

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)



UNDERGROUND CONSTRUCTION
OUVRAGES SOUTERRAINS
UNTERTAGEBAUTEN
ПОДЗЕМНОЕ СООРУЖЕНИЯ
PODZEMNÍ STAVBY

PRAGA
18.-20. 11
2003

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

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

ČTuK:

ABP, a. s.

Náměstí Hrdinů 6
140 00 Praha 4

AMBERG ENGINEERING BRNO, a.s.

Ptašinského 10
602 00 Brno

ANGERMEIER ENGINEERS, s.r.o.

Pilovská 216
190 16 Praha 9

AQUATIS, a.s.

Botanická 56
656 32 Brno

CARBOTECH-BOHEMIA, s.r.o.

Lihovarská 10
716 03 Ostrava-Radvanice

ČERMÁK A HRACHOVEC, s.r.o.

Smíchovská 31
155 00 Praha 5 - Řeporyje

ELTODO, a.s.

Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4

ENENERGIE KLADNO, a.s.

Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

EREBOS, s.r.o.

Malé Svatoňovice 249
542 34

GEOTEC GS, a.s.

Chmelová 2920/6
106 00 Praha 6

GEOTEST BRNO, a.s.

Šmahova 112
659 01 Brno

ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.

Jirsíkova 5
186 00 Praha 8

INGSTAV, a. s.

Noveská 22
709 06 Ostrava - Mariánské Hory

INGUTIS, s.r.o.

Třeboradická 1/1275
182 00 Praha 8

INSET, s.r.o.

Novákových 6
180 00 Praha 8

INŽENÝRING

DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.

Na Moráni 3
128 00 Praha 2

KANKOL, s.r.o.

Nový Jáchymov 48
267 03 Hudlice, okr. Beroun

KELLER SPECIÁLNÍ ZAKLÁDÁNÍ, s.r.o.

K Ryšánce 16
147 54 Praha 4

METROPROJEKT PRAHA, a.s.

I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2

METROSTAV, a.s.

Koželužská 5
180 00 Praha 8

OKD, DBP PASKOV, a.s.

739 21 Paskov

POHL cz, a.s.

Nádražní 25
252 63 Roztoky u Prahy

PŮDIS, a.s.

Nad vodovodem 2/169
100 00 Praha 10

SATRA, s.r.o.

Podhoří 2879
276 01 Mělník

SG GEOTECHNIKA, a.s.

Geologická 4
150 00 Praha 5

SOLETANCHE ČR, s.r.o.

K Botiči 6
101 00 Praha 10

ČVUT STAVEBNÍ FAKULTA

Thákurova 7
166 29 Praha 6

VUT STAVEBNÍ FAKULTA

Veveří 95
662 37 Brno

SUBTERRA, a.s.

Bezová 1658
147 14 Praha 4

SUDOP, a.s.

Olšanská 1a
130 80 Praha 3

TUBES, s.r.o.

Londýnská 29
123 00 Praha 2

ÚSTAV GEONIKY AV ČR

Studentská ul. 1768
708 33 Ostrava-Poruba

VIS, a.s.

Bezová 1658/1
147 00 Praha 4

VOKD, a.s.

Českosobotská 7
701 40 Ostrava

VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ- TU OSTRAVA

tř. 17. listopadu
708 33 Ostrava-Poruba

ZAKLÁDÁNÍ GROUP, a.s.

Rohanský ostrov
180 00 Praha 8

ŽS BRNO, a.s.

závod MOSAN
Burešova 17
660 02 Brno

STA:

BANSKÉ STAVBY, a.s.

Košovská cesta 16
971 01 Prievidza

DOPRASTAV, a.s., GR

Drieňová 27
826 56 Bratislava

DOPRAVOPROJEKT, a.s.

Kominárska 2
823 03 Bratislava

GEOCONSULT, spol. s r.o.

Drieňová 27
826 56 Bratislava

GEOMONTA, spol. s r.o.

Sebedražská cesta 7
971 01 Prievidza

GEOTECHNIK, spol. s r.o.

Spišská Nová Ves

GEOSTATIK, spol. s r.o.

Bytčická 32
010 39 Žilina

GEOFOS, spol. s r.o.

Veľký diel 3323
010 08 Žilina

HYDROSTAV, a.s.

Miletičova 21
820 06 Bratislava

HYDROTUNEL

Mojmírova 14
972 01 Bojnice

HORNONITRIANSKE BANE, a.s.

ul. Matica slovenskej 10
971 71 Prievidza

CHÉMIA-SERVIS

Kopčianska 65
851 01 Bratislava

INCO, a.s.

Prí starej prachárni 14
831 50 Bratislava

INGEO, a.s.

Bytčická16
010 01 Žilina

INFRAPROJEKT, s.r.o.

Kominárska 4
823 02 Bratislava

KŘIŽÍK, a.s.

Solivárska 1
080 01 Prešov

MAGISTRÁT hl. m. Bratislavy

Primaciálne nám. 1
814 99 Bratislava

RUDNÝ PROJEKT HOLDING a.s.

Festivalové nám. 1
041 95 Košice

SLOVENSÁ BANÍCKA

SPOLOČNOSŤ

ul. 9. mája č. 2
974 01 Banská Bystrica

SLOVENSÁ SPRÁVA CIEST

Miletičova 19
820 09 Bratislava

SLOVENSKE TUNELY, spol. s r.o.

Lamačská 16
841 03 Bratislava

SOLHYDRO, spol. s r.o.

Ml. nivy 61, P.O. BOX 31
826 06 Bratislava

STU BRATISLAVA STAVEBNÁ FAKULTA

Radlinského 11
813 68 Bratislava

ŠPECIÁLNE ČINNOSTI, s. r. o.

Kuklovska 60
841 05 Bratislava

TECHNICKÁ UNIVERZITA KOŠICE,

Fakulta BERG
Letná 9
042 00 Košice

TERRAPROJEKT, a.s.

Podunajská 24
821 06 Bratislava

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV

Watsonova 45
043 53 Košice

UNIVERZITA KOMENSKÉHO

Katedra inž. geológie
Mlynská dolina
842 15 Bratislava

URANPRES, spol. s r.o.

Fr. Kráľa 2
052 80 Spišská Nová Ves

VÁHOSTAV, a.s., GR

Hlínska 40
011 18 Žilina

VODOHOSP. VÝSTAVBA, š.p.

Karlovska 2, P.O. BOX 45
840 00 Bratislava

VUIS -

ZAKLADANIE STAVIEB, spol. s r.o.

Stará Vajnorská cesta 16
832 44 Bratislava

ZIPP BRATISLAVA, spol. s r.o.

Stará Vajnorská cesta 16
832 44 Bratislava

ŽELEZNICE SR, GR

Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽILINSKÁ UNIVERZITA

Katedra geotechniky
Komenského ul.52
010 26 Žilina

ŽELBA, a.s.

Šafárikovo nám. 4
052 54 Spišská Nová Ves

TUNEL

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

OBSAH

str.

Úvodník: Arnošt Havrda, ředitel a předseda představenstva VIS, a. s.	1
Monitoring tunelu Mrázovka v Praze z pohledu investora	
Ing. Arnošt Havrda, Ing. Miroslav Kolečkář, VIS, a. s.	2
Vliv předpokládaných a skutečných geologických poměrů na optimalizaci výstavby západního tunelu Mrázovka	
RNDr. Josef Vorel, Mgr. Radovan Chmelař, PUDIS, a. s.	10
Hodnocení odezvy horninového masivu na ražbu tunelu prostřednictvím měření ve vrtech a ve výrubu	
Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc., Ing. Igor Zemánek, SG - GEOTECHNIKA, a. s.	14
Zajištění nadzemní zástavby nad tunelem Mrázovka	
Ing. Josef Dvořák, Ing. Petr Tětek, SATRA, s. r. o.	21
Vliv technických ořesů a hluku na okolní zástavbu a životní prostředí při ražení tunelů Mrázovka, zejména a s ohledem na použití trhavin	
Ing. Luděk Bartoš, Ing. Luděk Bartoš ml., BARTOŠ ENGINEERING, Brno	27
Řízení odezvy horniny - milníky do roku 1970	
Prof. Kalmán Kovári, Swiss Federal Institute of Technology, Curych	33
Tunel Branisko - současný stav výstavby	
Ing. Miloslav Frankovský, TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava	36
Analýza a řízení rizik v tunelech na pozemních komunikacích - zpráva o řešení projektu MDS v roce 2001	
Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.	40
Ze světa podzemních staveb	43
Z historie podzemních staveb	45
Technické zajímavosti	46
Jubileá	49
Zprávy z tunelářských konferencí	52
Informace	55
Zpravodajství Českého tunelářského komitétu	56

REDAKČNÍ RADA

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

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE:

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

REDAKCE

Dělnická 12, 170 04 Praha 7

tel./fax: 667 93 479

e-mail: matzner@metrostav.cz

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

Vedoucí redaktor: Ing. Karel Matzner

Odborní redaktoři: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,
Ing. Jozef Frankovský

Grafická úprava: Petr Míšek

TISK: GRAFTOP

Tunnel

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

CONTENTS

pg.

Editorial: Ing. Arnošt Havrda, General Manager and Chairman of the Board of Directors of VIS, a. s.	1
Monitoring of Mrázovka tunnel in Prague Ing. Havrda, Ing. Kolečkář, VIS, a. s.	2
Impact and anticipated and actual geological conditions on the optimisation of construction of the western tube of the Mrázovka tunnel RNDr. Josef Vorel, Mgr. Radovan Chmelař, PUDIS, a. s.	10
Assessment of rock mass response at a tunnel excavation by means of measurement in boreholes and in the excavated cavity Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc., Ing. Igor Zemánek, SG - GEOTECHNIKA, a. s.	14
Protection of above-ground buildings above the Mrázovka tunnel Ing. Josef Dvořák, Ing. Petr Tětek, SATRA, s. r. o.	21
The impact of vibrations and noise on the surrounding development and environment during excavation of the Mrázovka tunnels, with respect to application of blasting Ing. Luděk Bartoš, Ing. Luděk Bartoš ml., BARTOŠ ENGINEERING, Brno	27
The control of ground response - milestones up to the 1960s Prof. Kalmán Kovári, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich	33
The Branisko tunnel - current state of the construction Ing. Miloslav Frankovský, TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava	36
Analysis and management of risks in road tunnels - report on solution of a MTC project in 2001 Doc. Ing. Pavel Přibyl, CSc.	40
World of underground constructions	43
From the underground construction history	45
Technical matters of interest	46
Jubilees	49
News from tunnelling conferences	52
Information	55
Czech Tunnelling Committee reports	56

EDITORIAL BOARD

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

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION:

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

OFFICE

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

Graphic designs: Petr Míšek

Printed: GRAFTOP

Vážení kolegové a čtenáři,

v červnu tohoto roku skončily ražby ve východní troubě tunelů Mrázovka. Proto vydání tohoto časopisu může být i oslavou mimořádného úspěchu českého tunelářství, jímž dokončení ražeb této složité stavby bezpochyby je.

Jsem rád, že naší společnosti VIS, a. s., byla umožněna prezentace a ovlivnění náplně tohoto čísla, které se převážně týká výsledků monitoringu západní tunelové trouby tunelů Mrázovka.

Naše akciová společnost VIS vznikla jako nový právní subjekt v roce 1993. Je organizací zajišťující komplexní inženýrské a investorské činnosti, zejména pro velké liniové dopravní stavby v Praze včetně tunelů, mostů a rekonstrukcí komunikací. V současné době našich čtyřicet pracovníků zajišťuje investorské a inženýrské činnosti na realizovaných projektech přesahujících nákladově 28 mld. Kč.

Společnost je nositelem certifikovaného systému jakosti ČSN EN ISO 9001 pro inženýrskou a konzultační činnost v investiční výstavbě a pro výkon zeměměřičských činností.

Nejvýznamnější z těchto akcí jsou právě dopravní stavby městského okruhu v Praze, a to Zličov – Radlická s uvedením do provozu koncem roku 2002 a Radlická – Strahovský tunel (tunely Mrázovka) se zprovozněním koncem roku 2004 a dokončením v roce 2005. Rozjíždí se příprava Radlické radiály se zárodky tunelových trub již vybudovaných ve zličovském podjezdu. Zajišťovali jsme investorské činnosti na dosud největším dokončeném českém silničním a městském Strahovském tunelu, uvedeném do provozu 3.12.1997. Nebylo vinou tunelářů, že výstavba tohoto tunelu probíhala plných 12 let. Na vině byl nedostatek investičních prostředků. Uvedená doba však dokladuje, že řada pracovníků naší firmy má dlouhodobé zkušenosti z přípravy a realizace tunelových staveb včetně jejich technologického vybavení.

Nové ekonomické a právní podmínky devadesátých let spočívají zejména v posílení vlastnických práv vlastníků a uživatelů objektů ovlivněných výstavbou a zpřísněným (až nekompromisním) posuzováním ekologických dopadů staveb na okolí. Tato skutečnost nás vedla k závěru vstoupit při výstavbě tunelů Mrázovka do vlastní realizace výrazněji.

Jako mandátářská organizace pro OMI MHMP převzal VIS, a. s., organizaci monitoringu při výstavbě tunelů a posílil právní činnosti. Důvody pro toto rozhodnutí jsou obsahem samostatného článku v tomto časopise. Že to bylo správné rozhodnutí potvrzují dosažené výsledky při observační metodě uplatňované u "Nové rakouské tunelovací metody" při ražbě tunelových trub Mrázovka. Že zkušenosti, vyplývající ze zajišťování komplexního monitoringu investorem, jsou pro odbornou veřejnost zajímavé, se potvrdilo počátkem letošního roku. Tento přístup investora byl oceněn tím, že obdobný článek "Monitoring tunelů Mrázovka z pohledu investora" byl vybrán, publikován a přednesen na světovém tunelářském kongresu ITA/AITES v Sydney v březnu 2002. Dokumentování práce spolupracujících firem probíhalo po celou dobu ražeb a hodnotilo výsledky 1x týdně, celkem 178x. S potěšením musím konstatovat vysokou technickou úroveň všech partnerů (dodavatelů, projektantů, expertů a specializovaných pracovišť), kteří se na ražbě tunelů podíleli.

Chci vyslovit přesvědčení, že zkušenosti při zajišťování monitoringu tunelů Mrázovka budou využity na dalších tunelových stavbách v Praze.

Dovolte mi, abych závěrem touto cestou poděkoval všem našim partnerům v přípravě a realizaci velkých staveb za pomoc, důvěru a spolupráci, bez níž bychom se nemohli společně radovat z dokončování velkých dopravních staveb v Praze.



Dear Colleagues and Readers,

Excavations in eastern tube of the Mrázovka tunnels finished in June this year. Therefore, issue of this magazine can also act as celebration of an extraordinary success of the Czech tunneling, to which completion of excavations of such complicated construction no doubt belongs.

I am glad that our company VIS a.s. was allowed to introduce and to influence contents of this issue, which mainly covers monitoring results of the western tunnel tube Mrázovka. Our corporation VIS was founded as a new legal

entity in 1993. It is an organization providing complex engineering and investment services, especially for large line traffic structures in Prague including tunnels, bridges, and reconstruction of communications. As of now, 40 employees provide investment and engineering services within realized projects worth over 28 bill. Kč. The company is a holder of the certified system ČSN EN ISO 9001 class for engineering and consulting services within investment engineering works and for realization of land-surveying activities.

Traffic structures at the city circle in Prague are the most significant of these engineering works. To these belong Radlická - Zličov with start of operation by the end of 2002 and Radlická - Strahovský (Mrázovka tunnels) tunnel with start of operation by the end of 2004 and completion in 2005. Preparation of the Radlická artery, with marks of tunnel tubes already constructed in the Zličov underpassage, is already underway. We provided investment services for the so far largest completed Czech road and urban tunnel - Strahovský tunnel, put into operation on December 3rd 1997. It was not the fault of tunnelers that the construction of this tunnel went on for entire 12 years. The lack of investment means was to blame. The mentioned period, however, proves that many of our employees have a long-term experience in preparation and realization of tunnel constructions including their technological equipment.

New economic and legal conditions of the nineties lie especially in strengthening proprietary right of owners and users of structures under impact of engineering works and more strict (even uncompromising) evaluation of ecological impacts of the construction on surroundings. By construction of the Mrázovka tunnels, this reality drove us to conclusion to enter into the realization itself more determined.

As mandatory organization for OMI MHMP, the VIS a.s. took over management of the monitoring by tunnel constructions and strengthened legal activities. Reasons for such decision are covered by a separate article in this magazine. First results obtained through observation method used by the "New Austrian tunneling method" during excavation of the tunnel tubes Mrázovka show that the decision was correct. The fact that experience, deriving from complex monitoring provided by the investor, is attractive for the professional public was confirmed by beginning of this year. Such approach of the investor was appreciated by selecting a similar article "Monitoring of the Mrázovka tunnels from the investor's perspective" to be published as well as delivered at the ITA/AITES World Tunnel Congress in Sydney in March this year. Documentation of works of the cooperating companies proceeded for the entire period of excavations and evaluated results once a week, altogether 178 times. With pleasure I can claim high professional level of all partners (suppliers, designers, experts and specialized workplaces), who took part in the tunnel excavations.

I would like to express confidence that experience gained from provision of monitoring of the Mrázovka tunnels will be used by other tunnel constructions in Prague.

In conclusion, please allow me to use this occasion to thank all our partners in preparation and realization of large structures for their help, trust as well as cooperation, without which we could not have had the mutual pleasure from completion of large traffic structures in Prague.

Ing. Arnošt HAVRDA

ředitel a předseda představenstva VIS, a. s. / General manager and chairman of the board of directors of VIS, a. s.

MONITORING TUNELU MRÁZOVKA V PRAZE Z POHLEDU INVESTORA

MONITORING OF MRÁZOVKA TUNNEL IN PRAGUE

ING. ARNOŠT HAVRDA, ING. MIROSLAV KOLEČKÁŘ - VIS, a. s.

Článek obsahuje informace o výsledcích monitoringu po skončení výstavby západní roury tunelu Mrázovka. Zahrnuje stanoviska investora, který monitoring organizoval a podílel se na sdruženém riziku při omezování zajišťování zástavby v poklesové zóně tunelu.

Jsou uvedeny výsledky deformací povrchu ve vazbě na deformace uvnitř masivu a doporučeno automatické měření trhlin v objektech nadložní zástavby se signálním systémem alarmů.

ÚVOD

Cílem článku je uvedení některých zkušeností získaných při přípravě a realizaci velké tunelové stavby Mrázovka v Praze, zejména při podchodu staré obytné zástavby.

Současně má být článek odpovědí a příspěvkem k tematice, zda má investor vstupovat do výrobního procesu a uzavřeného kontraktu.

Tato problematika byla posílena zejména po mimořádných haváriích ve Velké Británii (Jubilee Line v r. 1994) a jiných zemích v 90. letech, kdy zhotovitelé staveb z ekonomických důvodů a snahy o zvýšený zisk nesli neúměrná rizika při pevně stanovené ceně stavby.

Charakter stavby tunelů Mrázovka ražených ve složitých a proměnlivých geologických poměrech ve třetině délky pod starou obytnou zástavbou přímou účast vyžadoval. Vyplývá to z principu, že pokud nelze v kontraktu přesně vyjádřit geologické poměry a rozsah úprav v nadložní zástavbě, stává se investor odpovědný za zjištěné změněné podmínky. Zjednodušeně řečeno, je investor "majitelem" geologie a nadložní zástavby s ekonomickými a právními důsledky v realizaci, pokud tyto podmínky nebyly v kontraktu uvedeny.

Přitom bylo již předem zřejmé, že ekologické aspekty výstavby a problematika majetkových jednání s vlastníky a uživateli nadložní zástavby budou tak závažné, že vyžadují objektivní a nezávislé přímé informace o výsledcích monitoringu a jeho interpretaci.

Základní technologie Nové rakouské tunelovací metody uplatněné v projektu, která je charakterizována vzájemným působením horniny a výztuže a snahou maximálního využití masivu, předpokládá rozsáhlý monitoring.

Investor hl. m. Prahy OMI proto v r. 1997-98 rozhodl o tom, že jeho mandatorská organizace VIS, a. s., Praha bude zajišťovat monitoring stavby tunelů Mrázovka. Tím bude zajištěna objektivita měření, kontrola jeho rozsahu a využívání výsledků projektantem a zhotovitelem a možnost vyjádření sdíleného rizika při zjištění nepředpokládaných geologických podmínek nebo stavu zajišťované nadložní zástavby.

Stavba automobilového tunelu Mrázovka jako součásti městského okruhu v Praze je v současné době jednou z nejdůležitějších dopravních staveb v zemi. Tunel sestává ze dvou třípruhových tubusů, které přecházejí do dvoupruhových tunelů a jednopruhových tunelových ramp.

Ražba západní tunelové trouby o délce 1004,0 m byla dokončena. Ražení východního tunelu o délce 837 m skončí v červnu 2002.

Zvláštní pozornost zasluhuje ražba tunelů pod Ostrovského ulicí, kde tunely podcházejí pětipodlažní zástavbu. V tomto místě je celková výška nadloží 16,0 m, přičemž šířka tunelu je 16,62 m. Vzdálenost mezi klenbou tunelu a základy domů je pouze 12,0 m. Z jiných lokalit zasluhují pozornost tunelové rozplety o výrubních průřezech 324,2 m².

Dodavatelem stavby je sdružení firem METROSTAV, a. s., a SUBTERRA, a. s. Generálním projektantem je PUDIS, a. s. Firma SATRA, spol. s r. o., zajišťuje projektovou a realizační dokumentaci tunelových objektů včetně technologického vybavení tunelů.

CÍLE MONITORINGU

Monitoring představuje systém měření a pozorování, jejich okamžité vyhodnocení a uplatnění při výstavbě. Je základní složkou observační (pozorovací) metody obsažené v eurokódu č. 7 a ČSN ENN 1997-1

Observační metoda vychází z předpokladu, že stavba by byla zbytečně drahá, pokud by byla konzervativně navrhována na vysoké stupně bezpečnosti a zahrnovala příliš rezerv z předem nezjistitelných okrajových podmínek. Přitom v případě tunelových staveb je interakce mezi tunelovým ostěním a okolním horninovým prostředím základním principem, hornina v bezprostředním okolí se stává součástí stavby, je jedním z jejích stavebních prvků.

ABSTRACT: The article contains monitoring resulting data after completion of western tube in Mrázovka tunnel. It includes viewpoints of the investor that organized the monitoring and participated in comprehensive risk during restriction of buildings securing in the settlement zone of the tunnel. Also, results of surface deformations in relation to deformation inside the mass are provided and automatic measurement of cracks in structures of overburden buildings with signal alarm system is recommended.

FOREWORD

The article is purposed to specify some experiences that were learned during preparation and realization of the large tunnel construction of Mrázovka in Prague, especially when tunnelling under built-on area of housing estates. In the same time, the article should answer and touch the issue whether the investor should take part in the production process and concluded contract. This issue was more focused on following the extraordinary accidents in Great Britain (Jubilee Line in 1994) and in other countries in nineties, when construction contractors accepted excessive risks for economical reasons and higher profit, while the construction price was fixed.

The character of Mrázovka tunnels that were made in complex and heterogeneous geological conditions in one third of its length under the old housing estates called for direct participation. This results from the principle that if the contract cannot accurately precise the geological condition and extent of adaptations in the overburden built-on area, the investor becomes responsible for later ascertained different conditions. Simply put, the investor is the "owner" of geology and the overburden built-on area with economical and legal consequences during the realization, if these conditions were not specified in the contract.

It was beforehand obvious that the ecological aspects of the construction and problems of property negotiations with owners and users of the overburden built-on area would be so serious that they would call for objective and independent first-hand information about the results of monitoring and its interpretations.

The basic technology of the New Austrian Tunnelling Method, which was applied in the project and is characteristic by interaction of rock and reinforcement and by effort for maximal use of the massive, supposed extensive monitoring.

In 1997-1998, the investor of Prague capital therefore decided that his mandatory organization VIS a.s. Praha will provide tunnel construction monitoring of Mrázovka. This way, objectivity of measurement, check of its extent and using the results by the designer and contractor will be assured with possibility to express the shared risk, if unexpected geological conditions or states are found in the secured overburden layer.

The construction of the Mrázovka automobile road tunnel, a part of the city ring in Prague, is currently one of the most significant transport constructions in the country. Made up of two three-lane tubes, the tunnel divides into a two-lane tunnel and a one-lane ramp. The driving of the west tunnel tube being 1004.0 m long is finished. The driving of the east tunnel tube being 837.0 m long will be completed in June 2002.

Especially of interest is tunnel construction under Ostrovského Street, where the tunnel passes under five-storey buildings. Here, while the width of the tunnel is 16.62 m, the entire height of the overburden is 16.0 m. It is, however, only 12.0 m to the buildings' basements. Other locations of interest are the tunnel forks with a tunnelling area of 324.2 m².

The contractor of the construction is an association of companies: Metrostav a.s. and Subterra a.s. The general designer for the set of constructions is PUDIS a.s.; SATRA s.r.o. provides project preparations and realization documents for the tunnelled objects including technological equipment of tunnels.

MONITORING AIMS

The monitoring is a system of measurement and observations and their immediate evaluation and use in the construction. It is an essential component of the observation method contained in Eurocode no. 7 and ČSN EN 1997-1 standard.

Tím se podzemní stavby liší od pozemních staveb, kde technické a fyzikální hodnoty konstrukcí lze vyjádřit předem přesně (konstrukce je z oceli nebo betonu apod.) a do kontraktu není nutno včleňovat změněné podmínky.

Monitoring zahrnuje zejména (viz obr. 1, 2):

- geotechnické hodnocení výrubů (PUDIS),
- konvergenční měření deformací tunelů (Angermeier),
- měření napětí v tunelové obezdívce a okolním horninovém masivu (SG Geotechnika),
- extenzometrická a inklinometrická měření pro zjištění deformací v hornině (SG Geotechnika),
- geotechnická měření bodů na povrchu a na objektech (Angermeier),
- pozorování trhlin a deformací v zástavbě (PUDIS),
- dynamická a akustická měření od účinků ražeb na povrchové zástavbě (Ing. Bartoš).

Vlastní monitoring, tj. provádění jednotlivých měření (odečítání údajů) a jejich dílčí vyhodnocování sice vyžaduje odborný personál a špičková moderní zařízení, rozhodující je však interpretace výsledků a jejich uplatnění.

Kvalifikovaná a správná interpretace výsledků měření a pozorování patří k nejnáročnějším úlohám inženýrské práce vůbec. Předpokládá totiž znalosti z oboru geotechniky, geologie, hydrogeologie, zakládání staveb, statiky tunelů i pozemních staveb, matematického modelování, technologie výstavby tunelů, způsobu měření a především zkušenosti z předchozích staveb realizovaných obdobnou technologií - jde o úkol mimořádný.

V podmínkách České republiky nebyly zcela dosud vyjasněny vztahy a postavení monitoringu ve smluvních vztazích. Všeobecná shoda je v nutné nezávislosti organizací zajišťujících měření, v oblasti uplatňování souhrnné interpretace závěrů ze strany projektanta, zhotovitele a investora však panují různé názory. Rozhodně není správné ponechávat interpretaci a rozhodnutí na dodavateli

The observation method is based on presumption that the construction would be uselessly expensive, if it would be - in conservative approach - proposed for high security level and included many reserves and margin conditions that could not be determined in advance. Moreover, in case of tunnel constructions, the interaction between the tunnel lining and surrounding rock is a basic principle - the rock surrounding the construction becomes part of it, it is one of its construction elements.

In this respect, the underground constructions differ from the aboveground constructions, where the technical and physical characteristics could be determined exactly in advance (the construction made of steel, concrete and the like) and no alternative conditions need to be incorporated into the contract.

Monitoring includes namely (see figure 1 and 2):

- geotechnical monitoring of the tunnel excavation (PUDIS),
- convergence measurement of the tunnel deformations (Angermeier),
- stress measurement in the tunnel lining and surrounding rocks (SG Geotechnika),
- extensometer and inclinometer measurements for evaluation of the rocks deformation (SG Geotechnika),
- geodetic survey of points on the ground and objects (Angermeier),
- observations of the cracks and deformations in the buildings (PUDIS),
- measurements of dynamic and acoustic effects of the driving on surface objects

Though the very monitoring, i.e. performing of the individual measurements (scanning of values) and their partial evaluation, requires professional personnel and high-tech equipment, the interpretation of findings and their use is decisive.

Qualified and proper interpretation of the measurement and observations is one of the most complicated tasks of the engineering work as it requires knowledge from branches as geo-technology, geology, hydro-geology, foundation engineering, static of tunnels and underground constructions, mathematical simulation, technology of tunnel construction, measurement methods and - first of all - experiences from previous constructions realized with similar technology. This task is extraordinary in the Czech Republic as relations and position of monitoring in the contractual relations are still unclear there. It is generally accepted that the organizations providing measurements should be independent - however in the area of overall interpretation of conclusions by the designer, contractor and investor, there are different opinions. It is definitely improper to let the monitoring provider to interpret and decide for the reason that the construction partner would not have qualified experts.

Method of applying this in the Mrazovka tunnel conditions is specified in other sections of this article. The investor considers the monitoring aims in the following substantial areas:

- static and security
- construction economic efficiency
- legal aspects

These aims are listed in the table 1. The investor follows more thoroughly the aims concerning legal aspects of the construction and construction economic efficiency.

I. STATIC AND SECURITY

observation method, optimal proposal of the primary lining and anchoring of the profile face

extent of the sanitation works in the rock massive

acceptable range of securing the overburden buildings and gradual adjustment of its range

arrangement of the profile sectioning

II. CONSTRUCTION ECONOMIC EFFICIENCY

materials for adaptation of the contract with the contractor

different geological conditions

invoicing of overbreaks according to reality (under 200 mm)

condition of the buildings after additional examination

shared risk of the investor and contractor in agreed cases

III. LEGAL ASPECTS

passport and repeated passport after the tunnelling (preventing the "under dog" state)

materials for legal agreements for works in the built-in area

evacuating some parts of buildings, including compensations

determination of time relations of tunnelling impact on the buildings

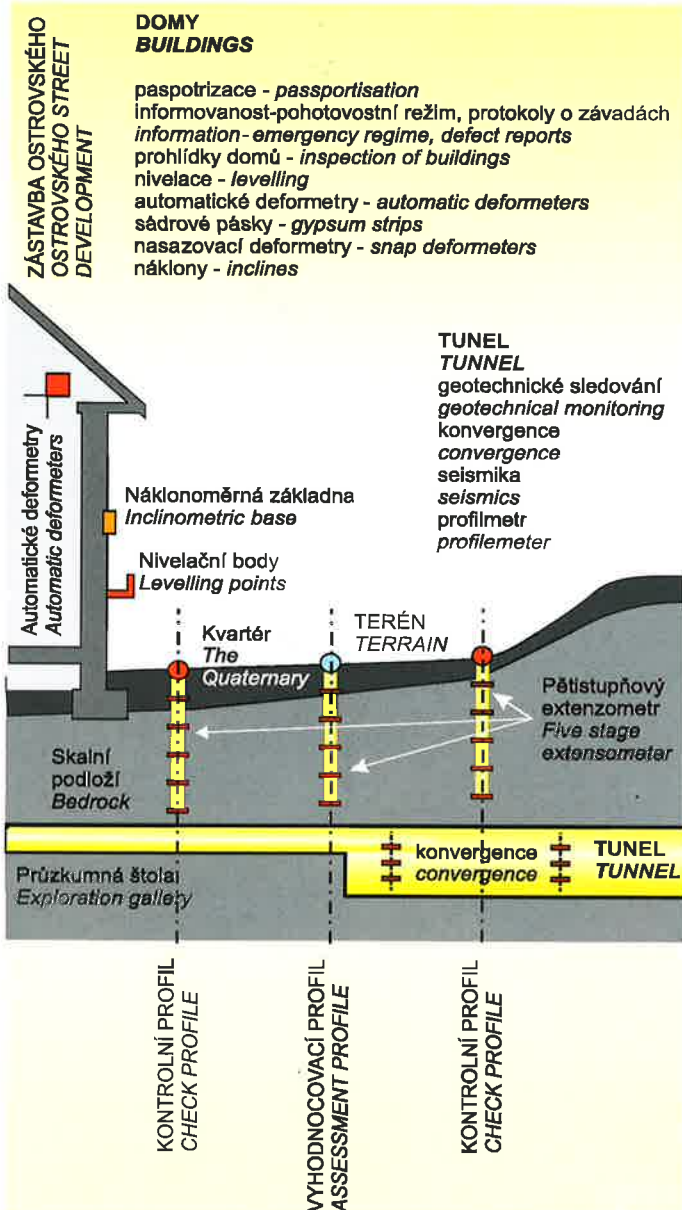
Materials for hand-over of repaired houses, when the tunnelling is completed

Tab. 1 Monitoring aims

NIMBY AND UNDERDOG

The legal aspects were the main reason for investor's significant participation in the monitoring and interference to the construction. In simplified way, we can explain it in two abbreviated concepts: NIMBY and UNDERDOG. NIMBY - Abbreviation of "No In My Backyard". It means that someone generally recognizes advantages of the public investment construction (transporting route), but he does not want it in his immediate surrounding, i.e. he does not want to be annoyed by that project.

UNDERDOG - is a term describing investors situation during construction of the underground work and especially after its completion, when the owners



Obr. 1 Schéma uspořádání jednotlivých prvků monitoringu v podélném řezu.
Fig. 1 Arrangement of individual monitoring elements within a longitudinal cross section

monitoringu proto, že by partneři výstavby neměli kvalifikované odborníky. Způsob uplatnění v podmínkách tunelu Mrázovka je uveden v dalších částech článku.

Cíle monitoringu spatřuje investor v těchto třech základních oblastech:

- statika a bezpečnost,
- ekonomie výstavby,
- právní aspekty.

V tabulce 1 jsou tyto cíle rozepsány, přitom z hlediska investora jsou důsledněji sledovány cíle týkající se právních aspektů výstavby a ekonomie výstavby.

I. STATIKA A BEZPEČNOST
observační metoda, optimální návrh primární obezdivky a kotvení čela výrubu
rozsah sanačních prací v horninovém masivu
příjemný rozsah zajišťování nadložní zástavby a jeho postupná úprava
úprava členění výrubu
II. EKONOMIE VÝSTAVBY
podklady pro úpravu kontraktu se zhotovitelem
odlišné geologické podmínky
fakturace nadvýlomů dle skutečnosti (pod hodnotou 200 mm)
zjištěný stav zástavby po doplňkových průzkumech
sdílené riziko investora se zhotovitelem v dohodnutých případech
III. PRÁVNÍ ASPEKTY
pasportizace a repasportizace objektů po ražbách (zamezení stavu "under dog")
podklady pro právní smlouvy o pracích v zástavbě
vyklizování částí budov včetně náhrad
stanovení časových závislostí vlivu ražeb na objekty
podklady k předání opravených domů po skončení ražeb

Tab. 1 Cíle monitoringu

NIMBY A UNDER DOG

Právní aspekty byly tím hlavním důvodem, co přimělo investora k tomu, aby sehrál podstatnou roli v monitoringu a zasahování do výstavby. Velmi zjednodušeně to vyplývá ze dvou zkrácených hesel, a to NIMBY a UNDER DOG.

NIMBY - zkratka výrazu "No In My Backyard" znamená, že člověk obecně uznává prospěšnost výstavby veřejné investice (dopravní trasy), ale nechce, aby byla v jeho bezprostředním okolí, tedy aby mu znepríjemňovala život.

UNDER DOG je výrazem stavu investora během výstavby podzemní stavby a zejména po jejím skončení, kdy vlastníci a uživatelé objektů nad trasou tunelu (a to nejen v poklesové zóně) chtějí řadu náhrad a oprav s odvoláním na mnohdy neoprávněné důsledky ražeb. Zejména tomuto faktu lze zabránit důsledným zaznamenáváním všech údajů získaných monitoringem během výstavby, tzn. poklesů, vzniku a pohybu trhlin v objektech, seismických vlivů, stavu hladiny podzemní vody, v časové vazbě na prováděné práce. Součástí monitoringu byla podrobná repasportizace objektů po skončení ražeb a po doznění vlivů deformací na povrch asi za 3 až 4 měsíce. Hodnocení stavu objektů v nadložní tunelů i širším okolí nechává investor prověřit a potvrdit soudními znalci tak, aby nebylo možno manipulovat s dopady ražeb a vše bylo zcela objektivní.

O všech možných důsledcích podzemní činnosti investor uživatele zástavby předem informuje, mají přístup k výsledkům měření v průběhu stavby a většinou po těchto vysvětleních bylo dosaženo velmi dobré spolupráce s omezením vstupů do užívaných prostor. Uživatelé sami informují o vznikajících trhlinách

and users of the structures above the tunnel route (not only in the settlement zone) require many compensations and repairs, arguing often with alleged consequences of the tunnelling. This can be especially prevented with thorough recordings of all data obtained from monitoring during the construction, i.e. settlements, origin and movement of cracks in the objects, seismic influences, and condition of the ground water level in relation to the time development of the works. The monitoring included passport and repeated passport when the tunnelling was over and after additional measuring of deformation effects on the surface about 3-4 months later. The investor lets assess the buildings condition in the overburden of the tunnel and in the larger area by legal experts, so that the consequences of tunnelling could not be misused and everything is well founded.

The investor informs the user of buildings in advance about all possible effects of the underground activity, the users have access to measurement data during the construction and after these explanations, in most cases there was attained very good cooperation, if the entrance to normally used rooms was somehow limited. The users themselves inform about resulting cracks and impacts of the tunnelling and - at statically significant places - the deformeters with remote data transmission are installed on the cracks.

In the framework of the legal activity, the investor concluded hundreds of agreements for endurance of the structurally technological explorations in houses, for installing the measurement devices and for endurance of works for houses securing and - of course - about takeover of the repaired houses. Many times, the complexity of these negotiations almost caused downtimes in tunnelling or accepting some risks of works, while gradually securing structures in overburden.

