. No 4 Horse stable in ZOO. (see Fig. 2)

For those 5 structures selected for the monitoring, the class of building resistance, geological conditions were determined, as well as maximum allowed vibration rate still preventing:

- initial signals of damage
- worsening of the existing damage, taking into account already published papers for this site

Based on the values measured during the trial blasting, a blasting design draft and corresponding map of isoseismic lines will be elaborated and later modified according to the tunnel progress. Based on the map of isoseismic lines, the buildings that need further monitoring will be selected, and zero passport certification will be elaborated. At the end of the blasting operations, a final passport certification will be elaborated, and both documents will be compared. Around the tunnel, 5 instruments will be installed in the selected buildings. These instruments will continuously moni-

## PRÍSTROJE A ICH UMIESTNENIE

Trojzložkové snímače rýchlosti kmitania budú umiestnené v súlade s STN 73 0036 na základovej konštrukcii objektu alebo v blízkosti ohrozených prístrojov. Na určených miestach musia byť splnené nasledujúce podmienky: majiteľ súhlasí s meraním oproti úhrade el. energie, na mieste bude prípojka 220 V, majiteľ umožní pravidelný zber dát a prístroj bude chránený proti poveternostným vplyvom a odcudzeniu. Prahová rýchlosť kmitania, pri ktorej vibrograf vykoná záznam je  $0,4 \text{ mm.s}^{-1}$  (pri vyššej citlivosti by bol prístroj čoskoro zahľtený meraním šumu). Na najohrozenejšom mieste je k seizmogramu pripojený modem, ktorý cez vybraný server rozošle po odstrele e-mail o výsledku merania: na stavbu, zhotoviteľovi a spoločnosti vykonávajúcej meranie. Dáta sú odoberané týždenne, odovzdávané v elektronickej podobe zhotoviteľovi a znalcovi k ďalšiemu spracovaniu. Miesta merania sa v priebehu výstavby budú meniť podľa potreby (obr. 3).

## VYHODNOCOVANIE MERANIA

Namerané dáta budú porovnávané s určenými limitnými rýchlosťami kmitania pre konkrétne stanovište a budú mesačne vyhodnocované na základe dodaných parametrov odstrelov ako sú:

- časovanie odstrelov
- záberov a vzdialeností medzi vrtní pre nálož
- veľkosti nálož na časový stupeň
- celkovej nálož
- postupov

Znalec z týchto parametrov, záznamov odstrelov, geologických pomerov a skúseností, po dohode s geológom stanoví:

- maximálnu nálož na časový stupeň a jej odpovedajúcu vrtnú schému s 95% pravdepodobnosťou, že na najbližších objektoch nebudú prekročené limitné rýchlosti kmitania
- miesta, kde následkom zhoršených geologických podmienok môže dôjsť k väčšiemu prenosu seizmickej energie - budú sem premiestnené seizmografy
- zmeny záberov, použitie spozdených (milisekundových) rozbušiek, veľkosť nálož, aby čo najviac energie výbuchu bolo využité na rozpojenie horniny, nie na seizmické účinky

Zistenie maximálnych ekvivalentných nálož na časový stupeň:

Na základe 95% pravdepodobnosti (5% je neistota a odchýlka merania) boli podľa skúšobného odstrelov z južného portálu stanovené maximálne ekvivalentné nálož na časový stupeň tak, aby neboli prekročené kritériá hraničných rýchlostí kmitania zaručujúcich vylúčenie vzniku prvých známk škôd:

- milisekundová fáza: 9 kg trhaviny pre vzdialenosť od odstrelov 125 m
- časová fáza: 15 kg trhaviny pre vzdialenosť od odstrelov 125 m
- maximálna celková nálož: 280 kg trhaviny

## ZÁVER

Aktuálny stav seizmických meraní je zachytený na obrázku 4 a mapuje závislosť rýchlosti vibrácií od množstva trhavín použitých pre časový stupeň. K dnešnému dňu sa množstvo trhavín znižovalo iba raz, pričom to nebolo z dôvodu seizmických účinkov, ale hlučností a postupne s postupom raziacich prác sa menia aj stanovištia uloženia prístrojov na meranie seizmicity. Na základe komplexného vyhodnotenia seizmického monitoringu vieme presne povedať a zhodnotiť vplyv trhacích prác na okolité objekty, korigovať množstvo trhavín a tým pomôcť udržať tieto objekty neporušené.

## POUŽITÁ LITERATÚRA:

Terraprojekt, a. s. - Seizmický monitoring, technická správa  
Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o. - Mesačná správa seizmického monitoringu a akustiky

tor seismic vibrations generated by the blasting in the tunnel. Consecutive to the progress of works these instruments will be moved along with the advancing tunnel excavation, to the buildings estimated as affected by blasting. (see Fig. 3)

## INSTRUMENTS AND THEIR LAYOUT:

Three-component sensors of oscillation rate will be deployed in accordance with STN 73 0036 at the building foundation or in vicinity of the endangered instruments. The following conditions have to be met on determined measurement sites at the selected buildings: the owner agrees with measurement against reimbursement of consumed electricity, 220 V electricity socket is available, the owner will allow regular data acquisition and the instrument will be protected against weather and theft. The threshold oscillation rate when the vibrograph takes a record will be  $0,4 \text{ mm.s}^{-1}$  (with lower sensitivity, the instrument would be soon overloaded with noise measurements). A modem will be connected to the seismograph in the most endangered place. This modem will send out an e-mail containing measurement results after the blasting to the construction site, to the contractor and to the measurement performing company. The data is downloaded weekly and handed over to the contractor and the expert in the electronic form for further processing. The measurement locations will be changed during the construction period as necessary.

## MEASUREMENT EVALUATION:

The measured data will be compared with limiting oscillation rates determined for the measurement station, and will be monthly evaluated based on the blasting parameters:

- timing of blasting
- depths and pitches of the charge holes
- blasting charge weight per delay
- total charge

Following consultation with blasting engineer and geologist, a dedicated expert will determine, from the above parameters, blasting record, geological conditions and experience:

- Maximum charge weight per delay and corresponding drilling pattern with 95% probability that limiting oscillation rates will not be exceeded at the nearest building
- Locations where higher transfer of seismic energy can take place because of deteriorated geological conditions (aquifer faults); the seismographs will be moved to these places if the danger continues
- Changes of depths, use of detonator delays, weight of charges so that as much explosion energy as possible is used for rock breaking rather than for seismic effects

Ascertainment of maximum equipollent blasting charge for delay:

Based upon 95% probability (5% is uncertainty and deviation of measurement), maximum equivalent charges from south portal were determined per delay so that the criteria of limiting oscillation rates were not exceeded, assuring prevention of development of the first signals of damage:

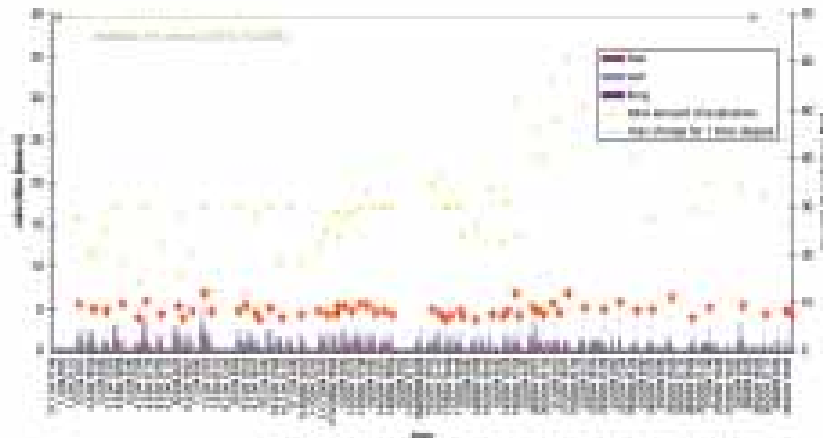
- millisecond phase: 9 kg of blasting charge for a distance of 125m from the blasting
- time phase: 15 kg of blasting charge for a distance of 125m from the blasting
- maximum total charge: 280 kg of blasting charge (Picture No 4)

## CONCLUSION

The actual state of seismic measurement is recorded in the picture No 4. It shows the dependence of the vibration speed and the amount of explosives for delay. The reduction of the explosives amount was done just once as far and the reason was not the vibration influence but noise. Changes of measurement instruments positions are carried out along with the advancing tunnel excavation. Based on the comprehensive evaluation of seismic monitoring we can exactly express and appraise the influence of blasting operations upon the surrounding structures, adjust the amount of explosives, thus to help to keep these structures undamaged.

## REFERENCES:

Terraprojekt, a. s. - Seismic monitoring, technical report  
Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o. - Monthly report of seismic monitoring and acoustic pressure



Obr. 4 Závislosť rýchlosti vibrácií od množstva trhavín (únor 2004)  
Fig. 4 Amount of explosives / velocity (February 2004)

## GEODETICKÉ MERANIA PRI VÝSTAVBE TUNELA SITINA

### SURVEY SERVICES AT THE SITINA TUNNEL CONSTRUCTION

ING. PETER FERANČÍK, BANSKÉ STAVBY, a. s., PRIEVIDZA, ING. MILAN MIKOLÁŠ, VŠB-TU OSTRAVA

#### 1. ÚVOD

Jedným z problémov v riešení dopravnej situácie diaľničného obchvatu Bratislavy je úsek, ktorý rieši prepojenie diaľnice D2 smerom na Brno. Kritickým miestom tohto úseku je križovatka na Patrónke. Z tohto dôvodu sa pristúpilo v roku 2003 k výstavbe spomenutej diaľnice D2 Lamačská cesta - Staré grunty. Jedným z najdôležitejších objektov na trase je dvojúrovňový diaľničný Tunel Sitina prechádzajúci pod areálom bratislavskej zoo.

Tunel Sitina sa skladá zo západnej tunelovej rúry v dĺžke 1 440 m, z toho razený úsek predstavuje 1 189 m a 251 m pripadá na hĺbené tunely na severnom a južnom portáli a východnej tunelovej rúry v dĺžke 1 415 m, pričom razený úsek predstavuje 1 159 m a 220 m pripadá na hĺbené tunely na severnom a južnom portáli. Geodetické merania vykonávané na tuneli Sitina môžeme rozdeliť na tri väčšie celky:

- Geodetické merania pri usmerňovaní razenia, zameriávaní skutočného stavu primárneho ostenia a reprofiliácii tunela
- Budovanie základnej a podrobnej vytyčovacej siete v tuneli
- Geotechnické merania

#### 2. GEODETICKÉ MERANIA PRI USMERŇOVANÍ RAZENIA, ZAMERIAVANÍ SKUTOČNÉHO STAVU PRIMÁRNEHO OSTENIA A REPROFILÁCII TUNELA

##### 2.1 GEODETICKÉ MERANIA PRI USMERŇOVANÍ RAZENIA

Usmerňovanie razenia je vykonávané za pomoci líniových laserov ako aj automatickým vytyčovacím laserovým systémom (AVLS), v tunelárskej branži nazývaným aj motorlaser.

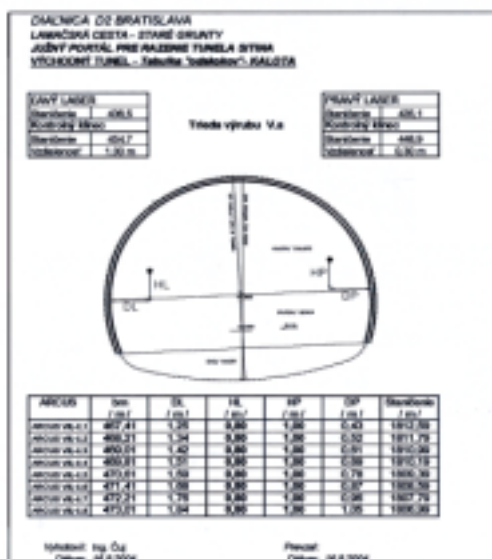
Pri usmerňovaní razenia prvým spôsobom, čiže za pomoci líniových laserov sa úspešne používa metóda diferencovania projektu tunela na tri zložky, ktoré definujú jeho tvar a umiestnenie v priestore.

Sú to tieto zložky:

- polohový priebeh osi tunela,
- výškový priebeh osi tunela,
- príslušný pričný profil tunela podľa projektu (prípadne zmena prierečného profilu).

Spomenuté tri zložky jednoznačne definujú väčšinu geometrických parametrov tunela, pretože je to líniová stavba.

S výrazným efektom je v tejto fázi používaný program pre geodetický prístroj - elektronický tachymeter - takzvaná referenčná priamka, prípadne novší produkt „Roadline“. Idea tohto programu je nasledovná: os tunela, ktorá je tvorená kontinuálnou krivkou zloženou z úsečiek, oblúkov a klotoidických prechodníc rozdelíme na rovnaké úseky (napr. 10,00 m) a nahradíme ju lomenou čiarou s vrcholmi na skutočnej osi. Ak dodržíme pri tom zásadu,



Obr. 1 Ukážka vytyčovacieho protokolu  
Fig. 1 Example of setting out record

#### 1. INTRODUCTION

One of problems encountered when solving the traffic situation of the Bratislava bypass motorway is a section solving interconnection of the motorway D2 heading towards Brno. A critical point of this section is the Na Patrónke intersection. For that reason a decision was made to start the D2 motorway section from Lamačská Cesta to Staré Grunty in 2003. One of the most important structures along the route is the twin-tube motorway tunnel SITINA, passing under the Bratislava ZOO area.

The SITINA tunnel consists of the western tunnel tube (1 440 m long, out of this length 1 189 m mined section, 251 m cut-and-cover sections at the northern and southern portal) and 1 415 m long eastern tunnel tube (1 159 m mined, 220 m cut-and-cover sections at the northern and southern portal).

Survey services provided at the SITINA tunnel construction can be divided into three major complexes:

- Survey for the excavation guidance, primary lining as-built survey, and re-profiling of the tunnel
- Establishment of basic and detailed setting out nets
- Geotechnical measurements

#### 2. SURVEY FOR THE EXCAVATION GUIDANCE, PRIMARY LINING AS-BUILT SURVEY, AND RE-PROFILING OF THE TUNNEL

##### 2.1 SURVEY FOR THE EXCAVATION GUIDANCE

The excavation guidance is conducted using line lasers or an automatic survey laser system (ASLS), called in the tunnelling branch also "motorlaser".

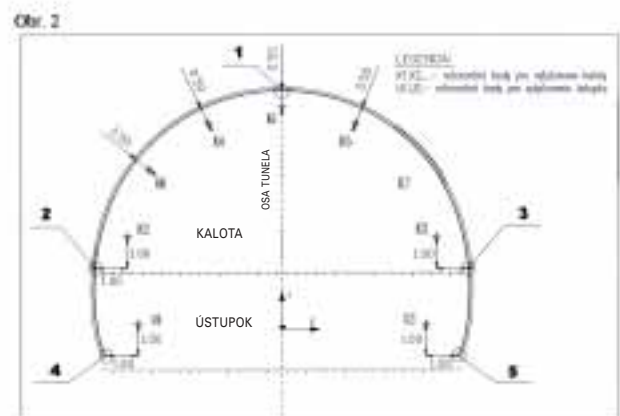
When the former guidance procedure is used, i.e. using line lasers, a method is applied successfully differentiating three components of the tunnel construction defining its geometry and position in space. These are the following components:

- horizontal path of the tunnel centre line,
- vertical path of the tunnel centre line,
- relevant tunnel cross section according to the design (or a change of the cross section).

The above-mentioned three components define unanimously most geometrical parameters of the tunnel, as a tunnel is a linear structure.

A significant effect has been achieved in this phase by application of software for the surveying instrument (electronic tachymeter), known as a "Reference line", or a newer product "Roadline". This software is based on the following idea: the tunnel centre line, which is a continual curve consisting of intercepts, curves and clothoid transition curves, is divided into equal sections (e.g. 10.00 m), and replaced by a polygonal line with points of traverse found on the actual centre line. If we adhere to a rule that the spacing of the centre line division is adjusted to correspond to the ends of the secondary lining pouring sections, the polygonal line is the real central axis of the internal lining of the tunnel to be built.

Then the break points of the line defined by co-ordinates - x, y, z can be downloaded to the computer of the surveying instrument and, subsequently, during the surveying, any two points will create a reference line that each



Obr. 2 Ukážka vytyčovacieho protokolu pri použití AVLS - motorlasera  
Fig. 2 Example of setting out record at application of ASLS - motorlaser



že vzdialenosti delenia osi odpovedajú aj koncom blokov budúceho sekundárneho ostenia, táto čiara je skutočná os vnútorného ostenia budúceho tunela.

Lomové body čiary definované súradnicami – x, y, z potom môžeme uložiť do pamäti geodetického prístroja a následne, pri meraní, ktorékoľvek dva body vytvoria uferenčnú priamku, na ktorú je transformovaný každý potrebný zameraný bod, pričom sa na displeji okamžite zobrazujú relatívne ortogonálne súradnice zameranej bodu vzhľadom k referenčnej priamke. Takýmto spôsobom je vytýčenie napríklad všetkých zaistovacích značiek ako aj konzol pre montáž usmerňovacích laserov rýchlo a jednoducho operáciou, pretože zaistovacie značky laserového lúča sú okamžite vytýčované do rovnakej výšky a potrebnej polohy vzhľadom k osi, čím odpadá neskorší výpočet výškových rozdielov od laserov do meračských protokolov.

Pri použití líniových laserov sú zoradené všetky potrebné hodnoty pre nastavenie laserového lúča a osadenie výstužného oblúka primárneho ostenia do projektovej polohy vzhľadom k laserovému lúču do prehľadného protokolu a odovzdané do prevádzky. Ukážka vytýčovacieho protokolu je na obrázku 1. Tak isto efektívne sa využíva tento program nielen pre vytýčovanie staničenia tunela, ale aj všetkých ďalších objektov v tuneli, pretože poloha každého bodu v tuneli je jednoznačne určená staničením a vzdialenosťou od tunelovej osi (pričným profilom).

Popri usmerňovaní za pomoci líniových laserov je využívaný aj automatický vytýčovací laserový systém AVLS - už spomínaný motorlaser.

Princíp merania s motorlaserom spočíva vo vytýčovaní referenčných bodov priečného profilu, ku ktorým sú vzťahované diferencie k vystužovaciemu oblúku primárneho ostenia (obr. 2). Referenčným bodom majú jednu základnú vlastnosť - majú po celej dĺžke tunela rovnakú polohu (profilové súradnice) vzhľadom k osi tunela, a vo vytýčovacom protokole sa menia len vzdialenosti od výstužného oblúka (obr. 2).

Je treba poznamenať, že s nasadením AVLS na tuneli Sitina máme od začiatku dosť problémov, predovšetkým z dôvodu neustále sa meniacej vzdialenosti medzi čelbou kaloty a stupňa. Spomenutá skutočnosť do značnej miery komplikuje efektívne nasadenie AVLS - motorlasera, pretože pri jeho umiestnení v kalote je potrebná (z dôvodu ochrany pred trhavými prácami v kalote a na stupni) dĺžka kaloty aspoň 100 m. Organizácia prác ovplyvnená zložitou geologickou pomerov si však vyžaduje častú zmenu postupu prác v kalote a na stupni a tak dĺžka kaloty neustále osciluje od 40 do 100 m. Táto skutočnosť znemožňuje nasadenie AVLS - motorlasera do kaloty, ale aj za stupne, pretože pri vzdialenosti nad 150 m (50 za stupeň) sa výrazne znižuje presnosť vytýčovaných bodov v čelbe kaloty pri jeho menej precíznom nastavení na kontrolné body.

Určité zlepšenie prinesie nasadenie druhého kompletu novej generácie AVLS - motorlasera v najbližších dňoch (v čase vyjdenia príspevku už bude nasadený). Tento je zložený z novej rady motorizovanej totálnej stanice Leica TCRM 1105 so zabudovaným diódovým laserom, ktorý má vyššiu svietivosť a tým aj dosah, a z novej generácie softwaru fy GEOID (SRN) a ovládacieho počítača umožňujúceho diaľkové ovládanie totálnej stanice za pomoci rádiového spojenia riadiaceho počítača s totálnou stanicou a „handheldom“ (ručným minipočítačom), ktorý bude mať obsluhu priamo v čelbe. Ovládací počítač je výrobkom firmy SOFA Prievidza (obr. 3).

Spomenutá zostava umožní nasadenie AVLS aj za pracovisko stupňa, a tým aj vytýčovanie na väčšie vzdialenosti z dôvodu presnejšieho nastavenia na vzdialenejšie kontrolné body. Pri tomto umiestnení bude tiež možné súčasne využívať AVLS tak pre razenie ako aj reprofiláciu tunela.

Vytýčovacie práce mierne skomplikovalo razenie vo výrubovej triede 5, tj. pod ochranným dáždnikom. Vrty ochranného dáždnika boli odvítané klasickým vrtným vozom bez funkcií automatizovaného vrtania. Naznačenie ústia vrtov na čelbu bolo aj vďaka použitiu programu „referenčná priamka“ menším problémom. Väčším problémom bolo usmerenie smeru a sklonu lafety, ktorý bol pre každý vrt rozdielny. Tento problém bol efektne vyriešený umiestnením

required surveyed point is transformed to, while relative (to the reference line) orthogonal co-ordinates of the surveyed point are displayed immediately. This method makes setting out, for instance, all witness marks or brackets for mounting the guidance lasers, a quick and simple operation. This is because the witness marks of the laser beam are immediately set out to equal height and required position with reference to the centre line. Thus a subsequent calculation of height differences in survey records becomes unnecessary.

When line lasers are used, all values needed for setting the laser beam and installation of the primary lining support arches into the designed position with reference to the laser beam are arranged in a comprehensive record and handed over to the operation. An example of a record of setting out survey is shown in Fig. 1. The same efficiency is achieved when this software is used for setting out the tunnel chainage, but also all other structures in the tunnel, because the position of any point in the tunnel is explicitly determined by chainage and the distance from the tunnel centre line (cross section).

Apart from line lasers, the guidance is also conducted using the automatic survey laser system ASLS, i.e. the above mentioned motorlaser.

The motorlaser-based setting out survey lies in setting out reference points of a cross section, with relevant determined differences related to the primary lining support arch (see Fig. 2).

The reference points have one basic property: their position (profile co-ordinates) with reference to the tunnel centre line is equal along the entire tunnel length, and only distances from the support arch vary.

It must be noted that we have had quite a lot of problems about the application of the ASLS to the SITINA tunnel excavation, mainly due to permanently changing distance between the top heading and bench excavation faces. The above-mentioned fact complicates significantly effective deployment of the ASLS, the motorlaser, because a minimum distance of 100 m is needed for its installation at the top heading (to be protected against damage due to blasting at the top heading and bench). The works organisation, however, is affected by complexity of geology, requiring frequent changes in the top heading and bench excavation procedure. As a result, the top heading advance varies from 40 to 100 m.

This fact makes the motorlaser installation at the top heading, as well as behind the bench, impossible since the precision of the setting points at the top heading is decreasing if the motorlaser is set less precisely at the control points and the distance exceeds 150m (i.e. 50m behind the bench).

Certain improvement will be achieved by application of a second set of the ASLS - a new generation motorlaser, in the nearest future (it will have been deployed at the time of this paper publication). This set consists of a new line of motorised total station Leica TCRM 1105 equipped with a built-in diode laser featuring higher light intensity, thus higher range, and a control computer allowing remote control of the total station using wireless connection of the control computer with the total station and a handheld computer used by the operator directly at the excavation face. The control computer is produced by SOFA Prievidza (see Fig. 3).

The above-mentioned set will allow application of the ASLS also behind a bench workplace, therefore also setting out up to a larger distance, thanks to more precise targeting on more distant control points. At such the position, the ASLS will be applicable both to excavation and tunnel re-profiling simultaneously.

The setting out was slightly complicated by excavation in class 5, i.e. under the protection umbrella. Drilling for the canopy was carried out using a traditional drilling set without automatic drilling function. Marking of borehole mouths on the face was not, also owing to application of the "reference line" program, so big a problem. A worse problem was adjusting the boom direction and inclination, which was different for each borehole. This problem was solved effectively by placing two line lasers next to a theoretical apex of the cone found at a point of intersection of centre lines of the protective umbrella boreholes. The line connecting the apex of the cone (the laser) with the mouth of the borehole marked on the face represented the protection umbrella line and, in the same time, the line of the drifter rod at the drill boom. Therefore, continual checking of the borehole geometry was possible.

## 2.2 SURVEY AND ASSESSMENT OF THE ACTUAL DAILY EXCAVATION ADVANCE OF THE PRIMARY LINING

Despite application of state-of-the-art techniques to setting out and guiding a tunnel excavation, a crucial role regarding preciseness of excavation and erection of primary lining belongs to the human factor. For that reason it is necessary to check the section of the tunnel being built corresponding to the day's excavation advance daily, both its position in space with reference to the designed central line, and internal geometry of the cross section (when support arches are not used above all).

In a simplified way, this could be compared to determination of horizontal and vertical deviation of the designed tunnel centre line from the actual centre line of the completed tunnel. Determination of the actually built tunnel centre line is, however, virtually impossible (support arches are buried in sprayed concrete, whose cross-section geometry is irregular; the arches may be partially deformed due to influence of more factors; ...), therefore comparison of the internal face of the primary lining of the actual profile with the designed primary lining profile is used.



Obr. 3 Komplet AVLS - motorlasera novej generácie  
Fig. 3 New-generation ASLS - motorlaser set

dvoch líniových laserov do blízkosti teoretického vrcholu kužela tvoreného priesečníkom línií vrtov ochranného dáždnika. Potom vlastne spojnicou vrcholu kužela (laser) a ústia vrtu v čelbe predstavovala líniu vrtu ochranného dáždnika a zároveň líniu vrtnej tyče lafety vrtného voza a tým umožňovala kontinuálnu kontrolu geometrie vrtu.

## 2.2 MERANIE A VYHODNOTENIE SKUTOČNÉHO VYHOTOVENIA PRIMÁRNEHO OSTENIA DENNÉHO POSTUPU RAZENIA

Aj napriek použitiu tých najmodernejších technológií pri vytyčovaní a usmerňovaní tunela, zohráva rozhodujúcu úlohu pri presnosti ražby a budovania primárneho ostenia ľudský faktor. Preto je potrebné úsek vybudovaného tunela, odpovedajúci dennému postupu razenia, denne kontrolovať, a to tak jeho umiestnenie v priestore vzhľadom k projektovanej osi, ako aj vnútornú geometriu prierečného profilu (predovšetkým v prípade ak sa nepoužívajú výstužné oblúky).

Zjednodušene by sa to dalo porovnať k určeniu horizontálnej a výškovej odchýlky projektovanej osi tunela a skutočnej osi vybudovaného tunela. Určenie osi skutočne vybudovaného tunela je však prakticky nemožné. Výstužné oblúky sú skryté v striekanom betóne, ktorý má nepravidelný tvar prierečného profilu a môžu byť vplyvom viacerých činiteľov čiastočne deformované; preto sa používa porovnanie lícnej strany primárneho ostenia skutočného profilu, vzhľadom na projektovaný profil primárneho ostenia.

Pri meraní v tuneli zameriavame spravidla 7 ~ 10 bodov na lícnej strane primárneho ostenia s pomocou špeciálneho terča umiestneného na dlhej výtyčke – kvôli dosahu, pretože výška kaloty je cca 5 m. Tak isto sa skontroluje aj primárne ostenie na ústupku – 3 bodmi na ľavej aj pravej strane tunela. Pri použití novších totálnych staníc, vybavených diaľkometerom umožňujúcim bezodrazové meranie dĺžok, odpadá použitie výtyčky a odrazového terča a zamerajú sa priamo body na líci primárneho ostenia – striekaného betónu.

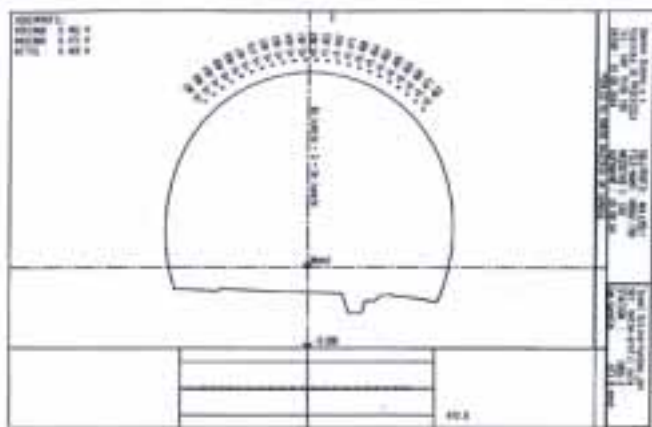
Takto zamerané body sú potom vyhodnotené v geodetickom programe Powervermessung, pričom program počíta radiálne vzdialenosti zameraných bodov od projektovaného profilu (obr. 4).

Meranie skutočného stavu denného postupu razenia je časovo najmenej náročnou časťou geodetických meraní na tuneli, nie však najmenej dôležitou, pretože je jediným výstupom informujúcim o presnosti razenia.

## 2.3 GEODETICKÉ MERANIA PRI REPROFILÁCIÍ PRIMÁRNEHO OSTENIA

Súčasne s raziacími prácami prebiehajú aj práce na reprofilácii, tj. oprave skutočného prierečného profilu tunela na profil projektovaný, resp. na profil blížiaci sa projektovanému a rešpektovaný všetkými účastníkmi stavby (objednávateľ, zhotoviteľ, projektant). Pre merania v tejto fáze sa využíva prístroj pre automatické zameriávanie bodov na lícnej strane primárneho ostenia, vybavený bezodrazovým diaľkometerom Profiler 4000 - fy AMBERG. Aj keď je tento prístroj už trochu zastaralý (predovšetkým morálne), ešte stále jeho výkonnosť a spôsob produkovaných výstupov postačuje na požadovanú dokumentáciu geometrických parametrov skutočného profilu primárneho ostenia tunela. Vo vyhodnotení je porovnaný tvar skutočného prierečného profilu tunela s projektovaným profilom a s vyhodnotením odchýliek medzi nimi. Grafický výstup je zrejмый z obr. 5.

V súčasnosti sa na presné zameriávanie tvaru projektovaného profilu tunela, a niektoré ďalšie merania, využívajú priestorové 3D scanery. Sú to zariadenia s vysokým stupňom automatizácie, efektivity práce a presnosti. Sú však cenovo veľmi náročné, predovšetkým ich súčasná kúpna cena je viac ako 3 mil. Sk. Nasadenie priestorových 3D scannerov plánujeme na ďalších tuneloch.



Obr. 4 Ukážka protokolu vyhodnotenia presnosti budovania primárneho ostenia - v prierečnom profile

Fig. 4 Example of evaluation protocol of preciseness of primary lining erection - in a cross section

For measurements in a tunnel, we usually survey 7 - 10 points on the internal face of the primary lining, using a special target installed on a long rod (for a reaching purpose, as the top heading height is about 5 m). The primary lining at the bench level is checked in the same way - 3 points on either side of the tunnel. If newer total stations are used (equipped with a distance meter allowing non-reflection measurement of distances), application of the rod and reflective target is unnecessary, and points on the face of the primary lining (shotcrete) are surveyed directly. The points surveyed in the above-mentioned way are evaluated then in a survey program Powervermessung. The program calculates radial distances of the surveyed points from the designed cross section (see Fig. 4).

In terms of time, survey of the actual geometry of a day's excavation advance is the least demanding survey performed in a tunnel, but it is not least important, because it is the single output informing on the excavation preciseness.

## 2.3 SURVEY DURING RE-PROFILING PRIMARY LINING

Concurrently with excavation operations, the work on re-profiling takes place, i.e. repair of the actual tunnel cross section so that the designed profile is achieved, or a profile is achieved close to the designed profile, respected by all parties of the project (client, contractor, designer). The measurement in this phase is carried out using an AMBERG's product, an instrument for automatic surveying points on the internal face of the primary lining, equipped by a distance meter, Profiler 4000. Although this instrument is a little bit obsolete (mainly morally), its efficiency and form of produced outputs are sufficient for the required documentation of geometrical parameters of the tunnel primary lining actual profile. The evaluation consists of a comparison of the actual tunnel cross section with the profile, and evaluation of identified deviations. A graphical output is shown in Fig. 5.

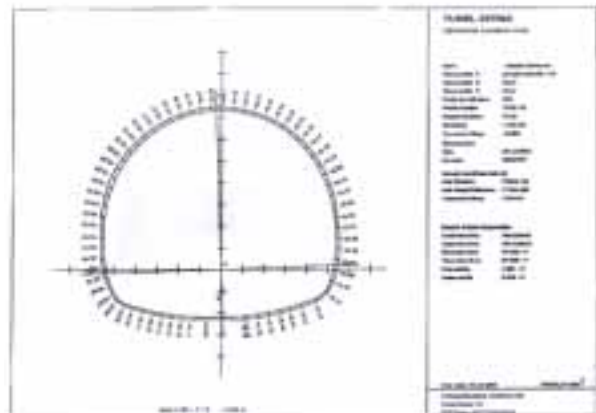
Currently there are 3D scanners used for precise survey of the geometry of the designed tunnel profile and some other measurements. These are instruments featuring a high degree of automation, work efficiency and preciseness. They are, however, highly cost-demanding. Their current price is over 3 million Sk. We are planning deployment of 3D scanners for other tunnels.

In this phase again, organisation of re-profiling work complicated our survey operations considerably. Profiles were trimmed even in several time and space horizons, therefore nearly each profile had to be surveyed twice and more times. A certain problem during the re-profiling work is transition of the detailed minor control from a not re-profiled tunnel section to a re-profiled section. We have managed to solve this issue. The transition is carried out by continual observation from a free station, from the points of the detailed tunnel setting out net used during excavation, and corrected using control traverse measurement.

## 3. ESTABLISHMENT OF BASIC AND DETAILED SETTING OUT NETS IN A TUNNEL

One of the most important factors affecting efficiency and preciseness of all measurements in a tunnel is establishment of a quality setting out net on the surface, but, above all, inside the tunnel. Survey inside a tunnel utilises basic and detailed setting out nets.

A basic setting out net (BSN) consists as a standard of points of traverse lines fixed along either side of tunnel tubes (mostly brackets used in the excavation process for mounting lasers for bench surveying). The traverse chains method combined with the net measuring of angles in one face and in rounds method is used for the traverse survey.



Obr. 5 Grafický výstup prierečného profilu primárneho ostenia tunela zameraného prístrojom Profiler 4000

Fig. 5 Graphical output of a cross section of tunnel primary lining surveyed with Profiler 4000

Opäť aj v tejto fázi nám do značnej miery komplikovala meračské práce organizácia reprofilačných prác. Profily sa opravovali až v niekoľkých časových aj priestorových horizontoch a teda skoro každý profil musel byť zameriavaný 2 a viac krát. Istým problémom pri reprofilácii je prenesenie geodetického bodového poľa podrobnej vytyčovacej siete z nereprofilovaného úseku tunela do reprofilovaného úseku. Vyriešenie tohto problému máme zvládnuté už dávnejšie a robí sa priebežným meraním z voľného stanoviska z bodov podrobnej vytyčovacej siete (PVS) tunela, využívaných pri razení a opravených z kontrolného polygónového merania.

### 3. BUDOVANIE ZÁKLADNEJ A PODROBNEJ VYTYČOVA- CEJ SIETE V TUNELI

Jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich efektívnosť a presnosť všetkých meraní v tuneli je vybudovanie kvalitnej vytyčovacej siete tunela na povrchu, predovšetkým však v tuneli. Pre meranie v tuneli sa využíva základná a podrobná vytyčovacia sieť geodetických bodov.

Základnú vytyčovaciu sieť (ZVS) tvoria štandardne body polygónových ťahov osadených po oboch stranách tunelových rúr, tvorených väčšinou konzolami používanými pri razení pre osadenie vytyčovacích laserov na ústupok. Pri polygónovom meraní sa využíva metóda polygónových reťazcov kombinovaná s metódou sieťových meraní v radoch a skupinách.

Pre väčšinu meraní sa však využíva podrobná vytyčovacia sieť (PVS), tvorená bodmi konvergenčných profilov pre geotechnické merania 3D posunov primárneho ostenia. Na tomto mieste je nutné poznamenať, že využívanie bodov konvergenčných profilov (opatrených odrazovými terčami), v kombinácii s novými metódami merania z voľného stanoviska, sa nám ukázala ako jednoznačne najefektívnejšia metóda pri meraniach v tuneloch budovaných NRTM - a to po skúsenostiach z ostatných tunelov nielen u nás, ale aj v zahraničí. Táto metóda má niekoľko výhod:

- rýchle určenie polohy a orientácie stanoviska prístroja,
- možnosť voľby polohy stanoviska prakticky kdekoľvek v tuneli,
- rýchle a jednoduché vylúčenie bodu s nesprávnou polohou z výpočtov, pretože je súčasne meraný veľký počet bodov a tým je k dispozícii veľký počet nadbytočných meraní, takže prípadné chybné meranie je nahradené správnym meraním na iný bod,
- veľmi dobrá korektúra drobných zmien polohy bodov PVS z dôvodu výpočtu polohy a orientácie voľného stanoviska až z desiatich bodov,
- nemožnosť zavedenia hrubej chyby do merania,
- minimálna údržba siete, ako aj malá pravdepodobnosť zmeny polohy jej pevných bodov.

Pri voľbe vhodnej geometrie každého voľného stanoviska denných meraní a priemerných deformácií primárneho ostenia je možné touto metódou budovať podrobnú vytyčovaciu sieť tunela a usmerňovať razenie až na vzdialenosť 300 - 400 m bez potreby korektúry podrobnej vytyčovacej siete tunela z presného polygónového merania, pričom absolútne priechne odchýlky ani v tých najkritickejších podmienkach neprekračujúce hodnotu 2 cm, čo v dostatočnej miere postačuje na všetky vykonávané merania v tuneli.

Na tuneli Sitina pri razení od južného portálu vo východnej aj západnej tunelovej rúre dosahovali rozdiely po premeraní polohy bodov PVS presným polygónovým meraním v polohe bodov hodnoty max. do:

- 16 mm - priečna odchýlka
- 6 mm - výšková odchýlka
- 6 mm - dĺžková odchýlka (v staničení)

Tieto hodnoty boli vyznačené prakticky po celej dĺžke prvých 350 m tunelov a do značnej miery boli ovplyvnené neskoršími korektúrami ZVS na južnom portáli tunela Sitina.

Merania vykonávané spôsobom z voľného stanoviska až do vyrazenia cca 350 m v každej tunelovej rúre boli do značnej miery podmienené aj konfiguráciou terénu, postupu výkopových prác na južnom portáli (JP) a nevhodnej geometrie bodov ZVS (nebola priama viditeľnosť do tunela z bodov ZVS). Naviac sa zopakoval problém z každej tunelovej stavby, keď aj veľmi dobrá základná vytyčovacia sieť tunela býva znehodnotená pribúdajúcimi objektami zariadenia staveniska (ZS), čím je znemožnená viditeľnosť medzi nimi. Aj na JP sa situácia zopakovala - najskôr nebola možná priama viditeľnosť z bodov ZVS (s nútenou centráciou) do tunela z dôvodu už spomenutých terénnych prác a po ich ukončení z dôvodu vybudovania množstva objektov ZS. Až v júli 2004 bol vybudovaný nový geodetický bod, z ktorého bolo vidieť na všetky body ZVS a aj do oboch tunelových rúr. Aj z tohto dôvodu sa vykonalo presné kontrolné polygónové meranie až po vyrazení cca 350 m oboch tunelových rúr.

Merania pri budovaní PVS sú vyhodnocované v programe firmy GEOID-Powervermessung. Polygónové merania ZVS tunela na povrchu aj v tuneli sú vyhodnocované tiež v programe Powervermessung a v spolupráci s Geodetickou kanceláriou Angermeier Praha, ako aj s Inštitútom banského meračstva Vysoké školy banskej v Ostrave.

Výškové merania sa vykonávajú presným nivelačným prístrojom Leica NA 3003 len pri kontrolných polygónových meraniach a sú z nich opravované výšky polygónových bodov kontrolného polygónového ťahu. Pre všetky ostatné merania sa používajú výšky z trigonometrického merania z voľných stanovísk.

Although, a detailed setting out net (DSN) consisting of points of convergence profiles (used for geotechnical measurements of 3D displacements of primary lining) is used for most measurements. It must be noted at this place that utilisation of the points of convergence profiles (retro-reflective targets), combined with application of the observation from a free station method, proved the most effective method for measurements in tunnels built using the NATM (experience gained not by us only, but also abroad). This method is advantageous for several reasons:

- prompt determination of the instrument station position and orientation,
- possibility to choose the position of the station virtually anywhere inside the tunnel,
- quick and simple exclusion of a point with incorrect position from the calculation because a large number of points is measured concurrently, therefore a large number of excessive measurements is available, therefore a contingent erroneous measurement is replaced by correct reading,
- very good correction of minor changes in the position of DSN points due to the calculation of the position and orientation of the free station based on up to ten points,
- impossibility to introduce a major error into the measurement,
- minimum maintenance of the net, as well as low probability of a change in the position of its datum points

If a proper geometry of each free station for daily measurements is chosen, and values of deformations of the primary lining are average, this method can be used for establishment of a detailed setting out net of a tunnel, and guide the excavation up to a distance of 300 - 500 m without any need for correction of the detailed setting out net using the precise traverse survey, while absolute lateral deviations do not exceed a value of 2 cm even in the most critical conditions, which is sufficient for all measurements carried out inside the tunnel.

Regarding the Sitina tunnel, at the excavation from the southern portal in both the eastern and western tunnel tube, the differences in positions determined after checking of the DSN points by a precise traverse survey reached the following maximum values:

- 16 mm - lateral deviation
- 6 mm - vertical deviation
- 6 mm - error of length (in chainage)

The above values were recorded virtually along the entire length of the initial 350 m of the tunnel tubes; they were affected to a significant extent by subsequent corrections of the BSN at the southern portal of the Sitina tunnel.

The measurements carried out using the free station method until about 350 m of either tunnel tube were excavated were to a significant extent affected by terrain configuration, advancing excavation at the southern portal (SP) and improper geometry of the BSN points (no unobstructed line of sight from the BSN points into the tunnel available). In addition, a problem encountered on every tunnelling site repeated, i.e. any very good basic setting out net of a tunnel is usually compromised due to erection of new structures of site facilities, thus lines of sight between them are obstructed. This situation repeated at the SP - later the unobstructed line of sight from the BSN points (with forced centring) into the tunnel was impossible due to the above-mentioned terrain treatment and, after its completion, due to erection of many site facility structures. It was not before July 2004 when a new survey control point was built up from which all the BSN points and interior of both tunnels were clearly visible. Also for this reason a precise control traversing was not conducted before completion of excavation of about 350 m of both tunnel tubes.

Measurements in the course of establishing the DSN are evaluated using the GEOID-Powervermessung program. Traverse measurements of the tunnel BSN on the surface and inside the tunnel are also evaluated using the GEOID-Powervermessung program, and in collaboration with Geodetická kancelář Angermeier Praha, and the Institute of Mine Surveying of the Mining University in Ostrava. Altimetry is carried out using a precise levelling machine Leica NA 3003 in case of control traversing, and altitudes of traverse points of the control traverse are corrected to the altimetry basis. Altitudes obtained by trigonometric survey from free stations are used for all other measurements.

### 4. GEOTECHNICAL MEASUREMENTS

The following geotechnical measurements are carried out by the survey and geology group of Banské stavby, a.s.:

- Measurement of 3D displacement (deformations) of primary lining inside the tunnel
- Measurement of 3D displacement of portal walls
- Measurement of vertical displacement of designed levelling profiles at the surface
- Strain gauge and extensometer measurements inside the tunnel

The former 3 types of geotechnical measurements are performed independently, by the survey group of Banské stavby, a. s. The latter measurement is carried out in co-operation with GEOEXPERTS Žilina, s. r. o., which is also a professional guarantor of the work. Final geotechnical evaluation is performed by Terraprojekt, a. s., Bratislava, in collaboration with surveyors and geologists of Banské stavby, a. s.

#### 4. GEOTECHNICKÉ MERANIA

Z geotechnických meraní sú vykonávané geodetickou a geologickou skupinou Banských stavieb tieto merania:

- Merania 3D posunov (deformácií) primárneho ostenia v tuneli
- Merania 3D posunov portálových stien
- Meranie vertikálnych posunov projektovaných nivelačných profilov na povrchu
- Tenzometrické a extenzometrické merania v tuneli

Prvé 3 druhy geotechnických meraní vykonávame samostatne - geodetickou skupinou Banských stavieb. Posledne spomenuté merania vykonávame v spolupráci s firmou GEOEXPERTS Žilina s. r. o, ktorá je aj odborným garantom vykonávaných prác. Záverečné geotechnické vyhodnotenia vykonáva firma Terraprojekt, a. s. Bratislava, v spolupráci s geodetmi a geológmi Banských stavieb.

#### 4.1 GEOTECHNICKÉ MERANIA 3D DEFORMÁCIÍ PRIMÁRNEHO OSTENIA V TUNELI

Geotechnické merania 3D deformácií primárneho ostenia v tuneli sú vykonávané meraním z voľného stanoviska presným prístrojom Leica TC 1800 s uhlovou presnosťou 1", a dĺžkovou presnosťou 1 mm + 2 ppm, pričom ako body pevné (resp. body PVS tunela) sú využívané fixné body konvergenčných (KVG) profilov, tj. body umiestnené v dostatočnej vzdialenosti od čelby stupňa, kde je už doznatá deformácia primárneho ostenia. Spôsob merania bol podrobnejšie opísaný v kapitole 3. Tu treba uviesť, že na rozdiel od všetkých tunelov u nás aj v zahraničí, kde Banské stavby vykonávali geodetické (geotechnické) merania, sa zmenila organizácia aj početnosť meraní jednotlivých KVG profilov. Doteraz bolo zvykom, že KVG profil sa meral od jeho osadenia denne až prakticky do dozenia deformácií na tomto profile. Pri geotechnických meraniach na tuneli Sitina sa pristúpilo k modelu tzv. 6 meraní na profile, a to 1., 2., 3., 5., 7. a 14. deň po osadení profilu v kalote. Tento cyklus meraní sa samozrejme zopakoval pri razení stupňa, pričom bol profil doplnený ďalšími dvoma bodmi na stupni. Ďalšie merania na profile sa vykonávajú 1x mesačne až do dozenia konvergencií na profile. Aj keby takáto početnosť meraní mala priniesť geodetom úľavu, skôr je to naopak.