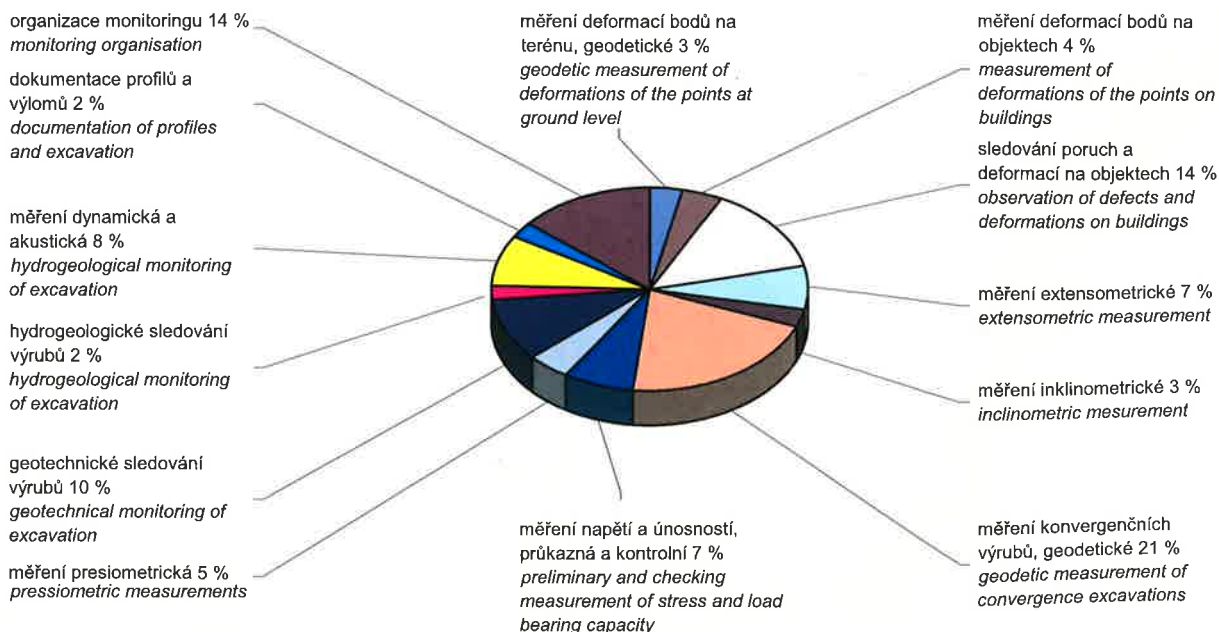
It could be concluded that the monitoring played significant role in legal aspects of the construction and the costs invested were many times returned in preventing the baseless requirements after construction completion.

MONITORING TOOLS

Monitoring tools can be described in brief in the following table 2.

VIS a.s. Praha was the administrator of the whole activity and at the same time the contractor and designer had concluded contract to use monitoring results in the range given by the position of individual organisations in the process of construction and by the legislation.

RAMO (monitoring council) was the decisive body in the monitoring process, which under the leadership of the investor, secured the immediate implementation of monitoring results in tunnel construction, buildings securing and other design and investor's measures. Regular meetings took place every Friday (including visits to the site) in such a way as to eliminate possible problems during the weekends. So far, more than 160 meetings had taken place and the results from these meetings were immediately implemented. The RAMO members are Ing. Němeček (SATRA), Ing. Mosler (Metrostav), Mr. Krajíček (Subterra), Ing. Zemánek (SG Geotechnika) and Ing. Kolečkář (VIS, a.s.) are worth mentioning. These workers can provide additional information regarding all spheres of the monitoring, as well as recommendations for other projects.



Obr. 2 Náklady na monitoring západního tunelu Mrázovka v % z celkové částky 74 mil. Kč
Fig. 2 The Mrázovka western tunnel monitoring costs in % of the total amount of CZK 74 mill.

a dopadech ražeb, u staticky významných míst jsou na trhlinách osazeny deformometry s dálkovým přenosem dat.

V rámci právní činnosti byly investorem uzavřeny stovky smluv o stržení stavebně-technických průzkumů v domech, o osazení měřících zařízení, o stržení prací na zajištění domů a samozřejmě o zpětném převzetí opravených domů. Složitost těchto jednání byla mnohdy na pokraji zastavení postupu ražeb nebo přijímání určitých rizik prací při postupném zajišťování objektů v nadloží. Dá se konstatovat, že monitoring sehrál podstatnou roli v právních aspektech výstavby a náklady do něho vložené byly mnohonásobně ušetřeny od neopodstatněných požadavků po skončení výstavby.

NÁSTROJE MONITORINGU

Způsob zajišťování monitoringu je zjednodušeně shrnut v tabulce 2. Gestorem veškeré činnosti byla organizace VIS, a. s., Praha, s tím že zhotovitelé a projektant byli smluvně vázáni využívat výsledky monitoringu v rozsahu daném postavením organizací v procesu výstavby a právními předpisy. Rozhodujícím orgánem procesu monitoringu byla RAMO (rada monitoringu), která pod řízením investora zajišťovala bezprostřední uplatňování výsledků monitoringu v realizaci tunelu, v úpravách zajištění zástavby a v další projektové a investorské přípravě. Pravidelné porady byly vždy v pátek (vč. návštěvy stavby) tak, aby eliminovaly možné problémy během víkendu. Celkem proběhlo zatím více než 178 jednání, jejichž závěry okamžitě vstoupily v platnost. Jako členy RAMO nutno jmenovat Ing. Němečka (SATRA), Ing. Moslera (METROSTAV), stav. Krajička (Subterra), Ing. Zemánka (SG GEOTECHNIKA) a Ing. Kolečkáře (VIS). Tito pracovníci mohou podat další informace ke všem oblastem monitoringu a doporučení pro další stavby.

I. PROJEKT
rozsah jednotlivých měření
limitní hodnoty jednotlivých měření
způsob organizace monitoringu
podklady a požadavky pro výběr zhotovitelů měření
II. PROVEDENÍ MĚŘENÍ A MONITORINGU
zajištění specializovanými organizacemi
vyhotovení protokolů a dílčích závěrů do 2 hod.
okamžité upozornění na extrémní hodnoty
III. KANCELAR MONITORINGU
soustředování výsledků měření
provoz počítačové sítě
archivace všech dat
zajišťování podkladů pro činnost rady monitoringu
IV. RADA MONITORINGU - VRCHOLOVÝ ORGÁN MONITORINGU
zástupci ředitelů zhotovitele, projektanta a investora
pravidelné porady (min. 1x týdně) k závěrům měření řízené investorem
úpravy rozsahu monitoringu
doporučení k úpravám technologie výstavby
V. POHOTOVOSTNÍ REŽIM
vyhlášení radou monitoringu při komplikovaném podchodu domů
nepřetržitá pohotovost tří odborníků účastníků výstavby (do 90 min. na stavbě)
informovanost a spolupráce s majiteli domů a uživateli bytů
zajištění oprav pro provoz bytů nejpozději do 1 dne

Tab. 2 Nástroje monitoringu

I. PROJECT
extent of individual measurements
limiting values of the individual measurements
organization method of the monitoring
materials and requirements for selection of the measurements providers
II. EXECUTION OF MEASURING AND MONITORING
using specialized organizations
preparation of protocols and partial findings within 2 hours
immediate notice about extreme values
III. MONITORING OFFICE
collection of measurement results
computer network operation
archiving all data
providing materials for activity of monitoring council
IV. MONITORING COUNCIL - MONITORING MANAGEMENT BODY
deputy managers of the contractor, designer and investor
meetings on regular basis (minimally once a week) concerning findings of measurement, the investor presides
adjustments in the monitoring range
Recommendations for adjustments of construction technology
V. EMERGENCY REGIME
announced by the monitoring council, if the tunnelling under houses is complicated
non-stop readiness of three experts representing the construction participants (within 90 minutes in the site)
ensuring information flow and cooperation with the owners of the houses and dwellers
providing repairs to enable use of the apartments, within 1 day the latest

Tab. 2 Monitoring tools

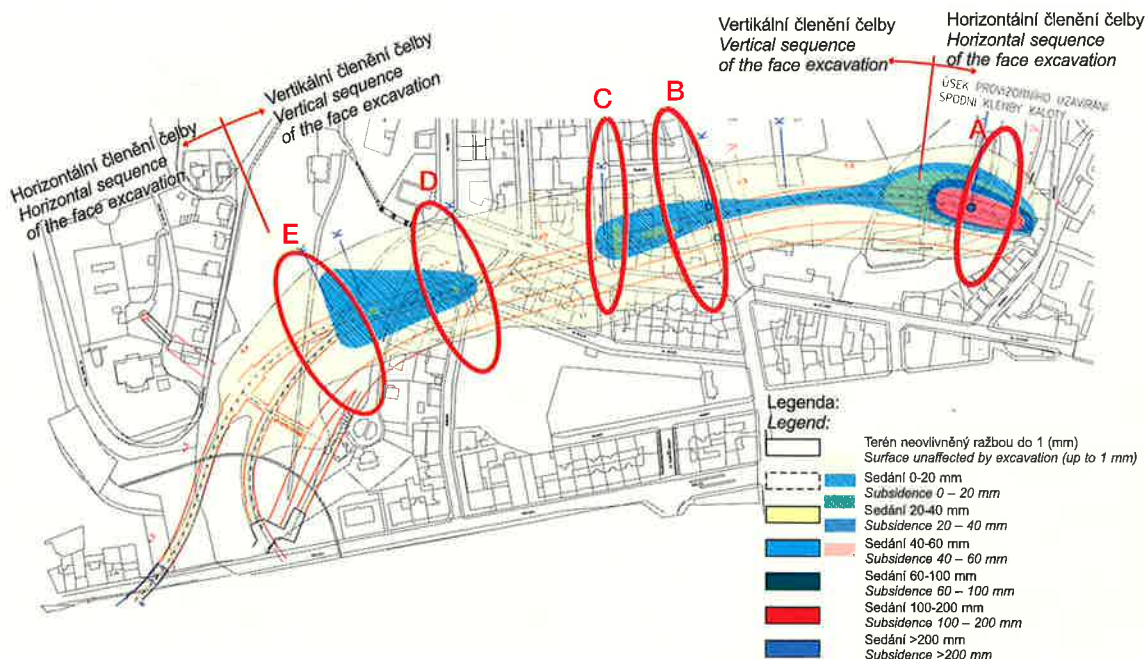
MONITORING COSTS

The real costs for monitoring of tunnel tube have reached 74 million CZK, in price level of 2000, and they make up 5.5% from the investment expenditures for realization of the western tunnel tube, securing of the tunnel portals and overburden buildings. The monitoring costs do not include cost for monitoring project and measurements during tunnelling the neighbouring eastern tunnel.

Monitoring costs are significantly affected by the extent of measurements performed for securing the overburden buildings, which make up about 35% of the above-mentioned value.

TERRAIN DEFORMATIONS AFTER WESTERN TUBE TUNNELLING

The figures 3 and 4 show the real determined values of terrain deformations and in-mass deformations. These values were obtained by measurement with very accurate levelling and measurements in the extension measuring bores located above the tunnel axis and in checking and evaluating profiles (they are indicated as K and V in the layout on fig.3). The situation shows drawing of the terrain settlement zone with average width of 100 m, the deformations sizes do not include deformations caused by the exploration



Obr. 3 Situace poklesové zóny západního tunelu s vyznačením obtížných oblastí
Fig. 3 Settlement zone of the western tunnel tube with difficult areas highlighted

NÁKLADY NA MONITORING

Skutečné náklady na monitoring tunelové roury dosáhly 74 mil. Kč (viz obr. 2) v cenové úrovni roku 2000 a činí 5,5 % z investičních nákladů na realizaci západní tunelové roury, zajištění portálů tunelu a nadložní zástavby. V nákladech monitoringu nejsou obsaženy náklady na projekt monitoringu a měření během rážeb sousedního východního tunelu. Náklady na monitoring jsou významně ovlivněny rozsahem měření pro zajištění bezpečnosti nadložní zástavby, které představují asi 35 % ve výše uvedené celkové hodnotě.

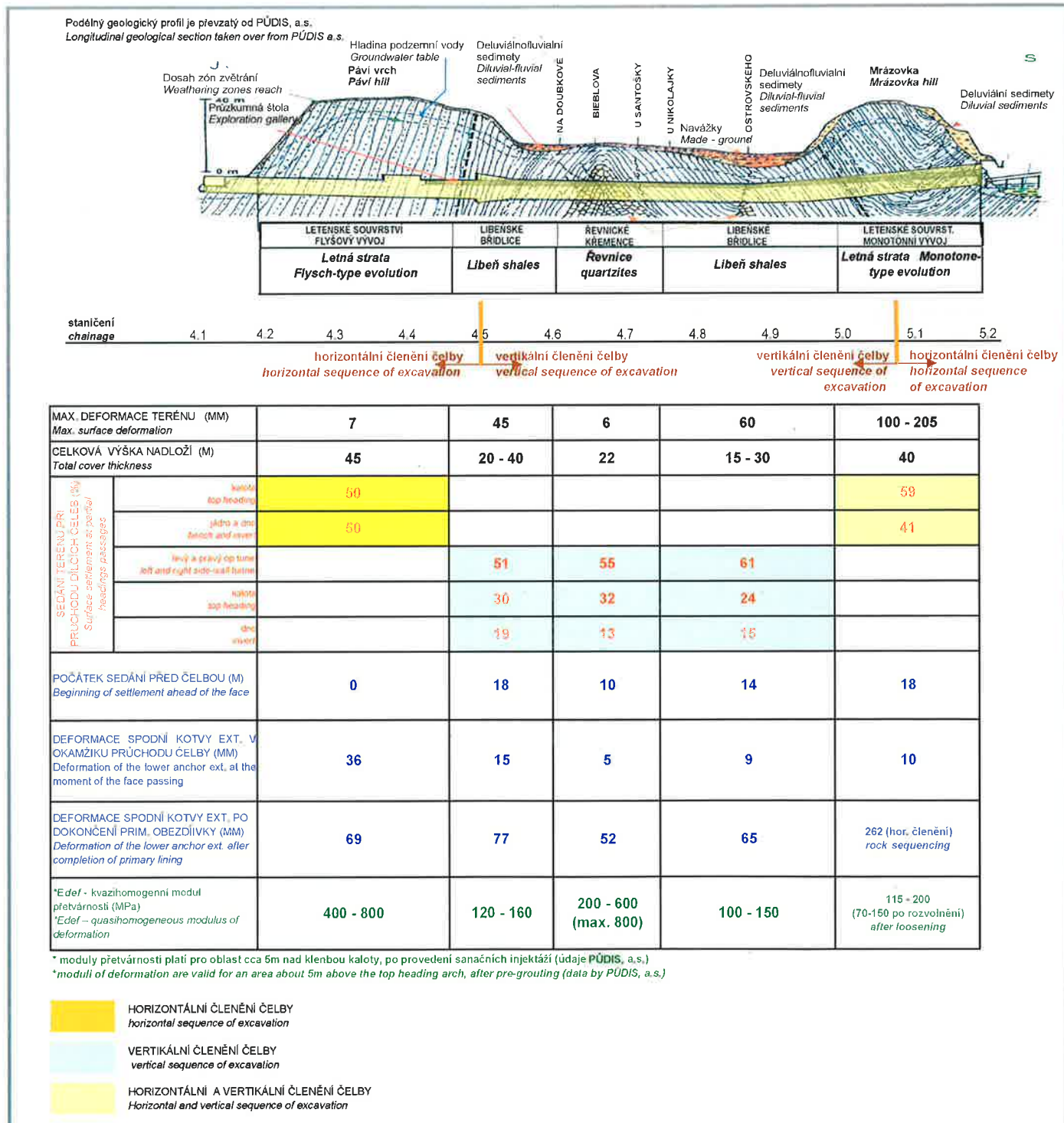
DEFORMACE TERÉNU PO RAŽBĚ ZÁPADNÍHO TUNELU

Na obr. 3 a 4 jsou znázorněny skutečně zjištěné hodnoty deformací terénu a deformací uvnitř masivu. Tyto hodnoty byly získány měřením velmi přesnou nivelací a měřením v extenzometrických vrtech umístěných nad osou tunelu a v kontrolních a vyhodnocovacích profilech (v situaci na obr. 3 vyznačeny písmeny K a V). Situace obsahuje zákras poklesové zóny o průměrné šířce 100 m, ve velikosti deformací nejsou započteny deformace z předchozích let od průzkumné štoly. Tyto deformace činily max. 20 mm v oblasti B (Ostrovského

gallery made in last years. These deformations were max. 20 mm in the area B (Ostrovského street), of which 10 mm was caused by ground water level decrease.

The layout includes areas A-E that were under the monitoring focus either because of the deformations size (northern portal, in area A, up to 220 mm) or because of the expected problems with buildings securing and tunnelling impact on these buildings (areas B, C, D).

The table placed under the longitudinal profile (fig.4) presents analysis of deformations in relation to total heights of the overburden, applied method of profile face segmentation and geological condition. The analyses concern especially the three-lane tunnel, 653 meter long, between chainage km 4.55 - 5.2, total profile section 165 m2, width 16.62 m, height 12.5 m. (See fig. 5) Geological conditions of the individual geologic slate formations are expressed by a substitutive quasi-homogenous deformation modulus - the decisive dimension for the deformation performance of the overburden. The extension measuring bores involved 4 - 5 anchors, depending on depth of the bore. The lower anchor was placed 0.50 m above the top of the planned primary lining vault. This enabled exact overburden movements observati-



Obr. 4 Podélný řez západním tunelem s rozborem deformací

Fig. 4 Longitudinal section of the western tunnel tube with the deformations analysis

ulice), z toho 10 mm byl vliv snížení hladiny podzemní vody.

V situaci jsou zakresleny oblasti A - E, kterým byla věnována během monitoringu zvýšená pozornost buď pro velikost deformací (u severního portálu v oblasti A až 220 mm), nebo pro očekávané problémy se zajištěním zástavby a dopadu ražeb na tuto zástavbu (oblasti B, C, D).

V tabulce umístěné pod podélným profilem (obr. 4) je proveden rozbor deformací v závislosti na celkové výšce nadloží, použitím způsobu členění čelby a geologických poměrech. Rozbory se týkají zejména třípruhového tunelu o délce 653 m mezi staničením km 4,55 - 5,2, tunel má výrubní průřez 165 m² při šířce 16,5 m a výšce 12,5 m (obr. 5).

Geologické poměry jsou pro jednotlivé geologické formace břidlic vyjádřeny náhradním kvazihomogenním modulem přetvárnosti jako rozhodující veličiny pro deformační chování nadloží. Extenzometrické vrty byly osazeny v závislosti na hloubce vrtu 4 - 5 kotvami, přičemž spodní kotva byla umístěna 0,50 m nad úroveň vrcholu klenby budoucí přímé obehdivky. To umožnilo přesně sledovat pohyby nadloží v jednotlivých fázích ražeb, zejména pak ještě před přiblížením čela prvního dílčího výrubu. Pro aplikaci observační metody to mělo zejména z hlediska investora zásadní význam. Umožnilo totiž přijímat přiměřená rizika při určování rozsahu zajišťování objektů nad trasou tunelu a snižování rozsahu vyklizování prostor.

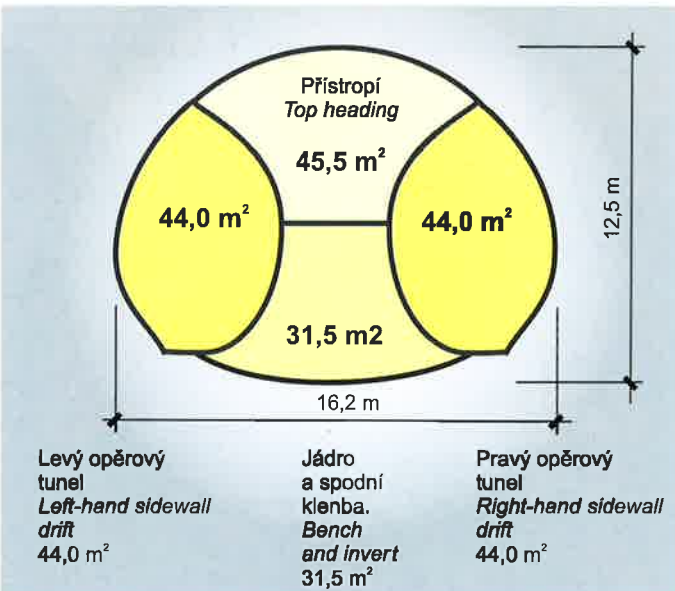
Mezi staničeními km 4,9 - 4,55 tunel podcházal souvislou zástavbu obytných bloků, přičemž výška horninového nadloží byla menší než výrubní šířka tunelu. Z tabulky lze vyčíst tyto základní závěry pro ražbu svislým členěním v libeňských vrstvách (E = 100 - 160 MPa):

- první deformace na povrchu se objevila ve vzdálenosti 14 - 18 m před čelbou bočního tunelu o šířce 6,4 m a výšce 9 m (výrubní průměr 44 m²);
- deformace spodní kotvy v okamžiku průchodu čelby činila 15 - 20 % konečné hodnoty deformace po dokončení přímé obehdivky celého profilu. Tato hodnota je nezjistitelná konvergenčním měřením;
- ražba obou bočních tunelů způsobuje 51 - 61 % z celkové konečné deformace terénu, přístropí 24 - 30 % a provedení dna 15 - 19 %;
- deformace povrchu dosáhla 70 - 90 % hodnoty spodní kotvy extenzometru.

Protože rychlost postupu ražby třípruhového tunelu byla 40 - 45 bm za měsíc a celková technologická fronta (tj. vzdálenost mezi čelbou prvního bočního tunelu a uzavřením dna celého profilu) činila 85 - 95 m, bylo možno získané závislosti a časový prostor 2 měsíců využít pro upřesňování rozsahu zajištění zástavby, event. zajištění úplně vyloučit. To se podařilo ve staničení km 4,603, ve kterém tunel Mrázovka máji modlitebnu českobratrské církve evangelické (viz obr. 6).

Na základě podrobné geotechnické analýzy a srovnáním s rozboru deformací v km 4,76, kde byl tunel ražen asi o 1,5 měsíce dříve, rozhodl investor po zpracování srovnávacích výpočtů projektantem SATRA, spol. s r. o., a geotechnickým dozorem SG Geotechnika, že objekt modlitebny nebude zajišťován. Osa tunelu procházela ve vzdálenosti asi 14 m od severovýchodního nároží modlitebny, výška nadloží byla 15 m po úroveň základové spáry objektu. Vypočtená hodnota deformace terénu nad osou tunelu byla 36 - 38 mm, skutečná hodnota byla naměřena 34 mm - rozdíl byl tedy pouhých 5 %.

Nutno konstatovat, že objekt modlitebny měl jako suterén stěnovou konstrukci s monolitickým železobetonovým stropem. Tyto prvky tvořily tuhý krabicový prvek, který byl schopen přenést účinky poklesové vlny o předpokládaném sklonu 1:800. Skutečně naměřené sklony dosáhly hodnot 1:667 a 1:791 bez vlivu na konstrukci modlitebny. Ta byla průběžně měřena 11 automatickými deformetry, které zaznamenávaly jen nepatrné pohyby v trhlinách obvodového zdíva stavby. Použitá metoda řízení geotechnického rizika s využitím kontrolního sledování byla zpracována firmou SG Geotechnika Praha na požadavek VIS, a. s.



Obr. 5 Příčné členění výrubu třípruhového tunelu o výrubním průřezu 165m²
Fig. 5 Vertical sequence of the three-lane tunnel excavation with excavated cross section of 165 m²

ons in individual stages of the tunnelling, especially before approach of the profile face of the first partial profile. The application of this observation method had a crucial importance for the investor. It enabled acceptance of adequate risks, when determining the securing provisions for the structures above the tunnel route, and diminishing the extent of area evacuation.

Between chainages km 4.9 - 4.55, the tunnel underpasses the continual build-on area of housing estates, while the height of rock overburden was lower than profile width of the tunnel. The table shows the following substantial conclusions for tunnelling through the vertical segmentation of the Libeň layers (E = 100 - 160 MPa):

- First surface deformation appeared in distance of 14 - 18 m before the face of side tunnel with width of 6.4 m and height 9 m (profile section 44 m²)
- Deformation of the lower anchor in the moment of face thoroughfare was 15-20% of final deformation value after completing the primary lining of the entire profile. This value is not determinable with convergence measurement.

- Tunnelling of both sidelong profiles causes 51 - 61 % of the total final deformation of terrain, top headings 24 - 30% and the invert 15 - 19 %.

- The surface deformation attains 70 - 90 % from the value indicated by the lower anchor of extensometer.

Because the tunnelling speed of three-lane tunnel was 40 - 45 m monthly and the entire technologic line (i.e. distance between the face of first sidelong tunnel and closing of the entire profile revert) was 85 - 95 meters, the determined relations and time period could be used for refinement of securing range or to exclude the securing at all.

This was successfully performed in chainages km 4.603, where the Mrázovka tunnel passes by a meeting-house of the Czech Brethren Evangelical Church (see fig. 6).

On the basis of detailed geo-technological analysis and comparison with study of deformations in km 4.76, where the tunnel was driven about 1.5 month sooner, the investor decided for elaboration of comparison calculations and had appointed SATRA spol. s r. o. to perform these calculation and SG Geotechnika Company to provide geo-technological supervision. Then the investor decided that the structure would not be secured. The tunnel axis passed about 14 meters from the northeast corner of the house and the overburden height was 15 m to the footing bottom of the structure. Calculated value of terrain deformation above the tunnel axis was 36 - 38 mm, while the real value was measured to 34 mm. The difference was a mere 5%.

We must not forget to mention that the structure had basement walled construction with monolithic reinforced concrete ceiling. These elements formed a firm box element that was able to bear effects of settlement wave with supposed declination of 1:800. The real measured values attained 1:667 and 1:791 with no impact on the construction of the house. The building was continually measured with 11 automatic deformeters, that registered only tiny movements in cracks of the peripheral walling.

As required by VIS a.s, SG Geotechnika Praha elaborated the applied method of geo-technologic risk management with use of control observation. The investor avoided complicated legal negotiations and expenditures for getting free admittance to house basement, where the reinforcement of construction should be performed.

The decision not to secure the meeting-house was not simple, the contractor and designer insisted on securing of the basement, referring to the possible risks and building permit. Our legislation is complex, and a decision on a deviating solution requires a long time, and does not allow application of the observation method results immediately.

OBSERVATION OF BUILDINGS ABOVE THE TUNNEL ROUTE - AUTOMATIC MONITORING

To ensure the security for constructions and dwellers in the overburden build-on area was definitely the most significant principle for construction and monitoring. In the same time, all had to be solved in such a way, that the dwellers are disturbed as little as possible, but in the same time are informed about possible consequences of the tunnelling and won over for giving information to the investor. Very exact levelling of the objects performed from the external sides of houses and in the staircase areas of houses served for obtaining the technical numeric data.

During the continual observation of the endangered structures, the technique of automatic observation of cracks including remote information transmission and alarm system to mobile phones of selected experts was applied in extraordinary successful way. In the endangered structures (in total 14), some cracks were determined on basis of detailed repeated preparation of simplified documentation of existing condition and after structurally technical inspections. On these cracks, the measurements were made. After discussion with the dwellers from the apartments, it was only one time period, when the dwellers had to be disturbed by regular monitoring. System DIL 8M was used for observation of the cracks. The function of this system can be seen on fig.7. It is very autonomous solution ensuring monitoring functions including watching and notifying of the set limit values. The designer proposed the limit values. For the 90-100 years old brick buildings of 5-6 floors, in basement fortified with steel reinforcement frames in openings and under the jack arches, the following criteria were respected: maximal vertical deformation of the object = 60 mm and inclinations of the deformation waves both in traverse and lengthwise directions = 1:800. Limits of allowable deformations in the cracks were determined and they should be detected as follows:

Investor se vyhnul složitým právním jednáním a úhradám za uvolnění suterénu modlitebny, kde mělo být prováděno zesilování konstrukce.

Rozhodnutí o nezajišťování objektu modlitebny nebylo bezkonfliktní, zhotovitel a projektant trval na zajištění v suterénu s odvoláním na možné riziko a stavební povolení. Naše legislativa je složitá a rozhodnutí o odchýlném řešení vyžaduje dlouhý čas a neumožňuje uplatnit bezprostředně výsledky observační metody.

SLEDOVÁNÍ ZÁSTAVBY NAD TRASOU TUNELU - AUTOMATICKÝ MONITORING

Zajištění bezpečnosti konstrukcí a obyvatel v nadložní zástavbě patřilo zcela jednoznačně k rozhodující zásadě výstavby a monitoringu. Přitom muselo být vše řešeno tak, aby uživatelé prostor byli v minimální míře obtěžováni návštěvami bytů, ale současně byli informováni o možných důsledcích rážeb a získání pro spolupráci v předávání informací investorovi. Pro získání technických numerických podkladů sloužila velmi přesná nivelace objektů, prováděná z vnější strany domů a ve schodiškových prostorách uvnitř domu.

Při průběžném sledování stavu ohrožených objektů se mimořádně zdařile uplatnila metoda automatického sledování trhlin s dálkovým přenosem informací a systémem alarmů na mobilní telefony vybraným odborníkům. V ohrožených objektech (celkem 14) byly na základě podrobné repasportizace podle statických výpočtů a po stavebně-technických průzkumech určeny trhliny, na kterých budou zajišťována měření. Po dohodě s uživateli bytů šlo o jediný časový úsek, kdy při montáži zařízení museli být obyvatelé bytů obtěžováni pravidelným monitoringem. Pro sledování trhlin byl použit systém DIL 8M, jehož princip je znázorněn na obr. 7. Jedná se o autonomní řešení zabezpečující monitorovací funkce včetně hlídání a ohlašování nastavených limitních hodnot. Limitní hodnoty byly navrženy projektantem. Přitom pro 90 - 100 let starou cihlovou zástavbu 5 - 6 podlažních domů zesílených v suterénech ocelovými výztužnými rámy v otvorech a pod klenbovými pasy byla respektována kritéria max. svislé deformace objektu 60 mm a sklony deformačních vln v příčném i podélném směru 1:800. Z těchto hodnot byly stanoveny meze přípustných deformací na trhlínách, které měly být signalizovány takto:

1 - 2 mm stav zvýšené ostražitosti

2 - 5 mm předkritický stav

nad 5 mm havarijný stav

Technické a programové vybavení je následující. Na trhlínu se osadí elektronický dilatometr (viz obr. 8), který obsahuje dvojici lineárních snímačů dráhy pracujících v rozsahu ± 25 mm, s přesností 0,01 mm. Snímač měří příčnou a podélnou složku deformace, sekundárně sledovanou veličinou je teplota v daném místě. Dilatometr je krabička o rozměrech 88x88x51 mm, která je hmoždinkami připevněna do zdiva, stejně jako dvě vybihající ramena přes trhlínu o délce 150 mm. Výstupy dilatometrů jsou drátově svedeny do koncentrátoru, který vycítá (čte) z dilatometrů hodnoty deformací v intervalech, které jsou požadovány. V našem případě to byla jedna hodina. Koncentrátor (měřicí ústředna) je osazen mikropočítačem, který provádí řazení a komprimaci hodnot. Pomocí sítě GSM jsou pak tyto informace přeneseny na řídicí počítač. Ten data zpracovává a vyhodnocuje pro ohlašování alarmů cestou sítě GSM. Potom jsou data připravena ke grafickému zobrazení. Aktuální hodnoty se přenášejí do celosvětové sítě Internet a také do lokální sítě Intranet. Monitoring je prováděn na počí-

1 - 2 mm high alertness state

2 - 5 mm pre-critical state

over 5 mm breakdown state

The technical and program equipment is the following. An electronic dilatometer (see fig.8) is installed on the crack. This device contains a pair of linear sensors operating in ± 25 mm, with accuracy of 0.01 mm. The sensor measures the transverse and lengthwise component of deformation. Temperature in the given place is secondary observed dimension. The dilatometer is a box with dimension 88 x88x 51 mm attached with dowels to the wall - the two 150-mm arms extending over the crack are attached in the same way. The dilatometer outputs are led down with cable, to concentrator that will - in the required intervals - sense the deformation values from the deformeters. In our case, the interval was one hour. The concentrator (measuring central) is equipped with microcomputer that performs sequencing and compression of values. Using GSM network, this information is then transferred to controlling computer. The computer processes the data and evaluates them for notifying alarms through the GSM network. The data are then prepared for graphical display. The current values are transferred to Internet (worldwide network) and to the Intranet (local network). The monitoring is performed on a network-connected computer with Explorer browser with conditional access (password) to a www site.

The entire system worked in 14 structures above the western tunnel of Mrazovka, non-stop for two years with no failures. During complicated tunnelling under the dwelling buildings, it assured the construction participants that they can immediately respond to any movements of the objects and that damages can be prevented with additional reinforcement of the structure or altering the tunnelling technique.

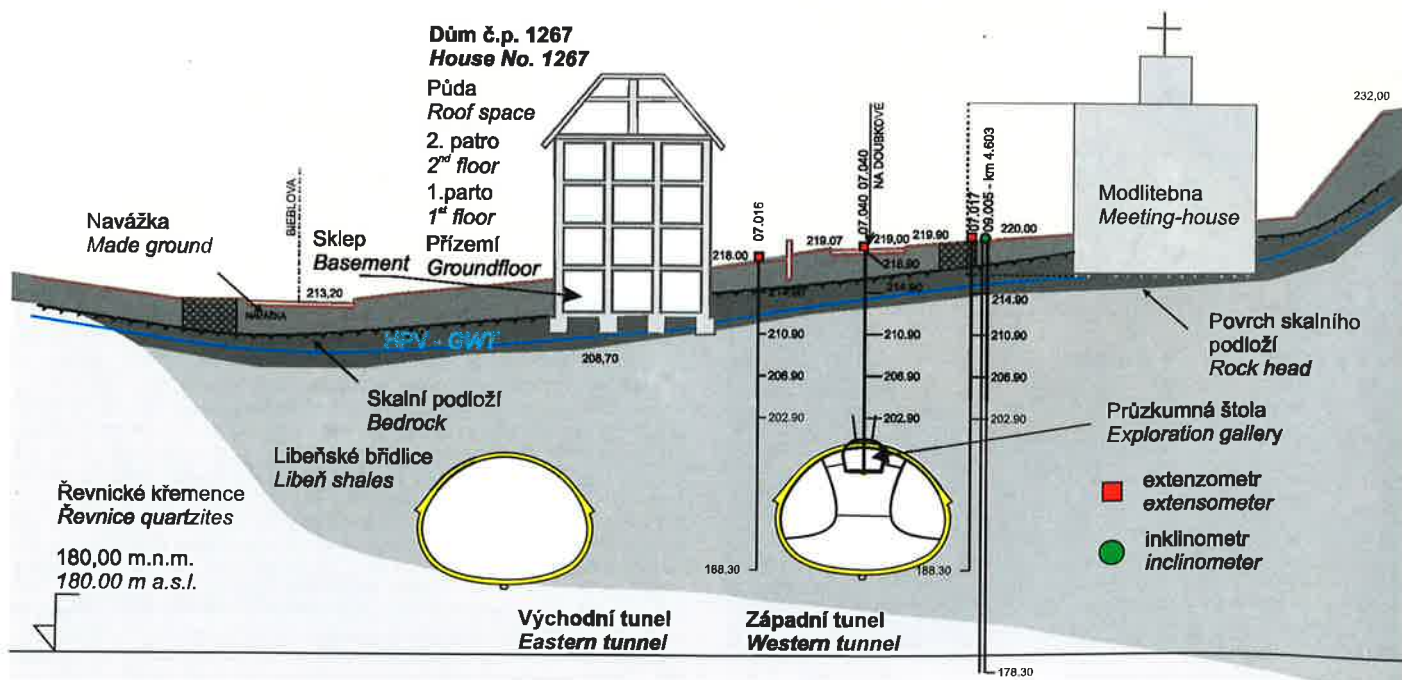
In several cases it really happened and as the "rule" is, it was in weekend days. At first, it was during the excessive deformations solved by injecting works under the building 17, Ostrovského Street. The other cases were failures in apartments, when the dwellers were vacationing. The signalling system always enabled performing such measures that the tunnelling could continue. The system is advisable for similar spatial and technical conditions, when tunnelling under buildings.

CONCLUSION

1. Monitoring of the western Mrazovka tunnel was performed in extent about 5.5% of the entire construction investment costs. Applied techniques fully correspond to the exceptional complexity of the building - system of automatic deformeters on the buildings cracks equipped with remote data transmission and alarm signalling system proved as advantageous.

2. Due to the extensive monitoring, it was also possible to:

- Optimise the tunnel support at the New Austrian Tunnelling Method
- Adapt the changeover from horizontal lining to vertical lining of the profile and to fulfil the deformation criteria of the project
- Limit the evacuation of apartments (smaller range of securing works in the overburden buildings)
- Ensure continuous operation and habitability of apartments for hundreds



Obr. 6 Příčný řez v místě modlitebny (km 4,603)

Fig. 6 Cross section at the meeting-house location (km 4.603)

tači zapojeném do sítě např. přes program Explorer s podmíněným přístupem (heslem) na WWW stránku.

Celý systém pracoval ve 14 objektech nad západním tunelem Mrázovka nepřetržitě dva roky bez závad. V komplikovaných podchodech obytné zástavby dával jistotu účastníkům výstavby, že na jakékoliv pohyby objektů může být neprodleně reagováno a zabráněno škodám dodatečným zesílením objektu nebo úpravou postupů ražeb.

V několika případech k tomu skutečně došlo, jak už bývá "pravidlem" o víkendových dnech. Poprvé při nadměrných deformacích během injektážních prací pod domem Ostrovského č. 17, jindy při poruchách v bytech během dovolených jejich uživatelů. Signální systém vždy umožnil zajistit včas opatření umožňující další ražby tunelu. Systém je možno doporučit pro obdobné prostorové a technické podmínky při ražbách pod zástavbou.

ZÁVĚR

1. Monitoring západního tunelu Mrázovka byl proveden v rozsahu asi 5,5 % investičních nákladů stavby. Použité metody plně odpovídaly mimořádné složitosti stavby, osvědčil se systém automatických deformetrů na trhlínách budov s dálkovým přenosem dat a signálním systémem.
2. V důsledku rozsáhlého monitoringu bylo možno mimo jiné:
 - optimalizovat vystrojení tunelu u nové rakouské tunelovací metody,
 - upravit přechod z vodorovného na svislé členění profilu, a tím dodržet deformační kritéria projektu,
 - omezit vyklizení bytů (snížení rozsahu zabezpečovacích prací v nadložní zástavbě),
 - překryváním informací dát jistotu pro zachování provozu a obyvatelnosti bytů pro stovky lidí,
 - určit požadavky na rozsah a návrhové hodnoty kompenzačních injektáží v Ostrovského ulici,
 - upustit od zajištění modlitebny v ulici Na Doubkové a v jiných místech.
3. Investor zajistil objektivní hodnocení podmínek kontraktu a jeho úprav jako "majitel" geologie a nadložní zástavby.
4. Systém monitoringu zajistil podklady pro právní jednání a zejména vyloučení stavu "under dog", o kterém je v článku psáno. Osvědčily se formy spolupráce s uživateli nadložní zástavby.
5. Zkušenosti z monitoringu umožnily úpravu technologických postupů při ražbě východní tunelové roury (která se právě dokončuje) a změny v projektu měření tohoto tunelu.

LITERATURA:

1. Hudek: Průzkumná štola silničního tunelu Mrázovka v Praze (čas. Tunel 3/97, str. 13-16)
2. Dvořák, Gramblička, Němeček, Šajtar: Ražení tunelů pod Mrázovkou (čas. Tunel 4/98, str. 28-34)
3. Kolečkář, Soukup: Velkoprofilové tunely u a. s. Metrostav (čas. Tunel 1/99, str. 16-21)
4. Salač: Výstavba tunelu Mrázovka (čas. Tunel 4/99, str. 33-38)
5. Konference Podzemní stavby 2000, sborník - podokruh C1- Tunel Mrázovka, 10 příspěvků
6. Hudek, Chmelař: Geotechnické problémy západního tunelu Mrázovka (čas. Tunel 1/2001, str. 2-7)
7. Rozsypal, Zemánek: Riskantní podchod tunelu Mrázovka pod železobeton. konstrukcí (konf. Zakládání staveb Brno v 11/2001, sborník str. 64-70)

of people by providing sufficient information

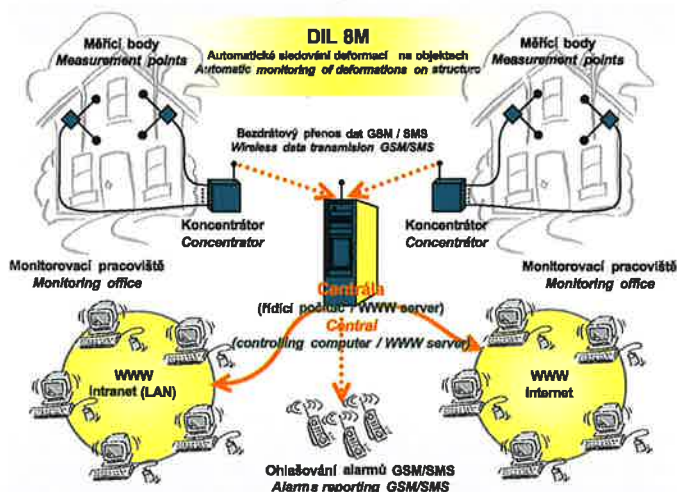
- Determine requirements for range and proposed values of the compensation injections in Ostrovského Street

- Drop from securing of the meeting-house in Na Doubkové Street

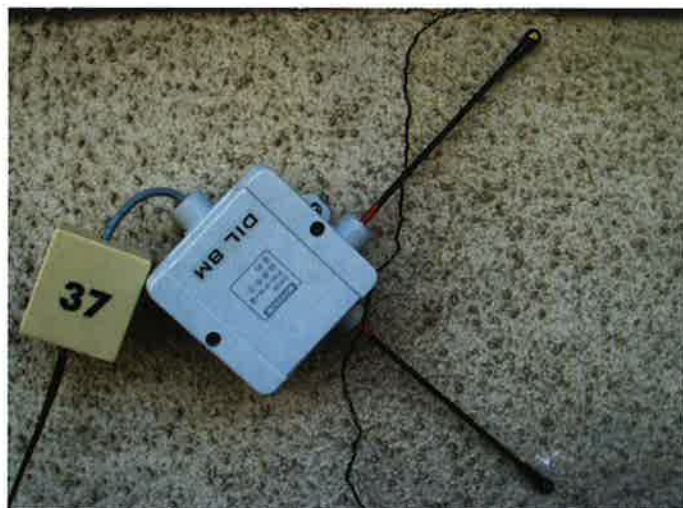
3. The investor provided objective assessment of contract conditions and its alterations as the "owner" of geology and overburden buildings.
4. The monitoring system provided data for legal proceedings and especially for excluding "under dog" state that is described in the article. Forms of cooperation with the users of the overburden buildings turn out to be beneficial.
5. Experiences from the monitoring enabled adaptations of the technological procedures for tunnelling of the eastern tunnel tube (just now in process) and changes in measuring project of this tunnel.

LITERATURE:

1. Hudek: Průzkumná štola silničního tunelu Mrázovka v Praze (Tunel 3/97, str. 13-16)
2. Dvořák, Gramblička, Němeček, Šajtar: Ražení tunelů pod Mrázovkou (Tunel 4/98, str. 28-34)
3. Kolečkář, Soukup: Velkoprofilové tunely u a.s. Metrostav (Tunel 1/99, str. 16-21)
4. Salač: Výstavba tunelu Mrázovka (Tunel 4/99, str. 33-38)
5. Conference "Underground Construction 2000", Proceedings - subtopic C1- Mrázovka Tunnel, 10 papers
6. Hudek, Chmelař: Geotechnické problémy západního tunelu Mrázovka (Tunel 1/2001, str. 2-7)
7. Rozsypal, Zemánek: Riskantní podchod tunelu Mrázovka pod železobeton. konstrukcí (Conference "Zakládání staveb Brno" v 11/2001, Proceedings pgs 64-70)



Obr. 7 Schéma systému automatického sledování trhlin na objektech DIL 8M
Fig. 7 The DIL 8M system of automatic monitoring of cracks on structures



Obr. 8 Detail elektronického dilatometru
Fig. 8 A detail of the electronic dilatometer

VLIV PŘEDPOKLÁDANÝCH A SKUTEČNÝCH GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ NA OPTIMALIZACI VÝSTAVBY ZÁPADNÍHO TUNELU MRÁZOVKA

IMPACT OF ANTICIPATED AND ACTUAL GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE OPTIMISATION OF CONSTRUCTION OF THE WESTERN TUBE OF THE MRÁZOVKA TUNNEL

RNDr. JOSEF VOREL, Mgr. RADOVAN CHMELAR, PUDIS, a. s.

ABSTRAKT

Následující článek pojednává o tvorbě předpokládaných technologických tříd NRTM na základě detailního inženýrsko-geologického a geotechnického průzkumu a o optimalizované volbě těchto technologických tříd v rámci geologicko-geotechnického monitoringu ražby západního tunelu Mrázovka.

ÚVOD

Ve složitých inženýrsko-geologických a geotechnických poměrech, jaké jsou na západním tunelu Mrázovka, musí projektant, zástupce investora, ale i zpracovatel inženýrsko-geologického průzkumu mít na zřeteli, že skutečné a předpokládané zatřídění horninového masivu do tříd pro ražbu se může lišit. Například dle O. Tesaře [lit. 1] je zvlášť u liniových staveb a zejména staveb podzemních iluzivní předpoklad, že geotechnický průzkum zjistí všechny anomálie, které mohou způsobit havárii vlastní stavby nebo objektů v jejím nadloží.

Ražba západní trouby (ZTT) tunelu Mrázovka (délky 1004 m) byla zahájena v prosinci 1998. Investorem stavby je Magistrát hl. m. Prahy - odbor městského investora, pověřeným mandátářem je VIS, a. s., který rovněž zajišťuje a řídí monitoring výstavby. Zhotovitelem stavby je sdružení firem Metrostav, a. s., a Subterra, a. s. Generálním projektantem souboru staveb je PUDIS, a. s., projekty ražených objektů zpracovává SATRA, s. r. o., na realizační dokumentaci se též podílel METROPROJEKT, a. s.

Průzkumné středisko PUDIS, a. s., se zabývá geotechnickými poměry na trase tunelu Mrázovka od počátku inženýrsko-geologických průzkumných prací až do současného sledování výstavby [viz. lit. 2].

V rámci monitoringu výstavby tunelů Mrázovka průzkumné středisko a. s. PUDIS v současné době provádí či zajišťuje následně uvedená měření:

- Geologicko-geotechnické sledování výrubů;
- Presiometrickou kontrolu zlepšení horninového masivu při sanačních zpevňovacích injektážích nadloží [viz. lit. 3];
- Hydrogeologické sledování (hladiny podzemní vody, přítoků do výrubu, agresivity podzemní vody na betonové konstrukce);
- Sledování poruch a deformací na objektech zástavby;
- Měření bludných proudů geofyzikálními metodami.

PODKLADY PRO TVORBU PŘEDPOKLÁDANÝCH TECHNOLOGICKÝCH TŘÍD NRTM V ZÁPADNÍM TUNELU MRÁZOVKA

Podklady pro tvorbu technologických tříd NRTM, respektive pro jejich definování, poskytl detailní inženýrsko-geologický průzkum, prováděný v několika fázích pro různé stupně projektové připravenosti.

Průzkumná štola v ZTT (západní tunelové troubě), ražená v letech 1995 až 1997, jako součást doplňujícího inženýrsko-geologického průzkumu [lit. 2] byla zdrojem velmi cenných informací jak z hlediska ověření geologických poměrů v trase západního tunelu, tak i z hlediska kvantifikace geotechnických parametrů horninového masivu. Ty byly vyšetřovány pomocí celého souboru zkoušek mechaniky hornin prováděných in situ. Jednalo se především o terénní zkoušky na horninových blocích situované v průzkumných rozrážkách. Pevnost podél diskontinuit, eventuálně s doprovodnými tuhostními charakteristikami, byla stanovována prostřednictvím terénních smykových zkoušek s předurčenou plochou porušení. Deformabilita a pevnost horninových bloků byly ověřovány terénními měřeními ve zkušebních rozrážkách (v jednoosém a tříosém tlaku, zatěžovací deskou) a dále presiometrickými zkouškami ve speciálních jádrových vrtech. [lit. 4] Presiometrické zkoušky prováděné ve vrtech, situovaných radiálně z průzkumné štoly, umožnily ověření přetvárných vlastností heterogenního horninového masivu v závislosti na primární a sekundární napjatosti v okolí výrubu. Dalším zdrojem podkladů pro tvorbu technologických tříd bylo inženýrsko-geologické sledování výrubu průzkumné štoly. Průběžná inženýrsko-geologická dokumentace výrubu průzkumné štoly potvrdila koncepci strukturální stavby horninového masivu v místě tunelů Mrázovka, prezentovanou již Q. Zárubou v roce 1948 [lit. 5], a zpřesnila hranice jednotlivých litologických typů, ověřených vrtným průzkumem. Průzkumná štola poskytla též poznat-

ABSTRACT

The following article deals with determination of anticipated NATM technological classes on the basis of detailed engineering-geological and geotechnical investigation, and with an optimised selection of the technological classes performed in the framework of geological-geotechnical monitoring of the excavation of the western tube of the Mrázovka tunnel.

INTRODUCTION

In the difficult engineering-geological and geotechnical conditions existing along the western tunnel Mrázovka, the designer, owner's representative, but also the contractor for the engineering-geological investigation have to keep in view that the actual and anticipated distribution of rock mass classes may differ. For example, according to O. Tesař [Ref. 1], a presumption that the geotechnical investigation reveals all anomalies which can cause a collapse of the structure proper or buildings above is illusory, especially regarding line structures and, above all, underground structures.

Excavation of the 1,004m long western tube of the Mrázovka tunnel (WTT) started in December 1998. The owner is Municipality of City of Prague - the City Investment Department, the authorized mandatory is VIS Praha a.s., who also provides and controls the monitoring of the construction works. The contractor is a joint venture consisting of Metrostav a.s. and Subterra a.s. The overall design consultant for the project is PUDIS a.s., design of mined structures is developed by Satra s.r.o., with Metroprojekt a.s. participating on the detailed design.

The PUDIS investigation center has dealt with geotechnical conditions along the Mrázovka tunnel route from the beginning of the engineering-geological investigation works to the current monitoring of the construction [see Ref.2]. In the framework of the monitoring of the Mrázovka tunnels construction, the PUDIS a.s. investigation center is currently carrying out or provides subsequently the following measurements:

- geological-geotechnical monitoring of the excavation
- pressuremeter checking on the improvement of rock mass in the course of saving pre-grouting of the tunnel cover [see Ref.3]
- hydrogeological monitoring (groundwater table, inflows into the excavation, concrete-aggressive action of ground water)
- monitoring of defects and deformations of the buildings
- measurement of stray current by geophysical methods

GROUNDINGS FOR DETERMINATION OF ANTICIPATED NATM TECHNOLOGICAL CLASSES ALONG THE MRÁZOVKA WESTERN TUNNEL TUBE

The grounds for determination of the NATM technological classes or their definition were provided by the detailed engineering-geological investigation carried out in several phases for various levels of the design preparedness.

An exploratory gallery in the WTT (western tunnel tube), driven from 1995 to 1997 as a part of a supplementary engineering-geological investigation [Ref.2], was a source of very valuable information both in terms of verification of geological conditions along the western tube alignment and in terms of quantification of geotechnical parameters of the rock mass. Those were examined by means of complex in-situ testing of the rock mechanics. The tests were carried out on blocks of rock situated in exploratory points of attack. The strength along discontinuities (along bedding planes above all), together with accompanying toughness characteristics as the case may be, was determined by field shear tests with a predisposed failure surface. Deformability and strength of the rock blocks were verified by field measurements at trial points of attack (in uniaxial and triaxial compression, with a loading plate) and pressuremeter tests in special core boreholes. [Ref.3] The pressuremeter testing carried out in fans of holes drilled from the exploratory gallery allowed verification of deformational properties of the heterogeneous rock mass depending on primary or also secondary state of stress around the excavation.

Another source of the grounds for the determination of technological classes was engineering-geological monitoring of the exploratory gallery excavation.

ky o zvýšeném tektonickém porušení horninového masivu, které bylo zaznamenáno jak v severní příportálové oblasti pod vrchem Mrázovka v horninách letenského souvrství v monotónním vývoji, tak v blízkosti zástavby ul. Ostrovské, či mezi ulicemi Bielbova a Na Doubkové v břidlicích libeňského souvrství. Pro realizační projektovou dokumentaci byla lokalizována poruchová pásma zastížená v průzkumné štole a místa zvýšených deformací, kde byly konvergenčním měřením naměřeny deformace > 15 mm. Dále též byla lokalizována místa, kde byly zaznamenány přítoky podzemní vody do průzkumné štoly a místa, kde docházelo k nestabilitě čela výrubu, popřípadě k nadvylomům.

Pro stanovení technologických tříd NRTM byla ve všech fázích inženýrsko-geologického průzkumu použita indexová klasifikace horninového masivu QTS dle O. Tesafe, která je velmi vhodná pro prostředí paleozoických hornin v Praze. Samotné technologické třídy NRTM jsou při použití klasifikace QTS definovány jako vztah kvality horninového masivu z hlediska tunelování, rozměrů výrubu a reakce horninového masivu na otevření výrubu [lit. 6]. Geotechnický monitoring prováděný při ražbě průzkumné štoly ověřil chování systému primárního ostění průzkumné štoly v interakci s okolním horninovým masivem. Byla zde sledována zejména konvergence výrubu, poklesy jednotlivých horizontů nadloží (extenzometrie ve vrtech prováděných z povrchu), poklesy povrchu terénu a nadzemní zástavby. Výsledky monitoringu průzkumné štoly byly též využity pro zpětnou analýzu, provedenou matematickým modelováním jednak metodou konečných prvků, a jednak i metodou oddělených prvků [lit. 7, 8, 9], což umožnilo zpřesnit doporučené výpočtové geotechnické charakteristiky horninového masivu.

VÝSLEDNÁ APLIKACE TECHNOLOGICKÝCH TŘÍD NA ZÁKLADĚ GEOLOGICKO-GEOTECHNICKÉHO SLEDOVÁNÍ VÝRUBU ZÁPADNÍHO TUNELU MRÁZOVKA

Geologicko-geotechnické sledování výrubu v průběhu ražby západního tunelu bylo námi prováděno v rámci geotechnického monitoringu, který jako celek zajišťuje, koordinuje a řídí zástupce investora firma VIS, a. s. (podrobněji viz. [lit. 10]).

Při tomto geologicko-geotechnickém sledování byly průběžně dokumentovány jednotlivé dílčí části horizontálně či vertikálně členěného výrubu. Při horizontálním členění výrubu, které bylo aplikováno na prvních 118 m třípruhového tunelu, raženého od severního portálu (ražba provedena a. s.

vation. The continuous engineering-geological documentation of the excavation of the exploratory gallery confirmed the conception of the structural composition of the rock mass in the location of the Mrázovka tunnels, presented already by O. Záruba in 1948 [Ref.4], and refined the limits of individual lithological types verified by the investigation boring. The exploratory gallery also provided knowledge on increased tectonic disturbance of the rock mass, which was found both in the northern area near to the portal under Mrázovka Hill in the rock of the Letna strata (the monotonous type of evolution) and in the vicinity of buildings along Ostrovského Street, or in the shales of the Liben strata between Bielbova and Na Doubkove streets. For the detailed design, weakness zones were located, found in the exploratory gallery, as well as locations of increased deformations where deformations > 15 mm were measured. In addition, places were located where groundwater inflows into the exploratory gallery were recorded, and places where instability of the excavation face or overbreaks were experienced.

The QTS index rock mass classification system by O. Tesar was used in all phases of the geological-engineering investigation for specification of the NATM technological classes. This method is very suitable for the Palaeozoic rock environment in Prague. When the QTS classification is applied, the NATM technological classes are defined as a relation of the rock mass quality in terms of tunnelling, dimensions of the excavation, and reaction of the rock mass on opening of a cavity [Ref.5].

The geotechnical monitoring carried out in the course of the excavation of the exploratory gallery verified the behaviour of the system of the primary lining of the exploratory gallery in its interaction with the surrounding rock mass. Above all, the monitoring was focused on the convergence of the excavated space, subsidence of individual horizons of the overburden (extensometry in bore holes drilled from the surface), subsidence of the terrain surface and aboveground buildings. The exploratory gallery monitoring results were also utilised for a back analysis carried out by mathematical modelling both by the Finite Element Method and the Discrete Element Method [Ref.7,8,9], which allowed the recommended design geotechnical characteristics of the rock mass to be determined in a more precise manner.

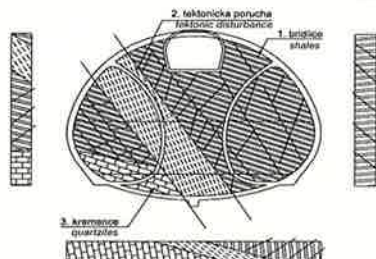
RESULTANT APPLICATION OF THE TECHNOLOGICAL CLASSES DETERMINED ON THE BASIS OF THE GEOLOGICAL-GEOTECHNICAL MONITORING OF THE MRÁZOVKA WESTERN TUNNEL

We performed the geological-geotechnical observation of the excavation in the course of driving the western tunnel tube, in the framework of the geotechnical monitoring, which is, as a whole, co-ordinated and controlled by VIS Praha a.s., acting as the owner's representative (for more details see [Ref.10]). During this geological-geotechnical monitoring individual parts of the horizontally or vertically divided excavation were continuously documented. In the horizontal sequencing of the excavation, which was applied along the initial 118m of the three-lane tunnel driven from the portal North (excavated

Geologické a geotechnické sledování výrubu - Tunely Mrázovka
Geological and geotechnical monitoring of excavation - Mrázovka tunnels

Druh měření Measurement type	Protokol č. Record No	Datum Date	Hloubka (MPP) Depth (down) (m)	Mřížko Scale	Dokumentoval Documented by	Staniční Change (km)
19	250	2000	11,4	1:200	Mgr. Chmelar	4,850

Úsek ražby Excavated section	Západní tunelová trouba - třípruhový tunel - ražba ze severu Western tunnel tube - three-lane tunnel - driven from the north
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



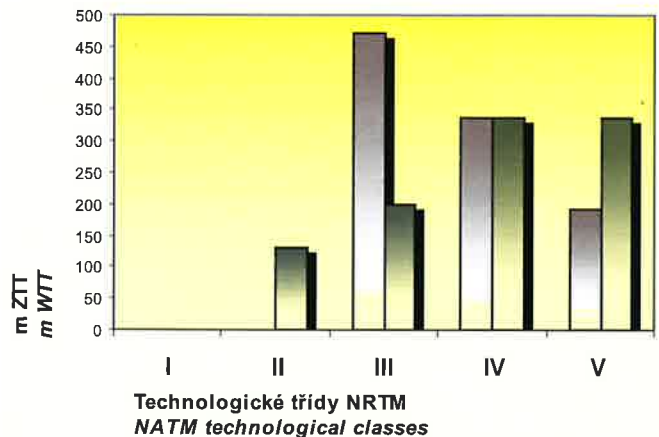
Popis hornin (ČSN 72 1001) Rock description (ČSN 72 1001)	1. Břidlice (přechodná, ztlavá, R3 - R4, hustota diskontinuit sledová) 2. Tektonicky porušená břidlice, R6, sftiplovitá rozpadavá 3. Jemnozrná křemence, zdravé, R2, hustota diskontinuit sledová LIBEŇSKÉ BŘIDLICE A ŘEVNICKÉ KŘEMENCE 1. clayey-silty shales, sound, R3-R4, medium density of discontinuities 2. Tectonically disturbed shales, R6, quarrying 3. Fine grained quartzites, sound, R2, medium density of discontinuities LIBEN SHALES AND REVNICE QUARTZITES
--------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	Plochy mechanické nespokojnosti / Mechanical discontinuity planes			
	Plochy vrstevnatosti Bedding planes	Pukliny Fissures	Tektonické slabiny Fault planes	Tektonické poruchy Tectonic disturbances
Osmička spánkové ve ° Dip in °	280/30	40/80	330/75	210/75
Průměr rozteč (mm) Average spacing (mm)	150	300	300	---
Přítlačnost Continuosity	částečně průběžně partially continuous	kontinuální continuous	kontinuální continuous	kontinuální continuous
Tvar, drsnost Shape, roughness	zvládně, hladká undulating, smooth	rovinná, hladká flat, smooth	rovinná, vyhlazená flat, smoothed	rovinná flat
Koeficient / šířka (mm) Separation / width (mm)	světlá light	1mm	1mm	šířka 2,5 až 3 m 2,5 to 3m wide
Výplň / Filling	bez výplně without filling	kalci calcite	kalci calcite	tektonická breccie tectonic breccia
Zvodnění / Saturation	přítoky z tektonické poruchy / inflows from tectonic disturbance			
Počet systémů diskontinuit Number of discontinuity systems	3	blokovitá blocky character	1 + 3, deskovitá 1 + 3, tabular	2, dezintegrovaná 2, disintegrated
Počet bodů QTS Number of QTS points	32-48	stabilní výrub Stable excavation		dobrné stání temporary stable
Technologická třída NRTM NATM technological class	5a	Délka záběru Advance length		1m
Prognóza Prognosis	2m období, geolog. similar geol. for 2m	Nedávno Overbreak		
Opáření - doporučení Measures - suggestion		Pozorný Careful		
stabilizační nástřik čelby, jeřování v oper. tunelech; miskopit, stříkání ve vnitřní klenbě stabil. spray on the face; needling in side-wall drifts; micropile umbrella in the central top heading		Čelbu převzal Face taken over by:		

Obr. 1 Geologicko-geotechnická dokumentace výrubu západního tunelu Mrázovka

Fig. 1 Geological-geotechnical documentation of excavation of the western tube of the Mrázovka tunnel

Srovnání vážených průměrů technologických tříd NRTM
3.72 třídy NRTM (projekt)
3.88 třídy NRTM (skutečnost)
Comparison of weighted averages of NATM technological classes
3.72 NATM class (design)
3.88 NATM class (reality)



Obr. 2 Srovnání předpokládaných a skutečných geologických poměrů na západním tunelu Mrázovka, vyjádřené v technologických třídách NRTM

Fig. 2 Comparison of anticipated and actual geological conditions on the Mrázovka WTT

Metrostav), dále pak u dvoupruhového tunelu, výjezdového tunelu - větve A, strojovny vzduchotechniky a podzemní trafostanice (ražba provedena a. s. Subterra) byly dokumentovány 3 dílčí výrubu - kalota, jádro a dno. Při vertikálním členění výrubu, aplikovaném v převážné části třípruhového tunelu, v tunelovém rozpletu a trochu odlišně i v závalu u křížení západního tunelu se strojovnou vzduchotechniky, byly dokumentovány nejprve vždy kalota, jádro a dno opěrových štol a s určitým odstupem pak střední kalota, jádro a celkové dno. Při vertikálním členění se tedy počet dokumentovaných dílčích výrubů oproti horizontálnímu členění více než zdvojnásobuje. To klade vysoké nároky na interpretaci zastíženého horninového masivu a schopnosti prognózovat geologické poměry z dílčího výrubu, který je ražen jako první. Z toho plyne, jak je někdy obtížné ve vysoce heterogenním horninovém masivu zvolit technologickou třídu NRTM. Pro vytváření prognóz geologických poměrů bylo důležité na základě inženýrsko-geologické dokumentace čela výrubu (viz obr. 1) průběžně zpracovávat horizontální geologický řez v úrovni dna kaloty tunelu a vertikální geologický řez podél osy tunelu.

Při samotné ražbě západního tunelu byly technologické třídy NRTM voleny ve smyslu observační metody. To znamená, že bylo respektováno především předpokládané chování aktuálně zastíženého horninového masivu. Bylo tedy nutné vždy analyzovat zastížené geologické poměry a porovnávat je s geologickým prostředím, u kterého již byla odezva na ražbu tunelu ověřená. To vedlo k maximální snaze technicky a ekonomicky optimalizovat volbu primárního ostění. V závislosti na aktuálně zastížených geologických poměrech na čele výrubu byla doporučována aplikace technologických tříd, definovaných způsobem členění výrubu, optimální soustavou prvků primárního ostění (stříkaný beton, výztužné sítě, příhradové oblouky, svorníky či kotvy) a délkou záběru. Variabilita horninového prostředí z hlediska tláčivosti na ostění se tedy projevila i ve volbě technologické třídy definující adekvátní primární ostění o optimální tuhosti.

Při ražbě západního tunelu v různých litologických typech byly v zásadě aplikovány čtyři odlišné třídy NRTM:

- V monotónním vývoji letenského souvrství, v oblasti vrchu Mrázovka, převládaly třídy NRTM IV a Va. Velmi málo se vyskytovala třída III. Třída Va byla volena v souvislých poruchových pásmech a v příportálové oblasti, kde je horninový masiv zvětralý až navětralý.
 - V libeňských břidlicích byla charakteristickou třída IV. Třída Va byla volena opět v souvislých poruchových pásmech a ve složitých geologických poměrech pod zástavbou.
 - V revnických křemencích převažovala třída III. Třída IV byla volena v přechodových úsecích, kde ve vrchní části výrubu se nacházely již libeňské břidlice.
 - Ve flyšovém vývoji letenského souvrství, v oblasti Paviho vrchu, byla aplikována třída NRTM III a v oblasti východního svahu Paviho vrchu byla ve stabilních, málo rozpukaných horninách zvolena třída II. Třída IV byla v tomto souvrství volena především v poruchových pásmech a při výrazné strukturní nestabilitě výrubu.
- Při přechodu mezi rozdílnými třídami NRTM se technologicky (tj. volbou primárního ostění) postupovalo následovně:
- Jestliže došlo ke zlepšení geotechnických poměrů (z hlediska chování horninového masivu ve výrubu), aplikoval se předcházející typ tužšího primárního ostění ještě ve dvou záběrech (tj. např. 2 m) po námi indikované změně. Důvodem bylo, aby toto zesílení pomohlo k přenosu zatížení v podélném směru.
 - V opačné situaci, tj. při zhoršení geotechnických poměrů, se vyšší technologická třída NRTM (tužší primární ostění) aplikovala ihned.

Délka záběru při ražbě tunelu byla volena především v závislosti na okamžitě a časově závislé stabilitě čela výrubu. Okamžitá stabilita výrubu byla ovlivněna do jisté míry především strukturní stavbou horninového masivu, respektive vzájemnou orientací systémů diskontinuit vzhledem ke směru ražby. Sníženou stabilitu čela výrubu způsobovaly místy i soustředěné přítoky podzemní vody. Například v oblasti ulice Na Doubkově docházelo z těchto příčin jak ke snížení smykové pevnosti na vyhlazených diskontinuitách, tak i k vyplavování výplně tektonických poruch. Při takovýchto případech nestability čela výrubu bylo nutné aplikovat opatření zajišťující čelo výrubu předem (sanační injektáž prováděnou z průzkumné štoly, jehlování v opěrových štolách, mikropilotové deštníky technologii Boodex ve střední kalotě). Jelikož část ražby západního tunelu probíhala mělko pod zástavbou, bylo zde nutné respektovat především priority minimalizace poklesů terénu. Při volbě technologické třídy se muselo vzít v úvahu především dodržení kritérií daných maximální přípustnou velikostí poklesu terénu a maximálními přípustnými úhly sklonů poklesové kotliny.

V částech stavby, které byly raženy pod terénními elevacemi, a tedy pod větším nadloží (jedná se o vrch Mrázovka a Paví vrch, kde se nenachází v přímém nadloží zástavba) bylo možné volit technologické třídy dle principů NRTM bez omezujících priorit. Paradoxně však již na samém počátku ražby západního tunelu v severní příportálové oblasti (vrch Mrázovka) došlo k nadměrným deformacím jak terénu, tak výrubu tunelu. To vedlo k následné optimalizaci technologie ražby. Přistoupilo se ke změně členění výrubu třípruhového tunelu z horizontálního na vertikální.

Na jižní straně stavby u dvoupruhového tunelu raženého v oblasti východního svahu Paviho vrchu byly zase při geologicko-geotechnickém sledování ověřeny geologické poměry ještě příznivější, než se původně předpokládalo z vrtného průzkumu (průzkumná štola v těchto místech nebyla ražena).

by Metrostav, a.s.) and further on the double-lane tunnel, the exit tunnel - branch A, the ventilation plant and underground transformer station chambers (excavated by Subterra, a.s.), 3 partial excavations were documented, i.e. the top heading, core and invert. In the vertical sequencing of the excavation, which was applied along the major part of the three-lane tunnel, at the tunnel bifurcation chamber, and, in a little bit differing way, even at the bay found near the crossing of the western tunnel with the ventilation plant chamber, the top heading, core and invert of side-wall drifts and, at a certain distance, central core and final invert were documented. This means that the number of documented partial headings is more than double at the vertical sequencing compared to the horizontal sequencing. This is very demanding in terms of interpretation of the rock mass encountered and the ability to prognosticate geological conditions only on the basis of a partial excavation carried out as the first one. From whence it also follows how difficult the NATM technological class specification sometimes is in highly heterogeneous rock mass. It was important for creation of the geological conditions prognoses of engineering-geological conditions to develop continuously the horizontal geological section at the tunnel invert level and the vertical geological section along the tunnel axis on the basis of the engineering-geological documentation of the excavation face (see Fig. 1).

During the excavation of the western tunnel tube the NATM classes were selected in the meaning of the observational method. This means that the expected behaviour of the actually encountered rock mass was respected above all. Therefore it was necessary always to analyse the geological conditions encountered, and compare them with the geological environment for which the response on the tunnel excavation had already been proven. This led to a maximum effort to optimise the choice of the primary liner in terms of both the technique and economy. Depending on the actually encountered conditions at the excavation face, a recommendation was submitted on the application of technological classes defined by the manner of the excavation sequencing, an optimal set of the primary lining elements (sprayed concrete, steel mesh, lattice girders, rockbolts), and the advance length. Therefore the variability of the rock environment in terms of the liner squeezing reflected even in the choice of the technological class defining the adequate primary liner of an optimal toughness.

Basically four different NATM classes were applied in the excavation of the western tube in various lithological types:

- NATM classes IV and Va prevailed in the monotone evolution of the Letna strata, in the area of Mrázovka hill. Class III was very rare. The class Va was chosen in continuous weakness zones and in the portal area, where the rock mass is weathered to little weathered.
- Class IV was characteristic in the Liben shales. Class Va was again chosen in continuous weakness zones and in complex geological conditions under buildings.
- Class III prevailed in the Revnice quartzites. Class IV was chosen in transition sections, where the upper parts of the excavation reached into the Liben shales.
- NATM class III was applied in the flysch-type evolution of the Letna strata, in the area of Paví hill, while class II was selected for the area of the eastern slope of Paví hill, i.e. for stable, little fractured rock. Class IV was chosen in this strata above all for weakness zones and in case of a pronounced structural instability of the excavation.

Following technological procedure (selection of primary lining) was applied in transition between particular NATM classes:

- If geotechnical conditions occurred, previous type of tougher primary liner was applied in two rounds (e.g. for 2 m) following after our indication of the change. The reason of this reinforcement was to help in carrying the load in longitudinal direction.
- To the contrary, in case of deterioration of geological conditions, the higher NATM technological class (i.e. a tougher lining) was applied immediately. The advance length in the tunnel excavation depending on both the instantaneous and time-dependent stability of the excavation face was chosen primarily. The instantaneous stability of the face was in a certain extent affected above all by the structural composition of the rock mass, or by the mutual orientation of the discontinuity systems relative to the excavation direction. The reduction in the stability of the excavation face was locally due to concentrated inflows of ground water too. For example, in the Na Doubkove Street area, both a reduction in shearing strength along smoothed discontinuities and washing out of the tectonic disturbances infill occurred. In such the cases of the excavation face instability it was necessary to apply measures securing the excavation face beforehand (saving grouting from the exploration gallery, needling in the side-wall drifts, micropile umbrellas by the Boodex technique in the central top heading).

Since a part of the western tunnel tube excavation was carried out shallowly under buildings, it was necessary for those locations to respect priorities of minimisation of the surface subsidence above all. In the process of selection of the technological class, the adherence to the criteria given by the maximum allowable magnitude of the terrain subsidence and maximum allowable subsidence trough slope angles had to be taken into consideration.

Na základě zastížených geologických poměrů bylo ihned reagováno doporučením optimální technologické třídy, což znamenalo snížení tuhosti primárního ostění.

SROVNÁNÍ PŘEDPOKLÁDANÝCH A SKUTEČNĚ REALIZOVANÝCH TŘÍD NRTM PŘI RAŽBĚ ZTT TUNELU MRÁZOVKA

Na sloupcovém diagramu (obr. 2) je srovnání předpokládaných a skutečných tříd NRTM, při ražbě ZTT tunelu Mrázovka.

Z tohoto diagramu vyplývá, že vážený průměr předpokládaného zařazení (tj. v projektu) byl 3,72 tř. NRTM a skutečného zařazení ražby byl 3,88 tř. NRTM. Tím pádem rozdíl v zařazení dle váženého průměru byl pro ZTT 0,16 třídy NRTM. Tento rozdíl v zařazení do tříd NRTM je minimální a úspěšnost prognózy inženýrsko-geologických poměrů je velmi příznivá.

Při hlubší analýze je patrné, že byly rozdíly v zastoupení jednotlivých tříd NRTM na jižní části stavby (úsek, kde je dodavatelem Subterra, a. s.) a na severní části (úsek Metrostav, a. s.). Existuje zde několik příčin, které vyvstaly až po upřesnění geotechnických poměrů při vlastní ražbě západního tunelu. Jak již bylo napsáno výše, ve východním svahu Paviho vrchu, kde nebyla realizována průzkumná štola, byly zastíženy příznivější geologické poměry z hlediska chování horninového masivu ve výrubu. Jelikož NRTM je metoda, která principiálně umožňuje způsob vystrojování operativně přizpůsobovat měnícím se podmínkám ražby, bylo zde optimálně reagováno tím, že se doplnila realizační projektová dokumentace o technologickou třídu NRTM II. V písčitéch až drobových břidlicích letenského souvrství ve flyšovém vývoji však ale byl analyzován i zvýšený obsah křemenných zrn SiO_2 , a tudíž s tím související vysoká abrazivita horniny. To bylo příčinou, že nemohla být k rozpojování horniny efektivně využita výložníková fréza Eickhoff ET 380L. Bylo tedy nutné použít ve větší míře trhací práce.

V severním úseku stavby, především v severní příportálové oblasti, se naopak projevila intenzivní heterogenita horninového masivu, způsobená tektonickým porušením. Vzhledem k prostorové orientaci poruchových pásem (asi 4 m širokých) šikmo k ose tunelu, ovlivnila jejich výrazná přítomnost zde chování horninového masivu ve výrubu západního tunelu na větším úseku, než ve výrubu průzkumné štoly s 10x menším průřezem [lit. 11].

ZÁVĚR

Ve složitých tektonických poměrech, jaké jsou na západním tunelu Mrázovka, se potvrdilo, že průzkumná štola může poskytnout velmi významné objektivní informace o chování takto heterogenního horninového masivu při ražbě. Nelze však ani zde předpokládat, že by geotechnický průzkum zjistil úplně všechny dislokace a tektonické poruchy a další anomálie, které výrazně ovlivňují chování horninového masivu při ražbě tunelu. Vzhledem k velikosti silničního tunelu ani průzkumná štola (u třípruhového tunelu s cca 10x menším a u tunelového rozpletu dokonce s cca 20x menším průřezem) nemůže ověřit tak složitou tektoniku v celém profilu tunelu, a proto je během ražby samotného tunelu nutné přizpůsobovat technologii i ostění především výsledkům geotechnického monitoringu, jehož nedílnou součástí je i geologicko-geotechnické sledování výrubu.

Nespornou předností NRTM je její flexibilita - schopnost přizpůsobovat se jak zhoršeným, tak i příznivějším geologickým poměrům v duchu principů zhoršovací metody. To v plné šíři potvrdila i ražba západního tunelu Mrázovka v součinnosti s jejím monitoringem, na němž se a. s. PUDIS podílela činností několika specializovaných skupin.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] TESAR, O.: Prognóza a skutečnost v geotechnice na příkladech podzemních staveb v Praze. Geotechnické dny Praha 1999 - Sborník přednášek. ČKAIT, Praha, 1999.
- [2] HUDEK, J. - VOREL, J.: Soubor zpráv o podrobném a doplňujícím inženýrsko-geologickém průzkumu a geotechnickém monitoringu tunelu Mrázovka. PUDIS, Praha, 1994 - 2000.
- [3] HUDEK, J.: Presiometrická kontrola injekčního zpevnění libeňských břidlic na stavbě tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [4] HUDEK, J. - CHMELÁŘ, R.: Výsledky geotechnického průzkumu tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavebnictvo 2001, Bojnice, 2001.
- [5] ZÁRUBA, Q.: Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy. Geotechnika sv. 5, SGÚ, Praha, 1948.
- [6] TESAR, O.: Inženýrsko-geologický průzkum pro NRTM. Směrnice a. s. Metrostav. IKE, Praha, 1992.
- [7] EISENSTEIN, Z. - SALAČ, M. - ŠKRÁBEK, J. - ZAPLETAL, A.: Tunel Mrázovka - prognóza, realizace, skutečnost. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [8] BARTÁK, J. - PÍCHA, J.: Analýza vlivu sanačních injektáží a členění výrubu u diskontinuitního horninového masivu při ražbě tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [9] DOLEŽALOVÁ, M. et al.: Průzkumná štola Mrázovka - odvození modelu mechanického chování horninového masivu z výsledků měření in situ. Tunel, roč. 8., č. 1/99, Praha, 1999.
- [10] KOLEČKÁŘ, M. - ZEMÁNEK, I.: Monitoring tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [11] CHMELÁŘ, R. - VOREL, J.: Problematika posuzování horninového masivu při ražbě NRTM tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.

on as a priority.

For the parts of the structure driven under terrain elevations, which means under a higher overburden (Mrázovka Hill and Pavi Hill are concerned, where aboveground buildings are not found within the direct cover), the technological classes could be selected in accordance with the NATM principles, without restricting priorities. Although, paradoxically, excessive deformations of both the terrain and the tunnel excavation occurred at the very beginning of the western tunnel excavation, in the vicinity of the portal North. This resulted into a subsequent optimisation of the excavation technique. The horizontal sequence of the three-lane tunnel excavation was switched to the vertical sequence.