Prvou nevýhodou takéhoto počtu meraní je dosť komplikovaná organizácia práce, keďže sa súčasne meria napr. aj 8 profilov a nasledujúci deň povedzme len jeden. Zorganizovanie takéhoto počtu meraní vo viacerých tunelových rúrach, popri prípade v priečnych prerážkach medzi tunelmi, si vyžaduje doslova kalendár geotechnických meraní. Druhou nevýhodou je stanovenie okamihu dozenia deformácie. Keďže sa tieto body využívajú aj ako body PVS tunela, je potrebné s určitou istotou tento okamih stanoviť - čiže preradiť pohybujúce sa konvergenčné body medzi fixné body PVS. Z tohoto dôvodu sa stáva, že skutočný počet meraní býva oveľa väčší a časový plán meraní sa vzťahuje viac menej len na expedíciu grafických výstupov (obr. 6).

Vyhodnotenie meraní sa vykonáva v programoch Powervermessung a ARG TECH firmy GEOID (SRN). Určitým rozdielom pri priebežnom expedovaní grafických výstupov priebehu deformácií je požiadavka vyššieho dodávateľa stavby - firmy TAISEI (Japonsko) len na 3 grafické výstupy zložiek 3D deformácií:

- konvergenca medzi bodmi profilu,
- sadania celého profilu,
- vektorový diagram.

Príklad grafického vyhodnotenia je na obrázkoch 7, 8, 9.

#### 4.2 MERANIE 3D POSUNOV PORTÁLOVÝCH STIEN

Dôležitým faktorom pri budovaní portálových stien bolo aj sledovanie ich stability počas výstavby a po nej až do úplného dozenia deformácií. Na JP tunela Sitina bolo osadených 11 bodov osadených odrazovými terčami a na



Obr. 6 Meranie 3D deformácií primárneho ostenia tunela a vytýčovanie prerážky UC-5 medzi tunelmi

Fig. 6 3D measurement of deformations of tunnel primary lining, and setting out breakthrough of UC-5 between tunnels

#### 4.1 GEOTECHNICAL MEASUREMENTS OF 3D DEFORMATIONS OF THE PRIMARY LINING INSIDE THE TUNNEL

Geotechnical measurements of 3D deformations of the primary lining are carried out inside the tunnel by the observation from a free station method, using a precise instrument Leica TC 1800 (angular accuracy 1", distance accuracy 1 mm + 2 ppm), while points of convergence (CVG) profiles are used as fixed points (or DSN points of the tunnel). Those points are located at a sufficient distance from the bench excavation face, where the primary lining deformation process has already faded away. The measurement procedure has been described in section 2. It must be noted at this moment that, as opposed to all tunnels in our country and abroad where employees of Banské stavby, a. s. carried out the surveys (geotechnical measurements), the organisation and frequency of measurement of individual CVG profiles changed. It has been a custom till now to carry out a daily survey in order to assess deformation to the given CVG profile from its installation until the deformation of the profile virtually faded away.

Regarding geotechnical measurements on the Sitina tunnel, a model of so called 6 measurements on one profile, namely on the 1st, 2nd, 3rd, 5th, 7th and 14th day after installation of the profile at top heading. This measurement cycle was repeated at the bench excavation, with other two points added to the profile at the bench. Other measurements on the profile are carried out once in a month, until the convergence process at the profile fades away. Despite expectation that such the frequency of measurement should become a relief for surveyors, reality is rather the opposite.

The first disadvantage of this number of measurements is considerably complicated organisation of the work, because, for instance, 8 profiles are surveyed simultaneously one day, and only one profile only the next day. We literally have to have a survey operations schedule if we want to organise such a number of measurements in several tunnel tubes, or in cross passages between the tunnels.

Another disadvantage is determination of the moment of the deformation fading away. Because those points are also utilised as the tunnel DSN points, this moment must be determined with a certainty so that the moving convergence points can be changed into fixed DSN points. For that reason it happens that the real number of measurements is much higher, and the measurement schedule refers more or less to expedition of graphical outputs only. Fig. 6

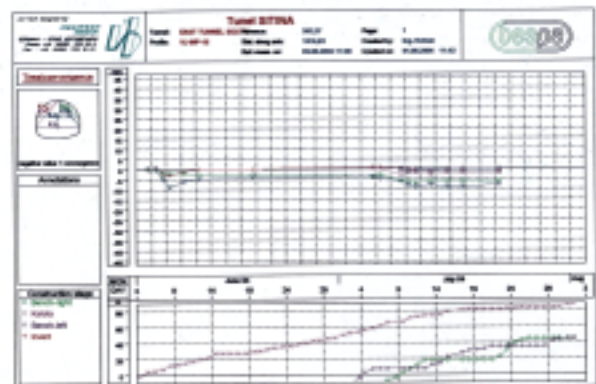
Evaluation of the measurements is conducted using the software Powervermessung and ARG TECH of the GEOID company (the FRG). A certain difference in continual expedition of graphical outputs on the course of developing deformations is a principal contractor's (TAISEI, Japan) requirement for only 3 graphical outputs on 3D deformations:

- convergences between the profile points
- subsidence of the entire profile
- vector diagram

An example of the graphical evaluation is shown in Fig. 7, 8, 9.

#### 4.2 MEASUREMENT OF 3D DISPLACEMENT OF PORTAL WALLS

Also monitoring of stability in the course of the construction and afterwards, until the deformations fade away, is an important factor in construction of portal walls. There were 11 and 5 points provided with retro-reflective targets at the SP and the northern portal (NP) of the Sitina tunnel respectively. Frequency of measurements at the portals was 1x in a week in the course of the construction operations; once the construction had been finished and the excavation faces in the tunnel tubes had shifted away, 1x in a month or at a request by the designer.



Obr. 7 Grafický výstup zložky „konvergenca“ z merania 3D deformácií primárneho ostenia tunela Sitina

Fig. 7 Graphical output of the "convergence" component from 3D measurement of primary lining deformations of in the Sitina tunnel

severnom portáli (SP) to bolo 5 bodov. Početnosť meraní bola počas stavebných prác na portáloch 1x týždenne, po ukončení výstavby a vzdialení sa čelby razenia v tuneloch 1x mesačne, alebo na vyzhľadanie projektanta.

Pre meranie sa používala totálna stanica Leica TC 1800 a metóda voľného stanoviska, pričom ako pevné body sa použili body ZVS tunela na JP č. 1000, 1998, 2066. Dosahovaná presnosť merania bola  $\leq 2$  mm.

Pre merania na SP boli použité body ZVS č. 1002 a 1003, ktoré boli hneď na začiatku doplnené o body č. 8000 - 8006 z dôvodu nevyhovujúcej geometrie bodov ZVS. Početnosť meraní je podobná ako na JP. Za zmienku stojí doplnenie 5 konvergenčných portálových bodov o bod osadený na ústí jediného inklinometra osadeného medzi tunelovými rúrami na SP. Vyhodnotenia sa vykonávajú podobne ako na južnom portáli.

#### 4.3 MERANIE VÝŠKOVÝCH POSUNOV NIVELAČNÝCH PROFILOV NA POVRCHU

Kedže západná aj východná tunelová rúra na Sitine prechádza miestami v premenlivých geologických pomeroch, poruchovými zónami a s premenlivou výškou nadložia, boli v miestach predpokladaných geologických porúch naprojektované extenzometrické a tenzometrické profily v tuneli a presne vo vertikálnom priemete boli na povrchu osadené aj dva priečne nivelačné profily na povrchu v staničení 1,5129 km východnej tunelovej rúry (VTR) a 1,6162 km VTR, pričom každý prechádza ponad obidve tunelové rúry. Jeden nivelačný profil je osadený v tesnej blízkosti severného portálu v staničení 1,1300 km VTR a pozostáva z 5 bodov. Profil v staničení 1,5129 je osadený 9 a profil v staničení 1,6162 10 bodmi. Na profile v blízkosti severného portálu prebiehajú v súčasnosti merania 1x za 3 dni z dôvodu raziacej práce v jeho tesnej blízkosti. Na ostatných dvoch profiloch bolo vykonané len základné meranie, ďalšie merania začnú až po priblížení sa čelieb v tunelových rúrach na vzdialenosť určenú projektom. Profily v staničení 1,5129 a v staničení 1,1300 sú merané presnou nivelačnou digitálnym nivelačným prístrojom Leica Na 3003. Profil v staničení 1,6162 bude pravdepodobne meraný presným trigonometrickým meraním z dôvodu jeho umiestnenia v zložitom členitom lesnom teréne.

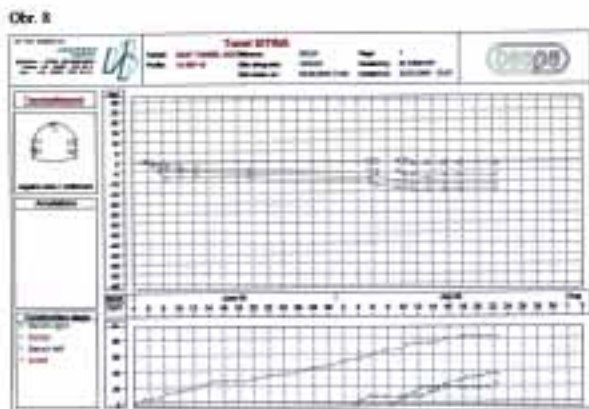
Vyhodnotenie zvislých posunov sa uvádza formou tabuľky, vyjadrením hodnôt poklesov medzi poslednými dvoma meraniami a hodnotou celkového poklesu tj. medzi prvým a posledným meraním. Presnosť meraní je  $\leq 1$  mm.

## 5. ZÁVER

Geodetické merania na tuneli Sitina z dôvodu zložitých geologických podmienok, komplikovanosti organizácie práce, súbehu prakticky všetkých stavebných fáz vykonávaných pri budovaní diaľničného tunela a v neposlednej miere aj práce s nevyrovnanými súradnicami bodov vytyčovacej siete v tuneli si vyžadujú precíziu a dobre organizovanú prácu geodetickej skupiny. Pri meraniach na tuneli Sitina boli využité skúsenosti z geodetických prác, ktoré získali Banské stavby na tuneloch v Slovinsku, ale aj na našom prvom diaľničnom tuneli Branisko. Kombinácia skúsených geodétov, kvalitného prístrojového a programového vybavenia a dobre zladenej organizácie geodetických meraní s prácou tunelárskych kolektívov vytvára jeden z dôležitých predpokladov pre úspešné zvládnutie výstavby tunela Sitina.

#### POUŽITÁ LITERATÚRA:

- [1.] Hlaváček P.: Moderní způsob měření konvergenčí při ražbě Tunela Mrázovka. Časopis Tunel, č. 1/2002
- [2.] BITTER - Tunely, Cestné a železničné tunely, Projekt dištančného vzdelávania - Geodetické práce pri výstavbe tunelov
- [3.] Hlaváček P.: Geodezie doprovádzajú výstavbu tunelů NRTM. Sborník příspěvků - Mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2003



Obr. 8 Grafický výstup zložky „sadania“ z merania 3D deformácií primárneho ostenia tunela Sitina

Fig. 8 Graphical output of the "subsidence" component from 3D measurement of primary lining deformations of in the Sitina tunnel

The survey was carried out using a total station Leica TC 1800, and the observation from a free station method, while the tunnel BSN points # 1000, 1998 and 2066 were used at the SP. The measurement accuracy reached  $\leq 2$  mm.

BSN points # 1002 and 1003 were used for measurements at the NP. The points # 8000 - 8006 were added from the beginning due to unsatisfactory geometry of the BSN. Frequency of the measurement is similar to that at the SP. Worth mentioning is complementing of 5 portal convergence points by adding one point fixed at the mouth of the single inclinometer between the two tunnel tubes at the NP. Evaluation is carried out similarly to that at the southern portal.

#### 4.3 MEASUREMENT OF VERTICAL DISPLACEMENT OF LEVELLING PROFILES AT THE SURFACE

As both the western and eastern tunnel tube of the Sitina tunnel pass through locations with varying geological properties, weakness zones and varying depth of cover, the design required extensometers and strain gauges installed at profiles inside the tunnel. In addition, two lateral levelling profiles were established on the surface, at chainage 1.5129 km of the eastern tunnel tube (ETT) and 1.6162 km of the ETT, while each of them passes above both tunnel tubes. One levelling profile was established in the close vicinity of the northern portal, at chainage 1.1300 km of the ETT. It consists of 5 points. The profiles at chainage 1.5129 km and 1.6162 km contain 9 and 10 points respectively. Due to excavation operations in the immediate vicinity of the northern portal, the profile close to this specific area is currently surveyed once every three days. Only basic measurements were conducted on the other two profiles, the other measurements will commence after arrival of the excavation faces in both tubes at a distance required by the design. The profiles at chainage 1.5129 and 1.1300 are measured by precise levelling, using digital levelling machine Leica Na 3003. Because of its position in complicated dissected forest terrain, the profile at chainage 1.6162 will be probably measured by precise traversing.

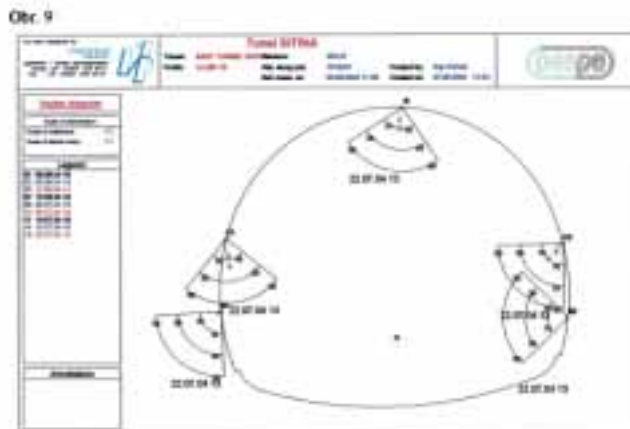
Evaluation of vertical displacement is presented in a tabular form, by expressing values of the difference between the last two subsidence measurements, and the value of the aggregated subsidence, i.e. the difference between the first and last measurement. Accuracy of the measurement is  $\leq 1$  mm.

## 5. CONCLUSION

Survey operations at the Sitina tunnel, because of complex geological conditions, complicated character of the work organisation, confluence of virtually all construction phases existing at a motorway tunnel construction, and, at last but not least, also utilisation of unadjusted co-ordinates of the points of the setting out net in the tunnel, require precise and well organised work of the surveying team. Experience gained by Banské stavby, a. s. from surveying for tunnels in Slovenia or our first motorway tunnel BRANISKO was also exploited in the SITINA tunnel survey. The combination of experienced surveyors, quality instruments and software, and the organisation of survey operations brought well into harmony with the work of tunnelling teams, has created one of the most important conditions for successful coping with the SITINA tunnel construction.

#### REFERENCES:

- [1.] Hlaváček P.: Advanced system of convergence measurement in the excavation of the Mrázovka tunnel, Tunel magazine 1/2002
- [2.] BITTER - Tunely, Cestné a železničné tunely, Projekt dištančného vzdelávania - Geodetické práce pri výstavbe tunelov
- [3.] Hlaváček P.: Geodezie doprovádzajú výstavbu tunelů NRTM. Proceedings of the International conference Underground Construction Praha 2003



Obr. 9 Grafický výstup „vektorový diagram“ z merania 3D deformácií primárneho ostenia tunela Sitina

Fig. 9 Graphical output "vector diagram" from 3D measurement of primary lining deformations in the Sitina tunnel

## GEOTECHNICKÝ MONITORING A TECHNICKÝ DOZOR PŘI VÝSTAVBĚ ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ

### GEOTECHNICAL MONITORING AND TECHNICAL SUPERVISION OF RAILWAY TUNNELS CONSTRUCTION

ING. BOHUSLAV STEČÍNSKÝ, ČESKÉ DRÁHY, a. s., ING. VÁCLAV VESELÝ, SG-GEOTECHNIKA, a. s.

#### ÚVOD

Novodobá historie výstavby železničních tunelů ve střední Evropě je nepochybně spjatá s NRTM, at už je tak tato technologie přímo nazývána, nebo je její název v té které zemi různě modifikován. Doplněno o některé minoritní technologie jedná se tedy většinou o ražbu s použitím strojního nebo trhavinového rozpojování, zajištění výrubu nejdříve primárním a následně sekundárním ostěním, obvykle s mezilehlou izolací. Vždy tak lze hovořit o observační metodě, při níž zásadní roli jak z hlediska prognózy, tak z hlediska zpětné kontroly hraje geotechnický monitoring. Do obchodního vztahu zadavatel (investor) - zhotovitel se tak dostává další, v zhotoviteli nezávislý subjekt provádějící geotechnický monitoring. Zároveň je samozřejmostí, že investor uplatňuje své zájmy při výstavbě, v rámci smluvních vztahů, prostřednictvím technického dozoru. O systému provádění geotechnického monitoringu a technického dozoru investora (TDI) na stavbách tunelů železniční infrastruktury v České republice pojednává dále tento článek.

#### MODERNIZACE ŽELEZNIČNÍCH KORIDORŮ

Výstavba nových železničních tunelů u nás je spjata především s modernizací a optimalizací tranzitních železničních koridorů, jejichž stav na počátku 90. let minulého století si vyžádal rozsáhlou rekonstrukci. Ta byla způsobena jednak nevyhovující kvalitou železničního svršku a spodku, a pochopitelně také snahou dosáhnout vyšších provozních rychlostí. Požadavky na nové návrhové rychlosti si v některých úsecích vynutily změnu směrůvých a sklonových poměrů tras a na některých místech i vedení trasy v tunelech.

#### NOVÉ TUNELY NA TRATÍCH ŽELEZNIČNÍCH KORIDORŮ

Vzhledem k reliéfu krajiny České republiky jsou tunely nedílnou součástí tratí železniční infrastruktury. Ještě před započetím prací na koridorových stavbách byl v rámci předelektrifikačních úprav vybudován nový Blanenský tunel 8/2 (uveden do provozu v roce 1992) a rekonstruován tunel Blanenský 8 z dvoukolejného na jednokolejný (označovaný nyní jako 8/1). V roce 2000 byla zahájena výstavba prvního tunelu na modernizovaných tratích, tunelu Mlčechovosty, který je též nazýván tunel Vepřek podle vesnice v jeho bezprostřední blízkosti. Tunel se nachází na I. tranzitním koridoru v úseku trati mezi městy Kralupy n. Vltavou - Vraňany a jedná se o první tunel v síti ČD, který byl budován NRTM. V současnosti je tunel Mlčechovosty plně funkční a podléhá plnému provozu I. tranzitního koridoru. V roce 2002 byla zahájena modernizace tratí Třebovice - Krasíkov na spoje I. a II. tranzitního koridoru na trati Česká Třebová - Přerov, která je zároveň součástí III. tranzitního koridoru. Součástí této stavby jsou i objekty nových dvoukolejných tunelů Krasíkov I a II (nově pod názvem tunel Krasíkov a tunel Tatenice). V současné době se rozvíjí navazující stavba úseku Krasíkov - Zábřeh s dalšími třemi tunely - Malá Huba, Hněvkov I a II. Na základě zkušeností z tunelu Vepřek byl model geomonitoringu geotechnického dozoru rozšířen o výkon stavebního dozoru se všemi pravomocemi, povinnostmi a odpovědnostmi.

#### TECHNICKÝ DOZOR NA STAVBÁCH ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY

V obecné poloze je geneze technického dozoru na železničních stavbách v České republice zrcadlem toho, jak je komplexně zajišťována správa a investiční činnost na železnici. Z pohledu 20. a začátku 21. století lze do konce roku 2002 hovořit o historii železnice v Čechách a na Moravě (dříve včetně Slovenska) jako o historii unitární železnice. Do té doby působily České dráhy, resp. jím předcházející organizace, v roli státem pověřeného vlastníka, správce, investora i provozovatele dráhy a současně i v roli dopravce, resp. provozovatele drážní dopravy. Od poloviny 90. let dochází k privatizaci některých činností a k postupnému zeštíhlování firmy, z velké části právě v oblasti infrastruktury. Toto období se zároveň kryje s obdobím rozjezdu modernizace a optimalizace koridorů. Stávající kapacity investičních složek Českých drah umožňovaly pokrytí potřeb technického, resp. stavebního dozoru u vlastních personálních

#### INTRODUCTION

Modern history of railway tunnel construction in Central Europe is undoubtedly associated with the NATM, no matter whether this name is used for this technique or is modified in respective countries. Supplemented by some minor techniques, the excavation is mostly carried out using mechanical or drill-and-blast rock breaking methods, primary and secondary lining for support, usually with intermediate waterproofing systems. It is therefore always possible to speak about an observation method for which the basic role, both in terms of prognosis and follow-up, is the role of geotechnical monitoring. This is how another subject is added to the owner (investor) - contractor business relationship, carrying out the geotechnical monitoring independently of the contractor. In the same time it is commonplace that the owner exercises his interests in the construction within the contractual framework through supervision engineers. The system of execution of geotechnical monitoring and owner's site supervision on construction sites of tunnels for the railway infrastructure in the Czech Republic is the subject of this article.

#### MODERNISATION OF RAILWAY CORRIDORS

Construction of new railway tunnels in our country is associated above all with modernisation and optimisation of transit corridors. Their condition at the beginning of the nineties required a major reconstruction. The objective of the reconstruction was to improve the inadequate quality of the trackwork and substructure, and of course also to allow achievement of higher operational speeds. Requirements for new design speeds made changes in horizontal and vertical alignment in some sections necessary, even combined with construction of tunnels in some locations.

#### NEW TUNNELS ON THE RAILWAY CORRIDOR LINES

Due to the terrain configuration in the Czech Republic, tunnels are inseparable part of the railway infrastructure. Still before the commencement of the work on the Corridor projects, in the framework of pre-electrification actions, the new Blansko tunnel 8/2 (inaugurated in 1992) was built and the Blansko 8 tunnel (today denoted 8/1) reconstructed from double-track to single-track configuration. The construction of the first tunnel on the modernised railway lines, the Mlčechovosty tunnel, called also the Vepřek tunnel after a village found in close vicinity, started in 2000. The tunnel is situated on the Transit Corridor I, in the track section between Kralupy nad Vltavou and Vraňany towns. This is the first tunnel in the network of České Dráhy (Czech Railways) built by the NATM. Currently the Mlčechovosty tunnel is fully functional, and is operating within the Transit Corridor I system.

Modernisation of the track Třebovice - Krasíkov commenced in 2002. This track lies on a railway line connecting the Transit Corridor I and Transit Corridor II, on the railway line Česká Třebová - Přerov, which is in the same time part of the Railway Corridor III. The new double-rail tunnels Krasíkov I and Krasíkov II (newly known under the names Krasíkov and Tatenice) are also parts of this modernisation project. Currently starting is the subsequent construction of the Krasíkov - Zábřeh section containing other three tunnels, i.e. the Malá Huba, Hněvkov I and Hněvkov II. On the basis of experience gained at the Vepřek tunnel construction, the model of geomonitoring to be performed by the geotechnical supervision was extended to comprise the role of site supervision, with all powers, duties and responsibilities.

#### TECHNICAL SUPERVISION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION SITES

In general, the genesis of technical supervision on railway construction sites in the Czech Republic reflects the complex system of the railway administration and capital investment. From the point of view of the 20th and the beginning of the 21st century, the period ending by the year 2002 can be considered as a historical period of a unitary railway in Bohemia and Moravia (formerly also Slovakia). Till that time, České Dráhy (Czech Railways) and its predecessors had



Obr. 1 Tunel Krasíkov I - zjednodušený geologický řez a sružené monitorovací profily  
Fig. 1 Krasíkov I tunnel - simplified geological profile and combined monitoring profiles

zdrojů. Stavební dozor však není vykonáván jako trvalý, ale jako nahodilý. Začátkem roku 2003 vstoupila v život zásadní reforma v oblasti železnice České republiky. Funkci pověřené vlastníka infrastruktury přebírá nově ustanovená státní organizace Správa železniční dopravní cesty (SŽDC). České dráhy jsou transformovány na akciovou společnost; jsou pověřeny správou infrastruktury na základě tříleté smlouvy se SŽDC, provozováním dopravní cesty a zároveň podnikají v oblasti osobní a nákladní dopravy; v osobní dopravě se zřetelem na veřejný zájem a se závazkem veřejné služby, která má být hrazena ze státního rozpočtu, případně z obecních rozpočtů.