On the other hand, the geological conditions on the southern part of the construction, along the double-lane tunnel driven in the area of the eastern slope of Pavi Hill, geological conditions were confirmed more favourable than originally anticipated on the basis of the investigation boring (the exploratory gallery was not driven in this location). A recommendation on an optimal technological class was an immediate reaction to the actual geological conditions encountered, which meant a reduction in the primary lining toughness.

COMPARISON OF ANTICIPATED AND ACTUALLY REALISED NATM CLASSES IN THE WTT MRÁZOVKA EXCAVATION

The following bar chart shows a comparison of the anticipated and actual NATM classes in the WTT Mrázovka excavation.

It follows from this chart that the weighted average of the anticipated (i.e. contained in the design) and actual classification was the NATM class 3.72 and 3.88 respectively. Therefore the difference in the classification by the weighted average amounted to 0.16 NATM class for the WTT. This difference in the NATM classification is minimal, and the hit ratio is very favourable for the prognosis of the engineering-geological conditions.

Under a deeper analysis it is obvious that there were differences in distribution of individual NATM classes at the southern part of the construction (the section where Subterra a.s. is the contractor) and the northern part (the section built by Metrostav, a.s.). There are several reasons, which only appeared when geotechnical conditions had been identified during the western tunnel excavation.

As mentioned above, more favourable geological conditions in terms of the behaviour of the rock mass in the excavation were encountered. Since the NATM is a method, which principally allows operative accommodation of the support to the changing driving conditions, it was possible to react optimally by adding the NATM technological class 2 into the detailed design.

But the analysis of sandy to greywacke shales of the Letna strata in their flysch evolution revealed also an increased volume of SiO_2 quartz grains, and the related highly abrasive character of the rock. This was the cause why the boom-type roadheader Eickhoff ET 380L could not be used efficiently for the rock fragmentation. Therefore the drill and blast had to be applied in a higher extent.

On the contrary, an intensive rock mass heterogeneity caused by tectonic disturbance was encountered in the northern section of the construction, mainly along the northern portal section. Owing to their spatial orientation being askew to the tunnel axis, the marked presence of the weakness zones in this section (about 4m wide) affected the behaviour of the rock mass in the excavation of the western tunnel tube within a longer section than that in the excavation of the exploratory gallery having the cross section 10 times smaller [Ref.11].

CONCLUSION

It has been confirmed that, in complex tectonic conditions existing on the western tube of the Mrázovka tunnel, an exploratory gallery can provide very important objective information on the behaviour of so much heterogeneous rock mass in the course of driving. However, nor here can it be expected that the geotechnical investigation could find all dislocations, tectonic disturbances and other anomalies, which affect extensively the rock mass behaviour during the tunnel driving. Owing to the size of a road tunnel, nor an exploratory gallery (whose cross section is roughly 10 times smaller in a case of a three lane tunnel and even 20 times smaller than the cross section of a bifurcation chamber) can prove such the complex tectonics within the whole tunnel profile. Therefore it is necessary during the tunnel excavation above all to accommodate the technique and the lining to the geotechnical monitoring results, whose inseparable part is the geological-geotechnical monitoring of the excavation.

An unquestionable advantage of the NATM is its flexibility, i.e. its ability to be accommodated to both deteriorated and more favourable geological conditions in the spirit of the observational method principles. The excavation of the western tube of the Mrázovka tunnel, carried out in a joint action with the monitoring in which PUDIS a.s. participated through operations of several specialised groups, has also confirmed this fact.

HODNOCENÍ ODEZVY HORNINOVÉHO MASIVU NA RAŽBU TUNELU PROSTŘEDNICTVÍM MĚŘENÍ VE VRTECH A VE VÝRUBU

ASSESSMENT OF ROCK MASS RESPONSE AT A TUNNEL EXCAVATION BY MEANS OF MEASUREMENT IN BOREHOLES AND IN THE EXCAVATED CAVITY

DOC. ING. ALEXANDR ROZSPAL, CSc., ING IGOR ZEMÁNEK, SG - GEOTECHNIKA, a. s.

Při výstavbě tunelu Mrázovka v Praze se provádí komplexní kontrolní sledování (geomonitoring) odezvy systému horninový masiv-ostění tunelu na ražbu. Tyto práce řídí investor stavby VIS, a. s.

Stavební Geologie GEOTECHNIKA, a. s., zajišťuje souhrnné hodnocení výsledků všech typů měření, geotechnickou supervizi a konečně provádí některé vybrané typy měření.

V předloženém článku se stručně uvádí hodnocení některých výsledků měření přetváření horninového masivu ve vrtech prostřednictvím extenzometru a inklinometru.

1. SOUVISLOST ČASOVÉHO PRŮBĚHU PŘETVÁŘENÍ HORNINOVÉHO MASIVU S POSTUPEM RAŽBY TUNELU

Toto přetváření je vždy závislé na čase. Horninový masiv, ve kterém se tunel razí, totiž není nikdy dokonale pružné stejnorodé prostředí. Kromě toho při ražbě tunelu dochází ve sledovaném řezu k postupným změnám pole napětí. Je to dáno tím, že k sledovanému řezu se nejdříve místo, ve kterém probíhá příslušný technologický krok ražby, přibližuje a poté se zase vzdaluje. Podstatný vliv má proto i rozdělení ražby do technologických kroků. K ustálení přetváření tedy dochází až po určité době. Ta závisí na použité technologii ražby a budování ostění tunelu, na vlastnostech horninového masivu a na geometrických okrajových podmínkách (to je na poměru hloubky nivelety tunelu pod povrchem terénu k průměru tunelu). Většina z celkové hodnoty přetvoření proběhne obvykle do několika hodin po dokončení příslušného záběru. Pokud nedojde k nežádoucímu porušování horniny, tak k vyznění inženýrsky důležitých přetvoření dojde zpravidla do několika dnů poté. Přetváření se ustáluje vždy až po dokončení dna tunelové trouby. Tehdy totiž únosnost ostění dosáhne své plné hodnoty. Na obr. 1 je obvyklý časový průběh posuvů kotev extenzometrů a povrchu terénu při svislém členění.

Z průběhu přetváření je dobře patrný zásadní vliv polohy čelby vůči řezu, ve kterém se provádí měření.

Velikosti přetvoření se proto vždy musí hodnotit s ohledem na příslušný krok ražby, vzdálenost měřícího místa od okamžité polohy čelby a na dobu, která uplynula od dokončení posledního technologického kroku ražby.

2. ČASOVÝ PRŮBĚH PŘETVÁŘENÍ PO UZAVŘENÍ DNA TUNELU

Důležitý je také časový průběh přetváření od okamžiku, od kterého se již v sledovaném řezu nemění pole zatížení. V podstatě se jedná o stav, kdy se uzavřené dno tunelu dostane do určité vzdálenosti za měřený řez. Obvykle lze za takovou vzdálenost považovat jeden průměr tunelové trouby. Při době provedeném ostění, neporušení horninového masivu ražbou a v průměrných geologických poměrech by mělo dojít během několika dnů k doznání přetváření a k zaznamenávání měřených veličin již jen s odchylkami odpovídajícími přesností odečtu. Na obr. 2 jsou příklady průběhu přírůstků svislých posuvů konvergenčního bodu ve vrcholu klenby v různých místech tunelu Mrázovka od okamžiku, kdy se uzavřelo v měřeném řezu dno tunelu.

Je zřejmé, že přírůstky posuvů po uzavření dna tunelu v případech svislého členění čelby v dobrých geologických podmínkách byly pouze několik mm a ustály se velmi rychle na stejné hodnotě. Při vodorovném členění čelby v poloskalních horninách staničení 08040 bylo ale k ustálení dotvarování třeba 30 dní. Delší doba dotvarování též byla zaznamenána v místě rozpletů, kde se plocha výrubu přibližovala až 300 m² a kde tudíž působila velké soustředění zatížení. Obecně při ražbě v poloskalních a soudržných horninách nebo při zatížení ostění na mezi únosnosti však může přetváření probíhat ještě podstatně delší dobu a může dosáhnout i větších hodnot. Pokud během této doby dochází k zpomalování rychlosti přetváření, je z hlediska stability ostění vše v pořádku. Jen je třeba z časového průběhu přetváření odvodit extrapolaci ustálenou hodnotu sednutí a porovnat ji s projektem předepsanými mezními hodnotami. Pokud časový průběh ukazuje delší dobu na stálou rychlost přetváření, jedná se o velmi nebezpečný stav. Při takovém časovém průběhu mohou kdykoliv rychlosti přetváření začít růst. Tunelové ostění spolu s okolní horninou pak může bezprostředně ztratit stabilitu.

Integrated checking monitoring (geomonitoring) of the response of the rock mass - tunnel lining system on excavation has been carried out in the course of the Mrázovka tunnel construction in Prague. The operations have been controlled by the owner's consultant VIS a.s.

Stavební Geologie GEOTECHNIKA a.s. has performed the aggregate assessment of the results of all measurement types, geotechnical supervision, as well as some selected types of measurement.

The paper contains a brief summary of the results assessments of rock mass deformation measured in boreholes by means of extensometers and inclinometers.

1. RELATIONSHIP BETWEEN THE TIME BEHAVIOUR OF THE ROCK MASS DEFORMATION AND THE PROGRESSING TUNNEL EXCAVATION

This deformation is always time-dependent. This is because the rock mass, which a tunnel is driven in, is never a perfectly resilient homogeneous environment. In addition, progressive changes in the stress field always occur at a monitored cross section. This is because of the fact that the place where a particular technological step of the excavation takes place comes progressively near to the monitored cross section and then recedes progressively again. Therefore also the division of the excavation into technological steps has a significant influence. This means that the deformation settles after a certain period of time. This period depends on the excavation technique utilised and the application of tunnel lining, on the rock mass properties, and geometric edge conditions (i.e. the ratio of the tunnel alignment depth under the ground surface to the tunnel diameter). A major part of the aggregated value of the deformation develops usually within several hours after completion of the particular advance. If no undesired rock failure occurs, the deformation significant in engineering terms is over usually within several days after. The deformation always settles only after completion of the tunnel tube invert. Only then does the load bearing capacity of the liner reach its full value. The usual time behaviour of extensometer borehole anchors displacement and the ground surface movement at a vertical sequencing is shown on Fig. 1.

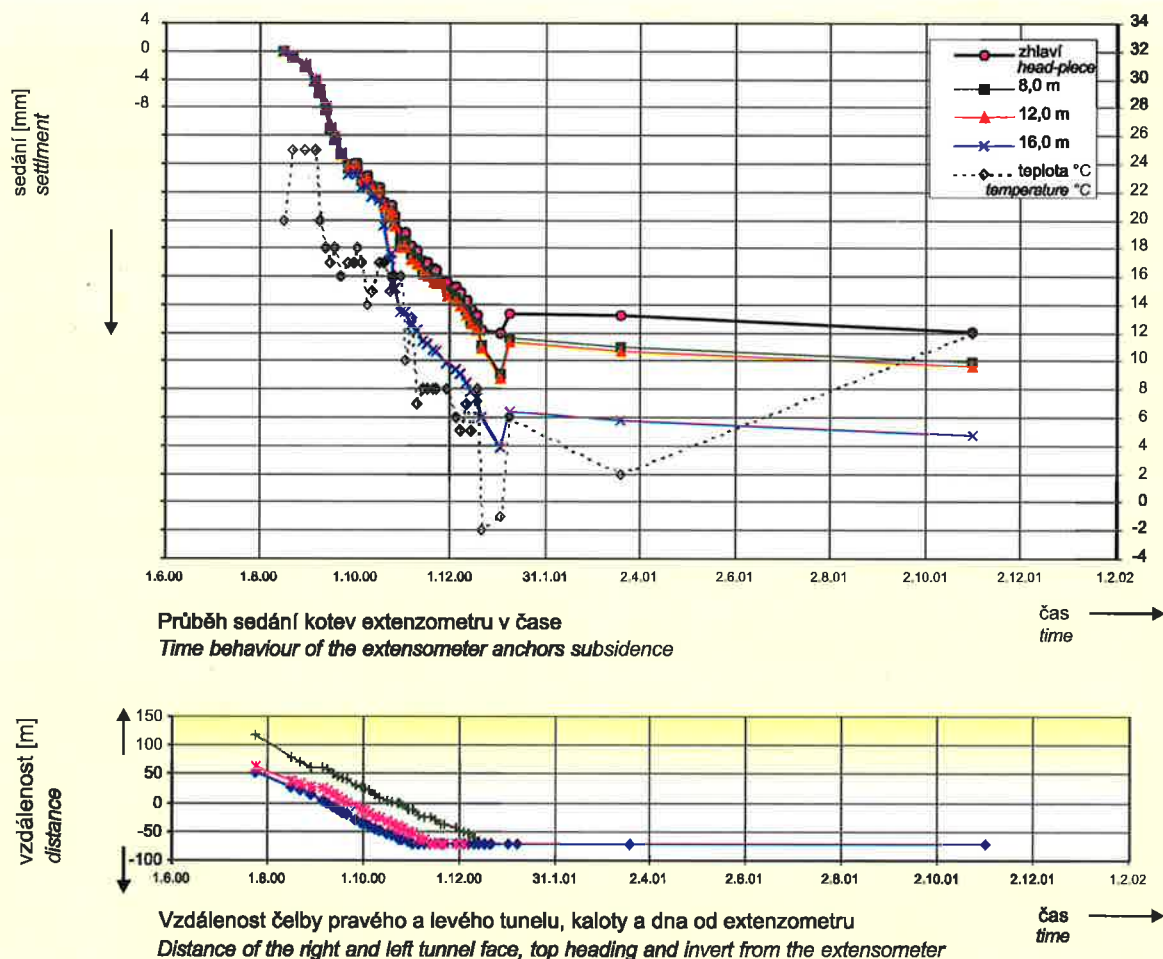
The fundamental influence of the position of the face as compared with the given cross section where the measurement is being carried out is well obvious from the deformation development.

The deformation magnitude must be therefore always assessed with respect to the respective step of excavation, the distance of the measurement location from the current location of the face, and the time, which has elapsed from the completion of the previous technological step of excavation.

2. THE TIME BEHAVIOUR OF DEFORMATION AFTER THE TUNNEL INVERT CLOSURE

The time behaviour occurring from the moment from which the load field at the monitored cross section does not change any more is also important. Basically, this is a state when the closed tunnel invert gets into a certain distance behind the measured cross section. One tunnel tube diameter can usually be considered to be such the distance. If the liner is built properly, the rock mass is not broken due to the excavation work, and geological conditions are average, the deformation should cease in several days, and deviations in the measured values corresponding to the reading accuracy should be recorded only. The Fig. 2 demonstrates examples of the development of increments of vertical displacements of a convergence point at the vault top in various places of the Mrázovka tunnel, measured from the moment of the tunnel invert closure at the given cross section.

Obviously, the increments of the displacements after the tunnel invert closure in the cases of vertical sectioning of the face in good geological conditions amounted to millimetres only, and they settle very quickly at a constant value. Although, at horizontal sequencing of the face in the semi-rocky ground occurring at chainage 08040, 30 days were needed to achieve the state of steady deformation. A longer creep time was also recorded at bifurcation chambers, where the excavated area reached up to 300 m² and, due to this fact, great concentration of the loading occurred. Although, in general, the creep may last for a substantially longer time in semi-rock and coherent grounds or

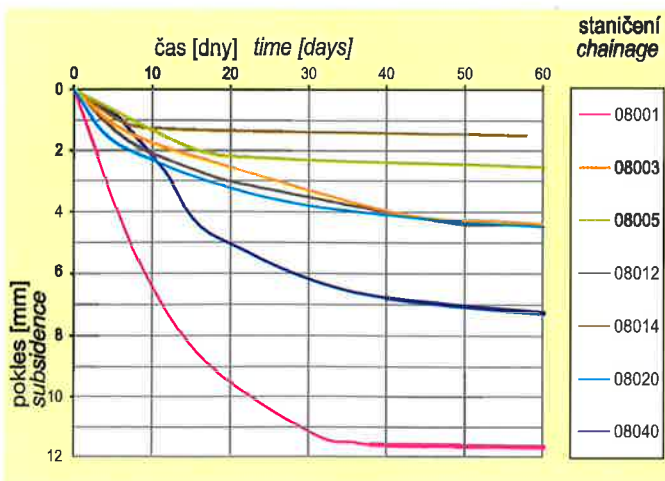


Obr. 1 Časový průběh svislých přetvoření v závislosti na postupu ražby ZTT Mrázovka km 4,605
Fig. 1 Time behaviour of vertical displacements depending on the WTT Mrázovka excavation progress at km 4.605

3. ČASOVÉ PRŮBĚHY RYCHLOSTÍ PŘETVÁŘENÍ

Záznam časového průběhu rychlosti změn hodnot sledovaných veličin daleko lépe upozorní na změny v povaze jejich časového vývoje. Ukazuje to například obr. 3, na kterém jsou znázorněny rychlosti sedání kotev tyčového extenzometru v ZTT Mrázovka ve staničení km 5,107 a obrázek 4, kde jsou obdobným způsobem zaznamenány hodnoty rychlostí vodorovných přetvoření měřených inklinometrem ve vrtu, a to na povrchu terénu a v hloubce 24 m v ZTT Mrázovka, staničení km 4,605.

Na obrázku 4 je zaznamenána jak součtová křivka růstu přetvoření v čase, tak i časový průběh jejich rychlostí. Je zřejmé, že čára průběhu rychlostí daleko přesvědčivěji ukazuje změny v povaze sledovaných veličin než čára součtová.



Obr. 2 Příklad časového průběhu dotvarování vrcholu ostění po uzavření dna
Fig. 2 An example of the time behaviour of the lining crown deformation after the invert closure

in a case of a failure loading, and it can assume even higher values. If the creep rate slows down during that time, everything is under control from the stability point of view. It is only necessary to derive the steady value of deformation from the time behaviour of the deformation by means of extrapolation, and compare it with the limiting values prescribed by the design. If the time behaviour shows the steady deformation to last for a longer time, the condition is very dangerous. The deformation rate may start growing anytime at such the time behaviour. The tunnel liner and the surrounding rock may lose the stability on the instant.

3. TIME BEHAVIOUR OF THE CREEP RATE

A record of the time behaviour of the rate of changes in the monitored values cautions much better of the changes in the character of their time behaviour. It is for example shown by Fig. 3, which represents the values of the rate of a rod-type extensometer borehole anchors settlement at the Mrázovka WTT, at chainage km 5.107, and Fig. 4, where the values of horizontal deformation rate were recorded in a similar manner (measured with an inclinometer in a borehole, at the surface and at a depth of 24 m, in the Mrázovka WTT, at chainage km 4.605).

Both the summation curve of the deformations build-up with time and the time behaviour of their rates are shown on Fig. 4. It is obvious that the rates development curve displays the changes in the character of the monitored values much more convincingly than the summation curve.

4. DEVELOPMENT OF DEFORMATIONS AROUND AN EXCAVATION

a) Vertical displacements ahead of the face and after the invert closure
A certain part of the aggregate value of the vertical displacement of a monitored point takes place even ahead of the face, a part is connected with the side-wall tunnels passing (at the vertical sequence), a part when the top heading passes, and the remaining part after the invert passing. The mutual ratio of those values depends on a series of factors. Primarily it is the excavation technique, the rock mass quality, and the ratio of the tunnel diameter to the depth of the tunnel alignment under the surface. Unfortunately, the number of measurements carried out on the monitored tunnels was not sufficient so that the influence of those factors and their interrelation could be determined explicitly. Though, the scopes of values, which can be expected in similar geological conditions and at the same excavation technique, follow from the tables below.

4. VÝVOJ PŘETVÁŘENÍ KOLEM VÝRUBU

a) Svislé posuvy před čelbou a po uzavření dna

Z celkové hodnoty svislého posunu sledovaného bodu proběhne určitá část ještě před čelbou, část souvisí s průchodem bočních tunelů (při svislém členění), část při průchodu kaloty a zbytek po průchodu dna. Vzájemný poměr těchto hodnot závisí na řadě činitelů. Hlavně se jedná o technologii ražby, dále o kvalitu horninového masivu a o poměr průměru tunelu k hloubce jeho nivelety pod povrchem. Počet prováděných měření na sledovaných tunelech nebyl bohužel dostatečný, aby se mohl vliv těchto činitelů a souvislost mezi nimi určit jednoznačně. Nicméně z následujících tabulek vyplývají rozsahy hodnot, které lze v obdobných geologických poměrech při stejné technologii ražby očekávat.

Lze shrnout, že do průchodu čelby většinou odezní přibližně 5 až 10 % z celkové naměřené hodnoty sedání v sledovaném řezu. Největší část odezní při průchodu kaloty. Ta obvykle spotřebuje 60 až 70 % z celkové hodnoty sedání. Jádro a dno se podělí o zbytek.

b) Podélná poklesová kotlina

Předstih svislých přetvoření povrchu terénu před čelbou může být poměrně značný. Závisí hlavně na způsobu členění čelby. Při vodorovném členění je tento předstih větší než před prvním bočním tunelem při svislém členění čelby. Pokud bychom ale umístili srovnávací řez do míst, kde je již výrub při svislém členění čelby zcela vyražen, tak pak celková délka poklesové kotliny před takovým řezem bude díky celé řadě dílčích čelb a technologických kroků vzdálených od sebe větší a její sklon tak bude menší. Celková hodnota svislého sednutí ve sledovaném řezu bude ale menší. Příklad vývoje sklonu poklesové kotliny při vodorovném členění čelby ZTT Mrázovka ve staničení km 5,180 - 5,065 (v blízkosti severního portálu) je na obr. 5.

Z obrázku vyplývá, že délka poklesové kotliny před místem, ve kterém byla právě vyražena kalota, kolísala mezi 25 až 15 m. Průměr tunelové trouby byl 14 m a odpovídající svislé sednutí povrchu terénu bylo asi 140 - 210 mm. Po přechodu na svislé členění čelby byla délka poklesové kotliny prodloužena o celou pracovní frontu příslušející vyražení levého a pravého bočního tunelu. Odpovídající svislá sednutí byla ale menší a i dosažené sklony podélných i příčných poklesových kotlin byly proto daleko příznivější.

A conclusion can be made that up to 5 to 10% of the aggregate measured value of the settlement at a monitored cross section takes place before the face passage. The major part takes place at the top heading passing. This part usually cuts 60 to 70% from the aggregate settlement. The bench and invert after share the remaining part then.

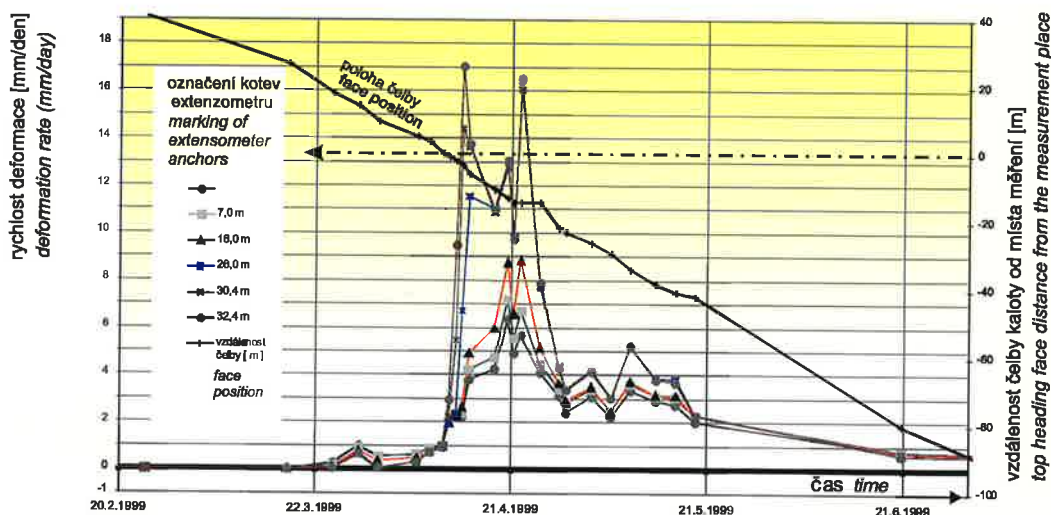
b) Longitudinal settlement trough

The advance of vertical deformation of the terrain surface ahead of the face can be relatively great. It mainly depends on the manner of the face excavation sequencing. At a horizontal sequence, this advance is bigger than that ahead of the first side-wall tunnel at a vertical sequencing of the face. Although, if we establish reference cross sections in such places where, at the vertical sectioning, the opening has already been completely excavated, the overall length of the settlement trough ahead of such the section will be, owing to a number of partial headings and technological steps distant from each other, greater, thus its gradient will be smaller. However, the aggregate value of the vertical settlement at the monitored section will be smaller. An example of the development of the settlement trough at horizontal sequencing of the Mrázovka WTT face at chainage km 5.180 - 5.065 (in the vicinity of the North portal) is shown on Fig. 5.

It follows from the picture that the length of the settlement trough ahead of the location where the top heading had just been excavated fluctuated between 25 to 15 m. The tunnel tube diameter was 14 m, and the corresponding vertical subsidence of the ground surface was about 140 - 210 mm. After the transition to the vertical sequencing of the face, the settlement trough length extended by a complete working front consisting of the left and right side-wall tunnels excavation. Although, the corresponding vertical settlements were smaller, therefore the gradients of the longitudinal and transversal settlement troughs were much more favourable.

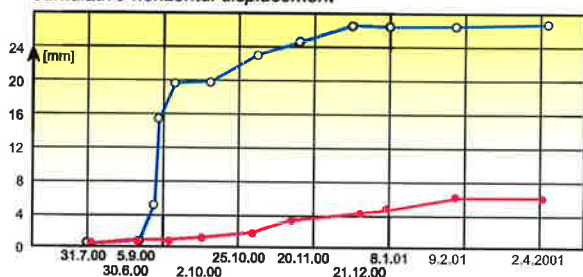
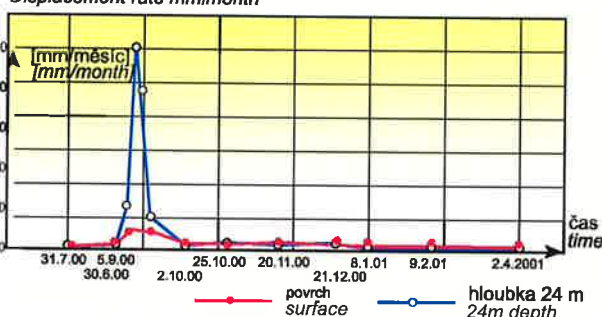
c) Transversal settlement trough

The course of transversal settlement troughs can be approximately calculated from the ground volume loss theory. According to this theory, the area corresponding to the overall convergence inside the opening corresponds to the area delimited by the original and settled terrain surface after the excavation passage. The theoretical course of the settled surface can be calculated using the equations of the Gaussian curve. So the development of settlement troughs at an excavation of a real tunnel can be forecast using the knowledge of the convergence magnitude and of the course of the settlement trough at exploratory galleries. An example of such a forecast is on Fig. 6.



Obr. 3 Průběh rychlostí sedání vrcholu klenby ostění ZTT Mrázovka ve staničení km 5,107

Fig. 3 Time behaviour of rate of the WTT Mrázovka lining vault crown settlement at chainage km 5.107

Kumulovaný vodorovný posun
Cumulative horizontal displacementRychlost posuvů mm/měsíc
Displacement rate mm/month

Obr. 4 Měření vodorovných posuvů zjišťovaných inklinometrem na povrchu terénu a v hloubce 24 metrů na ZTT Mrázovka ve staničení km 4,605
Fig. 4 Measurement of horizontal displacement using an inclinometer at the ground surface and at a depth of 24 metres on the Mrázovka WTT, at chainage of 4.605

c) příčná poklesová kotlina

Průběh příčných poklesových kotlin lze přibližně vypočítat z teorie objemové ztráty horniny. Podle ní plocha odpovídající celkové konvergenci do výrubu odpovídá ploše vymezené původním a pokleslým povrchem terénu po projití ražby. Přitom teoretický průběh pokleslého povrchu terénu lze vypočítat s využitím rovnic Gaussovy křivky. S využitím znalosti velikosti konvergence a průběhu poklesové kotliny u průzkumných štol tak lze předpovědět vývoj poklesových kotlin při ražbě skutečného tunelu. Příklad takové předpovědi je na obr. 6.

Z příkladu, který je ukázán pro staničení km 4,603, vyplývá velmi dobrá shoda předpovězeného a změřeného průběhu poklesových kotlin, kterou se na stavbě tunelu Mrázovka dařilo dosahovat.

U poklesových kotlin je u mezních hodnot předepisovaných projektem stavby kvůli ochraně dotčených nadzemních objektů důležitá jejich šířka, největší sklon v inflexním bodě a největší hodnota svislého sednutí.

d) Význam okamžiku a způsobu určování svislých sednutí vrcholu klenby tunelu. Největší dovolená hodnota přetvoření bývá projektem předepsána nejen pro sednutí povrchu terénu, ale i pro svislý posuv ostění tunelu.

Při hodnocení svislých sednutí ostění je třeba vzít v úvahu způsob, dobu i místo jejich odečtu. Pokud se vychází pouze z měření konvergenčního, nelze celkovou hodnotu svislého sednutí určit. Jeho větší část totiž proběhne dříve, než mohou být konvergenční body osazeny a změněny. Ukazuje to následující obrázek 7. Na něm jsou porovnávány svislé hodnoty sednutí vrcholu ostění tunelu v kalotě a v předním bočním tunelu určené měřením optickou konvergencí a hodnoty sednutí spodních kotev v extenzometrických vrtech ve stejném staničení vrtaných z povrchu terénu do míst asi 1 m nad vrchol klenby v kalotě.

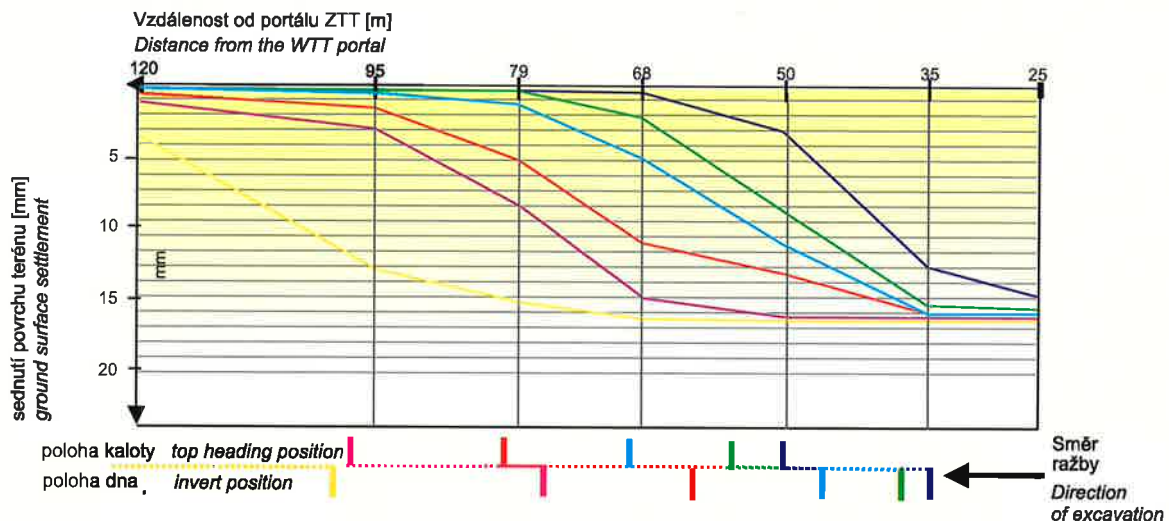
A very good agreement between the forecast and measured course of the settlement troughs, achieved successfully on the Mrázovka tunnel construction, follows from the above example, shown for the chainage km 4.603. For settlement troughs, the limiting values prescribed by the design because of the protection of aboveground structures are the width, the greatest gradient at the inflex point, and the highest value of the vertical subsidence.

d) The importance of the moment and manner of determination of vertical settlements of the tunnel vault crown.

The highest allowable value of deformation is usually prescribed by the design not only for the ground surface settlement, but also for the vertical displacement of the liner.

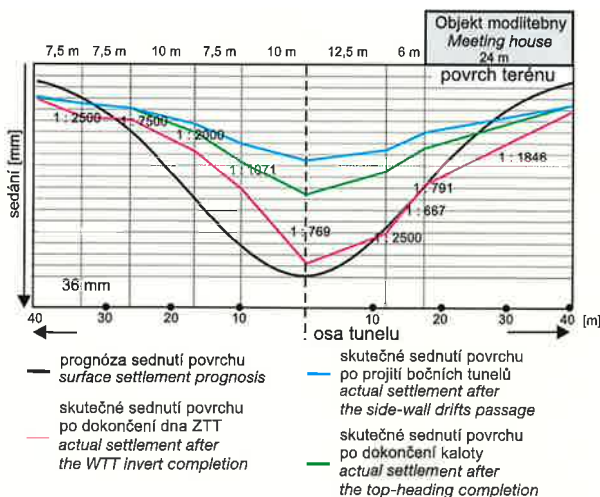
When assessing vertical settlement, the manner, time and location of the reading has to be taken into consideration. If a convergence measurement is the only basis, the total vertical settlement value cannot be determined since its larger part takes place before the convergence points can be installed and measured. This is displayed on the following Fig. 7. Vertical values of the tunnel lining crown at the top heading and the front side-wall tunnel determined by the optical convergence measurement are shown in the picture, as well as the values of settlement of the bottom anchors in extensometer boreholes drilled in the same chainage from the ground surface to places about 1 m above the vault crown at the top heading.

It is obvious from the picture that the difference between the settlement of the last (longest) anchors of the extensometer, which were positioned about 1 m above the tunnel roof, and the convergence points positioned at the liner surface under those anchors, amounted up to 70% of the total settlement value at an extreme case. If we do not neglect the extrapolation of the value measured on the last (longest) extensometer anchor to the liner surface, this share will



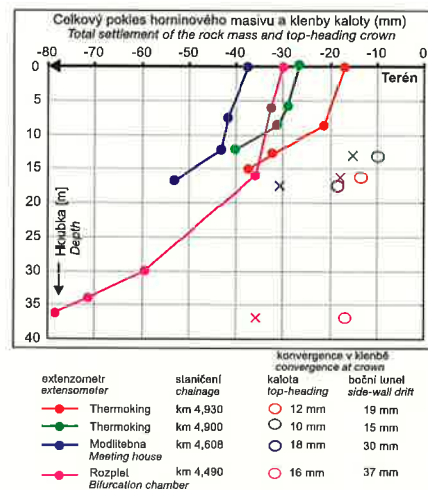
Obr. 5 Průběhy podélných poklesových kotlin ZTT Mrázovka při vodorovném členění ve staničení km 5,180 - 5,065

Fig. 5 The course of the Mrázovka WTT longitudinal settlement troughs at horizontal sequencing, at chainage km 5.180 - 5.065



Obr. 6 Skutečné a předpovězené průběhy příčných poklesových kotlin ZTT Mrázovka ve staničení km 4,603

Fig. 6 Actual and forecast courses of transversal settlement troughs at the Mrázovka WTT, chainage km 4.603



Obr. 7 Rozdíl při určování svislého přetvoření vrcholu ostění tunelu pro střednictvím konvergenčních měření a extenzometrem

Fig. 7 The difference at the determination of vertical deformation of the tunnel lining crowns by means of convergence measurements and extensometers

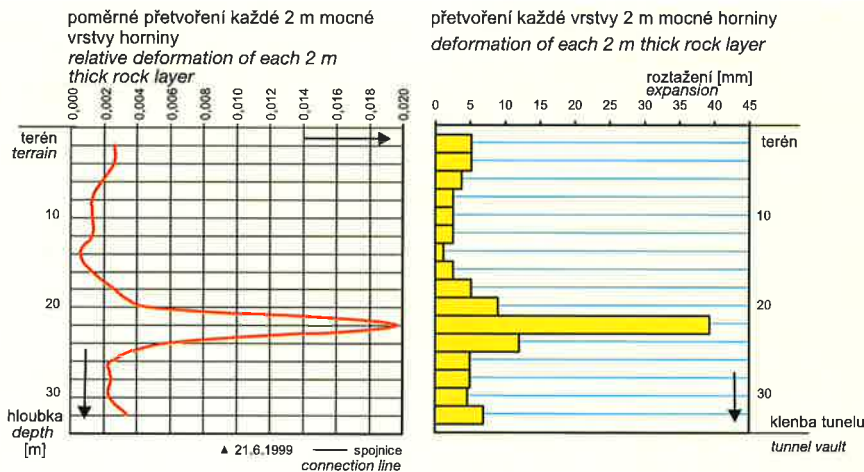
Z obrázku je zřejmé, že rozdíl mezi sednutím posledních kotev extenzometru, které byly umístěny asi 1 m nad strop tunelu, a konvergenčními body umístěnými na povrchu ostění pod těmito kotvami, činil v krajním případě až 70 % z celkové hodnoty sedání! Pokud bychom nezanedbali extrapolaci změněné hodnoty poslední kotvy extenzometru na povrch ostění, byl by tento podíl ještě větší. Konvergenční body osazené ve vrcholu kleneb v prvních bočních tunelech vykázaly sednutí o něco větší, přesto však pouze v rozsahu asi 45 až 60 % z celkové hodnoty sedání zaznamenané extenzometry. Provádět extenzometrické vrty z tunelu za účelem výstižného určování přetvoření horninového masivu kolem tunelové trouby proto není účelné. Tento způsob měření lze využít jen tam, kde z povrchu vrtat nelze, a když měření má i jiný cíl než jen měřit skutečné hodnoty přetvoření horninového masivu, například určení rozsahu rozvolněné oblasti kolem výrubu, sledovat celkovou stabilitu výrubu atp. Z rozboru obr. 7 vyplývá i další závěr. Z hodnocení svislých posuvů kotev extenzometrů v jednotlivých úrovních lze stanovit i průběh přetvoření horniny směrem od výrubu. Obvykle přírůstky přetvoření plynule směřem od výrubu k povrchu terénu klesají. Příkladem jsou měření ve staničních ZTT km 4,945, 4,603, 4,490 a ve VTT km 14,913. Pokud je vývoj přetvoření přetržitý, je třeba stanovit jeho příčiny a promítnout je do způsobů počítání tloušťky ostění. Takový stav nastal například ve ZTT Mrázovka km 5,107. Průběh přetvoření v tomto řezu je podrobněji ukázán na obr. 8.

Z obrázku 8 je vidět přetržitý průběh přetváření horniny. Největší poměrná přetvoření proběhla v úrovni asi 12 m nad vrcholem tunelu, a to v místě, kde celková hloubka vrcholu klenby tunelu pod povrchem terénu byla okolo 34 m. Největší sednutí bylo v tomto místě 290 mm a tunelové ostění se zde zabořovalo do půvy téměř jako celistvý blok.

be even higher. Convergence points installed at the crown of the vaults in the initial side-wall drifts exhibited a settlement a little bit higher, although within a range of about 45 - 60% of the total settlement value recorded by extensometers. It is therefore unreasonable to carry out the extensometric boreholes drilling from within the tunnel if we wish to identify the rock mass deformations around a tunnel tube. This way of measurement can be utilised in the places where drilling from the ground surface is impossible and when also another aim of the measurement exists than to measure actual values of the rock mass deformation, e.g. identification of the size of the loosened area around the excavation, observation of the overall stability of the excavation, etc.

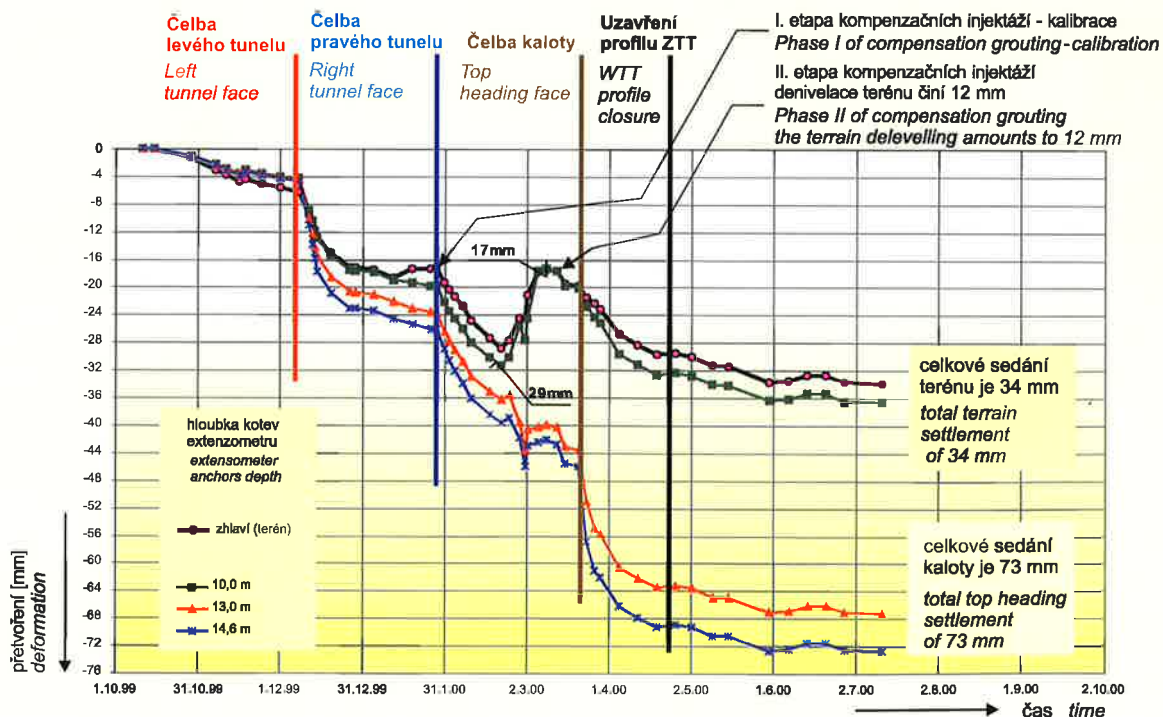
There is also another conclusion following from an analysis of Fig. 7. The evaluation of vertical displacement of extensometer anchors at particular levels can serve in the determination of the development of the rock deformation in the direction from the excavation. The deformation increments usually continuously decrease in the direction from the opening to the ground surface. The measurements from the WTT chainages km 4.945, 4.603 and 4.490, and the ETT chainage km 14.913 are good examples. If the deformation development is discontinuous, it is necessary to identify the reasons and introduce them into the methods of the lining width calculation. Such a state occurred for example on the Mrázovka WTT, km 5.107. The deformation development at this cross section is shown in a more detailed manner on Fig. 8.

The discontinuous development of the rock deformation is shown on Fig. 8. The highest relative deformation took place about 12 m above the tunnel crown, at a place where the overall depth of the tunnel vault crown under the ground surface was about 34 m. The biggest settlement at this location amounted to 290 mm, and the tunnel liner was sinking into the invert nearly as a compact block.



Obr. 8 Přetržitý průběh přírůstků svislých přetvoření podél extenzometrického vrtu ZTT Mrázovka ve staniční km 5,107

Fig. 8 Discontinuous development of the increments of vertical deformation along the extensometer borehole on the Mrázovka WTT at chainage km 5.107



Obr. 9 Záznam výsledků kompenzační injektáže prostřednictvím extenzometrických měření

Fig. 9 Record of results of compensation grouting obtained by extensometric measurement

5. ODEZVA NA KOMPENZAČNÍ INJEKTÁŽ

Měřením v extenzometrických vrtech lze též spolehlivě sledovat průběh kompenzační injecktáže uvnitř horninového masivu. Příkladem takového sledování jsou výsledky měření ve staničení km 4,859 - Ostrovského, které jsou ukázány na obr. 9.

Z obrázku je zřejmé, že kotva extenzometru, která byla umístěna nad injektovanou vrstvou, sledovala zvedání povrchu terénu, zatímco ostatní kotvy extenzometru, umístěné pod injektovanou vrstvou, byly naopak zatlačovány dolů. Z obrázku je též zřejmý účinek injecktáže na snížení celkové hodnoty sedání po průchodu kaloty. To by bez kompenzační injecktáže bylo nepochybně větší. Zvednutí povrchu terénu i horní injektované vrstvy bylo okolo 15 až 17 mm. Na dalším obr. 10 jsou vidět změny příčné poklesové kotliny povrchu terénu a svislá sednutí kontrolních bodů umístěných na budovách v sledovaném řezu před a po "kompenzační injecktáži".

Z tohoto rozboru lze učinit následující závěry:

- Sedání objektů má zejména v některých úsecích dosti odlišný průběh od sedání povrchu terénu. Týká se to jak celkových hodnot sednutí, tak i poměrného sednutí. Důvod je třeba hledat především ve značné tuhosti stavební konstrukce, jejíž přetvoření proto nesleduje bezprostředně sedání povrchu území v blízkosti objektů. K tomu je třeba přihlídnout při navrhování mezních hodnot varovných stavů pro průběh poklesových kotlin.
- Povrch území se kompenzační injecktáží zvedl celkem rovnoměrně. To svědčí, že injecktáž jako taková byla prováděna dobře.
- Zvednutí objektů bylo sice dosaženo, ne však ve všech úsecích došlo ke zlepšení kritéria o největším možném povolení sklonu poklesové kotliny, neboli hodnoty poměrného sednutí (1:700). Střední část objektu Ostrovského 19 byla zvednuta do té míry, že toto kritérium bylo provedením "kompenzační injecktáže" naopak výrazně zhoršeno a sklony se zvětšily na samotnou povolenou hranici. U zbytku budovy ke zlepšení tohoto kritéria v podstatě nedošlo, ač byl objekt zvednut průměrně o 17 mm. Ukázalo se tak, že "kompenzační injecktáž" prováděná až dodatečně po předcházejícím poklesu objektů nemá příliš velký význam a může naopak přinést zhoršení statického stavu zvedaných objektů. Tento závěr potvrdil i rozbor měření přetvárného chování samotných zvedaných objektů.

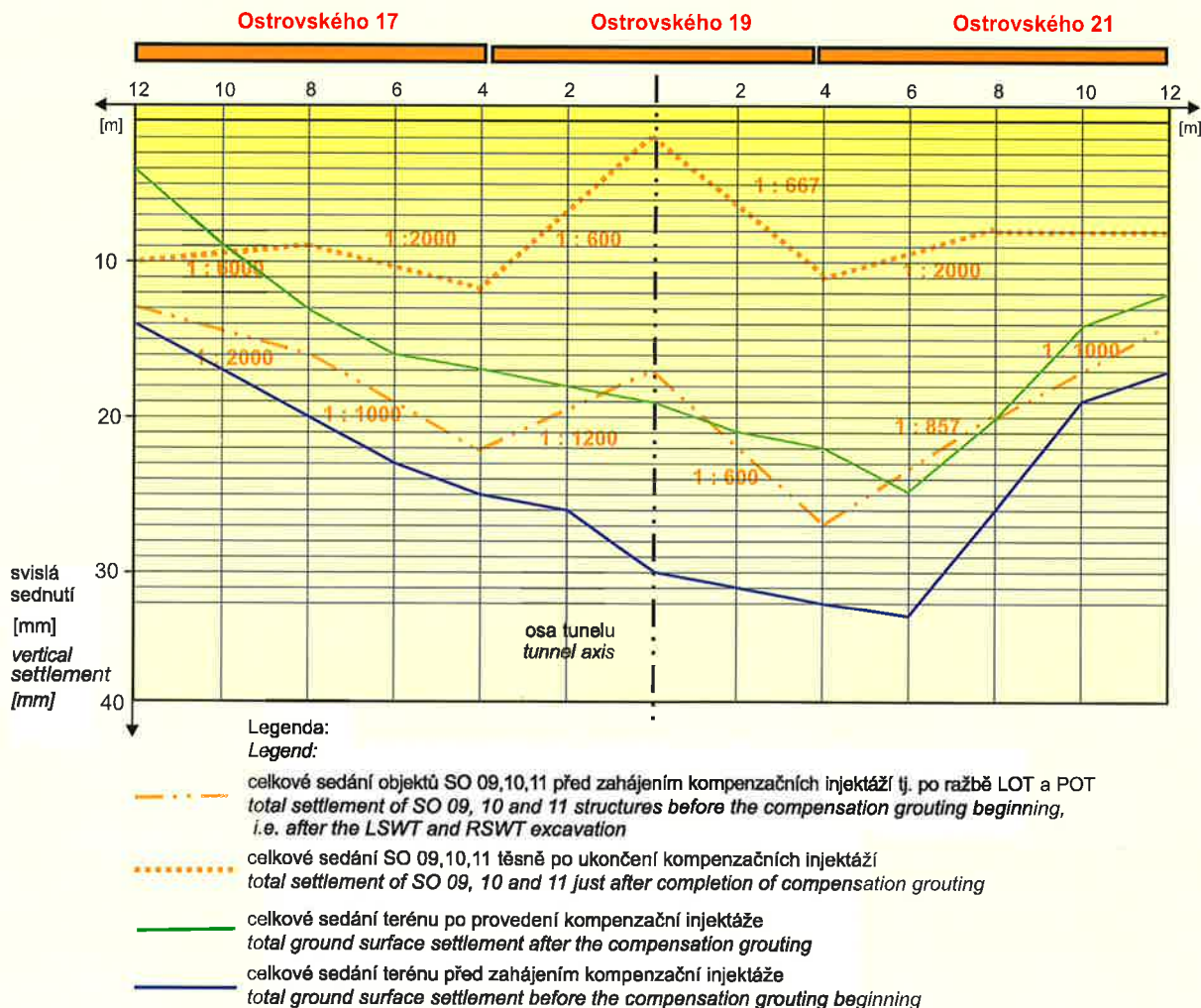
5. RESPONSE ON COMPENSATION GROUTING

The course of compensation grouting inside the rock mass can also be reliably monitored by means of the measurement with borehole extensometers. As an example of such the monitoring, we can mention the results of measurement at chainage km 4.859 - Ostrovského Street, shown on Fig. 9.

It is obvious from the picture that the extensometer anchor placed above the grouted layer followed the ground surface lifting, while, on the contrary, the other extensometer anchors placed under the grouted layer were pressed down. The impact of the grouting on reduction of the total value of settlement after the top heading passage is also obvious from the picture. Undoubtedly, this would have been higher without the compensation grouting. The ground surface and the upper grouted layers were lifted by about 15 to 17 mm. The other Fig. 10 displays the changes in the transversal settlement trough at the ground surface and vertical settlement of control points installed on the buildings found in the monitored cross section before and after the compensation grouting.

Following conclusions can be made on the basis of this analysis:

- The settlement of structures, especially in some sections, develops in a rather different manner than the ground surface settlement. This applies both to the aggregated values of settlement and the relative settlement. The reason must be sought for primarily in the significant toughness of building structures, whose deformation for that reason does not follow the ground surface settlement in the vicinity of the buildings immediately. This fact has to be taken into consideration in the process of designing the limiting values of warning states for the development of settlement troughs.
- The compensation grouting lifted the area surface quite evenly. This is a proof that the grouting proper had been carried out well.
- Although the buildings were lifted, the criteria regarding the highest allowable gradient of the settlement trough, i.e. the value of the relative settlement (1:700), were not improved in all sections. On the contrary, a central part of the Ostrovského No.19 building was lifted so much that the above criterion deteriorated significantly and the gradients increased up to the allowable limit due to the "compensation grouting". In substance, no improvement of this criterion appeared at the remaining part of that building despite the fact that the building was lifted by 17mm at an average. This was a proof that the "compensation grouting" carried out subsequently after a preceding subsi-



Obr. 10 Nepříznivý důsledek provádění kompenzační injecktáže v km 4,859
Fig.10 Adverse consequence of the compensation grouting at km 4.859

6. SHRnutí ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

Technické poznatky lze shrnout do následujících bodů:

1. Průběh přetváření systému ostění-hornina během ražby tunelu je rozložen do času. Časový průběh závisí především na krokování ražby, během kterého se mění v sledovaném řezu pole napětí s přibližováním a postupným se vzdalováním se čeleb.
2. V horninovém prostředí, ve kterém se razily sledované tunely, byla přetvoření ještě před čelbou mezi 10 až 15 % z celkové hodnoty přetvoření. Dotvarování, to znamená přetvoření po dotěžení a uzavření dna, nedosahovalo zpravidla více než 10 % z celkové hodnoty přetvoření. K ustálení přetváření po uzavření dna docházelo v rozhodujícím počtu případů během několika dnů. Po uplynutí dvou až tří týdnů už inženýrsky významné přetvoření nenastávalo. (Tento závěr nemusí platit pro jiné tunely, ražené v podstatně větších hloubkách a v stlačitelných, například jílovitých horninách.)
3. Velmi závažné, i když logické a očekávané, je zjištění, že svislá přetvoření horninového masivu okolo tunelového ostění zjištěná konvergenčním měřením jsou podstatně menší než naměřené hodnoty svislého přetvoření zjištěného extenzometrickým měřením z povrchu vrtaných vrtů v témže místě.
4. Znamená to, že konvergenční měření lze sice dobře použít pro kontrolu stability ostění, jsou však naprosto nepoužitelná jako vstupy do zpětných výpočtů, jejichž cílem je korigovat geomechanický model a určit vstupní parametry výstižně reprezentující horninový masiv do matematického modelu. Dalším z toho vyplývajícím poučením je, že extenzometry navrhované do vrtů vrtaných z tunelu dávají stejné neli více zkršené výsledky. Lze jimi určit dosah oblastí, ve kterých kolem tunelu dochází k přetváření, nikoliv však skutečné hodnoty přetvoření.
5. Měření potvrdila předpoklad, že kompenzační injektáž prováděná až dodatečně po sednutí objektů, které se mají zvedat, není pro statickou stabilitu povrchových objektů přínosem, naopak může vést ke zhoršení pro ně předepsaných kritérií (poměrná sednutí sousedních nosných prvků).
6. Změřené šířky poklesových kotlin v horninách, ve kterých se tunely razily, jsou okolo 100 až 140 m.
7. Při stanovení varovných stavů přetvoření ostění tunelu, pro jejichž kritérium se používá svislé sednutí ostění, je třeba jednoznačně určit, pro jaký stav ražby, způsob, čas a místo měření je kritérium určeno.

dence of buildings is not much important, and can cause deterioration of the structural condition of the buildings being lifted up.

6. SUMMARY OF THE GAINED KNOWLEDGE

The technical knowledge can be summarised in the following items

1. The development of deformation of the liner-rock system during the tunnel excavation is distributed over a time. The time behaviour depends primarily on the excavation steps, during which the stress field in a monitored cross section changes with the partial faces getting closer and shifting away.
2. The deformations ahead of the excavation face reached 10% to 15% of the total deformation value in the rock environment that the tunnels were driven in. The creep, i.e. the deformation after completion of excavation and the invert closure, usually did not reach over 10% of the total deformation value. In most cases, the deformation process steadied after the invert closure in several days. No technically significant deformation occurred when two to three weeks had passed (this conclusion does not have to be valid for other tunnels driven in substantially bigger depths and in compressible grounds, e.g. in clayey ground).
3. Very serious, even if logical and expected, is the finding that vertical deformations of a rock mass around a tunnel lining determined by the convergence measurement are substantially smaller than the measured values of vertical deformation determined by the extensometric measurement in boreholes drilled from the surface in the same place.
4. This means that the convergence measurements can be well utilised for checking on the lining stability, but they are absolutely unusable as data for back analyses, whose purpose is to adjust the geomechanical model, and determine input parameters well representing the rock mass. Another lesson learned is the fact that extensometers designed into boreholes drilled from within the tunnel give the same, if not more distorted results. They can identify the extent of the area around the tunnel where deformations occur, but not the actual deformation values.
5. The measurements have confirmed the assumption that the compensation grouting carried out consequently, when the buildings to be lifted have settled, is no contribution in terms of structural stability of surface buildings. On the contrary, it can cause deterioration of the criteria prescribed for them (relative settlement of neighbouring load bearing elements).
6. The measured widths of settlement troughs in rocks that the tunnels were driven in amount to about 100 to 140 m.
7. In the process of determination of the tunnel lining warning deformation states for which the lining vertical settlement criterion is used, it is necessary to determine explicitly which excavation condition, manner, time and place of the measurement the criterion applies to.

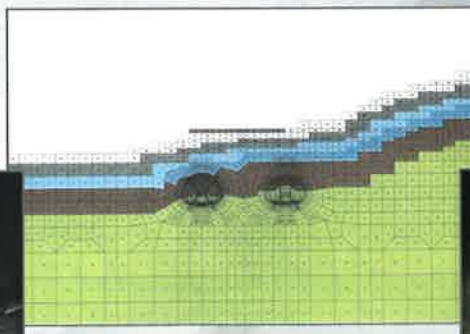


® SATRA, spol. s r.o.

adresa : Sokolská 32, 120 00 Praha 2 - CZECH REPUBLIC
 telefon : (+420) 2 96 337 111 e-mail : satra@satra.cz
 fax : (+420) 2 96 337 100 internet : www.satra.cz



PROJEKČNÍ A INŽENÝRSKÁ FIRMA S DESETILETOU TRADICÍ



Nabízíme komplexní projektové, předprojektové, inženýrské a architektonické služby, od investičního záměru až po kolaudaci a vyhodnocení zkušebního provozu občanských, průmyslových a inženýrských staveb

Při realizaci zakázek uplatňujeme aktivní přístup k zákazníkovi. Máme zájem na dokončení každé zakázky, proto vždy poskytujeme komplexní služby, s důrazem na vysokou úroveň kvality.

ZAJIŠTĚNÍ NADZEMNÍ ZÁSTAVBY NAD TUNELEM MRÁZOVKA

PROTECTION OF ABOVE-GROUND BUILDINGS ABOVE THE MRÁZOVKA TUNNEL

ING. JOSEF DVOŘÁK, ING. PETR TĚTEK - SATRA, s. r. o.

1. POPIS TUNELU MRÁZOVKA A GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ

1.1 Popis tunelu Mrázovka

Tunel Mrázovka je součástí stavby městský okruh v úseku Radlická – Strahovský tunel (MO-RAST) v Praze. Tunel je tvořen dvěma třípruhovými troubami, západní tunelovou troubou (dále jen ZTT) a východní tunelovou troubou (dále jen VTT). Jak ZTT, tak i VTT se v ražených tunelových rozpletích dále větví na dvoupruhovou a jednopruhovou troubu (větev A a větev B). U severního portálu navazují oba tunely na přemostění Plzeňské ulice, spojující tunel Mrázovka se Strahovským tunelem. Směrem k jihu trasa tunelů podchází vrch Mrázovka a dále pokračuje pod hustě zastavěným územím mezi ulicemi Ostrovského, U Nikolajky, U Santosky, Bieblova a Na Doubkové. Na jihovýchodním konci trasa tunelů podchází Paví vrch. Dvoupruhové tunely ZTT i VTT podcházejí ulici Radlická a vyúsťují do hloubených tunelů, zatímco jednopruhové větve A a B vyúsťují na povrchu do ulice Radlická.

K raženým objektům pod zástavbou patří ještě tunelové propojky, čerpací stanice vody, trafostanice a strojovna vzduchotechniky s větrací šachtou, umístěná pod Pavím vrchem.

Rozměry obou hlavních ražených třípruhových tunelů, které podcházejí zástavbu, jsou: šířka výrubu 16,62 m, výška výrubu 12,50 m a plocha výrubu 165,00 m².

1.2 Geologické poměry, výška nadloží

Ražba tunelu probíhá v horninách pražského ordoviku, které jsou zastoupeny letenskými břidlicemi monotónního a flyšového vývoje, libeňskými břidlicemi

1. DESCRIPTION OF THE MRÁZOVKA TUNNEL AND GEOLOGICAL CONDITIONS

1.1 Description of the Mrázovka tunnel

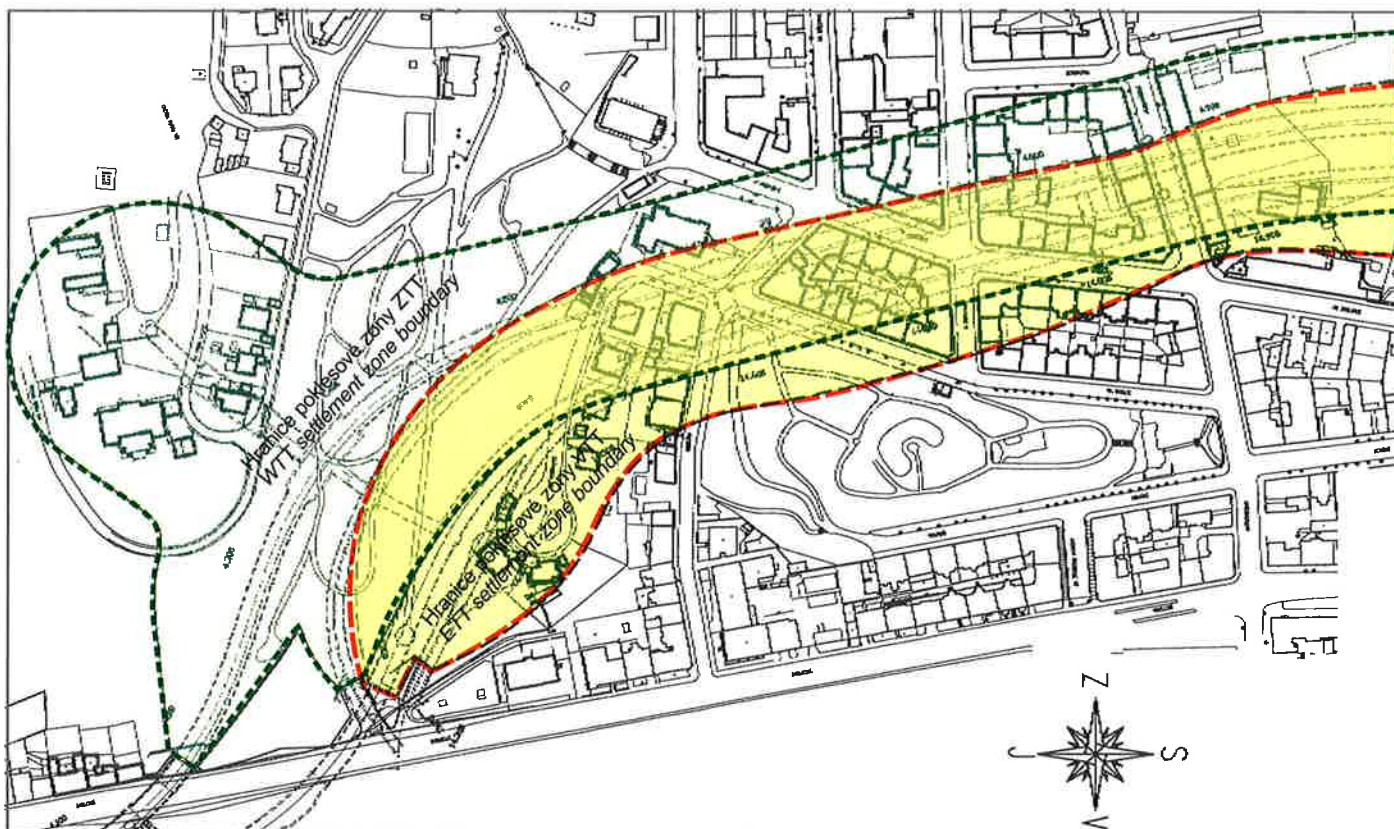
The Mrázovka tunnel is part of the construction of the Prague City Ring Road project located in its section between Radlicka Street and the Strahov road tunnel (CRR-RAST). The tunnel consists of two three-lane tubes, i.e. the western tunnel tube (WTT) and eastern tunnel tube (ETT). Both the WTT and ETT branch out in mined bifurcation chambers to double-lane and single-lane tubes (the branch A and branch B). The two tunnels are connected to a bridge over Plzeňská Street, interconnecting the Mrázovka and Strahov tunnels. To the south, the route of the tunnels passes under Mrázovka Hill, and further continues under a densely developed area bordered by Ostrovského, U Nikolajky, U Santosky, Bieblova and Na Doubkové streets. The southeastern end of the route passes under Paví Hill. The WTT and ETT double-lane tunnels run under Radlicka street and lead to cut and cover tunnels, while the single-lane branches A and B emerge at the surface in Radlicka street.

There are other structures mined under the surface development, namely cross passages, a water pumping station, a transformer station, and a ventilation plant room with a ventilation shaft, located under Paví Hill.

The dimensions of the both main mined three-lane tunnels passing under the surface development are as follows: excavation width 16.62 m, excavation height 12.50m, excavated area 165.00 m².

1.2 Geological conditions, overburden depth

The tunnel has been excavated in the Prague Ordovician formation, repre-



Obr. 1 Schematická situace ražených tunelů s bloky nadzemní zástavby a vyznačením poklesové oblasti

Fig. 1 Diagrammatic layout of the mined tunnels with the above-ground development blocks and the settlement zone marking

a řevnickými křemenci. Pokryvné útvary tvoří deluviální sedimenty a navázky. Minimální nadloží, kromě portálových úseků, je nad ZTT 16,0 m v ulici Ostrovského, z toho 9,0 m je skalní nadloží, minimální nadloží nad VTT je 15,0 m v ulici Bieblova, z toho 13,0 m je skalní nadloží.

Ražba ZTT byla ukončena v polovině roku 2001, v polovině roku 2002 bude ukončena ražba VTT.

2. VELIKOST POKLESOVÉ KOTLINY

2.1 Předpokládaná šířka poklesové kotliny

Šířka poklesové kotliny v území se zástavbou byla stanovena na 50,0 m na obě strany od osy ZTT a 45,0 m od osy VTT. Vzdálenost mezi osami tunelů je 35 m, celková šířka poklesové kotliny byla stanovena na 130 m. Z této prognózy vyplývalo i množství nadzemních objektů, které se nacházejí v poklesové zóně. Jedná se celkem o 70 objektů.

2.2 Tunelovací metoda, předpokládaná velikost poklesů

Geologické podmínky, požadavky na prostorové řešení tunelů a v neposlední řadě i existence rozsáhlé nadzemní obytné zástavby vedly k volbě tunelovací metody. Byla zvolena Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM), při které je možné pružně reagovat na změny geologických poměrů, měnit tloušťku ostění a vstrojení tunelu, dle potřeby provádět změnu členění výrubu a realizovat různé profily tunelů atd. V prvním úseku ražby tunelu pod vrchem Mrázovka bylo zvoleno horizontální členění výrubu, při kterém se však nepodařilo omezit deformace povrchu terénu na přijatelnou mez. Pro úseky tunelu pod zástavbou bylo proto členění výrubu změněno z horizontálního na vertikální, při kterém se nejdříve razí boční dílčí tunely o ploše výrubu 40 až 45 m², následuje ražba kaloty a uzavírání dna tunelu.

Pro ražbu tunelů byly stanoveny deformační kritéria, maximální deformace povrchu terénu nad osou tunelů 60 mm a maximální nerovnoměrná deformace 1:800.

2.3 Další opatření v podzemí ke snížení deformací

Uplatnění pouze metody NRTM za daných podmínek nebylo možné bez provedení doplňujících opatření v podzemí i v nadzemní zástavbě.

Doplňující opatření byla realizována především v technicky náročných úsecích ražby ve zhoršených geologických podmínkách, jako jsou severní portálový úsek a zejména úseky s nadzemní zástavbou s minimálními nadložími v oblasti ulic Ostrovského a Na Doubkové.

Byly navrženy zpevňovací (sanační) injektáže horninového prostředí, vodorovné mikropilotové ochranné deštníky systému BOODEX nad kalotou tunelových profilů a kompenzační injektáže prováděné ze šachet hloubených z povrchu (v Ostrovského ulici).

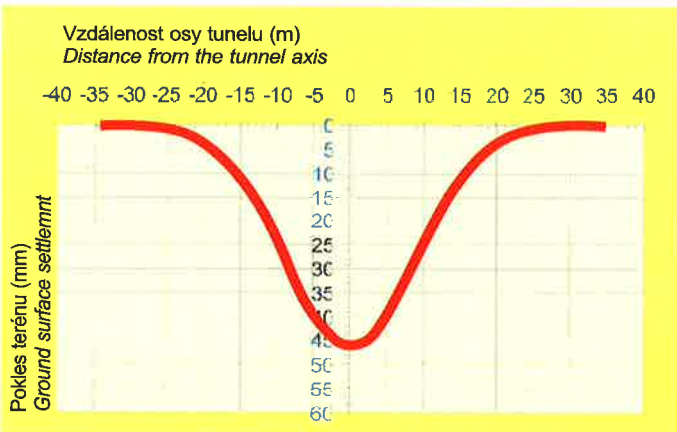
3. POPIS NADZEMNÍ ZÁSTAVBY NAD TUNELEM

3.1 Druhy budov nad tunelem, stáří budov

Budovy, které se nacházejí v poklesové kotlině tunelů, jsou většinou obytné budovy v blokové zástavbě, nebo obytné budovy (vily) samostatně stojící, dále škola, kancelářské budovy a kostel. Budovy lze rozdělit do několika skupin podle jejich stáří a konstrukce:

První, největší skupinu tvoří budovy postavené na počátku 20. století. Jedná se vesměs o obytné (činzovní) domy řadové nebo rohové, podsklepené po celé ploše, se čtyřmi nadzemními podlažími, některé s nástavbou 4. patra. Konstrukce i dispoziční uspořádání těchto budov odpovídá požadavkům stavebního řádu pro Velkou Prahu z roku 1886. Popis konstrukce těchto budov je uveden dále v textu. V tomto období byly podobně postaveny také některé činzovní vily.

Druhou skupinu tvoří starší obytné budovy postavené na konci 19. století.



Obr. 2 Předpokládané poklesy terénu v Ostrovského ulici od ražby ZTT
Fig. 2 Anticipated surface settlement in Ostrovského Street due to the WTT excavation

sent by the Letna shales of both the monotone and flysch types of evolution, the Letna shales and Revnice quartzites. The cover consists of diluvial sediments and made ground.

The minimal overburden depth, excepting the portal sections, is above the WTT in Ostrovského Street. It amounts in total to 16.0m, with 9.0m of rock cover. The minimal overburden depth above the ETT is in Bieblova Street, amounting to 15.0m, with 13.0m of the rock cover. The WTT excavation was finished in mid-2001, the ETT excavation is due for completion in mid-2002.

2. THE SETTLEMENT TROUGH SIZE

2.1 Anticipated width of the settlement trough

The width of the settlement trough in the developed area was determined to be 50.0m and 45.0m on both sides from the WTT and ETT centre lines respectively. The distance between the centre lines of the tunnels is 35 m, the overall width of the settlement trough was determined to be 130m. The number of above-ground structures found in the settlement zone was derived from this prognosis. In total, there are 70 structures existing in this zone.

2.2 Tunneling method, anticipated settlement magnitude

The geological conditions, requirements on the spatial solution of the tunnels, and, at last but not least, the existence of large surface residential development affected the tunnelling method selection. The New Austrian tunnelling method (NATM) was chosen, which allows a flexible reaction on changes in geological conditions, alteration of the lining thickness and the tunnel support configuration, modification of the excavation sequence as needed, and realisation of various tunnel profiles, etc. A horizontal sequence of excavation was adopted for the first section of the tunnel drive under Mrázovka Hill. Unfortunately, this method failed to keep the surface deformation under an acceptable limit. Therefore, for the tunnel sections mined under the surface development, the horizontal excavation sequence was changed to a vertical sequence consisting of a prior excavation of sidewall drifts with an excavated area of 40 to 45 m², followed by the bench excavation and invert. Deformation criteria were specified for the tunnel excavation, i.e. a maximum surface deformation of 60 mm above the centre line of the tunnels, and maximum irregularity of deformation 1:800.

2.3 Other measures in the underground adopted to reduce deformations

Considering the given conditions, it was impossible merely to apply the NATM, without implementation of supplementary measures in the underground and in the above-ground structures. The supplementary measures were realised above all at technologically challenging sections of the excavation, in deteriorating geological conditions, for example at the northern portal section or along the sections with existing buildings and minimal overburden above, in the area of Ostrovského and Na Doubkove streets. Pre-grouting (saving grouting) of the rock environment was designed, as well as the BOODEX system of horizontal micropile umbrellas above the crown of the tunnel profiles, and compensation grouting to be carried out from shafts sunk from the surface (in Ostrovského Street).

3. DESCRIPTION OF THE ABOVE-GROUND DEVELOPMENT ABOVE THE TUNNEL

3.1 Types and age of the buildings above the tunnel

The buildings existing within the settlement trough borders are mostly residential buildings, either in a form of blocks of houses or detached houses (villas), with a school building, office buildings, and a church among. The buildings can be divided into several groups according to their age and structure: The first, largest group comprises the buildings built at the beginning of the 20th century. These are mostly row-house type or corner residential (tenement) houses, with basements within the full ground plan, with four above-ground levels, some of them having an additional 4th storey. The structure and layout of these buildings comply with the requirements contained in the Building Code of the City of Greater Prague of 1886. Description of the structure of those buildings is contained in the text below. Some tenement villas were also built similarly in this period.

The second group covers older residential houses built at the end of the 19th century. These buildings are smaller, mostly with partial basements, with three above-ground levels, some of them with an additional 3rd storey. The structure of those buildings is similar to that of the previous group.

The third group contains newer buildings built mostly in the 30s of the 20th century. Block houses have basements and 7 above-ground levels as a maximum. Their structure is masonry or reinforced concrete, with reinforced concrete slab and girder floors, and platform roofs. Detached tenement villas built in this period are smaller, two to three-floor buildings. Their structure is masonry, with beam-and-plank or reinforced concrete floors and hipped or flat roofs.

3.2 A typical building structure from the beginning of the 20th century

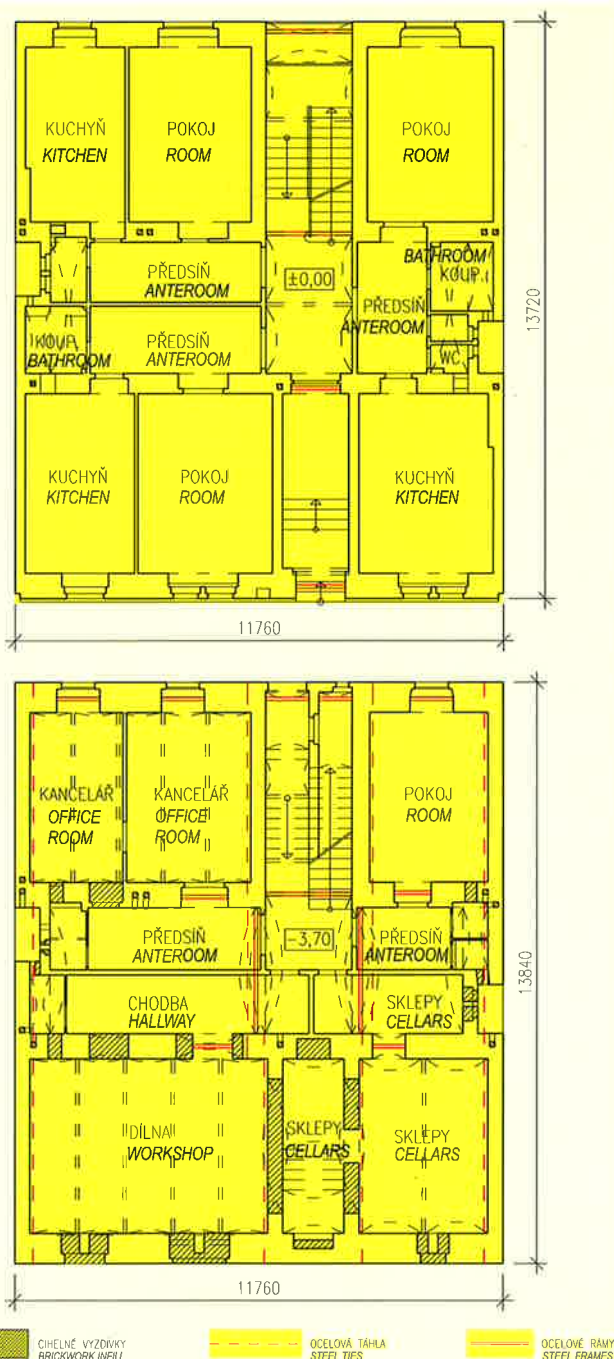
Such a building has longitudinal masonry bearing walls forming three spans. The walls are founded on marl and brick strip footings. Foundation

Tyto budovy jsou menší, většinou částečně podsklepené, se třemi nadzemními podlažími, některé s nástavbou 3. patra. Konstrukce těchto budov je podobná jako u předchozí skupiny.

Třetí skupinu tvoří budovy novější, postavené většinou ve 30. letech 20. století. V blokové zástavbě jsou tyto obytné budovy podsklepené a mají až 7 nadzemních podlaží. Konstrukce je zděná nebo železobetonová, se železobetonovými trámovými stropy a plochými střechami. Samostatně stojící čínžovní vily postavené v tomto období jsou menší jedno až dvoupatrové budovy. Jejich konstrukce je zděná, stropy dřevěné trámové nebo železobetonové, střecha šikmá valbová nebo plochá.

3.2 Konstrukce typické budovy z počátku 20. století

Budova má podélné nosné cihelné zdi, které tvoří trojtrakt. Zdivo je založeno na základových pasech zděných z opuky a cihel. Základovou půdu tvoří podle polohy budovy navětralé až zvětralé jílovitoprachovité břidlice, jinde slabě u nosný a výrazněji stlačitelný písčité jíly nebo jílovitopísčité hlína. Strop v suterénu je klenutý, stropy v nadzemních podlažích jsou dřevěné trámové. Vodorovné ztužení zdiva je provedeno ocelovými trámovými a zedními kleštinami. Schodiště umístěné ve dvorním traktu je provedeno z kamenných stupňů vetknutých do zdiva. Střecha je sedlová s dřevěným krovem vaznicové soustavy. Typické půdorysy budov jsou na obr. 3.