Na začátku tohoto roku došlo k další změně, a to když SŽDC převzala od Českých drah i přímé investorské činnosti na infrastrukturu. Tento krok v praxi znamenal přechod tvůrčí oblasti geotechniky. Z tohoto důvodu byl smluvně vlastník se tak rozhodl provést činnost investora přímo bez zprostředkovatele. Správa infrastruktury, prováděná prostřednictvím Správ dopravních cest (SDC) zůstává nadále předmětem činnosti Českých drah, a. s.

České dráhy byly schopny pokrýt vlastními kapacitami technický dozor ve většině profesí, které se při modernizaci a optimalizaci trati vyskytují. Výjimku takřka od počátku tvořila oblast geotechniky. Z tohoto důvodu byl smluvně zajištěn geotechnický konzultant, kterým je SG-Geotechnika. SG-Geotechnika se zúčastnila tendru na výběr geotechnického konzultanta Českých drah a pracuje jako nezávislá firma pro výkon geotechnického dozoru na tratích ČD.

V návaznosti na to a vzhledem na připravované stavby nových železničních tunelů začala být diskutována také otázka technického dozoru na stavbách železničních tunelů. První z nových tunelů, tunel Vepřek, byl v oblasti technického dozoru ještě ve znamení standardních zvyklostí u Českých drah. Ve smyslu výkonu geotechnického konzultanta a dozoru ČD pro koridorové stavby prováděla SG-Geotechnika komplexní geomonitring a geotechnický dozor při výstavbě tunelu Vepřek. Technický dozor investora byl vykonáván samostatně zaměstnancem ČD - DDC Stavební správa Praha. Obdobný charakter má výstavba mimokoridorového tunelu Březno.

Značného posunu bylo dosaženo zásluhou progresivního postoje Stavební správy Olomouc na nových tunelech Krasíkov a Tatenice. Zkušební zde byl nastartován proces spojení geotechnického monitoringu a technického dozoru v komplexní dodávku jednou smluvně zajištěnou organizací. Na základě zkušeností z této stavby přistoupila Stavební správa Olomouc ke stejnému postupu i na následně stavbě tunelů Malá Huba, Hněvkov I a Hněvkov II. Obdobným způsobem je nyní, již přímo v gesci SŽDC, zajišťován monitoring a dozor Stavební správy Praha na stavbách tunelů Nového spojení, které je řešením pražského železničního uzlu.

## KOMPLEXNÍ GEOMONITORING A TECHNICKÝ DOZOR PŘI VÝSTAVBĚ TUNELŮ

Obecně je geomonitring součástí technologie ražeb. Primární geologická dokumentace a prognóza jsou konfrontovány s měřením deformací a stavu napjatosti ostění a okolního horninového masivu. Výsledkem je optimalizace technologie ražeb tunelů, tzn. aplikace dané technologické třídy NRTM, popř. její modifikace. Pokud jsou navrhované úpravy v intencích platné projektové dokumentace, rozhodovací proces se odehrává na stavbě, potažmo přímo na čelbě. Pokud situace vyžaduje zásadní změny přesahující mantinely vymezené projektovou dokumentací, je svoláno jednání za účasti zástupců všech účastníků výstavby. Rutinní (denní) interpretace výsledků komplexního geomonitringu musí být nepřetržitá, aplikace výsledků a doporučení okamžitá a bezprostřední.

V rámci modelu používaného na tunelu Vepřek byla doporučení subjektu provádějícího geomonitring pro stavbu pouze nezávazná. Musela být schválena technickým dozorem investora (dále TDI). Odpovědnost za aplikaci závěrů geomonitringu v rozhodovacím procesu je tak přenesena na třetí osobu (TDI). Výkon TDI Stavební správy ČD není, jak již bylo řečeno, stálý (nepřetržitý). Cesta úpravy technologie ražeb tak není přímá a odezva stavby na závěry geomonitringu je zdržena. Tato negativa byla při výstavbě tunelu Vepřek eliminována osobním entuziazmem zástupce TDI Stavební správy Praha ing. Wohlmutem a především v počátcích ražeb také velkým nasazením projektanta. Na základě těchto zkušeností byl model použit při výstavbě tunelů Krasíkov I a II upraven následovně: funkce komplexního geomonitringu a geotechnického dozoru byla rozšířena o výkon nepřetržitěho technického dozoru investora. Geomonitring se tak stal přesně definovanou součástí stavby, odpovědnost za interpretaci výsledků sledování je také přesně definována a cesta mezi geomonitringem a zhotovitelem je přímá. Investor výhodně využije nepřetržitou přítomnost organizace provádějící geomonitring na stavbě pro výkon stálého TDI. Stavba Krasíkovských tunelů byla personálně pokryta jedním zaměstnancem ČD (resp. SŽDC), který koordinuje práci stavebního dozoru smluvně zajištěného investorem prostřednictvím organizace provádějící geotechnický monitoring.

Vzhledem k tomu, že tunely Krasíkov I a II jsou prvními stavbami v ČR aplikujícími tento model, kooperace zástupců monitoringu a Stavební správy ČD (resp. SŽDC) byla postupně optimalizována. Konečný stav lze charakterizovat následovně: zástupce geomonitringu vykonávající funkci TDI zodpovídá za aplikaci optimální technologie ražeb v návaznosti na zastíženou geologii a výsledky monitoringu, schvaluje protokoly o skutečném provedení a podklady pro fakturaci, je přítomen nebo přímo provádí sadu kontrolních zkoušek použitých materiálů a přijímá veškeré konstrukce na stavbě. Zástupce Stavební správy ČD (resp. SŽDC) pro výkon TDI zodpovídá za vlastní fakturaci, kompletní dokladovou část stavby, připomínkuje a schvaluje realizační dokumentaci a technologické předpisy pro použité technologie v intencích platných TKP a ZTKP.

Tento model také odpovídá trendům v oblasti sdílení rizik při výstavbě tunelů. Zpětné analýzy kolapsů tunelů a krizových situací při jejich výstavbě po celém světě vedou k obdobným doporučením [1,2]. Investor v prvé řadě musí uznat plnou odpovědnost za geologickou situaci na stavbě jak ve fázi průzkumu, tak ve fázi realizace, a to bez ohledu na způsob financování stavby. (Tunely v ČR byly doposud smluvně zadávány na základě jednotkových cen.) Geomonitring a geotechnický dozor podléhá tedy přímo investorovi, který tak přiznává přímou odpovědnost za interpretaci zastížené geologie. Zároveň využívá

acted as bodies appointed by the state to perform the role of owner, administrator, investor and operator of railways, and, in the same time, the role of the railway transportation operator. From the middle of the 90s, some of the activities have become subjects of privatisation, thus the company was downsized, mainly in the area of the infrastructure. This period also coincides with the period of starting modernisation and optimisation of railway corridors. Existing capacities of investment-oriented components of the České Dráhy organisation made it possible for the technical supervision or site supervision to be carried out using their own human resources. Although, the site supervision has been performed as a random activity, not continually.

A fundamental reform in the field of railways of the Czech Republic came in effect at the beginning of 2003. The function of the appointed owner of the railway infrastructure was taken over by a newly founded state organisation, Správa železniční dopravní cesty, SŽDC (Railway Route Administration). České Dráhy was transformed to a joint stock company commissioned to administer the infrastructure on the basis of a three-year contract with SŽDC, to operate railway tracks, and, in the same time, to do business in the field of passenger and freight transportation (in the field of passenger transportation with due respect paid to the public interest, with an obligation of funding the public service from the state budget or also municipal budgets. Another change took place at the beginning of the current year, when SŽDC took over from České Dráhy direct investment activities in the field of the infrastructure. In the practice, this step meant a transfer of capital investment bodies, i.e. Stavební správa offices (Construction Administration Offices), under the SŽDC control. This meant that the owner decided to execute the investment activities directly, without any mediator. The administration of the infrastructure, performed by Správa Dopravních Cest offices (SDC - Transport Routes Administration), remains the business of České Dráhy a. s.

České Dráhy was able to cover the technical supervision over most professions involved in modernisation and optimisation of railway tracks by its own sources. The field of geotechnics has been an exception since the very beginning. For that reason a contract was concluded with SG-Geotechnika for geotechnical consultation. SG-Geotechnika took part in the tender for geotechnical consultation for České Dráhy (ČD), and operates as an independent company conducting geotechnical supervision on the ČD railway lines.

Consequently, with respect to preparation of construction of new railway tunnels, also a discussion on technical supervision on railway tunnel construction sites commenced. The technical supervision of the first one of the new tunnels, the "Vepřek" tunnel, was still carried out in the standard manner, customary in the Czech Railways system. SG-Geotechnika performed complex geomonitring and geotechnical supervision in accordance with its role of geotechnical consultant and supervisor of Corridor structures for Czech Railways. Owner's site supervision was performed separately, by an employee of ČD - DDC - Stavební správa Praha. Similar system was applied to a non-Corridor construction of the "Březno" tunnel. A significant change was achieved owing to a progressive attitude of Stavební správa Olomouc at new tunnel constructions "Krasíkov" and "Tatenice". A process of joining geotechnical monitoring and technical/site supervision under a single contract concluded with a single organisation started there as a trial. Based on experience gained from those sites, Stavební správa Olomouc adopted this system for further constructions of the "Malá Huba", "Hněvkov I" and "Hněvkov II" tunnels. Monitoring and supervision of tunnels contained in the Nové Spojení (New Connection) project (a project solving the Prague railway junction) is currently ensured by Stavební správa Praha in a similar manner, now already under direct SŽDC sponsorship.

## COMPLEX GEOMONITORING AND TECHNICAL/SITE SUPERVISION IN TUNNEL CONSTRUCTION

In general, geomonitring is part of the tunnelling methodology. Primary geological documentation and a prognosis are confronted with measurement of deformations and the state of stress of the lining and surrounding rock mass. This confrontation results in optimisation of the tunnel excavation procedure, i.e. application of a relevant NATM technological class, or its modification. When the proposed modifications agree with the valid design documents, the decision-making process takes place on the construction site, even at the heading. When the situation requires basic changes reaching beyond the limits specified in the design documents, a meeting is called, attended by representatives of all construction parties. Routine (daily) interpretation of results of the complex geomonitring must be continual, followed by immediate application of the interpretation results and recommendations. Regarding the model used at the "Vepřek" tunnel, recommendations of the subject performing the geomonitring were only optional for the construction management. They had to be agreed by the Owner's Site Supervision (OSS). Thus responsibility for application of monitoring conclusions in the decision-making process is delegated to a third person (the OSS). As mentioned above, Stavební správa ČD does not execute the OSS continually. The process of modification of the excavation technology is not straightforward, and response of the construction management to the geomonitring conclusions is delayed. Those negatives were eliminated on the "Vepřek" tunnel construction site by personal enthusiasm of Ing. Wohlmut (an OSS representative of Stavební správa Praha), primarily at the beginning of the excavation work, and also by great effort of the designer.

Based on the above experience, the model used for the Krasíkov I and II tunnels was modified as follows: the assignment of complex geomonitring and geotechnical supervision was extended by adding obligations of continual owner's site supervision. Thus geomonitring became exactly defined part of the construction process; responsibility for interpretation of the monitoring results is also defined exactly, and the path between geomonitring and the construction contractor is straightforward. The owner took the advantage of continual presence of the organisation performing the site geomonitring for execution of continual OSS. The construction site of the Krasíkov tunnels has been covered, in terms of human resources, by a single employee of ČD (or SŽDC), who coordinates the work of the site supervision contracted by the owner with the organisation performing the geotechnical monitoring. Because of the fact that the Krasíkov I and II tunnels are the first constructions app-

výsledků geomonitoringu jako kontroly technologií ražeb z hlediska jejich racionálnosti při značném zřeteli na bezpečnost provádění. Poměr mezi ekonomikou a bezpečností stavby je vyvážený. Jak již bylo zmíněno, relevantní závěry geomonitoringu lze podávat po vzájemné konfrontaci interpretace zastížených geologie a výsledků měření. Je tedy logické, že investor deleguje pravomoci, povinnosti a odpovědnost TDI na zhotovitele komplexního geomonitoringu. Zhotovitel geomonitoringu musí zároveň disponovat nebo personálně zajistit odborníky pro výkon TDI.

### TUNELY KRASÍKOV I, II - VÝSLEDKY

Konkrétní výsledky synergie komplexního geomonitoringu a výkonu TDI lze dokumentovat na řešení mimořádných situací, kterým se výstavba tunelů nikdy nevyhne, tedy ani výstavba tunelů Krasíkov I a II. Profil tunelu byl členěn horizontálně na kalotu, jádro (levé a pravé) a dno. Základní parametry tunelů viz článek strana 7.

Pro sledování přetváření systému hornina-ostění tunelu se používá kombinace několika základních druhů měření. S přihlédnutím k minimalizaci ovlivnění plynulosti ražby a zastíženým geologickým poměrům bylo při realizaci tunelů Krasíkov I, II použito měření konvergenčí výrubu, měření normálových napětí v primárním ostění, extenzometrické měření ve vrtech prováděné ve čtyřech příčných profilech z povrchu nad tunelem, nivelace povrchu terénu nad tunelem (4 příčné profily v místě extenzometrů), trigonometrické sledování svahů portálových jam, inklinometrické měření stability horninového pilíře mezi tunelem a svahem a sledování portálové stěny, zaměření skutečného provedení primárního ostění laserovým scannerem (Cyrax).

Výsledky měření je nutné posuzovat ve vzájemných souvislostech. Proto byly jednotlivé monitorovací prvky situovány co možná nejvíce do sdružených profilů. Sdružený profil obsahoval měření konvergenčí výrubu, měření napětí v primární obezdívce, sledování deformace horninového masivu nad tunelem pomocí extenzometrů, sledování vývoje poklesové kotliny nad tunelem prostřednictvím nivelace povrchu. Celkem byly instrumentovány 4 sdružené profily, situovány tak, aby postihly všechny předpokládané horninové typy a predikovanou tektonickou poruchu v polovině trasy tunelu Krasíkov I. Takto situované a instrumentované sdružené profily umožnily komplexní a relevantní geotechnické prognózy odezvy horninového masivu na ražbu tunelu [3].

Nedílnou součástí geomonitoringu bylo i nepřetržité sledování geologických a geotechnických podmínek na čelbě tunelu. Přesný popis horninového masivu a stability čelby s ohledem na výsledky geotechnických měření umožnil správné zařazení výrubu do technologických tříd NRTM.

Před položením mezilehlé izolace bylo provedeno zaměření skutečného stavu líce primárního ostění laserovým scannerem Cyrax 2500.

### MIMOŘÁDNÉ SITUACE

Na základě rozboru předběžného geologického průzkumu byly předpokládány 2 nejkritičtější úseky tunelů Krasíkov I, II. Plně v souladu se zásadami NATM byly projektem navrženy jednotlivé typy technologických postupů ražeb a zajištění výrubu, přičemž o jejich konkrétním uplatnění bylo rozhodnuto na základě konkrétní situace in-situ. Hlavní roli v rozhodovacím procesu sehrává geomonitoringu. Na základě vyhodnocení výsledků měření a geologické situace na čelbě byly operativně řešeny i předpokládané kritické úseky.

### KRASÍKOV I - TEKTONICKÁ PORUCHA

Ražba tunelu probíhala především v navětralých křídových sedimentech, zastoupených pískovci a prachovci. Po 470 m byly na čelbě kaloty zastíženy podrcené pískovce charakteru horninové suti s jílovitou výplní, nestabilní. Aplikace všech projektovaných opatření byla dostačující a ražba nadále pokračovala bezpečně. Dle projektu měla být v tomto cca 60 metrovém úseku uzavřena spodní klenba tunelu. Při dobírce jádra již byly zastíženy únosné vrstvy pískovců. Po komplexním vyhodnocení monitorovacích prvků ve sdruženém profilu č. 3 (konvergence, tenzometry, extenzometry, nivelace) bylo rozhodnuto neuzavírat invert a také v tomto úseku použít typ NRTM 5a - ostění tvaru klasické podkvy. Toto řešení přineslo odpovídající finanční úspory, které v celkové sumě tunelu Krasíkov I dosáhly 4 %.

### KRASÍKOV II - VÝCHODNÍ PORTÁL

V oblasti východního portálu svírá osa tunelu Krasíkov II s povrchem svahu velmi ostrý úhel. Stavební jáma je tvořena pouze dvěma stěnami, z třetí strany probíhá stávající koridorová trať. Vlastní portálová stěna dosahuje výšky 20 m,

lying this model in the CR, cooperation of representatives of the monitoring and Stavební Správa ČD (or SZDC) has been continually optimised. The final state can be characterised as follows: the representative of geomonitoringu, performing a function of the OSS, is responsible for application of an optimal excavation technology, taking into consideration the geology encountered and the monitoring results, approves as-built reports and documents for invoicing, is present at or carries out personally a set of checking tests of applied materials, and takes over all structures on the site. The representative of Stavební Správa ČD for execution of the OSS is responsible for invoicing, complete documentation part of the construction, comments on and approves detailed design documents and specifications for the applied technologies (within the framework of the binding Project Specifications).

This model also corresponds with trends in the field of sharing tunnel construction risks. Back analyses of tunnel collapses and crisis situations occurring during the construction phase all over the world lead to similar recommendations [1,2]. First of all, the owner must acknowledge full responsibility for the geological situation on the site, both in the phase of exploration and the phase of realization, regardless of the project funding. (Tunnels in the CR have been contracted on a basis of unit prices.) This means that geomonitoringu and geotechnical supervision are controlled directly by the owner, who acknowledges direct responsibility for interpretation of encountered geology. In the same time, the owner utilizes the geomonitoringu results as a control over the excavation technologies in terms of their rationality, with considerable respect paid to the Works safety. The Works economy and safety ratio are balanced. As mentioned above, relevant conclusions of geomonitoringu can be presented after confrontation of interpretation of the encountered geology and results of measurements. It is therefore logical that the owner delegates the OSS powers, obligations and responsibilities to the complex geomonitoringu contractor. The geomonitoringu contractor must also have professionals for the OSS execution available, or hire them.

### KRASÍKOV I, II TUNNELS - RESULTS

Concrete results of synergy of complex geomonitoringu and execution of OSS can be documented on solutions of extraordinary situations, which no tunnel construction, nor the Krasíkov I and II tunnels construction, can ever avoid. The tunnel cross section was divided horizontally into top heading, bench (left and right) and invert. For basic parameters of the tunnels see the article page 7.

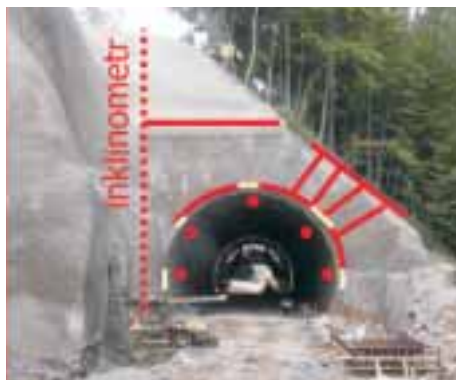
Observation of the rock-tunnel liner system deformation comprises a combination of several basic types of measurement. With consideration of minimisation of influencing the excavation fluency, and of the geological conditions encountered, the following measurements have been carried out at the Krasíkov I and II tunnel construction: measurement of tunnel convergence, measurement of normal stresses in the primary liner, borehole extensometer measurements carried out in four transversal profiles from the surface above the tunnel, levelling of the surface above the tunnel (4 transversal profiles at the location of the extensometers), trigonometric observation of slopes of portal pits, inclinometer measurement of stability of the rock mass between the tunnel tube and the slope surface, and observation of the portal wall, surveying of the as-built condition of the primary liner using a laser scanner (Cyrax).

The measurement results must be assessed considering their interrelations. For that reason the individual monitoring elements were situated to combined profiles as much as possible. A combined profile contained excavation convergence measurement, measurement of primary stress in the primary liner, observation of the rock mass deformation above the tunnel by extensometers, observation of development of the settlement trough above the tunnel using surface levelling. Four combined profiles were instrumented in total. They were situated so that all anticipated rock types and a tectonic disturbance predicted at the mid-point of the Krasíkov I tunnel route were covered. The combined profiles situated and instrumented in the above-mentioned way, allowed elaboration of complex and relevant geotechnical prognoses of the rock mass response to the tunnel excavation [3]. Inseparable part of the monitoring was also uninterrupted observation of geological and geotechnical conditions at the tunnel excavation face. Exact description of the rock mass and the face stability in terms of the geotechnical measurement results allowed correct determination of the NATM excavation classes.

The actual geometry of the primary lining structure was measured before installation of the intermediate waterproofing system using a Cyrax 2500 laser scanner.

### EXTRAORDINARY SITUATIONS

Two critical sections of the Krasíkov I and II tunnels were anticipated on the basis of interpretation of the preliminary geological investigation. In full compliance with the NATM principles, the design proposed individual types of exca-



Obr. 2 Východní portál tunelu Krasíkov II - monitorovací prvky a zajištění  
Fig. 2 Eastern portal of Krasíkov II tunnel - monitoring elements and support



Obr. 3 Systém Barab© - přenos a sdílení výsledků geomonitoringu  
Fig. 3 Barab© system - geomonitoringu results transmission and sharing



Obr. 4 Pohled z tunelu Krasíkov II do tunelu Krasíkov I  
Fig. 4 A view from Krasíkov II tunnel to Krasíkov I tunnel



horninový pilíř mezi ostěním tunelu a lícem přilehlého svahu je mocnosti jen 3 m. Dalším aspektem je fakt, že zde byla provedena prorážka tunelu. Geotechnicky obtížná situace na východním portálu vyžadovala komplexní sledování. Proto byl portál vedle geodetických bodů osazen inklinometrem pro sledování stability svahu v rohu portálové jámy. Průběžnému sledování všech monitorovacích prvků (konvergence a tenzometry v tunelu, geodetické body a inklinometr) prokázalo dostatečnost navrženého zajištění svahu a tunelu. Pozitivní roli zde sehrálo zejména sepnutí horninového pilíře mezi tunelem a svahem (obr. 2).

Spojení výkonu geomonitoringu a TDI se během řešení mimořádných situací při výstavbě tunelů Krasíkov I a II ukázalo jako operativní a účinné. Bezproblémové zvládnutí ražeb bylo v neposlední řadě podmíněno profesionální komunikací a přístupem všech zainteresovaných stran.

### PŘENOS DAT – SYSTÉM BARAB®

Při realizaci geomonitoringu na stavbě tunelů Krasíkov I a II byl testován systém Barab® jako nástroj pro rychlý přenos a sdílení velkého množství změřených dat prostřednictvím sítě internet. Systém byl vyvinut firmou SG-Geotechnika jako reakce na potřebu rychlého operativního zpracování, sdílení a hodnocení velkého množství dat průběžně získávaných v rámci geomonitoringu, trendy ve sdílení dat a jejich rostoucímu významu v rozhodovacích procesech na tunelových stavbách. Primární databáze výsledků sledování je umístěna na serveru a přístup do ní mají pouze zhotovitelé jednotlivých druhů měření. Po vložení primárních výsledků již není možné obsah této databáze měnit.