Obr. 3 Půdorysy typické budovy
Fig. 3 Typical building ground plans

ground, depending on the building location, consists of little weathered to weathered clayey-silty shales or, in other locations, little bearing and more significantly compressible sandy clays or clayey-sandy loams. The basement ceiling is vaulted, beam-and-plank floors are on the above-ground levels. Horizontal reinforcement of the masonry is realised by steel wales and wall ties. The staircase, situated to the courtyard, is built from into the masonry embedded stone steps. The roof is of a saddle type, with the timber frame of a purlin-based system. A typical building ground plans are on Fig. 3.

4. BUILDING STATICS IMPROVEMENT

4.1 The scope of activities performed in the framework of the construction planning phase

A relatively extensive action was performed in the phase of the Mrazovka tunnel planning to determine in detail the actual condition of each of the 70 buildings found inside the anticipated settlement trough along the tunnel alignment. For all the buildings whose interference with the tunnel excavation had been expected, archival documentation was retrieved, the conformity of this documentation with reality verified, the existing state surveyed where needed, a preliminary structural-technical survey (listing of existing defects, passportisation) carried out, actual condition of the structures assessed by means of structural analysis, and basic conditions specified allowing the tunnel to be driven under the buildings. In the other phase of designing, a detailed structural-technical survey was conducted, the static assessment of structures refined, the civil works to be carried out for the safety of the buildings designed, and the monitoring scope during the tunnel construction specified.

The basic norm applied in the deformation assessment was the CSN 73 1001 - Foundation of structures - Subsoil under shallow foundations, containing the limiting values of settlement for a similar type of buildings and structure. This norm stipulates the value of final overall average settlement $s_{m,lim}=80$ mm, and the value of differential settlement $Ds/Lc = 0.0015$ (roughly 1:667).

The buildings built at the beginning of the 20th century, prevailing along the tunnels alignment, were deciding for the determination of the limiting deformation. The structure of the buildings does not correspond fully to the structure considered by the norm; instead of reinforced concrete ring beams, wall ties only reinforce the walls. In addition, the ties are disrupted in some places by a stair well or a light well.

The settlement of the buildings (of unknown magnitude) already took place 90 years ago during their construction. Another moderate settlement occurred in the course of their existence and during realisation of the exploratory gallery mined on the tunnel centre line. A fact cannot be neglected that the settlement limiting values specified by the above-mentioned standard have already been achieved in some cases. Another surplus loading due to deformation was possible after implementation of additional structural measures in the buildings. Provided that the origination of small, statically insignificant and easily removable defects in the masonry and other structures is allowable, the limiting deformations of the buildings were defined so that the size of the maximum overall subsidence did not cross 60mm, and the maximum factor of settlement irregularity was not higher than 1:800 (0.00125) in any phase of the tunnel construction. The magnitude of defects and fissures in the masonry and other structures was determined for every particular building independently, with respect to the uninterrupted use of the buildings in the course of the tunnel excavation. For example the width of cracks in bearing masonry walls of a common building, continuous cracks in window heads and window sills, and joints between broken off partition walls and the bearing structure should not cross 1mm, 1 - 3 mm and 3 mm respectively.

4.2 Application of the observational method in designing the structural protection of the buildings

During elaboration of the proposal on structural measures to be implemented in the buildings, the observational method was developed in detail, according to the EC 7 - CSN P - ENV 1997 - 1 Geotechnical design, Part 1: General rules. This norm has been used in designing the mined tunnels, and allows continuous changing of the scope of the protection measures in the course of the tunnel excavation, according to the monitoring results.

Three basic structural states of the buildings were predetermined in compliance with the above method: 1. The state of development of anticipated (allowable) deformations and defects; 2. The state of alert; 3. Emergency state (the state of alarm).

Limiting values of the maximal overall settlement, maximum irregularity of the settlement, magnitude of defects etc. were specified for each of these states. Subsequently, in the course of the tunnel excavation, the assessment of the measured deformations and defects in the buildings is used in specifying the further procedure of the construction works, starting from a modification of the monitoring scope, through decisions to apply additional structural measures in the buildings, modification of the tunnel excavation procedure, to extraordinary measures in the underground.

The structural measures in the buildings have been designed so that a part of them were applied before the tunnel excavation; other measures are app-

4. STATICKÁ OPATŘENÍ V BUDOVÁCH

4.1 Rozsah činností prováděných v rámci projektové přípravy stavby

V rámci přípravy stavby tunelu Mrázovka byla provedena poměrně rozsáhlá činnost, kterou byl podrobně zjištěn skutečný stav všech 70 budov nacházejících se v předpokládané poklesové zóně tunelů. U všech budov, u kterých se očekávalo ovlivnění ražbou tunelů, byla vyhledána archivní dokumentace, ověřen soulad této dokumentace se skutečností, podle potřeby provedeno zaměření stávajícího stavu, proveden předběžný stavebně-technický průzkum (pasportizace poruch), statickým výpočtem byl posouzen současný stav konstrukcí a stanoveny základní podmínky, za kterých bylo možno provést ražbu tunelu pod budovami. V další fázi projektu byl proveden podrobný stavebně-technický průzkum, upřesněno statické posouzení konstrukcí, byly navrženy stavební zabezpečovací práce v budovách a určen rozsah monitoringu v průběhu realizace tunelu.

Základní normou použitou při posuzování deformace byla ČSN 73 10 01 - Zakládání staveb, základová půda pod plošnými základy, ve které jsou stanoveny mezní hodnoty sednutí pro podobný typ budov a konstrukce. Tato norma uvádí pro vícepodlažní budovy se zděnými stěnami a se ztužujícími věnci hodnotu konečného celkového průměrného sednutí s_m , $l_{im}=80$ mm a hodnotu nerovnoměrného sednutí $D_s/LT=0,0015$ (asi 1:667).

Rozhodujícími budovami pro stanovení mezní deformace byly budovy postavené na počátku 20. století, kterých je nad trasou tunelů většina. Konstrukce budov neodpovídá zcela konstrukci uvedené v normě; zdívo není ztuženo železobetonovými věnci, ale pouze zedními kleštinami, které jsou v některých místech přerušeny schodištvým prostorem nebo světlíkem. Sednutí budov (neznámé velikosti) již proběhlo při jejich stavbě před 90 lety, v průběhu jejich existence a při realizaci průzkumné štoly vedené v ose tunelu došlo k dalšímu mírnému poklesu. Nelze vyloučit, že v některých případech bylo normových mezních hodnot sednutí již dosaženo. Další přitížení konstrukce deformací bylo možné pouze po provedení dodatečných statických opatření v budovách. Za předpokladu, že vznik malých, staticky nevýznamných a snadno opravitelných poruch ve zdívu a dalších konstrukcích je přípustný, byly stanoveny mezní deformace budov tak, aby velikost maximálního celkového poklesu nepřekročila 60 mm a maximální nerovnoměrnost poklesů nebyla větší než 1:800 (0,00125) v každé fázi stavby tunelu. Velikost poruch a prasklin ve zdívu a jiných konstrukcích byla stanovena s ohledem na neperušené užívání budov v průběhu ražby tunelu pro každou budovu a konstrukci samostatně. U běžné budovy nemá například šířka trhlin v nosném zdívu překročit 1 mm, průběžné trhliny napraží a parapetů oken 1 - 3 mm, spáry mezi odtrženými příčkami a nosnou konstrukcí 3 mm atd.

4.2 Použití observační metody při návrhu statického zabezpečení budov

Při návrhu statických opatření v budovách byla podrobně rozpracována observační metoda podle EC 7 - ČSN P - ENV 1997 - 1 Navrhování geotechnických konstrukcí, část 1: Obecná pravidla, která je použita při návrhu ražných tunelů, a umožňuje průběžně upravovat rozsah zabezpečení v průběhu ražby tunelu podle výsledků monitoringu.

V souladu s touto metodou byly předem určeny tři základní stavy konstrukcí budov: 1. stav předpokládaných (přípustných) deformací a poruch, 2. varovný stav, 3. havarijný stav.

Pro každý tento stav byly určeny mezní hodnoty maximálního celkového

lied when the limiting values of deformations and defects are crossed, according to the continuously assessed results of measurements during the tunnel construction. This means that it was not necessary to carry out all construction works in the buildings before the tunnel excavation, thus the conditions for saving of time and the construction cost were established.

4.3 Conditions for realisation of the structural measures in the buildings

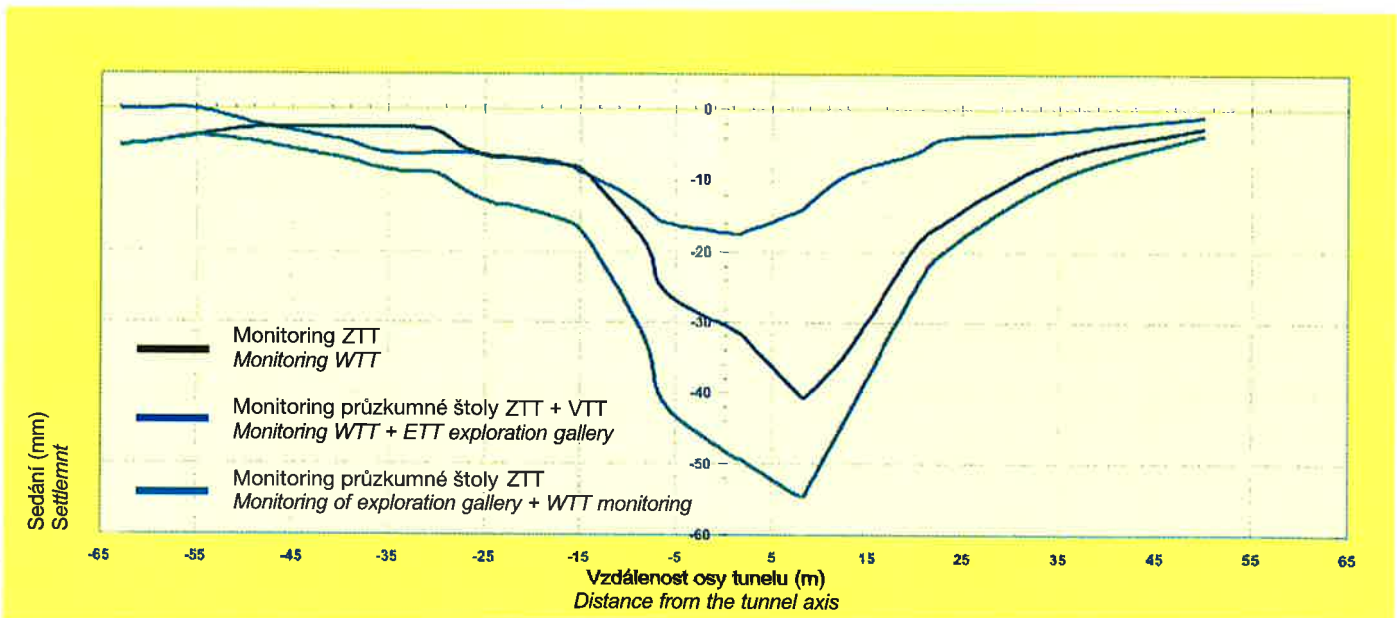
Private persons own most of the buildings above the tunnel. The conditions of realisation of the construction work had to be pre-negotiated with and agreed by the owners. Flats and non-residential spaces in the buildings to be passed under by the tunnel are occupied by tenants and companies. It is necessary during the construction work to put restrictions on the use of some spaces, namely basements and somewhere ground floors too. Above-ground storeys remain permanently occupied both during the realisation of the structural measures and in the course of the tunnel driving under the buildings. In some places the conditions for realisation of the construction work were very difficult, and the design of structural measures had to be modified even at the cost of a larger scope of defects than originally expected. Additional construction work was designed in such a case, to be carried out during the tunnel excavation to secure a continuous and safe operation of the buildings.

4.4 Structural measures in buildings

The fundamental condition for the design and scope of the structural measures was the requirement that the buildings had to be available for permanent occupation. With regards to the requirement to put minimal restrictions on the operation and use of flats and non-residential spaces during the construction work in the buildings, it was necessary to design such structural measures, which would have allowed the use of the involved spaces, and could be removed after the completion of the tunnel excavation. For that reason the structural measures were not designed to restrict origination of deformations in the buildings substantially. The origination of excessive deformations had to be prevented by selecting a suitable procedure of the tunnel excavation under the buildings (a vertical excavation sequence) and other measures realised either from the underground (saving grouting, protective micropile umbrellas) or, in critical sections, from the surface (compensation grouting). Structural measures in buildings are an addition to the underground work only.

To improve the stability of the building structures and prevent development of defects exceeding an acceptable level, structural measures were designed for basements, ground floors and, if needed other levels of the buildings.

The construction protecting works are divided into 3 packages. A part of the construction works, i.e. improvement of stability of the structures, horizontal reinforcement, reinforcement of inadequate elements, support to vaults, arch beams, wall elements (filling or strutting of openings), is carried out as a prevention, prior the tunnel excavation. Other construction works are designed as additional structural measures, which are to be realised when the 2nd warning state occurs. Those measures are similar to those in the first package, but their extent is larger. Building material designed for realisation of other additional structural measures in case of the state of emergency is stored in an emergency storage facility. Thus the construction protecting works actually performed before the tunnel excavation can be confined to



Obr. 4 Celkové poklesy terénu v Ostrovského ulici
Fig. 4 Overall settlement of the surface in Ostrovského Street

poklesu, maximální nerovnoměrnosti poklesů, velikosti poruch a podobně. V průběhu ražby tunelu pak vyhodnocení změřených deformací a poruch v budovách slouží k upřesnění dalšího postupu stavby - od úpravy rozsahu monitoringu přes rozhodování o realizaci dodatečných stavebních opatření v budovách, úpravu postupu ražby tunelu až po mimořádná opatření v podzemí.

Stavební opatření v budovách jsou navržena tak, aby před ražbou tunelu byla provedena pouze jejich část; další opatření se provádí v případě překročení mezních hodnot deformací a poruch, podle průběžně vyhodnocovaných výsledků měření při realizaci tunelu. Všechny stavební práce v budovách tedy nebylo nutno provádět před ražbou tunelu, a tím vznikly předpoklady pro úsporu času i nákladů na stavbu.

4.3 Podmínky pro realizaci statických opatření v budovách

Většina budov nad tunelem je ve vlastnictví soukromých osob, se kterými bylo nutno předem podmínky realizace stavebních prací dohodnout. Byty i nebytové prostory v budovách podcházených tunelem jsou trvale užívány nájemníky a firmami. Při realizaci stavebních prací je nutno po určitou dobu omezit provoz v některých prostorách, zejména v suterénech, někde i v přízemí. Nadzemní podlaží zůstávají trvale obydlena jak při realizaci stavebních opatření, tak i v průběhu ražby tunelu pod budovami. Realizace stavebních prací byla místy velmi ztížená, a proto bylo nutno upravit návrh statických opatření i za cenu většího rozsahu poruch, než byl původní předpoklad. V takovém případě byly navrženy dodatečné stavební práce prováděné v průběhu ražby tunelu, které zajistily trvalý a bezpečný provoz budov.

4.4 Stavební statická opatření v budovách

Základní podmínkou pro návrh a rozsah stavebních statických opatření byl požadavek trvalého užívání budov. S ohledem na požadavek minimálně omezovat provoz a užívání bytů a nebytových prostor po dobu provádění stavebních prací v budovách bylo nutno navrhnout taková statická opatření, která umožnila užívání dotčených prostor a která bylo možné po dokončení ražby tunelu odstranit. Statická opatření proto nebyla navržena tak, aby podstatně omezila vznik deformací v budovách. Vzniku nadměrných deformací bylo nutné zabránit především volbou vhodného postupu ražby tunelu pod budovami (vertikálním členěním výrubu) a dalšími opatřeními prováděnými buď z podzemí (sanační injektáže, ochranné mikropilotové deštníky), nebo v kritických úsecích z povrchu (kompenzační injektáže). Statická opatření v budovách tak práce v podzemí doplňují.

Pro zvýšení odolnosti konstrukce budov a vyloučení rozvoje poruch nad přijatelnou mez byla navržena stavební opatření v suterénech a přízemí budov, podle potřeby i v dalších podlažích.

Stavební zabezpečovací práce jsou rozděleny do 3 skupin. Část stavebních prací se provádí preventivně před ražbou tunelu. Jedná se o zvýšení odolnosti konstrukcí objektů, vodorovná ztužení, zesilování nevyhovujících prvků, podpírání kleneb, klenebných pasů, stěnové prvky (zazdívaní, rozpírání otvorů). Další stavební práce jsou navrženy jako dodatečná statická opatření, která se mají realizovat pouze v případě překročení 2. varovného stavu. Tato opatření jsou obdobná jako v 1. skupině, ale ve větším rozsahu. Pro případ dosažení havarijního stavu je navržen stavební materiál pro realizaci dalších dodatečných statických opatření, který je uložen na pohotovostní skládce. Skutečně prováděné stavební zabezpečovací práce se tak mohou před ražbou tunelu omezit pouze na suterény a společné prostory budov.

Největší rozsah stavebních prací byl prováděn v budovách přímo ovlivněných ražbou tunelů a v budovách s nedostatečnou únosností zděných pilířů, s nekvalitně provedenými základy a málo únosnou základovou půdou, s velkými klenutými otvory v nosných zdech a se stávajícími zedními kleštinami přerušenými schodišti a světlíky. Naopak v některých budovách, zejména na okraji poklesové kotliny, se stavební práce omezily pouze na zesílení nevyhovujících pilířů; jinde nebylo nutno provádět vůbec žádné zabezpečení.

5. MONITORING V PRŮBĚHU RAŽBY POD BUDOVAMI

Nedílnou součástí návrhu statických opatření v budovách je monitoring prováděný v průběhu ražby tunelu. Kromě monitoringu v tunelu, v hornině a na povrchu jsou měřeny poklesy budov geodetickou nivelací, náklony fasád geodetickým měřením nebo náklonoměry, osové síly v ocelových táhlech odporovými tenzometry, nárůst velikosti prasklin automatickými dilatometry nebo přenosnými deformometry popř. pomocí sádrových pásek. V kritických úsecích bylo základní geodetické měření poklesů měření doplněno hydrostatickou nivelací s automatickým přenosem změřených hodnot. Důležitou součástí monitoringu jsou pravidelné prohlídky všech prostor v budovách, což je jediný způsob, kterým může být zjišťován rozvoj stávajících a vznik nových poruch v konstrukcích budov. Podle výsledků těchto prohlídek jsou měřicí zařízení na nové poruchy průběžně doplňována. Výsledky monitoringu jsou vyhodnocovány a podle nich je upravován rozsah monitoringu i dalších činností.

basements and common areas of the buildings.

The largest extent of the construction work was carried out in the buildings directly affected by the tunnel excavation, and in the buildings with insufficient bearing capacity of masonry pillars, low quality foundation and low efficiency of subgrade soil, big vaulted openings in supporting walls, and with existing wall ties disrupted by stair wells and light wells. On the contrary, the works in some buildings, at the boundary of the settlement trough above all, were reduced to reinforcement of inadequate pillars, while in other places there was no need for protection at all.

5. MONITORING IN THE COURSE OF DRIVING UNDER BUILDINGS

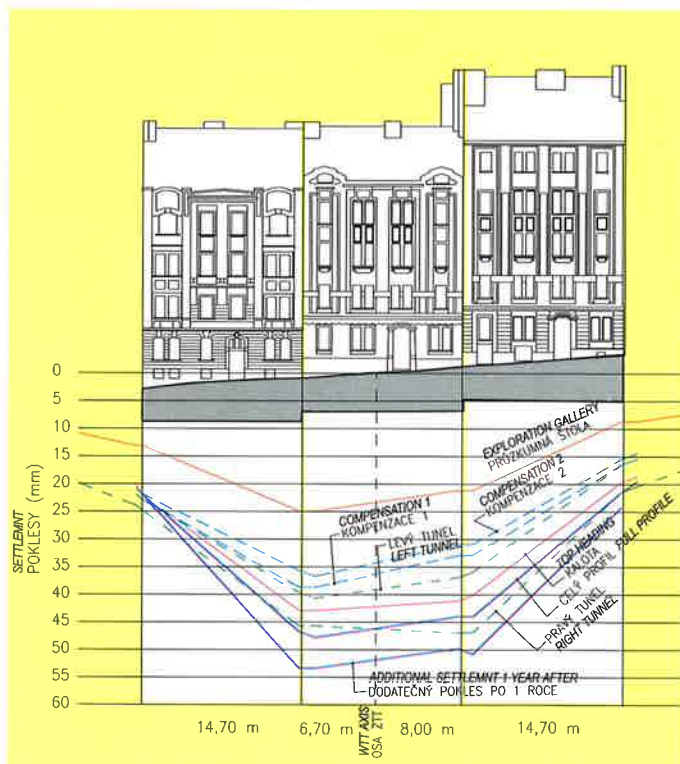
The monitoring carried out in the course of the tunnel driving is an indispensable part of the design of structural measures in the buildings. In addition to the monitoring performed in the tunnel, in the ground and at the surface, the following measurements are carried out: subsidence of buildings measured by geodetic levelling; inclination of front faces measured by geodetic surveying or inclinometers; axial forces in steel ties measured by strain gauges; increase in the size of cracks measured by automatic dilatometers or portable deformation meters or gypsum bands. For critical sections, hydrostatic levelling with automatic transmission of the measured values was added to the basic geodetic surveying of settlement. Important part of the monitoring system is the regular inspection of all rooms in the buildings. This is the only way making the detection of development of existing defects and origination of new ones in the building structures possible. The instruments for measuring the new defects are continuously added on the basis of the inspection results. The monitoring results are assessed and the scope of monitoring and other activities modified accordingly.

6. KNOWLEDGE GAINED IN THE EXCAVATION OF THE WESTERN TUNNEL TUBE OF THE MRAZOVKA TUNNEL

At the time of this paper elaboration, in 02/2002, the WTT excavation has been completed and the ETT excavation work is progressing on the section between U Santosky and Na Skalce streets, and on the bifurcation chamber starting from Na Doubkove Street to the south.

6.1 Actual settlement in Ostrovskeho Street

The excavation under Ostrovskeho Street was carried out under exceptionally difficult geological conditions. All the measures designed for the underground were applied in this excavation, including the compensation grouting. Overall maximum settlement of the surface reached a value of -54 mm, and maximum settlement of buildings -51 mm. The difference in the settlement is probably caused by the interaction between individual block houses, supporting each other. Despite the fact that the anticipated settle-



Obr. 5 Postupný průběh poklesů budov v Ostrovskeho ulici
Fig. 5 Progressive development of the buildings settlement in Ostrovskeho Street

6. POZNATKY Z REALIZACE ZÁPADNÍ TUNELOVÉ TROUBY TUNELU MRÁZOVKA

V době zpracování tohoto příspěvku (únor 2002) byla dokončena kompletně ražba ZTT a ražby na VTT probíhají v úseku mezi ulicemi U Santošky - Na Skalce, a tunelového rozpletu od ulice Na Doubkové směrem k jihu.

6.1 Skutečné poklesy v Ostrovskeho ulici

Ražba ZTT v Ostrovskeho ulici proběhla v mimořádně obtížných geologických podmínkách a byla při ní v podzemí použita všechna projektovaná opatření včetně kompenzačních injektáží. Celkové maximální poklesy terénu dosáhly hodnoty -54 mm a maximální poklesy budov -51 mm. Rozdíl poklesů je zřejmě způsoben opeřním budov v blokové zástavbě o sebe. I když u některých budov byla předpokládána nerovnoměrnost poklesů překročená, nevyvolaly tyto deformace staticky důležité poruchy v nosných konstrukcích a nebylo nutno provádět téměř žádná dodatečná statická opatření v budovách. Během ražby byla měřena větší nerovnoměrnost poklesů ve směru kolmém k ose tunelu, která na terénu dosáhla hodnoty až 1:400 a v budovách až 1:540. V podélném směru byly v budovách změřeny menší nerovnoměrnosti poklesů až 1:3400. Celková šířka poklesové kotliny je asi 80 m, skutečná poklesová kotlina je tedy užší a strmější, než se původně očekávalo. Nutno poznamenat, že celkové poklesy v Ostrovskeho ulici jsou součtem poklesů od ražby průzkumné štoly a ražby západního tunelu, od kterých je odečteno zvednutí budov během kompenzační injektáže. Měřením před ražbou druhého východního tunelu (VTT), které bylo provedeno po 1 roce, byl zjištěn dodatečný pokles budov až o -11 mm; celkový maximální pokles budov dosáhl hodnoty -59 mm a nerovnoměrnost poklesů hodnoty až 1:460 ve směru kolmém a 1:1890 ve směru podélném s osou tunelu. Graf celkových poklesů terénu v Ostrovskeho ulici je uveden na obr. 4. Postupný průběh poklesů budov v Ostrovskeho ulici je uveden na obr. 5.

6.2 Poruchy v budovách v Ostrovskeho ulici

Počáteční poruchy byly v těchto budovách zaznamenány již dříve při ražbě průzkumné štoly. Počáteční praskliny o šířce 0,1 až 1,2 mm se objevily zejména v nadpražích a parapetech oken nosných obvodových zdí, v některých klenebných pasech v suterénu byly praskliny o šířce až 1,5 mm, v naprážích dveří ve vnitřních nosných zdech měly šířku 0,1 až 0,5 mm. Také na schodišti bylo větší množství prasklin ve spodním lici schodišťových ramen (oddělení schodišťových stupňů od sebe) a pod.

V průběhu ražby ZTT se projevil nebo vyvinuly praskliny především v budovách po obou stranách tunelu, u kterých byla změřena větší nerovnoměrnost poklesů. Poruchy v nosných zdech se zvěšily řádově o desetiny až celé milimetry na šířku max. 3 mm; jejich velikost ale nepřesáhla očekávanou hodnotu, ani nedošlo k poruchám snižujícím únosnost nebo stabilitu nosných cihelných pilířů. Nové poruchy se projevil zejména v podélných nosných zdech a v prostoru schodiště (kolmo k ose tunelu). V prostoru schodiště se projevila značná nerovnoměrnost poklesů schodišťových zdí, praskliny nadpraží oken na mezipodestách dosáhly šířky až 4,0 mm, na spodním lici schodišťových ramen se projevil spáry mezi stupni a při překročení nerovnoměrnosti 1:600 došlo k prasknutí některých vetknutých kamenných stupňů. V podhledech dřevěných trámových stropů se objevilo velké množství staticky nevýznamných prasklin. V podélném směru tunelu, ve kterém byla nerovnoměrnost poklesů menší, se projevil poruchy v některých příčných zdech a nenosných příčkách. Významnější porucha byla zaznamenána v jedné ze štítových zdí, o kterou se z boku opírá sousední dvorní zeď. Tato štítová stěna, která je ztužena táhly a stávajícími zedními klestinami, praskla po celé výšce a porucha dosáhla šířky 5 mm. Dodatečným poklesem budov došlo k dalšímu mírnému rozvoji prasklin, zejména ve schodišťovém prostoru.

Velikost stávajících prasklin byla od počátku ražby měřena a na nové praskliny byla měřidla podle potřeby doplňována.

7. ZÁVĚR

Prokázalo se, že použití observační metody nejen pro návrh ražené části tunelu, ale i pro návrh statických opatření v budovách bylo zvoleno správně. S postupem ražby ZTT bylo možno pružně reagovat na vyhodnocené výsledky monitoringu a uplatňovat je při úpravě návrhu statických opatření v dalších budovách. Zvolené limitní hodnoty deformací v oblasti nadzemní zástavby 60 mm při nerovnoměrnosti 1:800 se ukázaly jako úměrné pro uvedený charakter objektů, přičemž rozsah zásahů v objektech nezbytný pro zvýšení odolnosti proti vlivům ražby byl minimální a realizovatelný bez omezení užitvatelnosti objektů. Předpokládá to však dokonalou znalost skutečného stavebně-technického stavu jednotlivých objektů, a z hlediska potřeb investora provedení podrobné pasportizace.

Závěrem lze říci, že bezpečnost nadzemní zástavby nad tunelem Mrázovka je zajištěna, přijatelné meze deformace budov nejsou překročeny. Budovy nad tunelem nebylo nutno vyklízet a byly užívány bez podstatného omezení v celém průběhu ražby ZTT. Ražba VTT pokračuje plynule pod dalšími budovami dnes již ověřenou technologií s tím, že se podařilo na základě vyhodnocení ražby ZTT omezit zásahy do dalších objektů na minimum.

ment irregularity was overrun, the deformations did not cause any structurally significant defects of the bearing structures, therefore there was no need for additional structural measures in the buildings. During the excavation, higher irregularity of subsidence was measured in the direction perpendicular to the tunnel axis. At the surface level, the irregularity reached a value up to 1:400, and in the buildings to 1:540. Smaller irregularity of the subsidence in the buildings was measured in the longitudinal direction, reaching up to 1:3,400. The overall width of the settlement trough is about 80m, which means that the actual settlement trough is narrower and steeper than originally expected. It is to be noted that the overall subsidence in Ostrovskeho Street is a total of the subsidence due to excavation of the exploratory gallery and excavation of the WTT, with the uplift of the buildings during the compensation grouting deducted. The measurement carried out after one year, before the ETT excavation, revealed an auxiliary settlement of the buildings up to -11 mm. The overall maximum settlement of the buildings reached a value of -59 mm, and the settlement irregularity a value up to 1:460 in the direction perpendicular to the tunnel axis, and 1:1890 in the direction parallel to the axis. The chart of the overall subsidence of the surface in Ostrovskeho Street is shown on Fig. 4. The continuous progress of the settlement of buildings in Ostrovskeho Street is shown on Fig. 5.

6.2 Defects in the buildings in Ostrovskeho Street

Initial defects in those buildings were recorded already during the exploratory gallery excavation. Initial cracks 0.1 to 1.2mm wide appeared especially in window heads and window sills in external bearing walls, fissures to 1.5mm wide were found in some arch beams in basements, while the cracks in the heads of doors in internal bearing walls were 0.1 to 0.5 mm wide. Also staircases exhibited a bigger number of cracks in the underside of flights of stairs (separation of stairs from each other) etc.

In the course of the WTT excavation, cracks manifested themselves or developed above all in the buildings along both sides of the tunnel, where a more significant irregularity of settlement was measured. The defects in bearing walls increased by tenths of millimetres to whole millimetres, to a width of 3 mm as a maximum. Although, their size did not reach the anticipated value nor did any defects occur compromising the bearing capacity or stability of the bearing masonry pillars. New defects manifested themselves mainly in longitudinal supporting walls and stair wells (perpendicular to the tunnel axis). A significant irregularity of the settlement of string walls manifested themselves in stair wells. The width of cracks in window heads and intermediate landings reached up to 4.0mm, joints between the steps appeared on the underside of flights of stairs, and some built-in steps broke when the irregularity 1:600 had been crossed. A great number of statically insignificant cracks appeared in joist ceilings. In longitudinal tunnel direction, where the settlement irregularity was lower, defects appeared in some transversal walls and non-bearing partition walls. A more serious defect was recorded in one of the sidewalls, which a neighbouring courtyard wall leans against. This sidewall, reinforced by tension bars and existing wall ties, broke along all its height, and the defect reached a width of 5mm. Another moderate development of the cracks, mainly in stairwells, occurred due to a subsequent subsidence of the buildings.

The size of existing cracks has been measured since the very beginning, and new measuring instruments have been added as needed.

7. CONCLUSION

It turns out that the decision to use of the observational method not for the design of the mined part of the tunnel only, but also for the design of structural measures in the buildings, was correct. It was possible to respond flexibly to the evaluated monitoring results with the WTT excavation proceeding, and apply them in adaptations of the design of structural measures for other buildings. The limiting values of deformations of 60mm at irregularity of 1:800, adopted for the area of above-ground development, proved to be proportional for this character of structures, while the extent of actions carried out in the buildings to improve their resistance against the excavation impacts was minimal, manageable without restrictions to the buildings use. Although, the perfect knowledge of the actual structural and technical condition of individual buildings, as well as, from client's needs viewpoint, the elaboration of detailed passportisation, are a precondition.

To conclude, it can be stated that the safety of above-ground buildings above the Mrázovka tunnel has been secured, and acceptable limits of the buildings deformation have not been crossed. There has been no need to evacuate the buildings above the tunnel, and they could be used without any serious restriction over the whole period of the WTT excavation. The ETT excavation is continuing under other buildings using the technique, which has been well proven. The extent of the work performed in the buildings has been successfully reduced to a minimum, thanks to the analysis of the WTT excavation process.

VLIV TECHNICKÝCH OTŘESŮ A HLUKU NA OKOLNÍ ZÁSTAVBU A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ PŘI RAŽENÍ TUNELŮ MRÁZOVKA, ZEJMÉNA S OHLEDEM NA POUŽITÍ TRHACÍCH PRACÍ

THE IMPACT OF VIBRATIONS AND NOISE ON THE SURROUNDING DEVELOPMENT AND ENVIRONMENT DURING EXCAVATION OF THE MRÁZOVKA TUNNELS, WITH RESPECT TO APPLICATION OF BLASTING

ING. LUDĚK BARTOŠ, ING. LUDĚK BARTOŠ ML., BARTOŠ ENGINEERING, BRNO

UVOD

Složitost geologických poměrů, které jsou zastoupeny letenskými břidlicemi monotonního a flyšového vývoje, libeňskými břidlicemi a řevnickými křemenci, nedovolila stanovit jednotnou technologii rozpojování hornin při členěné ražbě tunelů Mrázovka. K rozpojování pevných až velmi pevných hornin (nad 60 MPa), tj. zejména v letenských břidlicích flyšového vývoje a v křemencích, jsou proto používány trhací práce. Celkový objem těchto prací při ražení tunelů Mrázovka představuje asi 55 % (obr. 1 a 2).

Použití technologie trhacích prací při ražení v podmínkách městské zástavby ovlivňuje svými nežádoucími účinky nepříznivě okolí, tj. zejména zástavbu a životní prostředí. Proto již v projekční přípravě a dále při vlastní realizaci se řeší soubor problémů a stanovují opatření týkající se zejména:

- působení technických otřesů na okolní objekty, inženýrské sítě a jiná zařízení;
- působení akustických a vibračních účinků na místa pobytu osob a životní prostředí.

Oblast působení a vnímání nežádoucích účinků může být poměrně široká (100 i více m), a tudíž nelze vyloučit i odůvodněné či spekulativní stížnosti obyvatel ze vzdálenějšího okolí. Z hlediska odpovědnosti investorské organizace VIS, a. s., která zajišťovala rozsáhlý monitoring a řízení celého procesu vyhodnocování prostřednictvím "rady monitoringu" (RAMO), bylo nutné průkazné řešení všech stížností, tj. prošetřování skutečné intenzity jak otřesových, tak i akustických účinků v průběhu realizace díla.

Příprava trhacích prací na tunelech Mrázovka byla řešena podle oborové normy ON 737503 Projektování a provádění tunelů městských drah čl. 2.4.8. vypracováním tzv. Návrhu trhacích prací, který je odborným podkladem k vypracování Technického projektu trhacích prací.

Trhací práce byly povoleny Obvodním báňským úřadem po vyřešení veškerých střetů zájmů a stanoveny podmínky nenarušení práv a právem chráněných zájmů občanů a organizací v blízkém okolí.

V příspěvku jsou podány stručné informace týkající použití trhacích prací, zejména poznatků z monitoringu stavby západního tunelu Mrázovka a vyražených objektů VTT ke dni 31. 1. 2002 týkajících se povrchové zástavby.

Samostatným problémem byl přechod tunelů nad trasou kanalizačního sběrače "P", který je předmětem jiného příspěvku.

NÁVRH TRHACÍCH PRACÍ

Předmětem bylo řešení této problematiky:

- Orientační zhodnocení stavebně-technického a statického stavu objektů v zájmové oblasti stavby jako podklad ke stanovení jejich dynamické odolnosti.
- Stanovení dynamické odolnosti všech dotčených objektů a zařízení v zájmové oblasti stavby a stanovení přípustných hodnot.
- Zhodnocení geologických a geotechnických podmínek z hlediska použití trhacích prací, výpočet přenosových konstant horninového prostředí pro šíření vlnění.
- Stanovení přípustných hodnot fyziologických účinků od trhacích prací.
- Výpočet mezních hodnot náloží respektujících seismická a fyziologická hlediska.
- Výpočet pásem zvýšené seismické intenzity povrchem zájmového území jako podklad pro rozsah inventarizačních prohlídek včetně stanovení podmínek ověřování.
- Výpočet izolinií vedených povrchem zájmového území odpovídajících mezním náložím v daných úsecích díla.
- Výpočet základních parametrů trhacích prací, mezních náloží a dalších limitujících hodnot.

INTRODUCTION

The complexity of geological conditions represented by the Letná shales of both monotone and flysch-type evolution, Libeň shales and Řevnice quartzites did not allow a unified technique of rock fragmentation to be specified for the sequential excavation of the Mrázovka tunnels. Therefore, blasting has been used for the fragmentation of strong to very strong rock (over 60 Mpa), i.e. mostly for the Letná shales of the flysch-type evolution and for quartzites. The total volume of blasting operations on the Mrázovka tunnels drive represents about 55% (see Fig. 1 and 2).

Application of blasting operations in the excavation under urban development has undesired impact on the surroundings, on the development and environment above all. For that reason a set of problems is solved already in the designing phase and then during the works execution, and measures prescribed primarily regarding:

- the impact of technical quaking on neighbouring structures, utilities and other facilities
- the impact of acoustic and vibration effects on dwelling places and environment.

The area of influence and perception of undesired effects can be relatively wide (100m and more). Therefore, neither reasoned nor speculative complaints by inhabitants from rather remote surroundings must be allowed for. From the point of view of responsibility of the owner's consultant VIS a.s., who ensured a broad monitoring and control over the entire process of assessment through RAMO (Monitoring Board), conclusive evidence of solution of all complaints, i.e. investigation of the actual intensity of both vibration and acoustic effects in the course of the works execution, was necessary. The preparation of the blasting operations on the Mrázovka tunnels was solved according to the industrial standard ON 737503 "Design and structure of urban railway tunnels" cl. 2.4.8 by elaboration of so called "Blasting operations proposal", which is a professional basis for elaboration of "Engineering design of blasting operations".

The blasting operations were approved by the Regional Bureau of Mines when all cases of conflict of interest had been resolved and conditions set out preventing violation of rights and interests of private persons and organisations in a close vicinity protected by the law.

The paper provides a brief information regarding application of blasting, above all the knowledge regarding the surface development gained from the monitoring of the western tunnel tube Mrázovka excavation and the ETT structures excavated by January 31, 2002.

A separate problem consisted in the tunnels passing above the main sewer "P". It has already been the topic of another paper.