Koneční uživatelé systému Barab® jsou vlastní zhotovitelé geomonitoringu, zhotovitelé stavby, konzultanti všech zainteresovaných stran, investoři staveb, projektanti. Výsledky sledování si prohlíží prostřednictvím web portálu po zadání přístupových hesel. Přístupová hesla jsou přidělována dle kompetencí k daným projektům a druhu prezentovaných výsledků. Výsledky geomonitoringu jsou tak po zadání přístupového hesla dostupné kdekoli a kdykoli na světě. Prostřednictvím přístupového hesla a přesně specifikovanou oblastí dostupných výsledků je zaručena bezpečnost a diskrétnost systému. Vlastní jádro - primární databáze - je precizně chráněna proti jakýmkoli zásahům a úpravám. Zpracování výsledků do grafů, tabulek, dokumentů je prováděno přímo na serveru. Uživatel specifikuje pouze druhy měření a okrajové podmínky (časové rozhraní, úseky staveb apod.). Není tedy kladen nárok na jakékoli další softwarové vybavení konečných uživatelů.

V současné době jsou sdílení a prezentace výsledků geomonitoringu prostřednictvím systému Barab® již plně funkční i na stavbách silničních tunelů Panenská, Valík, průzkumná štola Sliveneč - Radotín (všechny ŘSD), železničních tunelů Krasíkov I, II (SŽDC, ČD). Na tunelech Malá Huba, Hněvkov I a II (SŽDC, ČD) bude modul geomonitoringu rozšířen o modul TDI ve zkušebním provozu. Modul bude obsahovat databázi informací o skutečném provedení a v návaznosti na to finanční sledování průběhu výstavby.

### ZÁVĚR

Zhotovitel geomonitoringu musí mít jasně definované kompetence a vztahy vůči ostatním účastníkům výstavby (zhotovitel, projektant, investor). Z pohledu investora je výhodné využít nepřetržitou přítomnost zaměstnanců monitoringu na stavbě pro funkci stavebního dozoru. Pak je výkon stavebního dozoru optimální nástroj pro možnost operativního ovlivnění výstavby. Mimo jiné jsou tak vytvořeny optimální podmínky pro skutečně efektivní uplatnění observační metody i NRTM pro zefektivnění výstavby. Investor musí uznat zodpovědnost za geologickou situaci na stavbě. Pokud geomonitoring a geotechnický dozor podléhají přímo investorovi, ten takto přiznává přímou zodpovědnost za interpretaci zastižených geologie. Zároveň využívá výsledků geomonitoringu jako kontroly technologií ražeb z hlediska jejich racionálnosti. Monitoring tunelů musí být komplexní. Pouze vyhodnocení měření všech monitorovacích prvků ve vzájemných souvislostech umožní relevantní prognózy a závěry. Současná aplikace spojení monitoringu a dozoru umožňuje nejefektivnější a nejrychlejší reakce na zastižené podmínky i velmi úspěšné a efektivní jednání mezi zadavatelem a zhotovitelem v rámci smluvních vztahů.

### LITERATURA/REFERENCES:

- [1] BLINDHEIM, O.T., GROV, E: Contract suitability - unit or fixed price, Tunnels and Tunnelling International
- [2] DALLER, J.: Risk control at the design of the 13 km Wienewald Railway Tunnel, Course on Geotechnical Risk in Rock Tunnels, Aveiro 2004
- [3] VESELY, V., SLOBODA, J., BERNARD, R.: Zpráva o výsledcích geotechnického dozoru a geomonitoringu stavby SO 51-21-01 tunel Krasíkov 2 a SO 51-21-02 tunel Krasíkov 2. Praha: SG-Geotechnika, 2003



Obr. 5 Tunel Krasíkov I - ražba kaloty, montáž rámu BTX  
Fig. 5 Krasíkov I tunnel - top heading excavation, erection of BTX frame

vation and support specifications, while their concrete application was decided on the basis of particular in-situ situation. The main role in the decision-making process belonged to geomonitoring. Also the anticipated critical sections were solved operatively, on the basis of assessment of measurement results and geological situation at the face.

### KRASÍKOV I – TECTONIC DISTURBANCE

The tunnel excavation was carried out mainly through slightly weathered Cretaceous sediments represented by sandstones and siltstones. After 470 m, there were unstable crushed sandstones of a character of debris with clayey fill encountered at the face. Application of all measures proposed by the design was sufficient, and the further excavation continued safely. According to the design, the tunnel invert was to be closed in this about 60m-long section. Although, competent sandstone layers were encountered during the bench excavation. A decision was adopted after comprehensive assessment of the monitoring elements contained in the combined profile No. 3 (convergence, strain gauges, extensometers, levelling), i.e. not to close the invert and to use the NATM type 5a, i.e. a conventional horseshoe shaped profile lining. This solution yielded corresponding savings, reaching 4% in the total of the Krasíkov I tunnel.

### KRASÍKOV II - EASTERN PORTAL

In the area of the eastern portal, the Krasíkov II tunnel centre line and the slope surface form an acute angle. The excavation pit consists of two walls only; an existing Corridor railway track runs along the third side. The portal wall proper reaches a height of 20 m; the rock pillar between the tunnel liner and the surface of the adjacent slope is 3 m thick. Another aspect is a fact that the tunnel breakthrough took place at this place. The geotechnically difficult situation at the eastern portal required complex monitoring. The portal was therefore instrumented, apart from survey points, instrumented by an inclinometer for observation of the slope stability at the corner of the portal pit. Continual observation of all monitoring elements (convergences and tensometers in the tunnel, survey points and inclinometers) proved sufficiency of the designed support of the slope and the tunnel. Namely the connection of the rock mass between the tunnel tube and the slope surface (Fig. 2) played a positive role. The combination of the geomonitoring and the OSS in the process of solving extraordinary situations during the construction of the Krasíkov I and II tunnels showed operative and effective. Trouble free execution of the excavation depended, among others, on professional communication and attitude of all the parties involved.

### DATA TRANSMISSION - BARAB® SYSTEM

The Barab® system was tested in the process of geomonitoring at the construction of the Krasíkov I and II tunnels as a means of fast transmission and sharing large amount of measured data through Internet. The system was developed by SG-Geotechnika as a response to the need for fast operative processing, sharing and interpretation of large amount of data obtained continually in the framework of geomonitoring, a response to trends in data sharing, and their increasing importance for decision-making processes at tunnel constructions. A primary database of monitoring results is placed on a server, and is accessible for contractors hired for particular types of measurement only. The contents of this database cannot be modified once the primary results have been fed. Final users of the Barab® system are the geomonitoring contractors, civil engineering contractors, consultants of all involved parties, owners and designers. They can study the monitoring results through a web portal after entering access passwords. Passwords are assigned in relation to relevant competencies over the given projects and the type of presented results. Thus the geomonitoring results are available, after entering the password, anywhere and anytime in the world. Safety and confidentiality of the system is guaranteed through an access password and exactly specified fields of the results accessible. The database core proper, i.e. the primary database, is precisely protected against any undesirable action and changes. Processing of the results into charts, tables and documents is carried out directly on the server. The user specifies the measurement types and boundary conditions only (time interface, sections of structures, etc.). End users need no other software. Currently the sharing and presentation of geomonitoring results through the Barab® system is fully functional on construction sites of the Panenská and Valík road tunnels, exploration gallery Sliveneč - Radotín (all of them for Directorate of Roads and Motorways, the owner), and railway tunnels Krasíkov I and II (for SŽDC, ČD). Regarding the Malá Huba, and Hněvkov I and II tunnels (SŽDC, ČD), the geomonitoring module will be extended by adding a module for the OSS during the trial running. The module will contain a database of information about as-built structures, interconnected with financial monitoring of the construction process.

### CONCLUSION

It is necessary for a geomonitoring contractor to have all competences and relations with the other project parties (construction contractor, designer, owner) clearly defined. From the owner's point of view, it is advisable to take advantage of the uninterrupted presence of the geomonitoring staff on site for the function of site supervision. Then the site supervision is an optimal tool allowing operative influencing of the construction work. Among others, this system creates optimal conditions for really effective application of the observation method, and for the NATM to increase efficiency of the construction work. The owner must accept responsibility for the geological situation on the site. By direct subordination of geomonitoring and site supervision to the owner the owner acknowledges direct responsibility for interpretation of the geology encountered. In the same time, the owner utilises results of geomonitoring as a control over the excavation technologies in terms of their rationality. Monitoring of tunnels must be comprehensive. Relevant prognoses and conclusions can only be achieved when measurements of all monitoring items are assessed considering all interrelations. The present-day application of combination of monitoring and site supervision allows the most efficient and quickest responses to the encountered conditions, and highly economic and effective negotiation between the owner and contractor in the framework of contractual relations.

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

## NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES V SINGAPURU  
A ČINNOST WG ITA/AITES

V minulém čísle našeho časopisu jsme informovali o Valném shromáždění ITA/AITES, dnes přinášíme přehled o činnosti pracovních skupin (WG), které měly v průběhu kongresu svá separátní jednání. ČR má své delegáty ve 12 z 13 aktivních skupin, v Singapuru však byli přítomni jen dva. V souvislosti s připravovaným WTC 2007 v Praze je intenzivnější činnost zástupců Českého tunelářského komitétu ve WG více než žádoucí.

## WG 2 - RESEARCH (VÝZKUM)

New Animateur: E. Leca (France); Vice-Animateur: Y. Takano (Japan); Tutor: H. Wagner (Austria)

Zasedání WG 2 se zúčastnilo 14 delegátů reprezentujících 11 zemí: Rakousko, Čínu, Dánsko, Francii, Japonsko, Koreu, Nizozemí, Španělsko, Švédsko, Velkou Británii a USA. Byl vydán dokument „Řízení rizik v tunelových projektech“, schválený v roce 2003. Doporučení „Sedání vlivem tunelování“ je dokončeno a bude předloženo výkonnému výboru k posouzení. První návrh zprávy „Průzkum stavenišť“ byl připraven a připomínkovan. V tomto roce bude skupina pracovat na dokončení této zprávy a zahájí novou akci „Monitoring a kontrola podzemních děl“. Skupina zpracovala v uplynulých letech několik dokumentů a lze předvídat další oblasti průzkumu pro rozvoj budoucích děl.

## WG 3 - CONTRACTUAL PRACTICES IN UNDERGROUND CONSTRUCTION (SMLUVNÍ PRAXE V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ)

New Animateur: A. Dix (Australia); New Vice-Animateur: M. Smith (Switzerland); Tutor: Y. Erdem (Turkey)

Skupina začala revidovat a aktualizovat obecné zásady ITA pro smlouvy v podzemním stavitelství. Inovované možnosti volby financování, dodávky projektů, stavby i technologie údržby vyžadují přezkoumat směrnice ITA a stanovit nové obecné použitelné formulace pro kontrakty. Nedávný vstup pojišťoven do řízení rizik ukazuje na významný vývoj trhu a vyžaduje nutně projednání v rámci smluvní praxe ITA.

## WG 5 - HEALTH AND SAFETY IN WORKS (ZDRAVÍ A BEZPEČNOST PRÁCE)

Animateur: D. Lamont (United Kingdom); Vice-Animateur: W. Chromy (Germany); Tutor: M. Belenkiy (Russia)

Jednání skupiny se účastnilo 9 národních delegátů. Byl dokončen CD-Rom "Bezpečnost při tunelování". Pokračovala revize dokumentu "Směrnice pro dobré osvojení zásad zdraví a bezpečné práce při tunelování". Lze doufat, že tento dokument bude dokončen před zasedáním v roce 2005. Skupina schválila započítání prací na novém projektu, týkajícím se poučení o požární bezpečnosti při práci s TBM a další tunelářskou mechanizací. Doufají ve spolupráci s mnoha organizacemi, které se o tuto problematiku běžně zajímají.

## WG 6 - MAINTENANCE AND REPAIR OF TUNNELS (ÚDRŽBA A OPRAVY TUNELŮ)

Animateur: H. Russel (USA); Vice-Animateur: M. Muncke (Germany); A. Haack (Germany)

Zasedání se zúčastnili zástupci 14 států: Belgie, Egypt, Francie, Německo, Itálie, Japonsko, Korea, Nizozemí, Čína, Rumunsko, Singapur, Švýcarsko, Velká Británie a USA. WG posoudila poslední návrh dokumentu "Směrnice pro konstrukční odolnost silničních tunelů" společného s Mezinárodní silniční federací. Poskytuje pokyny k lepší ochraně silničních tunelů v případě silných požárů. Dodatkem k posudku tohoto dokumentu přednesl pan Rene van de Bosch z Nizozemska zprávu o runhamerské požární zkoušce, která byla letos provedena v Norsku. WG se rozhodla pokračovat ve své činnosti vytyčením dvou úkolů: vypracovat podobnou směrnici pro požární odolnost systémů metra a začít další jako manuál pro údržbu tunelů.

## WG 11 - IMMERSSED AND FLOATING TUNNELS (PONOŘOVANÉ A PLOVOUCÍ TUNELY)

Animateur: J. Saveur (Nizozemsko); New Vice-Animateur: J. Baber (United Kingdom); Tutor: Y. Leblais (France)

Na jednání bylo zastoupeno 9 zemí 14 delegátů, z nichž Indonésie, Maďarsko a Singapur se zúčastnili poprvé. Chris Marshall požádal o uvolnění z funkce vice-animateura. WG je mu velice vděčna za jeho příspěvky.

Katalog ponořovaných tunelů byl předán webmasterovi ITA. Příprava zprávy o sedání postupuje tak, jak bylo vytyčeno na zasedání. Dalším úkolem bude vypracovat seznam specifických aspektů ponořovaných tunelů tak, aby mohl být zahrnut do systému nástroje-dokumentace-ověření, krátce NDO (IDV), což je metoda k zajištění sledování zařízení od koncepčního návrhu až po celou dobu provozní životnosti.

## WG 12 - SHOTCRETE USE (POUŽITÍ STŘÍKANÉHO BETONU)

Animateur: K. F. Garshol (USA); New Vice-Animateur; Atsumu Ishida (Japan); Tutor: E. Grov (Norway)

Zasedání se zúčastnilo 13 delegátů z 12 zemí. K úkolu 1 (Zpráva o současném stavu) byly předloženy příspěvky z 21 zemí. Nyní je připraven k publikaci. Zprávy o stříkaných maltech s ochranným protipožárním účinkem, certifikační systémy pro provádění stříkaného betonu, konstrukční vlákna pro vyztužení - všechny jsou plánovány tak, aby byly k dispozici na zasedání v Turecku. Byl navázán kontakt s WG 19 s cílem nalézt možnost společných úkolů.

WORLD TUNNEL CONGRESS IN SINGAPORE  
AND WG ACTIVITIES

In the last issue of our journal the readers were advised on the ITA/AITES General Assembly, now we are reporting the summary of Working Groups activities which were holding their separate sessions. The Czech Republic has its delegates in 12 from 13 active WG, but only two were present at Singapore WTC. In regard of the prepared WTC 2007 in Prague the more intensive activity of the Czech Tunnelling Committee representatives is more than desirable.

## WG2: "RESEARCH"

New Animateur: E. Leca (France); Vice Animateur: Y. Takano (Japan); Tutor: H. Wagner (Austria)

The meeting of Working Group 2 was attended by 14 participants representing 11 member countries: Austria, China, Denmark, France, Japan, Korea, Netherlands, Spain, Sweden, United Kingdom, and United States. The document on "Risk Management of Tunneling Projects", approved in 2003 has been published, and the recommendation on "Settlements induced by Tunneling" is complete and being submitted to the Executive Committee for review. A first draft report on "Site Investigations" has been prepared and reviewed. For the coming year, the Group will work on the completion of this report and initiate a new action on the "Monitoring and Control of Underground Works". The group has produced several documents over the past years, and more areas of investigation can be foreseen for the development of future works.

## WG3: "CONTRACTUAL PRACTICES IN UNDERGROUND CONSTRUCTION"

New Animateur: A. Dix (Australia); New Vice Animateur: M. Smith (Switzerland); Tutor: Y. Erdem (Turkey)

The contractual practices group has commenced its revision and update of the ITA's general principles for underground construction contracts. Innovative financing options, project delivery and construction and maintenance techniques all requiring reconsideration of ITA's guiding principles and the formulation of new globally applicable themes for contracting. The reinsurers recent entrance into risk management was identified as a significant market development in need of urgent consideration within ITA's contractual practices framework.

## WG5: "HEALTH &amp; SAFETY IN WORKS"

Animateur: D. Lamont (United Kingdom); Vice Animateur: W. Chromy (Germany); Tutor: M. Belenkiy (Russia)

Nine member nations participated in the meeting. The "Safety in Tunnelling" CD-rom project has been completed. The revision of the "Guidelines for good occupational health and safety practice in tunnelling" continued and it is hoped to have this document completed prior to the 2005 meeting. The Group agreed to commence work on a new project relating to guidance on fire safety for TBMs and other tunnel machinery. They hoped to collaborate with a number of organisations currently interested in the subject.

## WG6: "MAINTENANCE AND REPAIR OF TUNNELS"

Animateur: H. Russell (USA); Vice Animateur: M. Muncke (Germany); Tutor: A. Haack (Germany)

The meeting group is attended by members from 14 nations. They were Belgium, Egypt, France, Germany, Italy, Japan, Korea, Netherlands, Republic of China, Romania, Singapore, Switzerland and United Kingdom, and the United States. The Working Group reviewed the final draft of Document Guidelines for Structural Resistance for Road Tunnels, a joint document with the International Road Federation. This document is to provide guidelines for better protection of road tunnels in the event of a severe fire. In addition to the review of the document Mr. Rene Van De Bosch of Netherlands provided a presentation on the Runhamer Fire Test which was performed in Norway this year. The Working Group elected to continue our work by forming two task forces one to develop a similar guideline for Fire resistance for Metro systems and the other to start to develop a Rehabilitation Manual for Tunnels.

## WG11: "IMMERSSED &amp; FLOATING TUNNELS"

Animateur: J. Saveur (Netherlands); New Vice Animateur: J. Baber (United Kingdom); Tutor: Y. Leblais (France)

Nine countries were represented at the meeting by a total of 14 participants of which Indonesia, Hungary and Singapore were represented for the first time. Chris Marshall has requested to step down as vice-animateur. The working group owes him a lot for his contributions. The catalogue of immersed tunnels has been handed over to ITA's webmaster. The preparation of the report on settlements will go ahead as outlined in the meeting. The new activity will be to list the specific aspects of immersed tunnels to be included in the system of Instrumentation, Documentation and Verification, IDV for short, being a method to assure the viability of a facility from conceptual design throughout its operational life.

## WG12: "SHOTCRETE USE"

Animateur: K.F. Garshol (USA); New Vice Animateur: Atsumu Ishida (Japan); Tutor: E. Grov (Norway)

The meeting had 13 participants from 12 different countries. Task 1 (State of the Art Report) has received contributions from 21 countries and is now ready for publishing. Reports on fire protective sprayable mortars; certification systems for shotcrete operators; and structural fibres for shotcrete reinforcement, are all planned to be ready at the Istanbul meeting. Contact with WG19 will be established to check for possible common topics.

## WG14: "MECHANIZATION OF EXCAVATION"

New Animateur: K. Fukumoto (Japan); Vice Animateur: F. Amberg (Switzerland); Tutor: K. Ono (Japan)

"Classification and definition of TBMs with recommended keywords" has been completed with schematic drawings and will be on the ITA website soon. Also, as the "TBM Glossary" has been completed in English, French, German and Japanese, it will be on the ITA website

**W14 - MECHANISATION OF EXCAVATION (MECHANIZACE RAZIČÍCH PRACÍ)**

New Animateur: K. Fukumoto (Japan); Vice-Animateur: F. Amberg (Switzerland); Tutor: K. Ono (Japan)

**WG15 - UNDERGROUND WORKS AND THE ENVIRONMENT (PODZEMNÍ DÍLA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ)**

Animateur: R. Craig (United Kingdom); Vice-Animateur: J. Rhode (Norway); Tutor: H. Parker (USA)

WG se sešla jednou za přítomnosti 12 členů z 8 zemí. Účastníci vyslechli 6 příspěvků o problematice životního prostředí v členských zemích. WG v zásadě schválila revidovanou zprávu "Životní prostředí a udržitelný rozvoj - důvody pro využití podzemí". Zpráva bude ukončena po obdržení písemných připomínek (do června) a předložena během léta Výkonnému výboru ITA (EC). WG projednala svůj další dotazník a práci do budoucna.

**WG 16 - QUALITY (JAKOST)**

Animateur: C. Oggeri (Italy); Vice-Animateur: O; Tutor: A. Assis (Brazil)

WG se sešla v počtu 3 zástupců z Koreje a 1 z Japonska. Po nedávné publikaci souhrnné zprávy v TUST bude aktivita WG pokračovat přípravou materiálů pro website ITA a pro didaktickou prezentaci. Skutečným obratem je zaměření na praktické otázky, také prostřednictvím kontaktů s ostatními WG, zejména s WG Tradiční tunelování, s cílem připravit krátkou zprávu "Výběr technických postupů pro průzkum, projektování a monitoring při obtížných a měnících se podmínkách". Nový vice-animateur bude vybrán po projednání s členy WG. Noví členové rovněž vyžadují výraznější praktické zaměření práce WG.

**WG 17 - LONG TUNNELS AT GREAT DEPTH (DLOUHÉ TUNELY VE VELKÝCH HLOUBKÁCH)**

New Animateur: P. Grasso (Italy); New Vice-Animateur: M. Shimokawachi (Japan); Tutor: F. Vuilleumier (Switzerland)

Zasedání se zúčastnilo 22 členů z 15 různých zemí. WG vybrala po rezignaci Prof. F. Descoedres za animateuru P. Grasso, dřívějšího vice-animateuru, a současně zvolila Dr. Minoru Shimokawachi za vice-animateuru. WG byla informována o rozhodnutí EC ITA, že konečná verze zprávy WG "Dlouhé dopravní tunely ve velké hloubce" byla schválena a bude brzy publikována. WG se rozhodla rozšířit své pole působnosti o dlouhé hydraulické a trubní tunely, ale jen z hlediska projektování a konstrukční optimalizace.

**WG 18 - TRAINING (VÝCVIK)**

Animateur: D. Peila (Italy); Vice-Animateur: Nick Chittenden (CH); Tutor: F. Gruebl (Germany)

Na jednání bylo přítomno 10 účastníků z těchto zemí: Belgie, Čína, Korea, Francie, Itálie, Singapur a Nizozemí.

V diskusi byla zhodnocena práce od posledního mítinku v Amsterdamu. Byla ukončena standardní prezentace didaktických materiálů ITA a schválena EC. Nyní jsou rovněž k dispozici na website ITA první učební texty vycházející z činnosti WG.

Pro činnost do budoucna bylo rozhodnuto vyvinout nový soubor údajů o univerzitních profesorech a tunelářských kurzech, které budou základem univerzitní sítě a ukončí přípravu učebních materiálů jako výsledek aktivity WG.

**WG 19 - CONVENTIONAL TUNNELLING (TRADIČNÍ TUNELOVÁNÍ)**

New Animateur: H. Ehrbach (Switzerland); New Vice-Animateur: R. Galler (Austria); Tutor: A. Assis (Brazil)

Na prvním zasedání živě diskutovalo 17 delegátů z 12 zemí po prezentaci zpráv ze Švýcarska, Brazílie, Japonska a Rakouska o současném stavu tradičního tunelování v jejich zemích.