BLASTING OPERATIONS PROPOSAL

The proposal solved following issues:

- Orientation assessment of the structurally-technical and static condition of structures existing in the area affected by the project operations, as a basis for determination of their dynamic resistance
- Determination of dynamic resistance of all affected structures and facilities within the area affected by the project operations, and specification of allowable values
- Assessment of geological and geotechnical conditions in terms of application of blasting; calculation of transmission constants of the rock mass for wave propagation

- Návrh technologie ražení, vrtná schémata ražených profilů, schéma časování elektrického roznětu.
 - Program kontrolních a úředních měření seismických a akustických účinků a dalších bezpečnostních a zvláštních opatření, speciální metody měření apod.
 - Návrh opatření k ochraně práv a právem chráněných zájmů občanů a organizací.
- Související normy a předpisy:
- ČSN 730040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva.
 - Nařízení vlády č. 502/2000 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
 - Technické podmínky výstavby Metra v Praze, sv. 10 Trhací práce a kontrola jejich nežádoucích účinků.

POSUZOVÁNÍ TECHNICKÝCH OTŘESŮ, PŘÍPUSTNÉ HODNOTY DYNAMICKÉHO NAMÁHÁNÍ

Mez dynamického namáhání je dle ČSN 730040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva stanovena příslušnou hodnotou rychlosti kmitání ($u(1)$), kdy poměrná deformace ještě nevyvolá křehká porušení zdiva a omítek u staveb nebo trhlinky ve spojích potrubních řadů nebo na izolaci kabelových vedení.

Rychlost kmitání se měří obvykle přímo na objektu, a to na úrovni terénu, nejnižším podlaží, při základech.

Rozsah poškození klasifikuje norma v pěti stupních. Stupeň 0 (tj. bez poškození, kdy nevznikají žádná viditelná poškození) plně respektuje bezpečnost posuzovaných stavebních objektů, inženýrských sítí a jiných zařízení.

Dále norma zatřídí objekty podle jejich dynamické odolnosti (tř. A až F), podle frekvenčního oboru dominantních kmitů (pod 10 Hz, v mezích 10 až 50 Hz a nad 50 Hz) a dle podmínek založení (3 kategorie únosnosti základové půdy). Podrobná specifikace je nad rámec příspěvku.

Přípustné hodnoty dynamického přetížení pro pozemní stavby, které se nacházejí v zájmové oblasti stavby (při frekvenční charakteristice otřesových účinků nad 50 Hz), byly podle normy stanoveny v rozmezích podle tab. 1.

Posuzovaný objekt - charakteristika Assessed structure - characteristics	Třída odolnosti Resistance class	Rychlost kmitání Vibration velocity (mm/s)
Chatrné stavby, neodpovídající stavebním předpisům, historické stavby Dilapidated buildings, nonconforming to building rules, historic buildings	A	6 až 15
Běžné cihelné stavby, do 3 podlaží Common masonry buildings, up to 3 levels	B	15 až 30
Veliké budovy z cihel a tvárnice, dobře ztužené panelové a montované stavby z betonových prvků Big masonry buildings (brickwork or blockwork), well reinforced panel and prefabricated buildings from concrete elements	C	20 až 40

Tab. 1 Meze přípustných hodnot dynamického přetížení
Tab. 1 Limits of allowable values of dynamic supercharging

Limitními pro trhací práce byly hodnoty nejnižší z uvedených rozmezí. Tím byl zohledněn různý stavebně-technický stav objektů, jejich stáří, způsob založení apod.

Inženýrské sítě uložené pod povrchem v mělkých hloubkách mají podstatně vyšší dynamickou odolnost (40 až 100 mm/s), a proto trhací práce nelimitovaly.

AKUSTICKÉ A DYNAMICKÉ ÚČINKY V MÍSTECH POBYTU OSOB, PŘÍPUSTNÉ HODNOTY

Hluk a vibrace ve stavbách pro bydlení a ve stavbách občanského vybavení se posuzují dle nařízení vlády č. 502/2000. Přípustné hodnoty jsou poměrně přísné. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení se pro hluky šířící ze zdrojů do objektů zvenčí stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,T} = 40$ dB a korekcí přihlížejících k využití místností a denní době dle přílohy č. 5 tohoto nařízení. Pro obytné objekty a denní dobu je korekce 0, tudíž platí jako limit základní hladina. Trhací práce v noční době se neprovádějí.

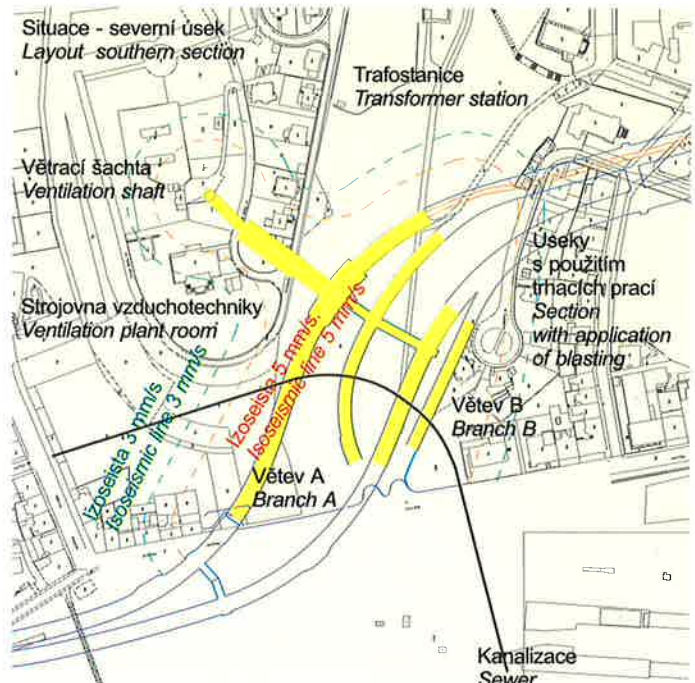
Výpočet průměrné ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro denní dobu (16 hod) se provede podle výsledků měření podle vztahu

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1 L(t)} dt \right) \quad (\text{dB})$$

kde: $L(t)$ je okamžitá hladina akustického tlaku v dB

T - doba, ke které se ekvivalentní hladina vztahuje

- Specification of allowable values of physiological effects due to the blasting operations
- Calculation of limiting values of charges respecting seismic and physiological aspects
- Calculation of increased seismic intensity zones on the surface of the area affected by the project operations as a basis for specification of the scope of the condition survey, including conditions of checking
- Calculation of isolines drawn on the surface of the area affected by the project operations, corresponding with limiting charges in the given sections of the works



Obr. 1 Situace všech ražeb s trhacími pracemi a dosahu působení otřesů o rychlosti kmitání 3 a 5 mm/s v jižním úseku stavby pod Pavím vrchem v letenských břidlicích (flyšový vývoj), prováděnými a. s. SUBTERRA.

Fig. 1 The layout of all excavations with blasting operations and the reach of quaking with vibration velocity 3 to 5 mm/s in the southern section of the construction, under Pavi hill, in the Letna shales (the flysch type of evolution), carried out by SUBTERRA, a.s.

- Calculation of basic parameters of the blasting operations, limiting charges and other limiting values
- Proposal on the excavation technique, drilling patterns for mined profiles, diagram of electrical firing timing
- Programme of checking and official measurements of seismic and acoustic impacts and other safety and special measures, special measurement methods, etc.
- Proposal on measures to ensure protection of rights and interests of private persons and organisations protected by the law

Related norms and regulations:

- ČSN 73 0040 standard "Loads of technical structures by technical seismicity and their response"
- Decree of the Government No. 502/2000 Coll. on health protection against adverse impacts of noise and vibrations
- Specifications for the Metro construction in Prague, vol. 10 "Blasting operations and checking on undesired effects"

ASSESSMENT OF TECHNICAL QUAKING, ALLOWABLE VALUES OF DYNAMIC LOADING

The limiting dynamic loading is, according to the ČSN 73 0040 standard "Loads of technical structures by technical seismicity and their response" determined by the respective value of vibration velocity ($u(1)$), for which the relative deformation still does not cause brittle failure of masonry or plaster coats of buildings, or cracks in pipeline joints or insulation of cable lines.

The vibration velocity is measured usually directly on the structure, at the terrain level, on the lowest level of a building, at the foundation.

The damage extent classification distinguishes five degrees. Degree 0 (i.e. without damage, when no visible damage occurs) fully respects the safety of assessed buildings, utilities and other facilities.

OPATŘENÍ K ZAJIŠTĚNÍ OCHRANY PRÁV A PRÁVEM CHRÁNĚNÝCH ZÁJMŮ DOTČENÝCH OSOB A ORGANIZACÍ

Stanovené podmínky a opatření:

- Provedení pasportizačních prohlídek všech stavebních objektů, nacházejících se v oblasti předpokládané seismicity o rychlosti kmitání 5 mm/s, nebo v poklesovém pásmu. V případě, že se v širší oblasti (v pásmu rychlosti kmitání nad 3 mm/s) vyskytují památkově chráněné objekty nebo objekty staticky porušené, je třeba jejich zahrnutí mezi sledované objekty.
- Parametry trhacích prací a mezní nálože byly vypočteny v mezních hodnotách, kdy se vylučují první známky drobných porušení stavebních objektů nebo inženýrských sítí aj. zařízení, tj. podle ČSN 730040, pro stupeň porušení 0.
- Jako účastníci řízení byli zahrnuti všichni vlastníci nemovitostí a správci inženýrských sítí, kdy intenzita otřesových účinků byla předpokládána vyšší než 50 % přípustného dynamického zatížení pro obytnou zástavbu.
- Úřední měření seismických a akustických účinků v průběhu ražení na vybraných objektech.
- Trvalé monitorování otřesových účinků z vybraných stanovišť.
- Okamžité úpravy technologie trhacích prací a mezních náloží v případě překročení limitních hodnot dynamického přetížení (propojení monitorovacích stanovišť systémem SMS zpráv s odbornou organizací, zajišťující měření).
- Měření deformací na zjištěných trhlinách u stavebních objektů v poklesové kotlině.
- Provedení repasportizačních prohlídek po ukončení stavby a porovnání s výchozím stavem.

In addition, the standard classifies structures according to their dynamic resistance (cl. A to F), according to the frequency range of dominant cycles (under 10 Hz, within the limits 10 to 50 Hz and over 50 Hz), and according to foundation conditions (3 categories of the foundation bearing value). A detailed specification is beyond the scope of this paper.

The allowable values of dynamic supercharging for the buildings found inside the area affected by the project operations (at the frequency characteristics of the quake impact over 50 Hz) were specified within the limits according to the Tab. 1.

The lowest values of the above ranges became the limits for the blasting operations. Thus the various structurally technical conditions of the structures, their age, type of foundation etc. were taken into consideration.

Utilities placed under the surface in shallow depths have significantly higher dynamic resistance (40 to 100 mm/s), therefore they did not represent any limitation for the blasting operations.

ACOUSTIC AND DYNAMIC EFFECTS IN INHABITED LOCATIONS, ALLOWABLE VALUES

Noise and vibrations in residential buildings and community amenities buildings are assessed according to the Decree of the Government No. 502/2000 Coll.. Allowable values are relatively stringent.

The highest allowable equivalent sound pressure level A inside residential buildings and community amenities buildings is determined for noise propagated into the buildings from external sources as a sum of the basic sound

p (MPa)	L (m)	Q_t (kg/m ³)	Q_v (bm/m ³)	Q_p (ks/m ²)	N_1 (kg)	
60 - 80 letenské vrstvy flyšový vývoj Letná strata flysch evol.	1	0,9 - 1,2	3,3 - 3,6	3,0 - 3,4	0,3	
	1,5		2,5 - 3,2			2,3 - 2,8
	2		2,2 - 2,6			2,0 - 2,4
80 - 140 řevnické křemence Řevnice quartzites	1	1,2 - 1,6	3,5 - 3,8	3,2 - 3,6	0,4	
	1,5		2,7 - 3,3			2,5 - 3,0
	2		2,4 - 2,8			2,2 - 2,6

Q_t - měrná spotřeba trhaviny

Q_v - měrná spotřeba vrtů

Q_p - měrný počet vrtů na plochu čelby

p - pevnost horniny v prostém tlaku

L - postup na odpal

N_1 - nálož ve vrtu

Tab. 2 Průměrné technické parametry trhacích prací.

Q_t - specific explosive consumption

Q_v - specific borehole consumption

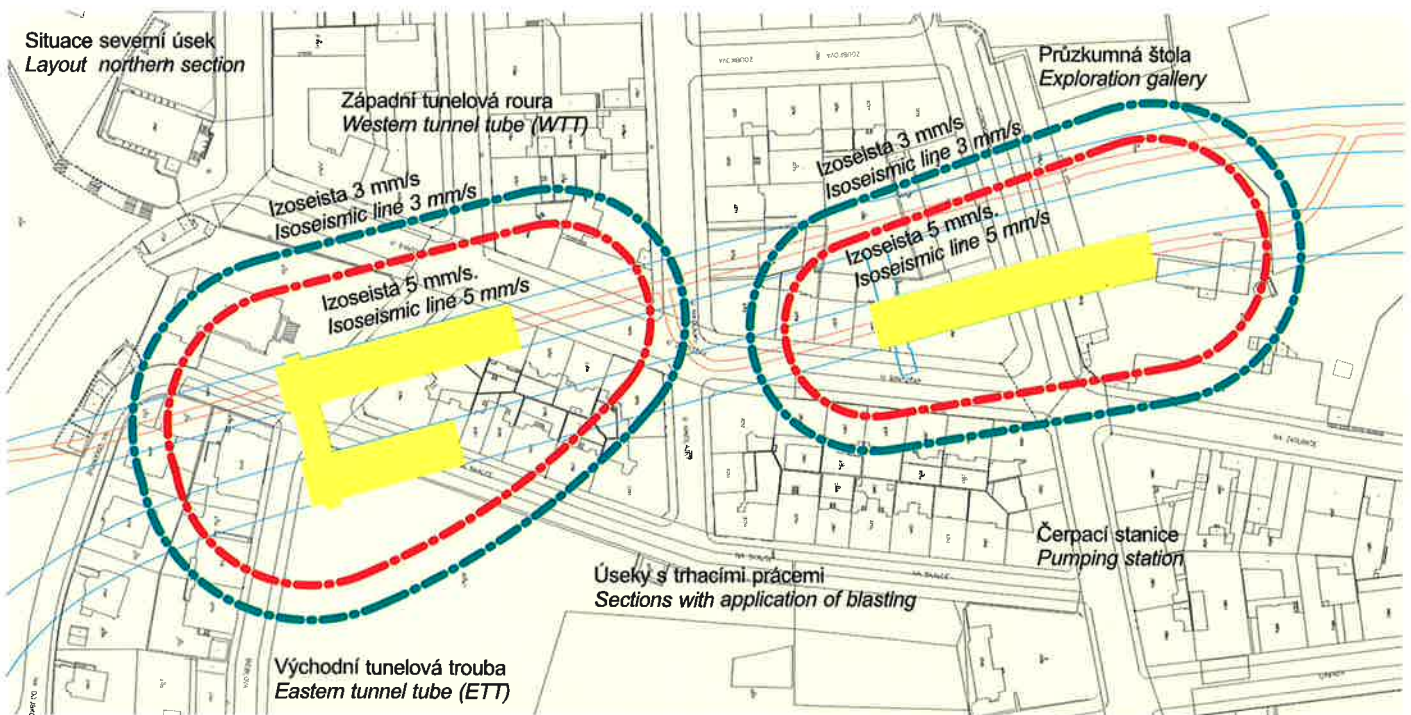
Q_p - specific number of boreholes per face area

p - unconfined compressive strength of rock

L - pull length

N_1 - charge per borehole

Tab. 2 Average technical parameters of blasting operation



Obr. 2 Situace ražeb s trhacími pracemi ke dni 31. 1. 2002 a dosahu působení otřesů o rychlosti kmitání 3 a 5 mm/s ve středním úseku stavby mezi ulicemi Ostrovského - Bieblova v řevnických křemencích, prováděnými a. s. METROSTAV.

Fig. 2 The layout of excavations with blasting operations as of 31.1.2002, and the reach of quaking with vibration velocity 3 to 5 mm/s in the central section of the construction between Ostrovského and Bieblova streets, in the Řevnice quartzites, carried out by METROSTAV a. s.

POZNATKY ZE SLEDOVÁNÍ RAŽBY TUNELŮ

Trhací práce na čelbě díla odpovídaly projektem stanovenému členěnému porubu a postupu. Mezi použitím technologie trhacích prací a strojním rozpojováním je přibližná hranice pevnosti horniny 60 MPa. Průměrné technické parametry trhacích prací, odpovídající pevnostem horniny, jsou pro výrubní profily nad 15 m² uvedeny v tab. 2.

Qt u menších profilů (pod 15 m²) se podle horninových podmínek mohou zvýšit o 20 až 30 % (v závislosti na velikosti profilu).

Trhací práce používají rozbušky v počtu až 36 čas. stupňů časovaný roznět náloží ve vrtech. Schéma časování postupuje od vytvořené záломové dutiny s postupným otevřením čelby až po výlom obrýsu. Používají se časované, z toho v intervalu zpoždění 25 ms (čas. st. 0 - 21), 250 ms (čas. st. 22 - 31) a 500 ms (čas. st. 32 - 36). Odstřel při použití celého sortimentu rozbušek je pak rozložen do 6 s. Po tuto dobu přibližně působí i seismické účinky na okolí.

Dosah působení otřesových účinků na okolí je dán vztahem:

$$L = K \cdot (m_{ev})^{0,5} \cdot u^{(1)-1}$$

kde: K - funkce přenosu v daných horninových podmínkách (100 až 400) a je předmětem vyhodnocení z měření

m_{ev} - ekvivalentní hmotnost nálože (kg)

$u^{(1)}$ - rychlost kmitání (první derivace výchylky podle času - mm/s)

Podle dynamické odolnosti okolní zástavby byly vypočteny mezní nálože a stanoveny pásma možného dosahu otřesových účinků. Z hlediska bezpečnosti stavebních objektů se běžně považuje za přípustnou $u^{(1)} = 10$ až 15 mm/s (na vzdálenost 5 až 15 m od epicentra), pro narušené a historické stavby platí minimální $u^{(1)} = 3$ až 6 mm/s (ve vzdálenostech 30 m i více) - (obr. 3). Protože se dosah působení otřesů mění v různých směrech šíření, je nutné při seismických měřeních prošetřit jak stavebních objektů v nejbližším okolí (obvykle ve vymezeném poklesovém pásmu), tak i ve větších vzdálenostech k objektivnímu prošetření případných stížností. Tyto stížnosti se vyskytují poměrně často proto, že vibrační i akustické účinky působí současně, s pocitem nepříjemného fyziologického vjemu již při otřesech o $u^{(1)} = 1$ až 3 mm/s. Je jim proto oběhán přisuzován vznik běžných porušení na malbě, omítkách i zdvu, které mají příčinu jinou.

Trhací práce byly uskutečněny v geologických podmínkách letenského souvrství - flyšový vývoj (LB-fv) a v křemencích (křem) - (obr. 4). Výsledky sledování ke stavu ukončených ražeb k 31. 1. 2002 uvádí tabulka s hodnotami max. intenzity otřesů na objektech v nadloží vč. dalších (průměrných) technických parametrů kde,

m_{evn} = ekvivalentní nálož

m_{celk} = celková nálož na odstřel

Stanovené přípustné meze dynamického namáhání sledovaných pozemních objektů byly ve všech případech dodrženy.

pressure level $L_{Aeq,T} = 40$ dB and corrections taking into consideration the utilisation of rooms and the time of day according to the Annex No. 5 to the above Decree. The correction is 0 for residential buildings and daylight time; therefore the basic level is the limit. Blasting operations are not conducted in the night time.

The calculation of average equivalent sound pressure level for the daytime (16 hours) is conducted according to the measurement results, according to the relationship

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[(1/T) \int_0^T 10^{0,1 L(t)} dt \right] \quad (dB)$$

where: $L(t)$ is the instant sound pressure level in dB
T - time which the equivalent level relates to

MEASURES TO SECURE THE PROTECTION OF RIGHTS AND INTERESTS OF PRIVATE PERSONS AND ORGANISATIONS PROTECTED BY THE LAW

The set out conditions and measures:

- Carrying out a condition survey (passportisation) of all structures found within the area of anticipated seismicity with vibration velocity 5 mm/s or within the settlement zone. If listed buildings or structurally damaged buildings/structures are found within the extended area (in the zone of vibration velocity over 3 mm/s), those buildings/structures must be added to the list of monitored structures.

- The parameters of the blasting operations and limiting charges have been calculated in boundary values, where initial indications of minor defects of structures or utilities and other facilities are neglected, i.e. for the 0 stage of failure according to the ČSN 73 0040 standard.

- All property owners and administrators of utilities for which the intensity of vibration effects had been anticipated higher than 50 % of dynamic loading allowable for residential development were added to the list of participants of the proceedings.

- Official measurement of seismic and acoustic effects on selected structures in the course of the excavation works

- Continuous monitoring of quaking effects from selected stations.

- Immediate adjustment of the blasting technique and limiting charges in case of the limiting values of dynamic supercharging being crossed (interconnection of monitoring stations with a specialist organisation performing the measurement by a system of SMS messages).

- Measurement of deformations on identified fissures on structures found in the settlement trough.

- Carrying out a repeated condition survey (re-passportisation) of the structures after completion of the construction works, and comparison of its results with the starting state.

objekt construction	hornina rock	délka length (m)	m_{evn} (kg)	m_{celk} (kg)	postup pull (m)	nadloží cover (m)	sledované objekty monitored buildings	max. $u^{(1)}$ (mm/s)
ZTT (portál - km 4,450) + TP 2 WTT	LB - fv LS - fe	325	2,4- 3,2	60 - 110	2	42 - 50	domy Nad Santoškou, Paví Vrch buildings	5
větrací kanál, podzemní trafo a strojovna ventilation duct, underground transformer st. and machine room	LB - fv LS - fe	105	2,4- 5,3	75- 131,8	2	50 - 65	dtto ditto	5,2
větrací šachta ventilation shaft	LB - fv LS - fe	65	1,2- 2,4	40-62	1,5		Paví vrch Paví hill	4,8
větev A branch A	LB - fv LS - fe	180	2,4-6,0	60-223	2	38 - 40	domy Na Doubkové buildings	2,2
ZTT, (4,730 - 4,6) + TP3 WTT	Křem. Quartz.	148	0,4 -0,8	10 -15	1	15 - 18	domy Bieblova, U Santošky buildings	14,5
VTT (14,315 - 14,430) + TP6 ETT	LB - fv LS - fe	235	0,6- 2,4	30 - 93	1 - 2	30 - 32	domy Na Doubkové buildings	9,8
větev B branch B	LB - fv LS - fe	100	0,6 - 1,6	15 - 45	1	20 -22	dtto ditto	11,1
VTT (14,890 - 14,810) ETT	Křem. Quartz.	80	0,4	4,5-10,8	1	15 - 16	domy Ostrovského ul. U Santošky buildings	13,8
VTT (14,565 - 14,620) ETT	Křem. Quartz.	55	0,4	6 - 10	1	15 - 20	domy Bieblova, U Skalky buildings	14,5

ŘEŠENÍ STÍŽNOSTÍ

Všecké stížnosti byly okamžitě řešeny investorem VIS, a. s., s projednáním na radě monitoringu a rozhodnutím o doplňujících měřeních nebo posudku o příčině škody a oprávněnosti stížnosti.

Systematickou kontrolou otřesových účinků od trhacích prací (úřední měření a trvalý monitoring) a úpravami mezních náložů nebyly překročeny stanovené normové meze dynamického přetížení u všech objektů a zařízení v zájmové oblasti stavby. Trhací práce byly v kritických místech redukovány až na hranici jejich použitelnosti, což kladlo značné nároky na organizaci a členění dílčích postupů.

Výskyt nových lehkých poruch na malbě a omítkách z titulu otřesů nebyl v oblasti sledování zaznamenán.

Časté stížnosti obyvatel z blízkého okolí byly i na vibrační a akustické účinky z vrtání či sbíjení, které se přenášely podloží do objektů a působily rušivě zejména v noční době. Uskutečněná měření prokázala dodržení hygienických limitů v místech pobytu osob pro denní dobu. Pro noční dobu byly překročeny hygienické limity akustických účinků pro míru pobytu osob od sbíjecích prací, v některých případech i od vrtání.

Řada stížností byla z oblasti vzdálené 100 i více metrů, kdy na základě subjektivních pocitů obyvatel byly podány stížnosti i na závažné statické porušení objektů např. zřícený kamenný mostek (Bieblova č. 15), sesutí opěrné zdi (Radlická č. 72), porušení novostavby rodinného domu (ul. Nad Santoškou č. 11), starých obytných domů v ul. U Nikolajky a okolí aj. Po provedených prohlídkách byly uplatňované škody kvalifikovány znalcem jako neopodstatnělé, způsobené jinými příčinami. Průkazem nezavinění nárokováných škod byly zejména výsledky monitoringu a úředních měření, charakter porušení a určená jejich příčina.

Počet stížností vzhledem k rozsahu díla a značnému použití trhacích prací je poměrně malý. Tento příznivý výsledek byl dosažen dobrou informovaností obyvatel v okolí, systematickou kontrolou a měřením nežádoucích účinků trhacích prací, čímž byly zajištěny průkazné objektivní podklady k řešení jakýchkoliv stížností z blízkého okolí stavby, ale i odpovědným přístupem prováděcích organizací k realizaci stanovených doporučení.

ZÁVĚR

Realizace tunelů v podmínkách městské zástavby představuje možná rizika, která je třeba v předstihu stavby řešit. Použití technologie trhacích prací je jedním z těchto rizik, protože svými nežádoucími účinky může ovlivnit chování objektů v nadloží jak z dynamického a statického hlediska, tak i z hlediska vlivu na životního prostředí. Bylo správné, že investorská organizace VIS, a. s., vytvořila podmínky pro nutná měření in situ již ve fázi průzkumu a systematickou kontrolu otřesových a akustických účinků na objektech v zájmovém území stavby při následné realizaci, což přispělo k bezkonfliktnímu průběhu razících prací a vyřešení všech stížností, které neshledaly žádné závažné škody z titulu jejich použití. Poděkování náleží i odpovědným pracovníkům a technikům dodavatelů stavby, tj. Metrostavu, a. s.,

KNOWLEDGE GAINED IN THE TUNNELS EXCAVATION MONITORING

The blasting operations at the tunnel face were performed in compliance with the sequential excavation conception and the procedure set out by the design. A value of rock strength of 60 Mpa has been a rough boundary value deciding on the application of blasting technique or mechanical fragmentation. Technical parameters of the blasting operations corresponding to the rock strengths applied for excavated cross sections over 15 m² are shown in Tab. 2. Qt can be higher by 20 to 30 % for smaller cross sections (under 15 m²). Detonators with up to 36 timing intervals are used for the delay-action initiation of charges in boreholes during the blasting operations. The timing pattern proceeds from a cutting, which is opened gradually up to the contour. Delay-action detonators are used, with timing intervals 0 - 21 within the delay of 25 ms, timing intervals 22 - 31 within the delay of 250 ms, and timing intervals 32 - 36 with the delay of 500 ms. The blast in case of application of the entire scale of detonators is distributed into 6 s then. The seismic effects on the surroundings last approximately for the same time.

The reach of influence of quaking on the surroundings is given by the relationship:

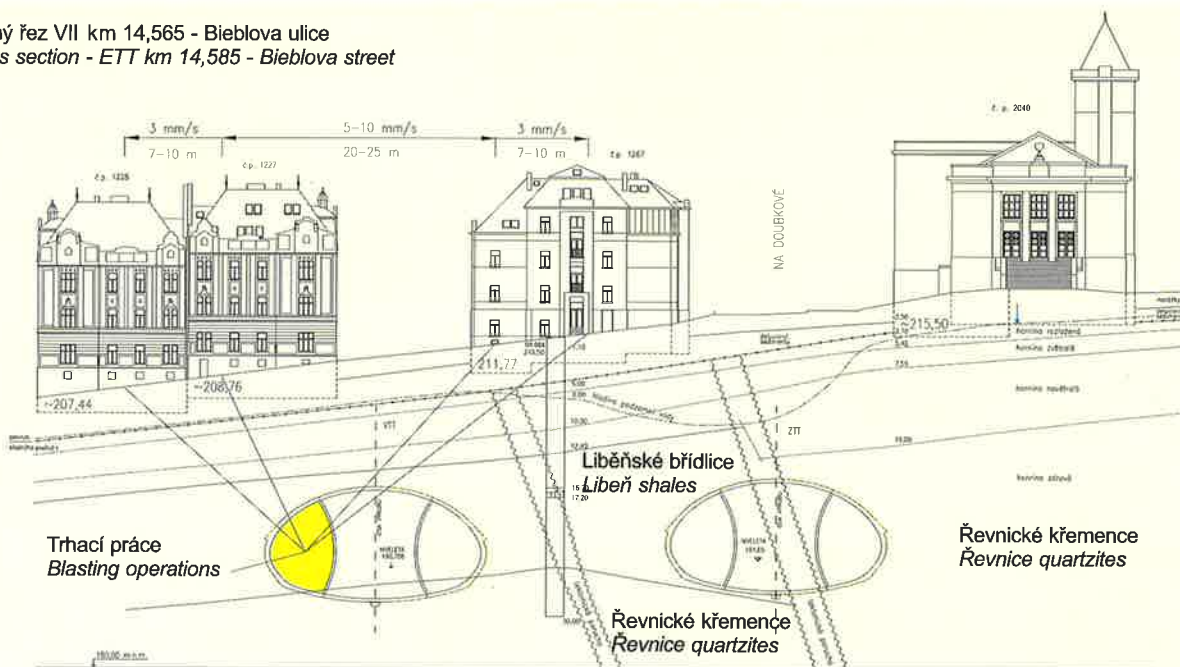
$$L = K \cdot (m_{ev})^{0.5} \cdot u^{(1)-1}$$

where: K is a function of transmission in given rock mass conditions (100 to 400), which is a subject of the measurement assessment
 m_{ev} is equivalent charge weight (kg)
 $u^{(1)}$ is vibration velocity (first derivative of amplitude to time - mm/s)

Limiting charges were calculated and the zone of possible reaching of quake effects determined according to the dynamic resistance of the surrounding development. From the aspect of safety of structures, the $u^{(1)} = 10$ to 15 mm/s (at a distance of 5 to 15 m from the epicentre) is generally considered allowable, while minimum $u^{(1)} = 3$ to 6 mm/s (at a distance of 30 m and more) applies to defective and historic structures (see Fig. 3). As the reach of influence of quaking changes in different directions, it is necessary in seismic measurements to carry out the survey of structures both in the closest vicinity (usually in the determined settlement trough) and at bigger distances to investigate possible complaints objectively. Such the complaints occur relatively often since the vibration and acoustic effects work simultaneously, and the feeling of an unpleasant sensation occurs already at quaking with $u^{(1)} = 1$ to 3 mm/s. For that reason people consider these vibrations to be the reason of creation of defects in painting, plastering or masonry, even though the real reason is somewhere else.

The blasting operations were carried out in the geological conditions of the Letná strata, i.e. of the flysch-type evolution (LS-fe) and quartzites (quartz.), (see Fig. 4). The monitoring results regarding the condition on completion of the excavation works on December 31, 2002 are shown in the table, contain-

Příčný řez VII km 14,565 - Bieblova ulice
 Cross section - ETT km 14,585 - Bieblova street



Obr. 3 Příčný řez, v km 14,565 VTT - dosah vlivu otřesů od ražby boční štoly VTT na podcházenou zástavbu v Bieblově ul.

Fig. 3 Cross section in km 14.565 of the ETT - the reach of the impact of vibration due to the excavation of the side-wall drift in the ETT on the buildings in Bieblova street being passed under

a Subterra, a. s., za spolupráci při organizaci kontrolních měření a za operativní realizaci všech doporučení, které vedly k úspěšnému hodnocení ražeb tunelů Mrázovka.

LITERATURA/REFERENCES:

1. Závěrečná zpráva výzk. úkolu Metro v Praze - progresivní technologie trhacích prací. Bartoš, VUIS 1984
2. Závěrečná zpráva etapy výzk. úkolu Technologie ražení tunelů s výrubem nad 100 m² v horninách středivé kvality. Bartoš, VUIS Brno, 1989
3. Zpráva o úředním měření technických otřesů na objektu Ostrovského č. 19, vyvolaných těžebními a nakládacími stroji při ražbě ZTT Mrázovka, 12/99, Bartoš - Engineering
4. Zpráva o výsledku a hodnocení úředního měření dopravních otřesů v ulici U Santošky (tunely Mrázovka) dne 17. 6. 1999, Bartoš - Engineering 6/1999
5. Bartoš - Štastný: Trhací práce na Metru a ochrana životního prostředí. Zpravodaj Metro, 2/1986
6. Kolečkář - Zemánek: Monitoring tunelu Mrázovka. Konf. Podzemní stavby 2000.
7. Kaňovský - Gramblička: Tunely Mrázovka od jihu. Konf. Podzemní stavby 2000.
8. Němeček - Butovič - Ebermann - John: Návrh tunelu Mrázovka. Konf. Podzemní stavby 2000.
9. Hudek - Chmelař: Geotechnické poměry západního tunelu Mrázovka. Tunel 1/2001

ning the values of maximum intensity of quaking on the structures existing above, including other (average) technical parameters, where

m_{evn} = equivalent charge

m_{celk} = total charge for the blasting event

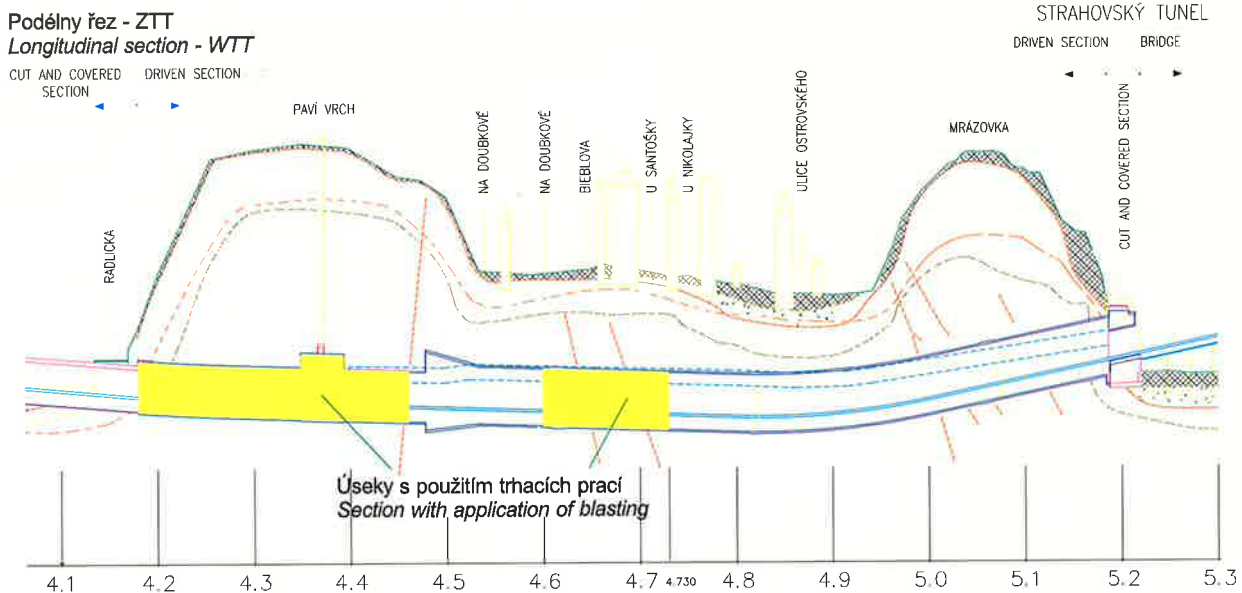
The set out allowable limits of the dynamic loading of the monitored above-ground structures have been complied with in all cases.

THE SYSTEM OF HANDLING COMPLAINTS

All complaints were immediately solved by the owner's consultant VIS a.s., with a discussion in the monitoring board meeting and a decision on additional measurements, or expert opinion on the damage cause and rightfulness of the complaint.

Thanks to the systematic checking on the effects of vibration caused by blasting (official measurements and continuous monitoring) and adjustment of limiting charges, the set out standard limits of dynamic supercharging were crossed at none of the structures and facilities inside the area affected by the project operations. Blasting operations were reduced in critical locations to the limit of their applicability, which fact meant considerable demands on organisation and sequencing of partial headings. No occurrence of new defects of painting and plastering due to vibrations was recorded in the monitored area.

Frequent complaints by residents from a close neighbourhood referred also



Obr. 4 Podélný řez ZTT - úseky s trhacími pracemi

Fig. 4 Longitudinal section through the WTT - sections with blasting operations

to the vibration and acoustic effects of drilling or rock breaking, which were transmitted through the sub-base to the buildings and caused annoyance primarily in the nighttime. The measurements performed proved that sanitary limits valid in dwelling places for the daytime had been held. Although, the sanitary limits of acoustic effects of rock breaking and in some cases of drilling, valid in dwelling places for the nighttime, were crossed.

A number of complaints were from an area found at a distance of 100 m and over, where complaints were filed even regarding serious structural damage to structures (e.g. a tumbled small stone bridge in Bieblova Street No. 15, a collapse of a retaining wall in Radlická Street No. 72, a damage to a newly built family house in Nad Santoškou Street No. 11, a damage to old residential buildings in U Nikolajky Street and its vicinity, etc. After inspections the damage claims were qualified by an expert as unsubstantiated, caused by other sources. The innocence in the cases of the damage claims were the results of the monitoring and the official measurements, the character of the damage, and identification of real causes.

The number of complaints is relatively low considering the scope of the works and large extent of application of the blasting. This favourable result has been achieved thanks to well informed residents in the neighbourhood, systematic checking and measurement of undesired effects of blasting operations, which provided confirmative objective documents for handling any complaint from the close vicinity of the construction site, but also thanks to the responsible attitude of contractor organisations towards implementation of the adopted recommendations.

CONCLUSION

Construction of tunnels in the conditions of urban development contains potential risks, which must be solved in advance of the works proper. Application of blasting technique is one of the risks, as it can, through its undesired effects, affect the behaviour of structures at the cover both from dynamic and structural aspects, and in terms of the environmental impact. It was correct that the owner's consultant VIS a.s. established the conditions needed for the required in-situ measurements as early as in the phase of the investigation, and for the systematic checking on the vibration and acoustic effects on the structures within the area affected by the project operations in the course of the works performance. This contributed to the not conflicting course of the excavation works and to the fact that the solution of all complaints was concluded by the finding that no serious damage had been caused due to their application. Thanks also belong to responsible workers and technicians of contractors Metrostav a.s. and Subterra a.s. for their co-operation in organising the check measurements and for the operative implementation of all suggestions, which led to the successful evaluation of the Mrázovka tunnels excavation.