Na druhé schůzce WG 7 delegátů reprezentujících Rakousko, Francii, Řecko, Itálii a Švýcarsko schválilo směrnice a harmonogram pro dokončení mezinárodní zprávy o tradičním tunelování. Na příštím zasedání WG v říjnu 2004 u příležitosti kongresu EUROCK v Salzburku bude první návrh zprávy ITA WG 19 projednán.

**WG 20 - URBAN PROBLEMS, UNDERGROUND SOLUTION (PROBLÉMY MĚST, PODZEMNÍ ŘEŠENÍ)**

New Animateur: S. Nelson (USA); New Vice-Animateur: M. Thewes (Germany) and J. Nishi (ACUUS); Tutor: J. P. Godard (France)

Prvním úkolem bylo zvolit nového animateuru a vice-animateuru z důvodu rezignace J. Reilly. WG pak projednala cíl své činnosti, kterým je publikace dokumentu popisujícího úspěšné podzemní projekty ve světě a problémy měst, na něž jsou zaměřeny. Dokument má oslovit osobnosti na všech úrovních rozhodující o plánech a projektech. Jako odpověď na žádost prezidenta ITA Andre Assise již přišly příspěvky z Nizozemí, Japonska, USA, Francie, Ruska, Norska, Švédsko a Německa. Vyžadovány jsou příspěvky o zajímavých a významných podzemních projektech od všech národů rodiny ITA. Příspěvky mohou mít formu krátkého abstraktu, kde bude popsán projekt a problém města, na který je zaměřen.

S využitím tiskového komuniké připravil:  
With using press release prepared by:  
Ing. Karel Matzner

Obr. 1 Nově zvolený prezident ITA/AITES Harvey Parker mezi delegáty z Lesotho v Singapuru

Fig. 1 New elected ITA/AITES President Harvey Parker among delegates of Lesotho in Singapore



te. Besides, "TBM Glossary" will be extended to other languages, such as in Italian, in Spanish, in Korean and in Chinese, which will be good benefits to prospected authors of scientific papers of tunneling. The scope of work and schedule for "ITA Recommendation in Mechanized Tunneling", which is the next theme for WG-14, was discussed. It is determined that it will be just focused on excavating machine and fundamental equipments for functioning, which indicates that some comments on segments and other relevant items would also be ITA - AITES Press release 4/4 May 2004 included. Since robotics was still far from the field practice, those would not be included. Since completion of "ITA Recommendation in Mechanized Tunneling" will be great benefits to member nations, it is expected to be completed in two years or so with our members' unlimited efforts. Three subgroups (EPB, Slurry, Hard rock TBM) were formed for this task.

**WG15: "UNDERGROUND WORKS AND THE ENVIRONMENT"**

Animateur: R. Craig (United Kingdom); Vice Animateur: J. Rhode (Norway); Tutor: H. Parker (USA)  
The Working Group met on one occasion and was attended by twelve members from eight Member Nations. The meetings heard six presentations on environmental considerations and problems in Member Nations' countries. The Working Group approved in principle the revised report of 'Environmental and Sustainable Development Reasons for Going Underground'. Following receipt of written comments in June from members of the Working Group, the report will be finalised and forwarded to the Executive during the summer. The meeting discussed the Working Group's other questionnaires and future work.

**WG16: "QUALITY"**

Animateur: C. Oggeri (Italy); Vice Animateur: --; Tutor: A. Assis (Brazil)

The working group met with the participation of three members from Korea and one member from Japan. After the very recent publication of the general report on TUST, the activity will go on with the preparation of material for the ITA website and for didactical presentation. The true turning point is now the focusing on detailed and practical items, also by means of contacts with other WG, namely conventional tunnelling, in order to prepare a short report on Selection of technical procedures for investigation, design and monitoring when difficult or changing conditions are encountered. A new vice animateur will be appointed after discussion among the members. New members are also claimed for increasing experience background of the Group.

**WG17: "LONG TUNNELS AT GREAT DEPTH"**

New Animateur: P. Grasso (Italy); New Vice Animateur: M Shimokawachi (Japan); Tutor: F. Vuilleumier (Switzerland)

The meeting was attended by 22 members from 15 different countries. The group had appointed ex vice animateur, P.Grasso as Animateur following the resignation of Prof.F.Descoedres and elected at the same time Dr. Minoru Shimokawachi as vice animateur. The group was informed about the decision of the Executive Council that the final version of the WG report on "Long Traffic Tunnels at Great Depth" has been approved and will be published soon. The working group decided to extend our domain of interest to cover the long hydraulic and pipeline tunnels only for the design and construction optimisation aspects.

**WG18: "TRAINING"**

Animateur: D. Peila (Italy); Vice Animateur: Nick Chittenden (CH); Tutor: F. Gruebl (Germany)

The meeting was attended by 10 participants coming from the following countries Belgium, China, Korea, France, Italy, Japan, Singapore and The Netherlands. The discussion analysed the work done after Amsterdam's meeting. ITA standard presentation of the didactic material was finalised and was approved by ITA Executive Council and it is now available also the first teaching presentation coming from a working group's activity is available on ITA web site. For the future activities it was decided to develop a new collection of data on University Professors and tunnelling courses which will be the base of the University Network and to complete the preparation of teaching power point presentations coming from the activity of the working group.

**WG19: "CONVENTIONAL TUNNELLING"**

New Animateur: H. Ehrbar (Switzerland); New Vice Animateur: R. Galler (Austria); Tutor: A. Assis (Brazil)

In the first session, 17 delegates representing 12 nations held a vivid discussion after the presentation of the Swiss, the Brazilian, Japanese and Austrian Reports on the state-of-the-art on Conventional Tunnelling in their respective countries. In a second session 7 delegates representing Austria, France, Greece, Italy and Switzerland agreed on the guidelines and the working schedule for the finalisation of the international report on Conventional Tunnelling. In the next meeting in October 2004, the first draft of the ITA WG 19 Report will be discussed around the EUROCKCongress at Salzburg.

**WG20: "URBAN PROBLEMS, UNDERGROUND SOLUTIONS"**

New Animateur: S.Nelson (USA); New Vice Animateurs: M.Thewes (Germany) and J. Nishi (ACUUS); Tutor: J. P. Godard (France)

The first task was to elect a new animateur and vice animateur, due to the resignation of J.Reilly. The group then discussed the goal of the working group which is to publish a

document which describes successful underground projects around the world and the urban problems they have addressed. The intended audience for the publication is planners and decision makers at all levels. In response to a request from ITA President Andre Assis, contributions has been received from The Netherlands, Japan, USA, France, Russia, Norway, Sweden and Germany. Contributions on interesting and significant underground projects are requested from other nations in the ITA family. The contributions can take the form of a brief abstract where the project and the urban problems it addressed are described.

## MEZINÁRODNÍ KONFERENCE „ŘÍZENÍ A BEZPEČNOST DOPRAVY VE VELKÝCH MĚSTECH“

V pořadí již 6. mezinárodní vědecko-praktická konference věnovaná problematice velkých (mega) měst se konala v Petrohradu v Ruské federaci ve dnech 14. - 15. září 2004. Tato konference je pořádána každé dva roky Státní univerzitou pro architekturu a výstavbu. Účastnilo se cca 400 delegátů a zahraniční delegáti z USA, Německa, Finska, Litvy a řady zemí SNS.

V plenárním zasedání vystoupila řada významných osobností jako např. náčelník všeruské dopravní policie Kirjanov, poradce prezidenta RF pro severozápadní okruh Ličagin, gubernátor Leningradské oblasti a předseda vlády Sedjukov, gubernátor Petrohradu Matvejenko a samozřejmě rektor univerzity Panibratov.

V referátech byla zdůrazňována role podzemních staveb, neboť například bez metra by Petrohradská oblast se svými 4,5 mil. obyvatel byla zcela paralyzována. Z dalších referátů například vyplynulo, že v celé Ruské federaci je doslova katastrofální situace v otázce bezpečnosti dopravy. Jenom v Petrohradu bylo v roce 2003 7525 nehod a z toho bylo 765 osob usmrceno, což je o 11,4 % více, než v minulém roce a ve srovnání s Českou republikou jsou to podstatně horší výsledky, přestože patříme v tomto směru k nejhorším zemím Evropy. Před vlastní konferencí přijal významné účastníky a některé zahraniční delegáty rektor Panibratov na šálek čaje. Zde byla příležitost krátce promluvit s řadou osobností. Po plenárním zasedání byla konference rozdělena do sekcí. Na konferenci bylo pět sekcí:

- (1) Normativní, organizační a kádrové zabezpečení systémů dopravy
- (2) Dopravní systémy velkých měst
- (3) Automatizované a telematické systémy řízení dopravy
- (4) Expertně-analytické zabezpečení systémů řízení
- (5) Konstrukční bezpečnost automobilových prostředků

Přednášky týkající se tunelů se konaly v sekci 3 „Automatizované a telematické systémy řízení dopravy“. Zabíraly velikou škálu problematiky od zcela teoretických, pojednávajících o nových matematických možnostech pro zjišťování dopravních excesů, až po praktické ukázky zařízení pro měření rychlosti v Lefortovském tunelu v Moskvě, kde byla změřena i rychlost 135 km.h<sup>-1</sup>.

Přednesl jsem příspěvek na téma „Silniční tunel jako součást dopravní bezpečnostní politiky“, který je uveřejněn v anglickém jazyce ve sborníku. Hlavním cílem bylo seznámení kolegů s vysokým standardem v bezpečnosti v České republice. Bylo poukázáno na významnou roli Výboru pro bezpečnost v podzemních stavbách a Tunelové sekce ČSS, kde byly vytvořeny všechny platné standardy. Dále byla přednesena metoda pro analýzu rizik vyvinutá v rámci projektu ministerstva dopravy, bylo provedeno seznámení s praktickými zkouškami požárů a na závěr byly předvedeny obrázky nových tunelů (Mrázovka, Zličov). Na úplný závěr jsem pozval delegáty konference na světový kongres WTA pořádaný v Praze v roce 2007. Dotazy se týkaly možnosti získání těchto standardů a komentáře ukázaly, že tak pěkné a dobře vybavené tunely se v Rusku nestaví (bylo poukazováno na špatné osvětlení, málo značek atd.). Velmi zajímavý příspěvek přednesl pan Holm z Finska, který referoval o připravovaném projektu tunelu v centru Helsinky, který je určen pro dopravní obsluhu centra města a pro parkování. Projekt připomínal ideu projektu v Praze Na Příkopěch. V tunelu musí být na vjezdech klesání až 7 % a uvnitř jsou tři kruhové objezdy se speciálním dopravním režimem. Projektovaná šířka je 12,5 m, z toho jízdní pruh je 4,5 m. Tato šířka je dána s ohledem na rádius vozovky. Aby bylo zachována přiměřená bezpečnost, ukázala analýza rizik, že rychlost nesmí být vyšší než 30 km.h<sup>-1</sup>. V celé délce bude rychlost kontrolována kamerami.

Na dotaz, jak zajistit únik osob, a to speciálně hendikepovaných, odpověděl pan Holm, že do stran budou vyraženy dostatečně dlouhé únikové cesty, na jejichž konci budou výtahy.

Druhý den konference se navíc konalo zasedání Všeruské akademie věd, což je již od dob Sovětského svazu všemocná organizace. Díky prof. Syljanovovi jsem se mohl zúčastnit jako host. Na zasedání promluvil rektor Moskevské univerzity Prichodko na téma „Koncepte dopravní politiky v současných podmínkách“, dále akademik Ipatov na téma „Organizačně-technické otázky pasivní i aktivní bezpečnosti“ a následně ředitel Centra řízení dopravy v Moskvě s přednáškou „Možnosti snížení dopravního zatížení města“. Hlavně on přinesl řadu konkrétních příkladů, například v tom, že Moskva bude postupně doplňovat detektory na všechny významné komunikace, aby získávali obraz dopravy v širších souvislostech. Také chtějí rozšířit počty kamer i s ohledem na bezpečnost občanů a velký důraz kladou na proměnné informační tabule, přičemž ještě nemají jasnou koncepci. Velký důraz kladou na výstavbu dalšího okruhu a výstavbu tunelů. Z jeho přednášky vyplynulo, že razící štít, který prorazil tunel Lefortovo, začíná razit další tunel na čtvrtém okruhu.

Můj osobní dojem z účasti na konferenci je, že ruští odborníci mají málo informací o našich aktivitách, ale že nás považují za odborníky, kteří pracují a využívají evropské standardy, a tudíž by rádi navázali užší kontakty. Cesta k publikování v jejich časopisech je otevřená.

Prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

## INTERNATIONAL CONFERENCE "TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT FOR BIG CITIES"

The international scientific-practical conference devoted to the issues of large (mega-) cities, already the 6th one, took place in Petersburg in the Russian federation from 14 to 15 September 2004. This conference is organised in two-year intervals by the State Architecture and Development University. About 400 delegates and foreign delegates from the USA, Germany, Finland, Latvia and many other countries of the CIS took part in the conference.

A lot of outstanding personalities addressed the plenary session, e.g. Mr. Kirjanov, head of the All-Russian traffic police, Mr. Ličagin, an advisor to RF president for the north-western region, Mr. Sedjukov, president of the Leningrad province and Prime Minister, Mr. Matvejenko, president of the Petersburg province, and, of course, Mr. Panibratov, president of the university.

The papers put stress on the role of underground construction, because, for instance, the Petersburg province with its population of 4.5 million would be totally paralysed without the subway. It followed from other papers that, for instance, a literally catastrophic situation is in the whole Russian federation regarding traffic safety. In Petersburg only there were 7525 accidents in 2003, out of that 765 fatalities, up 11.4 % from the previous year. Those results are significantly worse compared to those of the Czech Republic despite the fact that we belong among the worse countries in Europe. Mr. Panibratov held a tea party with distinguished participants and some foreign delegates before the conference dealings. It was an opportunity for him to speak briefly to a number of personalities. After the plenary session, the conference was divided into sections. There were 5 sections in the conference:

- (1) Normative, organisational and staffing background for the traffic systems
- (2) Traffic systems in big cities
- (3) Automated and telematics traffic control systems
- (4) Expert-analytic securing of control systems
- (5) Structural safety of vehicles

The papers dealing with tunnels took place in the section 3 "Automated and telematics control systems". They covered a wide range of issues, from completely theoretical ones dealing with new mathematical options in detection of traffic excesses, up to practical demonstration of speed measuring equipment in the Lefortovo tunnel in Moscow (speeds up to 135 km.h<sup>-1</sup> have been recorded).

I read my paper titled "Road tunnel - part of traffic safety policy", published in the conference proceedings in English. The main purpose of the paper was to inform the colleagues about the high standard of safety in the Czech Republic. The paper pointed to the important role of the Underground Construction Safety Committee and the Tunnelling section of the Czech Road Association, which elaborated all current standards. Further, I presented a risk analysis method developed in the framework of a project promoted by the Ministry of Transport, informed about in-situ fire testing, and, at the conclusion, I displayed pictures of new tunnels (Mrázovka, Zličov). At the very end, I invited the conference delegates to the WTA world congress taking place in Prague in 2007. Enquiries concerned a possibility of obtaining the above standards, and commentaries proved that so beautiful and well-equipped tunnels are not built in Russia (insufficient illumination, lack of signs etc. were pointed).

A very interesting paper was read by Mr. Holm from Finland. He informed about planning of a tunnel project in the Helsinki centre, which is intended for resident traffic and parking in the city centre. The project was reminiscent of the idea of the project of the Na Příkopěch tunnel in Prague. A downward slope up to 7 % at the tunnel entrance has to be provided, and three roundabouts with a special traffic regime are inside the tunnel. Design width is 12.5 m, with the traffic lane 4.5 m wide. This width is given with respect to the roadway curve radius. A risk analysis proved that the speed must not exceed 30 km.h<sup>-1</sup> to maintain reasonable safety. Speed will be checked along the entire length by cameras.

For the enquiry how escape of persons, especially handicapped ones, will be secured, Mr. Holms answered that sufficiently long escape routes will be driven to the sides, with lifts at their ends.

In addition to the conference, a session of the All-Russian Academy of Sciences, an almighty organisation existing from the era of the Soviet Union, took place on the second conference day. Thanks to Prof. Syljanov, I was allowed to take part as a guest. In the session, president of the University of Moscow Mr. Prichodko read an article "Conception of traffic policy in current conditions", academician Ipatov continued by a topic "Organisational-technical issues of passive and active safety", and director of the Traffic Control Centre in Moscow read a paper "Possibilities of reducing traffic intensity in the city". This man was the main person who presented many specific instances, e.g. stating that Moscow is going, step by step, to install detectors on all major roads to obtain information on traffic in wider context. They also want to extend the number of cameras, also with respect to safety of citizens, and put a significant stress on variable message signs, while the conception is not clear yet. He put a strong stress on construction of another circle road and tunnels. It followed from his presentation that the tunnel boring machine that drove the Lefortovo tunnel is starting to excavate another tunnel on the fourth ring road.

My personal impression from my presence in the conference is that Russian professionals lack information about our activities, but they consider us as professionals applying European standards, therefore they would like to communicate closer with us. Access for publishing in their magazines is open.

## KRYNICA 2004

Ve dnech 12. - 17. září 2004 se v polské Krynici konala 50. jubilejní vědecká konference o stavební problematice. Její historie sahá až na počátek 50. let minulého století a mezi jejími organizátory byli vždy přední polští odborníci v oboru stavebnictví. Na organizaci letošní konference se podílela Polská Akademie Věd, Vědecká rada společnosti polských inženýrů a techniků ve stavebnictví a Varšavská Polytechnika. V Polsku je tato konference velmi populární, jak bylo vidět z hojné účasti (téměř 500 osob) a velkého počtu přednesených referátů (přes 150) předních polských inženýrů, vědců a pedagogů z oboru. Do programu konference byly zařazeny sekce Mosty a tunely, Geotechnika, Ocelové konstrukce, Betonové konstrukce, Organizace staveb, Požární bezpečnost staveb, Inženýrské komunikace a celá řada referátů se týkala i ryze teoretických disciplín. Ve světě není tato akce pravděpodobně příliš známa, účast ze zahraničí i počet referátů přednesených zahraničními účastníky byly relativně nepatrné. Je to škoda, celá řada referátů měla vysokou odbornou úroveň a zabývala se velmi zajímavými tématy. Vzhledem k dlouholetým kontaktům našeho člena předsednictva pana profesora Aldorfa z VŠB Ostrava s polskými kolegy byl ČTuK požádán o zajištění příspěvku na téma „Zkušenosti získané při přípravě a realizaci pražského metra“. Příspěvek byl prezentován v rámci programu sekce „Mosty a tunely“. Následné dotazy potvrdily, že problematika pražského metra se mezi polskou odbornou veřejností těší značné popularitě. Ještě je třeba podotknout, že paní dr. hab. inž. Anna Lewandowska, jejíž článek je uveřejněn v tomto čísle TUNELU, byla rovněž jednou z vedoucích organizátorů konference a místopředsedkyní sekce Mosty a tunely. V diskusi projevila velký zájem o navázání bližších styků mezi ČTuK a polskými tuneláři a geotechniky, což bude z naší strany jistě vítáno.

Ing. G. Romancov, CSc.

## KRYNICA 2004

The 50th jubilee scientific conference on civil-engineering issues took place in Polish Krynica from 12 to 17 September 2004. Its history reaches to the beginning of fifties, and distinguished Polish civil engineering experts have always been among its organisers. Also the Polish Academy of Sciences, Scientific Board of Association of Polish civil engineers and technicians, and the Warsaw Polytechnics participated in the conference organisation. This conference has always been very popular in Poland, as proved by the presence of nearly 500 persons, and a large number of papers (over 150) presented by outstanding Polish engineers, scientists and pedagogues from the given industry. The conference programme contained the following sections: Bridges and tunnels, Geotechnics, Steel structures, Concrete structures, Organisation of projects, Fire safety of constructions, Civil engineering communications, and many other papers dealing with purely theoretical disciplines. This event is probably not too much known in the world. Foreign participation and the number of papers read by foreign participants were relatively insignificant. This is a pity, as the scientific level of many papers was high, and their topics were very interesting. Due to long-term contacts of a member of our Board, Prof. Aldorf from the Mining University in Ostrava, with Polish colleagues, the CTuK was requested for a paper on "Experience gained from preparation and realisation of the Prague subway". The paper was presented in the framework of the "Bridges and tunnels" section. Subsequent inquiries confirmed that the issue of the Prague Metro is very popular among the Polish professional public. It must be also noted that Mrs. Anna Lewandowska, whose paper is published in this issue of TUNEL, was one of leading conference organisers and vice-chairwoman of the Bridges and tunnels section. She gave an indication in the discussion that she was interested in establishing closer relations between the CTuK and Polish tunnelers and geotechnicians, which will certainly be welcomed from our side.



## AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A VE SLOVENSKÉ REPUBLICE

CURRENT NEWS FROM THE UNDERGROUND CONSTRUCTION  
IN THE CZECH REPUBLIC AND SLOVAKIA

## ČESKÁ REPUBLIKA

## TUNEL MRÁZOVKA UVEDEN DO PROVOZU

Automobilisty i obyvateli pražského Smíchova dychtivě očekávané otevření tunelu Mrázovka se stalo skutečností ve čtvrtek 26. srpna 2004. Tunel slavnostně uvedl do provozu primátor hlavního města Prahy MUDr. Pavel Bém, který ve svém projevu zdůraznil význam výstavby městského i vnějšího rychlostního okruhu pro dopravu v Praze. Poděkoval všem, kteří se na přípravě a realizaci tunelu Mrázovka podíleli a doslova řekl, že však neděkuje těm ekologickým aktivitám, jejichž činnost znamenala prodlení a zdražení stavby. Jako první projela tunelem kolona historických vozidel s oficiálními hosty. V odpoledních hodinách byl zahájen regulérní provoz tunelu. Pokles automobilové dopravy v přilehlé oblasti Smíchova je jasně patrný.

## RAŽBA ŽELEZNIČNÍHO TUNELU HNĚVKOV II ZAHÁJENA

Na železničním tahu Česká Třebová - Zábřeh na Moravě byla 31. srpna 2004 zahájena ražba tunelu Hněvkov II. Tunel je dlouhý skoro půl kilometru a realizuje jej Metrostav, a. s. společně s Doprastavem a. s. S tunely Hněvkov I a Malá Huba se tak zajistí další napřímění tratě mezi Krasíkovem a Zábřehem, což umožní zvýšení rychlosti vlaků až na 160 km/hod.

## DÁLNIČNÍ TUNEL VALÍK U PLZNĚ

Na stavbě tunelu Valík provedl Metrostav, a. s. dne 24. července 2004 prorážku středního opěrového tunelu. Tento důležitý okamžik umožnil následně zahájení přípravných prací, především zpevňování podloží a instalaci mikro-

## CZECH REPUBLIC

## THE MRÁZOVKA TUNNEL INAUGURATED

The opening of the Mrázovka tunnel to traffic, long awaited by drivers and residents of the Prague district Smíchov, became reality on Thursday the 26th August 2004. The tunnel was inaugurated by Prague's Lord Mayor MUDr. Pavel Bém. In his speech, he stressed importance of development of the inner and outer road rings for traffic in Prague. He thanked everybody who participated in planning and implementation of the Mrázovka tunnel project, and said that he did not thank those environmental groups whose activity meant delay and increased costs of the works. A convoy of historic vehicles carrying official guests passed through the tunnel as the first user. Regular operation of the tunnel started in the afternoon. Reduction in traffic intensity in the adjacent area is clearly visible.

## EXCAVATION OF THE HNĚVKOV II RAILWAY TUNNEL STARTED

Excavation of the Hněvkov II tunnel on the railway route Česká Třebová - Zábřeh na Moravě started on 31 August 2004. The nearly half a kilometre long tunnel is built by Metrostav, a. s. jointly with Doprastav, a. s. Together with the Hněvkov I and Malá Huba tunnels, this tunnel will make further straightening of the railway line between Krasíkov and Zábřeh possible. This will allow the train speed to be increased to 160 km/h.

## ROAD TUNNEL VALÍK NEARBY PILSEN

The "central side-wall" drift of the Valík tunnel, built by Metrostav, a. s., holed through on 24 July 2004. This important moment allowed subsequent commencement of preparatory operations, above all the sub-base consolidation and installation of micro-

pilot pro betonáž středového opěrného pilíře. Probíhá montáž bednění pilíře a zahájení jeho betonáže se plánuje v druhé polovině září 2004.

#### ZAHÁJENÍ STAVBY NOVÉ SPOJENÍ PRAHA HL. N., MASARYKOVO N. – LIBEŇ, VYSOČANY, HOLEŠOVICE

Smlouva o dílo na tuto důležitou železniční stavbu, která završí přestavbu pražského železničního uzlu, byla podepsána dne 12. července 2004. Zhotovitelem stavby je sdružení s názvem „Pražské spojení“, jehož lídrem je Skanska ŽS, a. s., a dalšími členy jsou firmy Stavby silnic a železnic, a. s., Metrostav a. s. a Subterra, a. s. Jedním z klíčových objektů stavby jsou vítkovské tunely. Jedná se o dva nové dvoukolejné tunely pod vrchem Vítkov délky přes 1,3 km s raženými částmi 1150 m a 1250 m. Realizace stavby byla zahájena v srpnu 2004 s neobvykle malým časovým odstupem od ukončení výběrového řízení a podepsání smlouvy.

#### ZAHÁJENÍ RAŽEB NA STAVBĚ PRODLOUŽENÍ PRAŽSKÉHO METRA Z LÁDVÍ DO LETŇAN SE BLÍŽÍ

Kdo v současné době projíždí pražským sídlištěm Prosek, může se na vlastní oči přesvědčit, že realizace úseku IVC2 pražského metra se velmi rychle rozeběhla a je skoro v plném proudu. Zhotovitel stavby, sdružení firem Metrostav a. s. (lídr sdružení), Skanska CZ, a. s., a Subterra, a. s., zahájil práce v červnu 2004. Nyní (září 2004) již probíhají zemní práce na hloubených tunelech na Proseku a končí příprava pro zahájení ražeb. Ražby na stavebním oddíle 13 (dvoukolejné tunely mezi stanicemi Prosek II a Letňany) zahájí Metrostav, a. s., v polovině října 2004. Využije přitom přístupový tunel budovaný z plochy zařízení staveniště poblíž autobusových garáží na Klíčově.

#### KOLEKTOR CENTRUM I.A – VODIČKOVA ULICE

V průběhu letošního roku se rozvinuly práce na výstavbě kolektoru Centrum I.A, etapa 0004 Vodičková ulice v Praze 1. Kolektor na jedné straně začíná na Václavském náměstí, kde podchází podchod pro chodce, dále pokračuje Vodičkovou ulicí na Karlovo náměstí. Tam tato etapa končí. Součástí stavby je rovněž odbočná větev v ulici V Jámě. Celkem se jedná o vyhloubení 10 šachet o úhrnné hloubce 123,89 m a o vyražení 1274,27 m kolektoru a 407,2 m domovních přípojek kolektoru. Kolektor v raženém profilu 19,5 m<sup>2</sup> je z větší části ražen plyným profilem ve štěrkopískových terasách, v části stavby přechází část profilu do skalního podloží. Větší část díla je pod úrovní podzemní vody. S ohledem na okolní zástavbu v centru města, automobilový a tramvajový provoz nad kolektorem a na již zmíněnou geologii, se jedná o velmi náročné tunelářské dílo. Zvolená technologie ražeb s využitím tryskové injekce, spolu s důkladným statickým zajištěním ohrožených povrchových objektů, by měla eliminovat všechna uvedená rizika. Stavbu realizuje sdružení firem Subterra, a. s., a Metrostav, a. s. Projektantem stavby je Pragoprojekt, a. s. Metrostav, a. s., divize 1, který realizuje 50 % díla ze strany od Václavského náměstí až k ulici V Jámě včetně, do konce září letošního roku vyhloubil šachty Š 17a a Š 17 c na Václavském náměstí a šachtu 21 v ulici V Jámě. Celkem bylo již vyraženo 63 m kolektoru v primárním ostění ze stříkaného betonu.

#### STOKOVÁ SÍŤ MĚSTA BRNA – KOLEKTORY 10 A 11 NA NÁMĚSTÍ SVOBODY

V rámci stavby realizuje Metrostav, a. s., divize 1, jako účastník sdružení, kolektory K10 a K11 na náměstí Svobody. Tyto kolektory jsou součástí stavby „Stoková síť města Brna“, jejímž objednatel je Centrum pro regionální rozvoj Praha ve spolupráci se Statutárním městem Brno. Jedná se o ražbu v centru města Brna při zachování provozu na povrchu s minimálním nadložím nad raženými profily. Kolektor je ražen v jílových horninách s tenkými vrstvami vodonosných písků. Při nízkém nadloží ražbu komplikují střety se zbytky starých staveb, někdy zajímavými i pro archeology, se starými, většinou projektovou dokumentací nezaznamenanými inženýrskými sítěmi a se sklepy některých stávajících domů.

Ražené profily kolektorů se pohybují od 5 m<sup>2</sup> na kanalizačních přípojkách až po 33 m<sup>2</sup> v technických komorách v hloubce cca 2,5 až 4 m pod povrchem. Celková délka ražených částí kolektorů včetně technických komor je 550 m a ražených kanalizačních přípojek malého profilu 266 m. V současné době je převážná část ražeb provedena a zbývá dokončit pouze ražbu technické komory TK 116 v ústí ulice Česká do Náměstí Svobody. Práce dále probíhají na izolacích, sekundárním ostění a betonážích dna kolektorů. Do konce roku 2004 se předpokládá také dokončení převážné části kanalizace. V příštím roce bude pak provedeno vnitřní vybavení kolektorů (dělicí ŽB příčky, vzduchotechnika, elektroinstalace, ocelové lávky a rozvod pitné vody).

#### ODVODNĚNÍ VIADUKTU VE STRAKONICÍCH

Začátkem srpna byly zahájeny práce na realizaci odvodnění viaduktu ve Strakonici. Investorem je Město Strakonice, které řeší naprosto nevyhovující stávající poměry, kdy dochází při intenzivních deštích k pravidelnému zaplavování železničního viaduktu. Pod viaduktem se pak kumulují srážkové vody a dosahují výše až 1.5 m nad povrchem vozovky a zcela ochromují dopravu na této frekventované komunikaci. K této situaci dochází prů-

ropiles for casting of the central pillar. Erection of the pillar formwork is being carried out; concrete casting is scheduled for the second half of September 2004.

#### THE CONSTRUCTION OF THE NEW CONNECTION BETWEEN THE PRAGUE MAIN STATION, MASARYK'S STATION, LIBEŇ, VYSOČANY, HOLEŠOVICE LAUNCHED

The contract for this significant railway construction, which will cap off the reconstruction of the Prague Rail Junction, was signed on 12 July 2004. The contractor is a joint venture named "The Prague Connection", having Skanska ŽS, a. s., as a leader, and other companies, i.e. Stavby silnic a železnic, a. s., Metrostav, a. s. and Subterra, a. s. as members. Among key structures of the project belong the Vítkov tunnels, i.e. two new double-rail tunnels under Vítkov hill, over 1.3 km long, with cut-and-cover sections 1150m and 1250m long.

The construction operations started in August 2004, with an unusually short delay after the contract award and execution of the contract.

#### COMMENCEMENT OF EXCAVATION OF THE PRAGUE METRO EXTENSION FROM LÁDVÍ TO LETŇANY IS CLOSE.

Whoever is currently driving through the Prague housing estate Prosek can witness that the work on the Prague subway line section IVC2 took run very fast, and it is nearly in full swing. The contractor, a joint venture of companies Metrostav, a. s. (the leader), Skanska CZ, a. s., and Subterra, a. s. started the work in July 2004. Today (September 2004), earthmoving operations in cut-and-cover tunnels in Prosek are in progress, and preparation for commencement of the tunnel driving is ending. Metrostav, a. s. is going to start excavation at the construction lot 13 (double-rail tunnels between the Prosek II and Letňany stations) in mid October 2004. They will utilize an access adit built from a site facility nearby the bus depot in Klíčově.

#### THE CENTRUM I.A COLLECTOR – VODIČKOVA STREET

Operations on the phase 0004 of the construction of the collector Centrum I.A, i.e. the section under Vodičková Street in Prague 1, started this year. On one side, the collector starts under the Wenceslas Square, where it passes a pedestrian underpass, then it continues along Vodičková Street to the Charles Square, where this phase terminates. Part of this construction lot is also a branch in V Jámě Street. In total, 10 shafts will be sunk at an aggregated depth of 123.89 m, and 1274.27m of the collector and 407.2m of house service connections will be driven. Full-face excavation will be applied to the collector, featuring a cross section area of 19.5 m<sup>2</sup>, within a larger portion of its length. The collector passes through sand-gravel terraces, in a part of the route a part of the cross section hits the bedrock. Larger portion of the works is under the water table level. This tunnelling job is extremely difficult due to existing buildings in the city centre, automobile and tram traffic above the collector, and the above-mentioned geology. The adopted excavation technique using jet grouting, together with careful structural support of endangered surface structures, should eliminate all the above-mentioned hazards. The construction is carried out by a joint venture of companies Subterra, a. s., and Metrostav, a. s., with Pragoprojekt, a. s. employed as the designer.

Division 1 of Metrostav, a. s., which performs about 50% of the construction work from the Wenceslas Square side up to (including) V Jámě Street, sunk shafts S 17a and S 17 c in Wenceslas Square, and the shaft 21 in V Jámě Street by the end of September 2004. In total, 63 m of the collector have been excavated (supported with shotcrete primary lining).

#### SEWERAGE NETWORK IN THE CITY OF BRNO – COLLECTORS 10 AND 11 IN SVOBODA SQUARE

In the framework of this project, Division 1 of Metrostav, a. s., as a member of a joint venture, builds collectors 10 and 11 in Svoboda Square. Those collectors are part of the project "Sewerage network in the City of Brno". The employer is the Centre for Regional Development Prague in collaboration with the Statutory City of Brno. The collectors are driven under the Brno centre, with surface traffic maintained, under a minimum overburden above the mined profiles. The collector is excavated through clayey rock with thin interbeds of saturated sands. Due to the shallow overburden, the excavation is complicated by collisions with remnants of old structures, sometimes even interesting for archaeologists, with old utility services (mostly unrecorded in the design documents), and some cellars of existing buildings.

Cross-section areas of the mined collectors vary from 5 m<sup>2</sup> (sewer service connections) to 33 m<sup>2</sup> (equipment chambers at depths about 2.5 m to 4 m under the surface). Total length of mined sections of the collectors including equipment chambers amounts to 550 m, total length of small-diameter mined service connections is 266 m. Today, prevailing part of the underground excavation is finished. Only the excavation of the equipment chamber TK 116 at the mouth of Česká Street to Svoboda Square remains unfinished. The work on waterproofing, secondary lining and casting of the bottom of the collectors is in progress. Completion of a prevailing part of the sewerage by the end of 2004 is also expected. Internal equipment of the collectors (reinforced concrete partitions, ventilation, electrical services, steel walkways and distribution of potable water) is scheduled for the next year.

#### DRAINAGE OF A VIADUCT IN STRAKONICE

The work on drainage of a viaduct in Strakonice started at the beginning of August. The owner, the municipality of Strakonice, solves absolutely inadequate

měrně šestkrát v roce.

Technicky se jedná se o kompletně ražený kanalizační sběrač v celkové délce 1117 bm o vnitřním průměru 2,0 m, který bude ukončen odlehčovací komorou s přepadem do řeky Otavy. Vzhledem k hydrogeologickým poměrům v trase budoucího sběrače jsou navrženy dvě odlišné technologie provádění ražeb.

První úsek, který je charakteristický zvodněnými šterkopisky, bude realizován ražbou mechanizovaným štítem Tauber DN 2000 mm v délce 663 bm ve čtyřech úsecích o průměrné délce 165 bm. Ostění štoly budou tvořit speciální železobetonové segmenty (3 ks na jeden věnec) o délce 0,75 m. Charakteristické je, že ačkoliv se jedná o primární ostění, garantuje již vodotěsnost a není potřeba další sekundární obezdívky, která by tuto funkci plnila. Pouze v dolní části stoky bude proveden keramický obklad z důvodu větší odolnosti vůči obrusu.

Druhý úsek, který bude realizován ve skalním masívu (navětralé ruly), bude realizován pomocí klasicky ražené štoly za použití trhacích prací malého rozsahu v délce 454 bm. Do vyražené štoly o výřubu 6,9 m<sup>2</sup> bude následně monoliticky vybetonován profil průměru 2,0 m.

Generálním projektantem díla je Hydroprojekt, a. s., divize České Budějovice a stavbu provádí sdružení firem „Stoka Strakonice“ reprezentované firmami INGSTAV Brno, a. s. a Ingstav Ostrava, a. s. Lhůta výstavby bude 12 měsíců při celkových investičních nákladech 113,6 mil. Kč.

Ing. Miloslav Novotný

te current condition of the railway viaduct, which is regularly flooded during intensive rainfalls. Storm water accumulates under the viaduct, reaching up to a level of 1.5 m above the roadway surface, thus completely blocking traffic on this frequented road. In average, this situation occurs six times in a year.

In technical terms, the task is to build a 2.0 m-diameter interceptor sewer, mined along its entire length (1117 m). The sewer will terminate in a relief chamber overflowing to the Otava River. Due to hydrogeological conditions along the route of the sewer to be built, two different excavation techniques were proposed.

The first section, which is characterised by saturated sand-gravel, will be driven using a tunnel boring machine Tauber DN 2000 mm. This 663 m long section will be divided into four sections with an average length of 165m. The tunnel lining will consist of special reinforced concrete segments 0.75 m long (3 pcs in one ring). The feature of this system is that this single shell lining guarantees waterproofing in the tunnel, and no other secondary lining fulfilling this function is necessary. Ceramic cladding will be provided at the bottom of the sewer to improve the resistance of the lining to wear.

The other section, 454m long, will be driven through a rock mass (slightly weathered gneiss) using a conventional method, small-scale drill-and-blast operations. The excavated cross section area of the tunnel will be 6.9 m<sup>2</sup>. A 2.0m-diameter profile will be created in this tunnel subsequently, using cast-in-situ concreting procedures.

General designer of the project is Hydroprojekt, a. s., Division České Budějovice, the contractor is a joint venture of companies "Stoka Strakonice" ("Sewer Strakonice") represented by companies INGSTAV Brno, a. s., and Ingstav Ostrava, a. s. The construction work will take 12 months, total investment costs will amount to 113.6 million CZK.

## ŽIVOTNÍ JUBILEA

### LIFE JUBILEES

#### ŠEDESÁTINY ING. LIBORA HÁJKA



#### ING. LIBOR HÁJEK'S SIXTIETH

Oslavil své jubileum v srpnu letošního roku. Narodil se v Praze a v počátku své životní dráhy se věnoval telekomunikacím, kdy řadu let pracoval na Správě dálkových kabelů, což ho hodně přiblížilo i stavbařské profesi. Přestože nesměl několik let studovat, podařilo se mu ve zralejším věku začít studovat a s úspěchem dokončit Vysokou školu dopravní v Žilině.

Velký obrat v jeho životě znamenal nástup do VIS Praha, kde měl možnost se ve funkci náměstka ředitele podílet na výstavbě základního komunikačního systému v Praze. Z této doby je za ním celá řada staveb pozemních komunikací a například i Barrandovský most.

Zkušenosti z velkých staveb mu pomohly i při rozvíjení společnosti Eltodo, kterou v roce 1991 zakládala. Vůbec první zakázky se týkaly metra, a to rekonstrukce řízení energetiky, kde byly použity velmi progresivní řídicí systémy General Electric. První velký a úspěšně zvládnutý projekt byl řídicí systém Strahovského tunelu. Jeho osobní zásluhou je, že se od té doby společnost vyprofilovala na obor řízení tunelů a tunelových technologií, kde má vlastní a originální know-how. Po tunelu Strahov následují dva řídicí systémy a řídicí centrála v Brně, čtyři tunely v Turecku atd. Vždy a v každé situaci postupuje ing. Hájek lidsky a snaží se s optimismem překonávat vzniklé problémy.

Ing. Hájek je řadu let členem Vědecké rady Fakulty dopravní ČVUT a od letošního roku je i členem Vědecké rady Univerzity Žilina. Jeho životním krédem je podporovat mladé lidi, a i proto prosadil v Eltodu vlastní učiliště a od letošního roku je i akreditována průmyslová škola.

Do dalšího osobního i profesního života přeje kolektiv spolupracovníků jubilantovi mnoho zdraví a nevyčerpatelného optimismu.

Prof. Ing. Pavel Příbýl, CSc.

He celebrated his jubilee birthday this year, in August. He was born in Prague, and, at the beginning of his career, he turned to telecommunications, working for several years with the Long-Distance Administration. This job got him quite close to the civil engineering profession. Despite the fact that he was not allowed to study for several years, he managed to start studies as an adult man, and successfully graduate from the Traffic Engineering University in Žilina.

Joining VIS Praha meant a significant turn in his life. In the position of a deputy director, he had an opportunity to participate in development of the base communication system in Prague. At that time he finished several road projects, for instance the Barrandov Bridge.

Experience from large projects helped him also in developing the Eltodo company, founded by himself in 1991. Initial contracts were connected with the Prague subway construction, namely reconstruction of the power control system, with application of highly progressive control systems designed by General Electric. The first large and successfully implemented project was the control system for the Strahov tunnel. It is thanks to him that the company has specialised in the branch of tunnel control and tunnel equipment, where it has its own original know-how. Two control systems and a control centre in Brno, four tunnels in Turkey and other contracts followed after the Strahov tunnel. Always and in any situation does Ing. Hájek behave as a human, trying to overcome problems optimistically.

For many years Ing. Hájek has been a member of scientific boards of the Czech Technical University, the Faculty of Traffic Engineering, and since this year he is also a member of the Scientific Board of the University in Žilina. His life's credo is to support the youth. Also for this reason he pushed through his idea of Eltodo's own apprentice training centre, which has also become a certified technical college this year. The team of his fellow-workers wish Ing. Hájek good health and inexhaustible optimism in his personal as well as professional life.

## TECHNICKÉ ZAJÍMAVOSTI

## TECHNICAL MATTERS OF INTEREST

## LASEROVÝ SKENOVACÍ SYSTÉM PRO KONTROLU TUNELŮ

Laserové skenovací systémy (LSS) se již uplatnily při zaměřování složitých technologických celků, konstrukcí a staveb stejně jako při jejich budování. Topografické mapování terénních útvarů a povrchů různých objektů patří k dalším možnostem jejich uplatnění. Do této kategorie právě spadá využití v podzemních prostorech, jako jsou tunely nebo jeskyně [1].

Německá firma SPACETEC Datengewinnung GmbH ve Freiburgu [2] vyvinula LSS Spacotec TS 360 (obr. 1) speciálně navržený pro měření v tunelech. Tento systém slouží pro rychlé zmapování povrchu tunelu, kdy výsledkem je určení tvaru tunelové trouby, vizualizace a termografická mapa povrchu. Získané informace jsou uloženy v počítači a pomocí softwaru TUVIEW je lze dále analyzovat podle potřeby v kanceláři, aniž by bylo nutné provést další fyzickou návštěvu tunelu.

Systém se skládá ze skeneru a z řídicí počítačové jednotky. Samotný skener (obr. 1) má tvar kvádrů, na jehož přední stěně je umístěna rotační laserová hlavice. Je upevněn na konzoli na čele měřicího vozu, ve kterém je umístěna řídicí počítačová jednotka. Laserová hlavice se otáčí 360 krát za sekundu a v kombinaci s pohybem měřicího vozu rychlostí 2,5 až 10 km/h vytváří hustou spirálu bodů (pixelů). Počet bodů v jedné spirále může být 2500 a rychlost vozu je 10 km/hod, 5000 a rychlost 5 km/hod, nebo 10000 a rychlost 2,5 km/hod. Dosah laserového dálkoměru je 8 m (lze skenovat tunely o průměru až 16 m). Přesnost systému je 10 mm. Měřicím vozem může být libovolný kolejový dopravní prostředek, na který se dá upevnit konzole se skenerem a je v něm dostatek místa pro řídicí jednotku s obsluhou.

Spacotec nabízí tři různé výsledky: vizualizaci, termografii a profily.

**Vizualizace** slouží k vytvoření kompletního a objektivního obrazu celého tunelu. Ten lze využít k vizuální kontrole tunelu bez nutnosti tunel fyzicky projít a k vytvoření mapy prasklin (obr. 2), kdy je možné detekovat praskliny už od 0,3 mm (obr. 3). Tento záznam je samozřejmě uchováván v digitální podobě a pokud se po určitém čase provede měření znovu, program TUVIEW obsahuje funkci na automatické porovnání obrazů z prvního a druhého měření.

Při **termografii** se určuje tepelná vodivost stěny a je vytvořena termografická mapa povrchu tunelu (obr. 3). Z toho lze vyčíst, kde je povrch tunelu suchý a kde vlhký. Dokonce lze z termografie odvozovat jiné materiálové složení

## LASER SCANNING SYSTEM FOR TUNNEL CHECKING

Laser scanning systems (LSS) have already been utilised in surveying complex technological units and structures, both completed ones and those under construction. Topographic mapping of landforms and surfaces of various objects is another option of how to apply them. This category also contains the application in underground spaces such as tunnels or caves [1].

SPACETEC Datengewinnung GmbH, a Freiburg-based German company, developed the LSS Spacotec TS 360 (see Fig. 1), designed especially for measuring in tunnels. This system is used for quick mapping of tunnel surfaces. Its results are: determination of the tunnel tube geometry, visualisation and thermographic map of the surface. Collected data is downloaded to a computer, and can be further analysed in an office room using TUVIEW software, without any need for other visits to the tunnel. The system consists of a scanner and a control unit. The scanner proper (see Fig. 1) is a cube in shape, with a spinning laser head attached to its front side. The scanner is fixed to a bracket, at the head of a measuring car carrying the control computer unit. The laser head spins 360 rev/sec and, in combination with the measuring car moving ahead at a speed of 2.5 to 10 km/h, creates a dense spiral of points (pixels). The number of points in a single spiral can be either 2500 (for the car speed 10 km/hour), 5000 for the speed 5 km/hour, or 10000 (2.5 km/hour). The laser distance meter range of 8 m allows scanning tunnels up to 16 m in diameter. The system's accuracy is 10 mm. Any rail-mounted vehicle can be used as the measuring car that allows installation of a bracket holding the scanner and provides sufficient space for the control unit and operators.

The Spacotec offers three different outcomes: visualisation, thermography and cross sections.

**Visualisation** is used for elaboration of a comprehensive and objective image of the entire tunnel. It can be utilised for visual checking of the tunnel without a need for a physical visit, and for development of a map of fissures (see Fig. 2), allowing identification of fissures from 0.3 mm wide (see Fig. 3). Of course, this record is maintained in a digital form, and the TUVIEW software contains a function allowing automatic comparison of the corresponding images in case of a repeated measurement carried out after a certain time.

**Thermography** means determination of thermal conductivity of the wall, and development of a thermal map of the tunnel surface (see Fig. 3). The map can be used for identification of dry and wet portions of the tunnel surface. Even spots with material composition differing from that in the neighbourhood, and what is

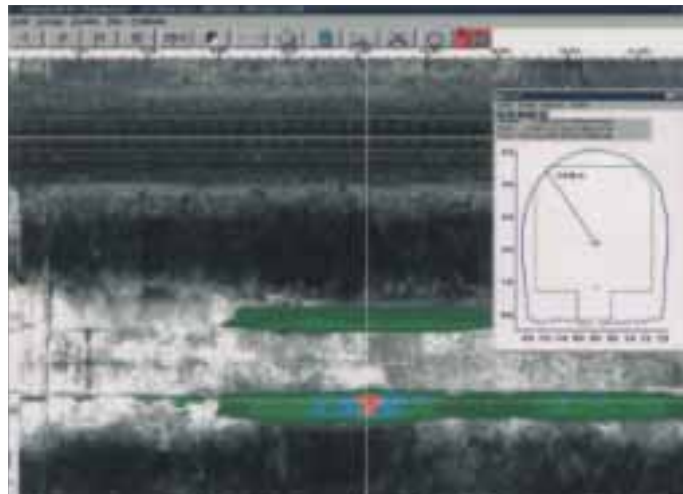


Obr. 1 Skener Spacotec TS 360 na měřicím voze  
Fig. 1 Spacotec TS 360 scanner on a measuring car



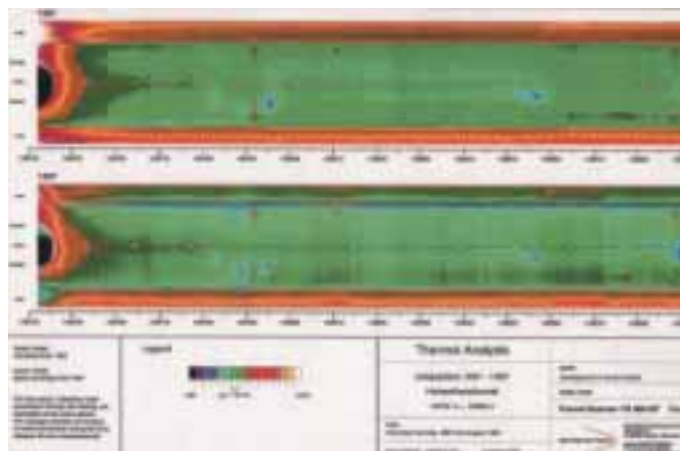


Obr. 2 Zobrazení povrchu tunelu s vyznačenými prasklinami  
Fig. 2 Tunnel surface map with marked fissures



Obr. 4 Kontrola průjezdnosti profilu - barevně jsou označena místa kolize  
Fig. 4 Checking on passability of the profile - collision spots are distinguished by colours

ostění, než je v okolí, a co je za ostěním. Každý podrobný bod ve spirále má kromě obrazu pro vizualizaci i prostorové souřadnice sloužící pro určení tvaru tunelové trouby. Toho lze využít pro získání příčných profilů a různých řezů. Program TUVIEW také obsahuje funkci, ve které lze vytvořit různé průjezdní profily dopravních prostředků a zkontrolovat, jestli jsou schopny projet tunelem, aniž by zavadily o stěny, a zobrazit kritická místa případného kontaktu (obr. 4). Tato funkce vytvoří v celé délce tunelu jeho barevný plán, kde jednotlivé barvy představují vzdálenost dopravního prostředku od ostění. Dále lze simulovat například snížení kolejového svršku pro zlepšení průjezdnosti.



Obr. 3 Termografický plán tunelu  
Fig. 3 Thermographic plan of the tunnel

Z takto provedených simulovaných jízd a úprav může správce tunelu usoudit, jestli rozměrný dopravní prostředek je schopen jeho tunelem projet bez problémů nebo s drobnými stavebními úpravami, či je nutno zvolit jinou trasu.

Skener měří délky od rotační hlavy ke povrchu tunelu, zná přesné natočení hlavy, svou polohu a hodnotu staničení, ve kterém se nachází. V kolejových tunelech je poloha skeneru dána osou koleje, u silničních tunelů polohu skeneru vypočítá řídicí jednotka. Metoda a postup tohoto výpočtu jsou samozřejmě firemním tajemstvím (podle výrobce jsou v podstatě jednou z mála firem nebo dokonce jedinou, která dokáže měřit v silničních tunelech s uvedeným principem skeneru).

Firma SPACETEC nenabízí svůj výrobek k prodeji, ale nabízí služby prováděné systémem Spacetec 360 firemními zaměstnanci. Jedná se především o zaměření železničních a silničních tunelů. Z hlediska finančního je vhodné zaměřovat několik tunelů o co největší délce (např. v Belgii bylo provedeno zaměření všech železničních tunelů najednou, jejich délka je mimochodem přibližně stejná jako u nás). Výsledky měření se předávají především správci těchto tunelů, neboť on si toto měření nejčastěji objedná a používá ho při provozu těchto tunelů.

Nezaměřují se jen staré tunely. Měření v nových je prováděno především pro provoz tunelů, a také pro kontrolu stavby při předávání dodavatelem. Po několika letech (většinou na konci záruční lhůty) se provede druhé měření, které se porovná s prvním. Případné závady jsou poté odstraněny v rámci záruky a nezatěžují rozpočet provozovatele (podobné měření provedla firma na nových dálničních tunelech v Itálii).

Laserové skenovací systémy patří k nejnovějším metodám pro pořizování prostorových dat. Poskytují data v takové hustotě, přesnosti a rychlosti, že v některých aspektech neexistuje srovnání se stávajícími klasickými metodami měření. Metoda LSS umožňuje získat požadovaná data ve velmi krátkém časovém horizontu při výrazném snížení nákladů na vlastní měření a odstávky provozu. LSS Spacetec 360 umožňuje zachycovat miniaturní trhliny (od 0,3 mm) ve stěně tunelu vizualizačním způsobem, termografický záznam a určování profilů tunelu a různých průjezdných profilů.

behind the tunnel lining, can be deduced from the thermography.

Each particular point of the spiral has, in addition to the image for visualisation, also three-dimensional co-ordinates allowing determination of the tunnel tube geometry. This can be applied in obtaining cross sections and other sections. The TUVIEW program also contains a function allowing development of various vehicle clearance envelopes and checking whether the particular vehicles can pass through the tunnel without touching the walls, and marking out critical touching points (see Fig. 4). This function develops a coloured map of the entire tunnel along its length. Particular colours represent the distance of the measuring car from the lining. In addition, for instance, lowering of the track with an

aim of improving the tunnel passability can be simulated. Such simulated measuring car travels and modifications can serve the tunnel administration as a basis for assessment whether a sizable vehicle can pass through the tunnel without problems or after minor construction work, or another route has to be chosen.

The scanner measures distances from the spinning head to the tunnel surface, knows exact skew of the head, its position and chainage that it is found at. The scanner position in railway tunnels is given by the centre line of the track; the position in road tunnels is calculated by the control unit. The calculation method and procedure are, of course, a company secret (according to the manufacturer, the company is one of a small number companies, or even the only company, capable of measuring in road tunnels using the above mentioned scanner principle).

SPACETEC do not offer their product for sale. They offer their services carried out using the Spacetec 360 system by their company's employees. Railway and road tunnels are surveyed above all. In financial terms, it is advantageous if several tunnels having the longest possible lengths are surveyed (for instance all Belgium railway tunnels were surveyed in one operation; by the way, their length is roughly the same as in our country). The measurement results are handed over to tunnel administrators, as they order the surveys most frequently and use the results in the tunnel operation.

Only old tunnels are not surveyed. Survey of new tunnels is conducted for the purpose of application in the operation, but also for construction checking in the phase of the construction handing over to the client. Second measurement is carried out after several years, mostly at the end of the warranty period, to be compared with the first one. Defects, if any, are removed in the framework of the warranty, and they do not burden operator's budget. (New motorway tunnels in Italy were surveyed by the company similarly.)

Laser scanning systems belong among the state-of-the-art methods of three-dimensional data acquisition. They provide data so dense, exact and so quick that, in some aspects, there no comparison exists with existing traditional measurement methods. The LSS method allows acquisition of required data within a very short time horizon, at significant reduction of costs incurred due to the measurement proper and the tunnel outage. The LSS Spacetec 360 allows identification of miniature fissures (from 0.3 mm) in tunnel walls visually, thermographic recording, and determination of tunnel cross sections and various clearance profiles.

**LITERATURA:**

- [1] KAŠPAR, M.- POSPÍŠIL, J.-ŠTRONER, M.- KŘEMEN, T.- TEJKAL, M.: Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. Vydavatelství Vega spol. s r. o. Hradec Králové, 2003 ISBN 80-900860-3-9, s 111.  
 [2] Firemní literatura SPACETEC

Článek byl zpracován v rámci VZ MŠMT ČR J 04-098:21000022 "Laserová technika v metrologii".

**REFERENCES:**

- [1] KAŠPAR, M.- POSPÍŠIL, J.-ŠTRONER, M.- KŘEMEN, T.- TEJKAL, M.: *Laserové skenovací systémy ve stavebnictví*. Publishing house Vega spol. s r.o. Hradec Králové, 2003 ISBN 80-900860-3-9, s 111.  
 [2] SPACETEC company brochure

Ing. Tomáš Křemen, doc. Ing. Milan Kašpar, CSc.

**SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES****SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES REPORTS****SPRAVODAJSTVO Z KONFERENCIE „VÝZNAM TUNELOV V DOPRAVE“  
REPORTS FROM THE CONFERENCE “TUNNELS IMPORTANCE IN TRANSPORTATION”**

Slovenská tunelárska asociácia ITA/AITES zorganizovala v spolupráci Slovenskou cestnou spoločnosťou pri Slovenskej správe ciest konferenciu so zahraničnou účasťou „Význam tunelov v doprave“.

Konferencia sa konala v dňoch 16. – 18. 6. 2004 v hoteli Permon, Podbanské. Napriek pomerne krátkej dobe prípravy vyvolala konferencia značný záujem u domácej i zahraničnej odbornej verejnosti, ktorý presiahol pôvodné predpoklady organizátorov. Dôvodom bol pravdepodobne aj fakt, že posledná podobná konferencia sa na Slovensku konala v roku 1995 v Poprade. Na konferencii sa zúčastnilo 123 účastníkov zo Slovenska, 61 z Českej republiky a 25 z ostatného zahraničia (Poľsko, Rakúsko, Švajčiarsko, Nórsko, Japonsko), čo znamenalo celkový počet 209 účastníkov.

Záštitu nad podujatím prevzal minister dopravy, pošta a telekomunikácií Ing. Pavol Prokopovič. V jeho mene konferenciu pozdravil riaditeľ odboru cestnej infraštruktúry Ing. Marián Miškovič, ktorý zároveň informoval o zámeroch ministerstva vo výstavbe diaľnic a tunelov na Slovensku. Konferenciu slávnostne otvoril Ing. Robert Turanský, predseda slovenskej tunelárskej asociácie. Za Český tunelársky komitét ITA/AITES pozdravil prítomných prof. Aldorf. Vlastné rokovanie konferencie bolo rozdelené do štyroch pracovných sekcií, v ktorých bolo prednesených celkom 29 príspevkov a 6 firemných prezentácií. Aktívny záujem odbornej verejnosti odráža zborník konferencie, v ktorom je publikovaných 69 príspevkov.

V sekcií A s názvom „Príprava a projektovanie tunelov pri zohľadňovaní ekologických a ekonomických aspektov“ bolo prednesených 11 príspevkov. Odznali zaujímavé príspevky týkajúce sa inžiniersko-geologického prieskumu pre výstavbu diaľničných tunelov, veľkých pripravovaných a budovaných stavieb

na Slovensku, akými sú tunely Višňové, Bôrik a Sitina, ako aj švajčiarskeho tunelárskeho megaprojektu Tunel St.Gotthard.

V sekcií B „Výstavba a rekonštrukcia tunelov“ odznelo 8 príspevkov. Tieto sa týkali najmä cestných tunelov vo výstavbe (Sitina, Panenská, San Bernardino), ale i tunelov podzemných dráh (Mníchov, Stuttgart). Podnetné bolo porovnanie dvoch odlišných tunelárskych technológií (NATM, TBM) pri realizácii konkrétnych tunelových stavieb vo Švajčiarsku.

V sekcií C s názvom „Technologické vybavenie a bezpečnosť tunelov“ odznelo 7 príspevkov. Viaceré z nich sa venovali vetraniu a požiarnejmu vetraniu cestných tunelov, jednak všeobecne, jednak konkrétne tunelom Branisko a Mrázovka. Zaujímavé boli príspevky, v ktorých sa porovnávali požiadavky európskej smernice o bezpečnosti tunelov s úrovňou aplikovaného technologického vybavenia slovenských diaľničných tunelov.

V sekcií D s názvom „Správa a prevádzkovanie tunelov“ boli prednesené 3 príspevky. Obzvlášť aktuálnym bol príspevek venujúci sa správe a prevádzke tunela Branisko, ako prvého prevádzkovaného diaľničného tunela na Slovensku. Zahraničie reprezentovali príspevky venujúce sa pražskému tunelu Mrázovka a tunelu Flims v Švajčiarsku.

Na záver konferencie sa uskutočnili odborné exkurzie, kde si záujemcovia z radov účastníkov konferencie mohli vybrať medzi prehliadkou tunela Branisko, únikovej štôlne Višňové, či v súčasnosti dokončovaného tunela Horelica. Nielen účasť, ale aj odozva odbornej verejnosti bola veľmi priaznivá, takže organizátori konferencie mohli uzatvoriť hodnotenie konferencie slovom úspešná.

Ing. Miloslav Frankovský



Obr.1 Slávnostné otvorenie konferencie  
Fig. 1 Conference festive opening



Obr. 2 Impozantný Kriváň vytváral konferencii neprehliadnutelnú kulisu  
Fig. 2 Mt Kriváň was dominant in the view of the surrounding Tatra Mountains

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

## MEMBER ORGANISATIONS 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.**  
Pílovská 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

**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.**  
Václavská 38/116  
619 00 Brno

**INGSTAV, a. s.**  
Novoská 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 Rostoky 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:

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

**AMBERG Engineering Slovakia, s. r. o.**  
Záhradnícka 27  
811 07 Bratislava

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

**DEGUSSA Stavebné hmoty, s. r. o.**  
ul.1.mája 4  
010 01 Žilina

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

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

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

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

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

**GEOTECHNIK, spol. s r. o.**  
Chrapčiakova ul.7  
052 01 Spišská Nová Ves

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

**CHÉMIA-SERVIS, spol. s r. o.**  
Vavilova ul.5  
851 01 Bratislava

**INCO BANSKÉ PROJEKTY**  
Miletičova ul.23  
821 09 Bratislava

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

**ING. JÁN FABRICKÝ ŠPECIÁLNE ČINNOSTI**  
Kuklovská 60  
P.O.BOX 20  
841 05 Bratislava

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

**MAGISTRÁT hl. m. SR**  
Primaciálne nám.1  
814 99 Bratislava

**PRIRODOVEDECKÁ FAKULTA UK**  
Kat.inž.geológie  
Mlynská dolina G  
842 15 Bratislava

**SLOVENSÁ SPRÁVA CIEST**  
Miletičova ul.19  
826 19 Bratislava

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

**SOLHYDRO, spol. s r. o.**  
Ponónska cesta 17  
P.O.BOX 169  
850 00 Bratislava

**STI, spol. s r. o.**  
Hlavná 74  
053 42 KROMPACHY

**STU, Stavebná fakulta**  
Katedra geotechniky  
Radlinského 11  
813 68 Bratislava

**TECHNICKÁ UNIVERZITA**  
Kat.dobývania ložísk a geotech.  
Letná ul.9  
042 00 Košice

**TERRAPROJEKT, a. s.**  
Podunajská ul.24  
821 06 Bratislava

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

**ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV**  
Watsonova ul.45  
043 53 Košice

**VÁHOSTAV-Tunely a špec.zakladania, a. s.**  
Hlínská 40  
012 16 Žilina

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

**VUIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.**  
Stará Vajnorská cesta 16  
832 44 Bratislava

**ŽELEZNICE SR**  
Klemensova 8  
813 61 Bratislava

**ŽILINSKÁ UNIVERZITA**  
Staveb.fak., Katedra geotechniky  
Komenského ul.52  
010 26 Žilina

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

**ZAKLADANIE STAVIEB, s. r. o.**  
Pri Habánskom mlyne 30  
811 04 Bratislava

# ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

## CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA/AITES REPORTS

### PŘÍPRAVA WTC 2007 V PRAZE ZAHÁJENA

Po úspěšné volbě Prahy jako místa konání Světového tunelářského kongresu WTC 2007 pověřilo Valné shromáždění ČTuK své předsednictvo, aby neprodleně podniklo vše potřebné k zahájení přípravy. Prvním krokem bylo ustavení řídicích orgánů kongresu, tj. Organizačního výboru, Vědecké rady a Poradního sboru ITA/AITES. Organizační výbor v čele se svým předsedou Ing. Romancovem, CSc., pozval pak generálního sekretáře ITA p. Claude Berenguiera z Lausanne k návštěvě Prahy, aby s ním projednal návrh kontraktu na uspořádání kongresu a seznámil ho s navrženými prostory, v nichž se budou odborné i společenské akce kongresu konat. Jednání proběhlo úspěšně a pan Berenguier si prohlédl Kongresové centrum, schválil rozdělení místností pro účely Valného shromáždění a sekretariátu ITA, navštívil Obecní dům, Rudolfinum, Španělský sál a další objednané prostory Pražského hradu. Pro zajištění vysoké účasti světové odborné veřejnosti na kongresu je však nutné, aby i naši odborníci v hojném počtu prezentovali české tunelářství na předcházejících kongresech v Istanbulu v roce 2005 a v Soulu v roce 2006, kam je ještě možno přihlásit abstrakty příspěvků.

### PREPARATION OF THE WTC 2007 IN PRAGUE HAS BEEN STARTED

After the successful election of Prague as hosting city of the World Tunnel Congress 2007 the Council of the Czech Tunnelling Committee ITA/AITES has been authorized by its General Assembly to begin preparation of the congress without delay. Setting up the main executive bodies, namely the Organizing Committee, Scientific board and Advisory Committee of the congress, has become the first step of its activity. The Organizing Committee chaired by G. Romancov then invited Mr. Claude Berenguier, ITA Secretary General from Lausanne, to Prague. The main aim of this visit was negotiation on the draft of the WTC contract and acquainting Mr. Berenguier with the proposed rooms where the professional and social events of the congress would take place. The meeting was successful, the rooms both for the congress and ITA General Assembly and Secretariat in the Prague Congress Centre were agreed and the Municipal House, Rudolfinum, Spanish Hall and other rooms of the Prague Castle were visited. For the high participation of world tunnelling experts to the WTC in Prague the presentation of the Czech tunnelling by our numerous specialists to the forthcoming congresses in Istanbul 2005 and Soul 2006 is extremely desirable. Abstracts of papers for Soul are still accepted.

Ing. Karel Matzner

### REDAKCE SI DOVOLUJI UPOZORNIT NA VYDÁNÍ REVIDOVANÝCH TECHNICKÝCH PODMÍNEK

### THE EDITOR'S OFFICE WOULD LIKE TO CALL READERS' ATTENTION TO PUBLICATION OF REVISED TECHNICAL SPECIFICATIONS

### TP 98 - TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

V souvislosti se vstupem České republiky mezi členské země Evropské unie od 1. května t. r. byly práce na revizi textu TP 98 ovlivněny příslušnými dokumenty EU, které byly v revizi textu zohledněny. Jedná se zvláště o Směrnici Evropského parlamentu a Rady o minimálních bezpečnostních požadavcích pro tunely na evropské silniční síti (č. 2004/54/EC - Brusel - 29. dubna 2004).

Nově vydané TP 98 představují aktualizaci předchozích TP 98 z roku 1997 a svým významem a okruhem řešených problémů budou jistě velmi účelnou pracovní pomůckou pro odborníky, zabývající se projektováním, výstavbou i provozováním silničních tunelů na pozemních komunikacích.

Členění textu se prakticky neliší od předchozích TP 98. Text pojednává problematiku, o jejímž členění a náplni vypovídá zde uvedený obsah nově vydaných TP 98.

- Všeobecná kapitola, použité zkratky, citované a související právní předpisy a normativní dokumenty
- I. Technologické vybavení tunelu
- II. Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnostního vybavení
- III. Dopravní systém
- IV. Osvětlení tunelu
- V. Větrání tunelu
- VI. Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební úpravy
- VII. Spojovací a dorozumivací zařízení
- VIII. Požární zabezpečení
- IX. Systém videodohledu
- X. Řídicí systém tunelu
- XI. Zásobování elektrickou energií
- Přílohy: Metodika návrhu osvětlení tunelu ve dne  
Výpočet množství přiváděného vzduchu

Revidované TP 98 jsou schváleny Ministerstvem dopravy ČR a jsou distribuovány akciovou společností ELTODO EG (kontakt pro objed-

### TS 98 - ROAD TUNNEL EQUIPMENT

In the context of the entry of the Czech Republic among the member countries of the European Union since 1 May 2004, the work on the revision of the TS 98 text was affected by relevant EU documents, which were taken into consideration in the revision. The EU documents in question are, above all, the Directive of the European Parliament and of the Council on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European road network (No. 2004/54/EC-Buxelles-29 April 2004).

The new TS 98 are the updated previous TS 98, published in 1997. They will, because of their importance and range of solved issues, certainly become an effective tool for professionals working in the fields of design, construction and operation of road tunnels.

Division of the text does not practically differ from the previous TS 98. The text deals with issues whose division and content are obvious from the below-mentioned contents of the new TS 98:

- General chapter, list of abbreviations, quoted and related legal regulations and normative documents
- I. Tunnel equipment
- II. Categorisation of tunnels according to safety equipment
- III. Traffic system
- IV. Tunnel lighting
- V. Tunnel ventilation
- VI. Safety equipment and safety structural details
- VII. Communication system
- VIII. Fire provision
- IX. Television surveillance
- X. Tunnel management system
- XI. Power supply system
- Annexes: Methodology of day-time tunnel lighting  
Air supply calculation

The revised TS 98 are approved by the Ministry of Transport of the CR, and are distributed by ELTODO EG, a. s. (contact for ordering - Mrs. Zdenka Pitrova, tel. 261 343 704, pitrovaz@eltodo.cz

### ZVEME VÁS NA 10. MEZINÁRODNÍ SEMINÁŘ ZPEVŇOVÁNÍ, TĚSNĚNÍ A KOTVENÍ HORNINOVÉHO MASIVU A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ 2005

Hotel ATOM, Zkrácená 2703, Ostrava-Zábřeh, 3. - 4. února 2005

Pořadatel: VŠB-TU Ostrava a CarboTech-Bohemia, s. r. o.

VŠB-TU Ostrava, FSv, tel.: 596 991 943, fax: 596 991 944, e-mail: Hana.Sedlarova@vsb.cz

Příhlášky do 24. ledna 2005