ŘÍZENÍ ODEZVY HORNINY – MILNÍKY DO ROKU 1970

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

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

(pokračování článku z č. 4/2001 a 1/2002)

Technologie svorníkování

Historie svorníkování započala patentem (č. 302909), který získali Stephan, Fröhlich a Klüpfel v roce 1913 (obr. 1) "Metoda zajišťování stropu a boků výrubů při ražbě bez podpírání odspodu". Vynález byl zaměřen na "vytvoření zajištění, jehož pevný bod je umístěn v hornině. Je jím nahrazeno tradiční zajišťování výdřevou, jejíž pevný bod je na dně štoly". Aby se dosáhlo tohoto cíle, "vytvářejí se do horniny dostatečně dlouhé vrty, do nich se vloží tyče, trubky nebo kabely z únosného materiálu, například oceli, a ty se vhodným způsobem zafixují na konci nebo upevní po celé délce".

Vypuknutí první světové války oddálilo vystavení tohoto patentu až do roku 1918. Jména držitelů patentu a patent tohoto čísla byly v technické literatuře dlouho neznámé. V německojazyčné literatuře se však našla publikace z roku 1919, neobsahující informaci o autorovi, ve které je uvnitř rozsáhlejšího pojednání o dolování krátký odstavec věnovaný tématu údržby dopravních cest. Podtitul byl "Zajištění tunelů železnými kotvami". Můžeme se dovědět, že v uhelném revíru Königshütte v Horním Slezsku (v té době Německo) "nejméně po několik let se používají zkušební kotvy, které mají nahradit výdřevu pro vzdorování tlaku horniny". Domníváme se, že tato publikace má vztah k výše uvedenému patentu, i když jméno držitele patentu není zmíněno. Autoři si byli již v roce 1913 plně vědomi důležitosti svého vynálezu, tj. důležitosti náhrady výdřevy kotvami: "Příčný průřez profilu není žádným způsobem narušován nebo omežován, neúmyslné podražení podpěry není možné, stojky a rozpěry jsou vyloučeny a výměna dřevěných podpěr z důvodů hnití není potřebná." Předvidavost autorů dokazuje fakta: svorníky byly umístovány do stropu i do stěn, aby se tak bránilo závalům nebo zužování profilu. Hlavy kotev byly spojovány kabely a U-profilu. Čtyřleté období zkoušení kotev ukázalo, že "úsek zajišťovaný vrtačními kotvami zůstal zcela nedotčen, zatímco úsek s výdřevou se zřítíl v důsledku hnití dřeva".

Tento revoluční vynález naneštěstí upadl v zapomnění a nenašel si cestu do všeobecné praxe. První publikace ke kotvám, která se objevila asi 25 let po napsání výše uvedeného článku, byla od Weigela (1943) ze Spojených států. Ten podal zprávu o zkouškách, prováděných v letech 1936 a 1937 v dole Leadwood v jihovýchodní Missouri (St. Joseph Lead Co.). Tento nový systém "spocívá v podpírání horniny pod hranici přirozené klenby a jejím přikotvení k pevné hornině nad ní, a obzvláště k hornině nad pilíři. To se provádí před tím, než se hornina skutečně uvolní. Jelikož samozastavovací stav nad výrubem je obvykle výsledkem postupného procesu, jestliže se spodní vrstvy zachytí a upevní, horní vrstvy nepůsobí žádné potíže. Řada tenkých vrstev tak vytvoří jeden silný nosník s dostatečnou pevností na to, aby přenesl zatížení z pilíře na pilíř".

Ve vyčerpávající publikaci z roku 1945 podal holandský inženýr Beyl zprávu o úspěšných zkouškách kotev, které prováděl v Anglii v letech 1942 a 1943. Pomocí měření konvergenzí se snažil studovat vliv kotev na deformace horniny. Pozoroval vliv předpětí a poznamenal k tomu: "Je nutno vkládat kotvy co nejdříve po vyrubání." Beyl nebyl v Evropě se svými myšlenkami a polními zkouškami úspěšný okamžitě. Jeho publikace však pomohly propagovat použití kotev později v padesátých letech 20. století. V období 1943 - 1950 zažilo použití horninových svorníků v americkém hornictví, zvláště v uhelných dolech, a od roku 1952 nadále i v Evropě, neobvykle prudký růst. Tento vývoj započal po vydání publikací C. C. Conwaye (Consolidated Coal Company, Illinois) a E. Thomase (Báňský úřad USA) v roce 1948. Conway věnoval zvláštní kapitolu nazvanou "Teorie svorníkování". Samozřejmě existoval i odpor proti svorníkům (Thomas a kol. 1949): "Na první pohled se zdá, že tato metoda se podobá zdvihání sama sebe za vlastní tkaničky od bot. Mnoho lidí navrhlo termín 'nebeské háky'. Dovídáme se zde o pozoruhodném názoru na účinek svorníkování: "strop se zjevně podporuje sám, místo aby byl podporován klasickou výdřevou".

Úspěch kotev v USA může být ve velmi krátké době měřen pomocí některých statistik. V letech 1948 - 1950 bylo pomocí kotev zajištěno celkem 1400 km tunelů v 350 dolech (Forbes 1950). Výroba "tun na směnu jednoho pracovníka se zdvojnásobila". V roce 1949 dosáhly uhelné a rudné doly vůbec nejlepších výsledků v oblasti bezpečnosti, což bylo přisuzováno kotvení stropů svorníky. Svorníkování ohromně snížilo počet úrazů, zaviněných pádem horniny (Bucky, Červen 1950).

Pro vysvětlení rychlého šíření použití kotev v USA v padesátých letech minulého století postačí rychlý pohled na dvě čísla: V USA bylo na začátku roku 1953 instalováno 0,5 milionu kotev za měsíc, zatímco v roce 1957 tento počet vzrostl na 3,0 milionu (Schmuck 1957). Je jistě správné uvést, že "výdřevování bylo již od doby jeskynního člověka prostředkem pro zachování pozemních prostor". Tento autor uvažuje, že: "všeobecným principem, který stojí za svorníkováním, s výjimkou případu jednoduchého závěsu, je to, že svorník musí být schopen udelat z vlastní horniny nedílnou část podpůrné konstrukce." Vzdávající využití kotev při dolování, hlavně v Anglii, Francii a Německu, započalo v letech 1950 - 1952, a vedlo tam k podobnému úspěchu. Během pouze několika let používání dřevěných podpěr z evropských dolů vymizelo. Kotvení bude předmětem dalšího zkoumání. Od padesátých let také nacházíme velké množství publikací patřících k laboratornímu a polnímu výzkumu, stejně jako učebnic a prvních standardizačních dokumentů ke kotvám.

(Continuation of the article from the No. 4/2001 and 1/2002 of this journal)

Rock bolting Technology

The history of bolting began with a patent specification (No. 302909) obtained by Stephan, Fröhlich and Klüpfel in 1913 (Fig. 1): "Method for the support of roof and walls in mining without support from below". The invention aimed at "creating a support, the fix point of which is being placed in the ground. This replaces traditional support by timbering, the fix point of which is at the bottom of the drift!" In order to achieve this goal, "bore-holes of sufficient depth will be drilled into the rock in which rods, tubes or cables made of a load-bearing material, for example steel, will be inserted and fixed at the end in a proper manner or cemented along the whole length."

The outbreak of the First World War delayed the issuing of the patent until 1918. The names of the holders of the patent and the patent with this number were long unknown in the technical literature. However, in the German-speaking literature, a publication from 1919, without information concerning the author, was found in which a short paragraph in the middle of a larger treatment of mining is dedicated to the topic of the maintenance of transportation routes. The subtitle was "Tunnel support with iron anchors". It may be learned that in the coalfield Königshütte in Oberschlesien (at that time Germany) "for the last several years iron test anchors have been used to replace timbering for resisting ground pressure". We assume that this publication relates to the above-mentioned patent, even though the name of the patent holder was not mentioned. The authors, already in 1913, were fully aware of the significance of their invention, i.e. the replacement of timbering with anchors: "The cross-section of the profile is in no way obstructed or restricted, an unintentional knocking out of the supports is not possible, legs and struts are eliminated and replacement of timber supports due to rotting is abolished." Facts substantiated the far-sightedness of the authors; bolts were placed in the roof as well as in the walls for protection against cave-ins or cross-section narrowing. The anchor heads were linked together with cables and U-profiles. A four-year test period with mechanical anchors showed that "the section supported with bored anchors remained entirely intact while the section with timbering collapsed due to the rotting of the timber."

This revolutionary invention unfortunately sank into oblivion and did not find its way into general practice. The first publication on anchors, appearing some 25 years later than the above-mentioned article, was by Weigel (1943), from the United States. He reported on tests which were carried out in the years 1936 and 1937 in the Leadwood mine in Southeast Missouri (St. Joseph Lead Co.). The new system "consists of supporting the ground below the natural arch line and anchoring it to the solid rock above and especially to the rock above the pillars. This is done before the rock actually comes loose. As the self-stopping condition of the back is usually progressive action, if the lower layers are caught and held tight, the upper ones do not cause trouble. The succession of thin layers thus becomes one thick, heavy beam of sufficient strength to carry from pillar to pillar".

In a comprehensive publication from 1945, the Dutch engineer Beyl reported on successful anchor tests which he had carried out in England in the years 1942 and 1943. With the help of convergence measurements, he endeavoured to study the influence of the anchors on ground deformation. He observed a prestressing action and remarked: "It is necessary to insert the anchors as soon as possible after the exposure". Beyl was not immediately successful in Europe with his ideas and field tests. His publications did however help to promote the use of anchors later in the 1950s. In the period 1943-1950, the use of rock bolts in the American mining industry, especially in coal mines, and from 1952 onwards in Europe, experienced an unusually rapid growth. This development began after the publications of C.C. Conway (Consolidated Coal Company, Illinois) and E. Thomas (US Bureau of Mines) in 1948. Conway dedicated a special chapter to "The theory of rock bolting" in his work. Of course there was also resistance to bolting (Thomas et al. 1949): "The method appears at first glance to approximate holding oneself up by one's bootstraps. Many persons suggested the term 'sky hooks'. We learn here about a remarkable view on the effect of rock bolting: "the roof apparently supports itself instead of being supported by conventional timbering".

The success of anchors in the USA in a very short space of time can be measured by some statistics. In the years 1948-1950, a total of 1400 km of tunnel in 350 mines were supported with anchors (Forbes 1950). The production of "tons per man-shift doubled". "In 1949 the coal and ore mines achieved their best all time safety record attributed to roof bolting. Bolting greatly decreased injuries due to rock fall" (Bucky, June 1950). To explain the rapidly spreading use of the anchor in the USA during the 50s, a glance at two figures is sufficient: In the USA, at the beginning of 1953, 0.5 million anchors were installed per month, whereas during 1957, the total rose to 3.0 million (Schmuck 1957). It is certainly correct to state that "timbering, since the days of the caverns, has been the means of maintaining underground openings". This author considers "the general principle behind rock bolting, except in the case of simple suspension, is that the bolt must be able to make the ground itself an integral part of the support structure". The increasing use of anchors in mining, namely in England, France and Germany, began in 1950 - 1952, and led there to similar success. In only a few years

Kotvy byly, na rozdíl od ocelového ostění a stříkaného betonu, používány po dlouhou dobu pouze dolech.

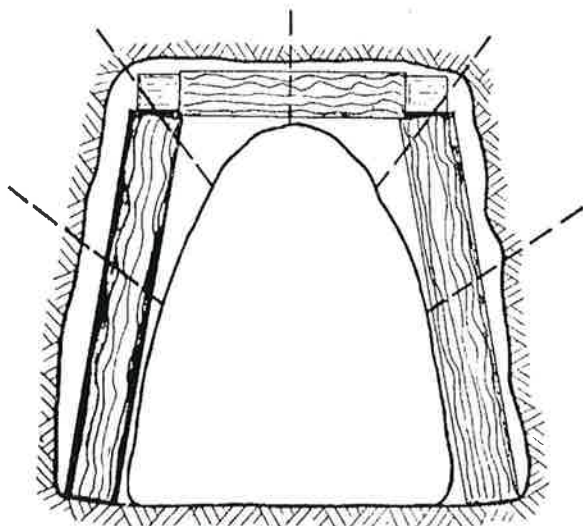
Výstavba tunelů byla tímto prudkým vývojem trvale ovlivňována. K jednomu z prvních případů použití systematického kotvení svorníky v tunelu na vodním kanálu došlo na stavbě 250 m dlouhého obtokového tunelu přehrady Keyhole ve Wyomingu v USA v roce 1950. "Po odstřelech dodavatel kotvil strop svorníky, které byly běžně používány k bránění nadvylomům v uhelných dolech, a jimi přidržoval rozpukané útvary, které by jinak mohly sjet nebo vypadnout." (Anonymous, Engineering News Record 1951). Podkovový profil tunelu 3,5 x 4,0 m byl zajišťován radiálně uspořádanými horninovými svorníky. "Rozmístění stropních svorníků bylo prováděno většinou podle úsudku tunelářských mistrů." Dovídáme se, že v tomto tunelu se mohli zcela obejít bez "drahého systému ocelových rámu a pažnic nebo dřevěných vzpěr, chránícího dělníky před pádem horniny". Abychom ukázali významné úspěchy v širokém mezinárodním měřítku, uvádíme zde stavbu 16 km dlouhého tunelu Notable Water Tunnel poblíž Manchesteru, také z roku 1950. (Anonymous, Water Power 1951). Podkovový průřez o rozměrech přibližně 3,5 x 3,5 m byl zajišťován tam: "kde se narazilo na víceméně vodorovně uložené břidlice a vrstvy hrubozrnného pískovce ..., s tím, že ocelové rámy byly nahrazovány zavěšenou formou podepření ... Tato metoda je velmi hospodárná v použití oceli. Byla spotřebována asi šestina množství potřebného při použití ocelových oblouků a pažnic."

Skutečným průlomem, dosaženým v systematickém použití svorníků v tunelování, je případ 42 km dlouhého vodovodního přivaděče Delaware Water Supply Aqueduct v New Yorku. "Z důvodu nedostatku oceli požádalo představenstvo Water Supply o souhlas k použití metody zajišťování stropu svorníky", namísto obvyklých ocelových rámu. Souhlas byl dodavatelům dán 8. listopadu 1950 s několika podmínkami. K nim patřilo použití ocelových stropních vazníků (U-profilů kotvených svorníky k hornině) a "zastříkání horniny co nejdříve po instalaci svorníků a desek" (Nolan 1952). Byl učiněn závěr, že "při této metodě není potřeba žádné dřevě, a jednou z výhod oproti klasickému zajištění pomocí ocelových rámu je 85% úspora v množství oceli, používané na zajištění stropu". V další zprávě (Pierce 1953) je poznamenáno, že u tohoto projektu bylo více než 19,5 km stropu zajištěno horninovými svorníky a přitom: "nedošlo k žádnému smrtelnému úrazu ani prostojím z důvodu padání stropu... Jedním z důvodů tohoto dobrého výsledku je, že svorníky mohou být instalovány v mnohem menší vzdálenosti od čelby než ocelové sestavy, takže dělníci jsou chráněni po většinu času, kdy jsou v podzemí." (obr. 16). Co se týká mechanismu zajištění, je uvedeno, že "zatímco obyčejné dřevěné sestavy se dostávají ke slovu až poté, co došlo k porušení, stropní svorníky způsobují, že hornina přispívá ke své vlastní podpoře" (Müller 1952).

Vysoké rychlosti postupu, výborné zkušenosti s bezpečností a ekonomické úspěchy, dosažené na tomto velkém projektu, měly ohromný vliv na obor tunelářství po celém světě. Úspěch byl usnadněn vysokou technickou úrovní publikací o tomto díle. Tento newyorský vodovodní tunel tedy, spolu se zkušenostmi získanými v hornictví, dodal odvahy této profesi na celém světě používat svorníkování, se stříkanými betony nebo bez nich, na probíhajících stavbách podobné nebo větší velikosti. Z nich v přibližně chronologickém sledu uvádíme:

Elektrárna Kemano v Britské Kolumbii, výška 50 m, šířka 36 m a délka 210 m, postavena v letech 1952 - 1953. "Hornina je granodiorit, k přichycení desek a další stabilizaci stěn výrubu až do doby, kdy mohlo být zabetonováno trvale zajištění, byly použity svorníky dlouhé až 4,5 m." (Woodruff 1954)

Elektrárna Harspranget ve Švédsku (1952 - 1953) s radiálně uspořádaným kotvením stropu svorníky a stříkanými betony na stropě. Poprvé byly použity plně injektované kotvy, kterým se někdy říká "švédská metoda" (Heggstad 1953). Šířka komory byla 18 m. Zde se musíme zmínit o vynálezu švédských inženýrů F. Lidिंगö a A. Lundquista z roku 1952. Jedná se o plně injektovaný svorník Perfo, který signalizoval zásadní průlom v metodě svorníkování (Patent č. 1462256). Rabcewicz v roce 1957 napsal: "Daleko největší pokroky v této technologii byly nepochybně dosaženy ve Švédsku. Díky podmínkám, které tam vytvořili, mimo jiné díky stavbám velkých



Obr. 1 Porovnání průřezu štoly zajištěné svorníky a vřdřevou
Fig. 1 Comparison of a rock bolted and timbered cross-section

the use of wooden supports vanished from European mines. Anchoring will be a subject for further investigation. From the 50s we also come across a substantial number of publications pertaining to laboratory and field research, as well as textbooks and the first technical standardizations on anchors.

Anchors, in contrast to steel linings and sprayed concrete, were for a long time only used in mining.

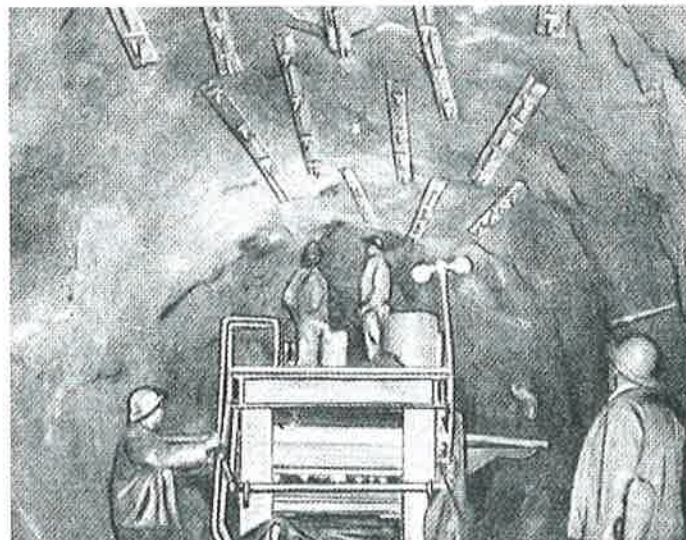
Tunnel construction continued to be affected by this rapid development. One of the first applications of systematic rock bolting in a watery tunnel was in the approx. 250 m long diversion tunnel of the Keyhole Dam, Wyo. in the USA in 1950. "After blasting, the contractor resorted to roof-bolting - commonly used to prevent over-break in coal mining - to hold cracked formations that otherwise might slip or fall out" (Anonymous, Engineering News Record 1951). The horseshoe profile of the 3.5 x 4.0 m tunnel was supported by radially arranged rock bolts. "Roof-bolt locations were mostly a matter of judgement exercised by the tunnel foremen". We learn that in this tunnel "an expensive system of steel ribs and lagging or timber bracing to protect workmen from falling rock" could be completely dispensed with. In order to demonstrate the developments on a broad international scale, we also mention here the construction of the 16 km long Notable Water Tunnel near Manchester also 1950 (Anonymous, Water Power 1951). The approx. 3.5 x 3.5 m sized horseshoe section was secured "where shale and gritstone beds were encountered lying more or less horizontally (...) the steel arches being replaced by a suspended form of support: (...) This method is very economical in the use of steel, the quantity being about one-sixth of that required with steel arches and bank bars".

A true breakthrough of systematic rock bolting in tunnelling is the case of the 42 km long Delaware Water Supply Aqueduct in New York. "Due to the shortage of steel the Walsh-Perini Company asked the Board of Water Supply for permission to use roof bolting method" instead of the usual steel ribs. On November 8, 1950 permission was given to the contractors under several conditions. Among them were the application of steel roof ties (channels bolted to the rock) and "guniting the rock as soon as possible after bolts and plates are put in place" (Nolan 1952). It was concluded that "no timber is needed with this method, and the advantage over the conventional steel rib support involves a reduction of 85 % in the amount of steel used to support the roof". In a further report (Pierce 1953) it is mentioned that in this scheme more than 19.5 km of roof were rock-bolted "but not one fatality or one lost-time accident occurred due to roof falls. (...) One reason for the good record is that bolts can be applied much closer to the face than steel sets, thus giving the workers protection most of the time they are underground" (Fig. 16). As to the support mechanism, it is mentioned that "whereas ordinary timber sets come into play after failure has occurred, roof bolts cause the rock to contribute to its own support" (Miller 1952).

The high advance rates, the excellent safety record and the economic success achieved on this large project had an enormous influence on tunnelling industry world-wide. This was facilitated by the high technical level of the publications on the works. So this New York Water Tunnel, together with the experience gained in the mining industry, encouraged the profession world-wide to employ rock bolting, with or without shotcreting, in pending projects of similar or even greater size. We mention here in an approximately chronological sequence:

The Kemano Powerhouse in British Columbia 50 m high, 36 m wide and 210 m long, constructed 1952-53. "The rock is granodiorite, and bolts up to 4.5 m long were used to pin slabs and otherwise stabilize the walls until the concrete could be poured for permanent support" (Woodruff 1954).

The Harspranget Powerhouse in Sweden (1952-53) with radially arranged roof bolting and guniting in the roof: The first time fully grouted anchors were applied - sometimes referred to as the "Swedish method" (Heggstad 1953). The width of the chamber was 18 m. Here we must mention the invention by the Swedish engineers F. Lidिंगö and A. Lundqvist in 1952. This is the fully-grouted Perfo-bolt, which signalised a major breakthrough in rock bolting technology (Patent No. 1462256). Rabcewicz wrote 1957: "By far the greatest advances of this technology were achieved without doubt in Sweden. Due to the circumstance that there, large water power plants, among others, had been carried out... There is a long-term continuity;



Obr. 2 Svorníky zajišťující strop tunelu East-Delaware (Weiss 1952)
Fig. 2 Rock bolts installed for roof support in the East-Delaware Tunnel (Weiss 1952)

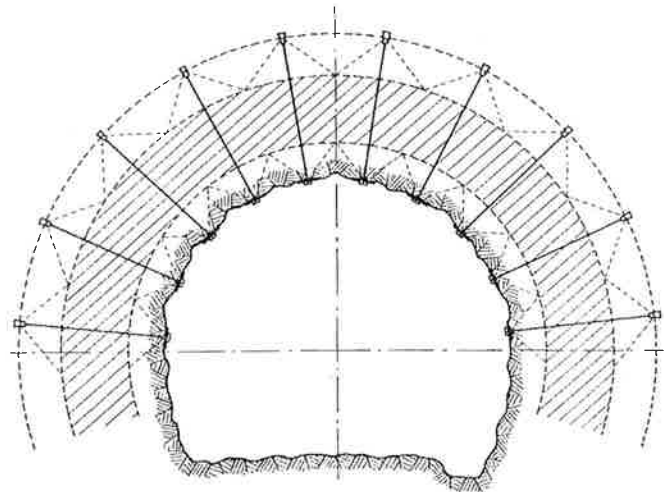
vodních elektráren, ... Existuje tam dlouhodobá kontinuita; kromě toho jsou tam vždy k dispozici štedré zdroje prostředků pro výzkum a zkoušení. Například vezměme strop podzemní elektrárny Harspranget, který byl zajišťován injektovanými kotvami a stříkaným betonem."

Na počátku padesátých let minulého století byla v Norsku postavena řada podzemních elektráren s velkým rozpětím výrubu. Heggstad (1956) se zmínil o tom, že "zavedení metody kotvení stropu svorníky vedlo k podstatnému zjednodušení razících prací pro elektrárny". Používaly se svorníky injektované cementem a také oblouky z vyztuženého stříkaného betonu tloušťky od 10 do 12 cm.

Dále 11,7 km dlouhý tunel vodního kanálu Isere-Arch pro hydroelektrárnský komplex Randen ve Francii (1954). Maximální nadloží bylo 2000 m, razba byla zahájena v roce 1949 po velkých potížích z důvodu silného jevu střílení horniny. Řešením bylo systematické kotvení svorníky (od září 1951 do prosince 1952). Díky metodě svorníkování mohlo být použito plnoprofilové ražení, což umožnilo zdvojnásobit nebo i trojnásobit rychlost postupu ve srovnání s použitím výdřevy (Kobilinsky 1955). Šírka příčného řezu je 7,6 m. Zavedení této technologie všechny inženýry na stavbě překvapilo. Francouzský inženýr J. T. Talobre (1957) navrhl k vysvětlení účinku radálně uspořádaného kotevního schématu v málo pevných horninách model (obr. 3), který předpokládal horninovou klenbu, obklopující výrub. V roce 1940 zavedl Talobre pojem "mechanika hornin" a je považován za jednoho ze zakladatelů tohoto oboru. Silniční tunel Mont Blanc mezi Francií a Itálií, dlouhý 11,6 km se dvěma jízdními pruhy, s maximálním nadložím přes 2200 m, byl postaven mezi lety 1958 a 1962. Plocha příčného řezu je proměnlivá (75 - 90 m²), v závislosti na velikosti větracího kanálu pod vozovkou. Jevy tlačivosti horniny a silného střílení horniny bylo možno zvládat systematickým svorníkováním. Díky této metodě bylo možno použít ražení na plný profil i v obtížných geologických podmínkách s tím, že byl profil také zajišťován až 50 svorníky. Ve zprávách se uvádí, že za dobu dvou let se celkově použilo 72 000 svorníků. O použití systematického svorníkování jako prostředku zajišťování horniny se rozhodlo již v roce 1954, v počáteční fázi projektování stavby, na základě výborných zkušeností z tlakového tunelu Isere-Arc.

Hydroelektrárnský komplex Snowy Mountain je jedním z největších stavebních projektů minulého století (Endersbee 1999). V této stavbě byl obsažen celkem 145 km dlouhý tunel šířky asi 6 m a kaverny strojovny. Na návrh L. A. Endersbea byly již v roce 1949 do smluvních výkresů zahrnuty svorníky štěrbinového a klínového typu. Stavba tunelu byla zahájena v červnu 1955. "Po úspěšném použití horninových svorníků na velkých razbách podzemních elektráren vyžadovaly technické podmínky, aby byla díla zajišťována svorníky, pokud nebude použít výstroje z ocelových rámu nařizeno a schváleno stavebním dozorem." (Andrews a kol. 1964). Z hlediska rychlostního tunelování byl kladen důraz na to, že svorníky mohou být prováděny současně s vrtáním čela, zatímco při osazování ocelových rámu se přerušují běžné rutinní operace. Zajištění ocelovými rámy se požadovalo pouze v tlačivých horninách. Zvláštní vlastností tohoto projektu bylo systematické svorníkování na velké, 23 m široké a 33 m vysoké kaverně strojovny Tumut I. Svorníky byly používány jako dočasné i trvalé zajištění (obr. 4). "Byla zjevná potřeba lepšího vědeckého poznání mechaniky svorníkování a vysvětlování principů a praktik dělníků, jejichž životy závisely na pevném zajištění horniny při podzemních razbách. T. A. Lang inicioval sérii studií, zaměřených tímto směrem." (Endersbee 1999) Z jeho studií vznikla velká řada vědeckých příspěvků. Nejznámější z nich má název "Teorie a praxe svorníkování" (Lang 1961). Lang svůj článek uzavírá větou: "Zvláštní hold je třeba vzdát důlnímu průmyslu USA za práci při iniciování a rozvoji používání horninových svorníků." Na symposiu v roce 1999, které mělo oslavit 50. výročí stavby komplexu Snowy Mountain, Endersbee (1999) tvrdil, že "komplex Snowy Mountain vedl k velkým změnám ve světové praxi ražení v pevné hornině". Zcela s ním souhlasíme. První zkoušky použití svorníkování v rakouském důlním průmyslu byly provedeny v uhelných dolech Salzach (SAKOG) poblíž Salzburgu v roce 1955 (Anonymous 1960).

(dokončení v příštím čísle)



Obr. 3 Klenba zajišťující výrub vytvořená pomocí svorníků (Talobre 1957)
Fig. 3 Ground support arch, created by rocks bolts (Talobre 1957)

besides there generous resources for research and testing are always available. As an example, take the roof of the underground power house of Harspranget, which was only supported by grouted anchors and torkret".

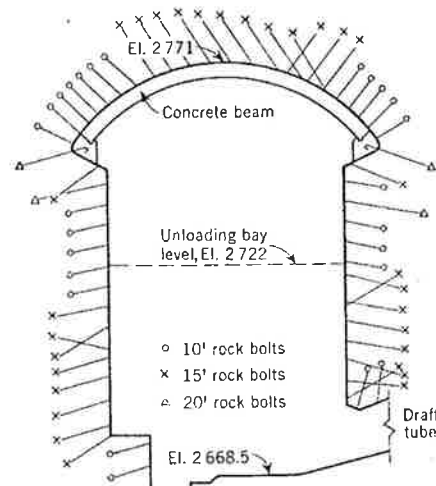
A number of large span, underground power houses constructed in the early 1950s in Norway: Heggstad (1956) mentioned that "the introduction of the 'roofbolt' method has led to considerable simplifying of the excavating operations for power stations". Cement grouted bolts and also arches of reinforced gunite with thickness of 10 to 12 cm were used.

The 11.7 km long water-way tunnel, Isere-Arc, of the Hydroelectric Scheme Randen in France (Martin 1954): The maximal overburden was 2000 m, and the excavation began in 1949 after great difficulties because of the heavy rock burst phenomenon. Systematic rock bolting (from September 1951 until December 1952) brought the solution. Thanks to the rock bolting method, full face excavation could be applied, which permitted the rate of advance to be doubled or even tripled when compared with timbering (Kobilinsky 1955). The width of the cross-section is 7.6 m. The introduction of this technique surprised all engineers of the construction site. The French engineer, J.T. Talobre (1957) proposed a model (Fig. 3) to explain the effect of a radially arranged bolting pattern in weak rock by assuming a ground arch surrounding the opening. Talobre introduced in the 1940s the term "rock mechanics" and he is considered as one of the founders of this discipline.

The 11.6 km long two-lane Mt. Blanc road tunnel, with a maximal overburden of over 2200 m, between France and Italy was constructed between 1958 and 1962. The area of the cross-section is variable (75-90 m²), depending on the size of the ventilation duct under the roadway. The phenomena of squeezing rock and heavy rock bursting could be controlled by systematic rock bolting. Thanks to this technique, full face excavation could be applied even under difficult geological conditions, the face also being supported with up to 50 bolts. It is reported that, over a period of two years, in total 72'000 rock bolts were used. Based on the excellent experience in the Isere-Arc pressure tunnel, systematic rock bolting as a means of rock support was decided on already in 1954 in the early design phase of the project.

The Snowy Mountain Hydroelectric Scheme is one of the greatest civil engineering projects of the last century (Endersbee 1999). Its construction involved a total length of 145 km of tunnel with a width of approx. 6 m and machine hall caverns. At the proposal of L.A. Endersbee, already in 1949, rock bolts of the slot and wedge type were included in the contract drawings. Tunnel construction started in June 1955. "Following the successful use of rock bolts in large excavations of the Authority's underground power stations, the specifications required that supports for the works should be bolts, unless the use of steel rib supports was directed or approved of by the Engineer" (Andrews et al. 1964). From the point of view of high speed tunnelling, the fact was emphasized that rock bolting can be carried out simultaneously with face drilling, whereas installation of steel rib supports disrupts routine activities. Only in squeezing ground was a steel arch support required. A special feature of this project was the systematic rock bolting for the large Tumut I machine hall cavern, 23 m in width and 33 m in height. Rock bolting was used both as temporary and as permanent support (Fig. 4). "There was an evident need for a better scientific understanding of the mechanics of rock bolting and a need to explain the principles and practices to workmen whose lives depended on sound rock support in underground excavation. T.A. Lang initiated a series of studies directed to those purposes" (Endersbee 1999). A great number of outstanding scientific papers resulted from his studies, the best known entitled "Theory and Practice of Rock Bolting" (Lang 1961). Lang concludes his paper saying that "A special tribute must be paid to the mining industry of the U.S. for their work in initiation and developing the use of rock bolts". At the 1999 Symposium to commemorate the 50th anniversary of the Snowy Mountains Scheme, Endersbee (1999) claimed that "The Snowy Mountains Scheme had led to a major change in world tunnelling practice in hard rock". We completely agree with him.

The first tests with rock bolting in the Austrian mining industry were carried out in the Salzach Coal Mines (SAKOG) near Salzburg in 1955 (Anonymous 1960). (To be completed in the next number of this journal)



Obr. 4 Použití svorníků na stavbě velké kaverny pro strojovnu Tumut I hydroelektrárny ve Snowy Mountains (Lang 1958)

Fig. 4 Rock bolting in the large Tumut I machine hall cavern of the Snowy Mountain Hydroelectric plant (Lang 1958)

TUNEL BRANISKO - SÚČASNÝ STAV VÝSTAVBY

THE BRANISKO TUNNEL CURRENT STATE OF THE CONSTRUCTION

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, TERRAPROJEKT, a. s., BRATISLAVA

ÚVOD

Výstavba diaľničného tunela Branisko na východnom Slovensku je v centre pozornosti slovenskej (ale i českej) odbornej verejnosti už dlhší čas, keď od jej začiatku uplynulo približne šesť rokov. Na jar 1996 sa začala raziť prieskumná štôľňa a na jeseň toho istého roku začali prípravné práce pre razenie pravej tunelovej rúry. Nasledujúci úspešný priebeh výstavby mali čitatelia časopisu Tunel možnosť sledovať nielen na stránkach nášho časopisu, ale aj v početných príspevkoch na viacerých odborných konferenciách v Čechách i na Slovensku.

V období posledných rokov sa stavba tunela Branisko stala prioritnou v rámci vládneho programu výstavby diaľnic, a tým sa Branisko ocitlo pod drobnohľadom širokej verejnosti. Napriek nákladovej náročnosti (často účelovo zneužívanéj opozitmi ich výstavby) predstavujú tunely na pozemných komunikáciách pre verejnosť výrazné pozitívum, najmä kvalitatívne zlepšenie plynulosti a bezpečnosti premávky, ako aj zníženie ekologickej záťaže krajiny. Vodiči áut denne prekonávajúci sedlo Chvalabohu v horskom masíve Braniska môžu potvrdiť, že jeho názov stále zodpovedá pocitu vodiča, ktorý práve zdĺhavo vystúpil strmými serpentínami zo spišskej strany. Všeobecné očakávania podporené medializáciou termínov harmonogramu stavby síce smerovali k začiatku skúšobnej prevádzky v lete tohto roku, ako realickejší sa dnes javí predpoklad prejazdu prvého vozidla nie skôr než v zime. Stavbná časť tunela v súčasnosti finišuje s určitými sklzmami, určité ďalšie oneskorenia je však možné predpokladať vzhľadom na práve začínajúcu montáž technologického vybavenia a najmä očakávanú komplikovanosť jeho komplexného preskúšania a uvedenia do prevádzky. Blížiaci sa termín uvedenia tunela Branisko do prevádzky je dôvodom pre zhrnutie základných údajov, stručnú rekapituláciu vývoja stavby v uplynulých rokoch ako aj opis a krátku analýzu aktuálneho stavu.

ZÁKLADNÉ ÚDAJE, NÁVRHOVÉ PRVKY A TERMÍNY VÝSTAVBY TUNELA

Tunel Branisko je súčasťou stavby úseku diaľnice D1 Beharovce - Branisko, nachádzajúceho sa na východnom Slovensku, zhruba na polceste medzi Levočou a Prešovom. Branisko je asi 20 km dlhý horský hrebeň s nadmorskou výškou medzi 950 až 1300 m n. m., situovaný v severo-južnom smere, teda približne kolmo na trasu diaľnice. Súčasný cestný prechod štátnej cesty I/18 s veľmi zlými jazdnými podmienkami najmä v zimnom období bude nahradený diaľnicou, ktorá prekoná masív Braniska približne 5 km dlhým tunelom.

Investor: Slovenská správa ciest Bratislava
 Generálny projektant: Inco-Banské projekty s.r.o., Bratislava
 Dodávateľ stavebnej časti: Združenie Branisko, zastúpené Vodohospodárskou výstavbou, š.p. Banské stavby a.s. Prievidza, Združenie Spiš Váhostav a.s., Žilina, Hydrostav a.s., Bratislava
 Razičské práce: Banské stavby a.s. Prievidza, Združenie Spiš
 Betonárske práce: Váhostav a.s., Žilina, Hydrostav a.s., Bratislava
 Projektant stavebnej časti: Terraprojekt a.s., Bratislava
 Dodávateľ technológií: ZPA Křížik a.s., Prešov
 Dĺžka tunela: 4822 m (razený tunel)
 4975 m (dopravná dĺžka včítane portálových objektov)
 Metóda výstavby: cyklický spôsob razenia s rozpojovaním vrtno-trhacími prácami za použitia princípov NRTM
 Plocha výrubu: 82 - 103 m² (štandardný profil)

Dopravný priestor v tuneli je určený priechodným prierezom s šírkou vozovky 7,5 m medzi obrubníkmi, prejazdovou výškou 4,5 m a služobnými chodníkmi šírky 1 m po oboch stranách vozovky (obr.1). Takýto prejazdový prierez zodpovedá európskym štandardom a je výsledkom výnimky z normy STN 73 7507 Tunely na pozemných komunikáciách platnej v čase spracovania projektov dokumentácie. Výnimka z normy platila prakticky pre všetky vtedy pripravované tunely, až do júna roku 2001 keď bola citovaná norma revidovaná a priechodný prierez 7,5 x 4,5 m bol ňou pre niektoré dĺžkové kategórie tunelov predpísaný.

Očakávaný vývoj intenzity dopravy dovoľuje predpokladať, že doba, počas ktorej bude pravá tunelová rúra prevádzkovaná obojsmerne, bude pomerne dlhá. Výstavba ľavej (severnej) tunelovej rúry bude určite nasledovať, čomu zodpovedá i návrh a realizácia bezpečnostných stavebných úprav ako aj portálových objektov.

INTRODUCTION

The Branisko tunnel construction in eastern Slovakia has been drawing attention of Slovakian (but also Czech) professional public for a rather long time, while about six years have passed since its beginning. An exploration gallery excavation started in the spring 1996, and preparatory operations for excavation of the right-hand tunnel tube began in the autumn of the same year. The following successful course of the works could be observed not only by the Tunel magazine readers on the magazine pages, but also in numerous papers delivered on several professional conferences in Czech Republic and Slovakia.

During the past years the Branisko tunnel construction has become a priority in the framework of the governmental programme of development of highways. Thus the Branisko got into the focus of wide public. Despite of the cost intensiveness (often purposefully misused by the highways development opponents) road tunnels represent a significant positive for the public, above all a qualitative improvement of traffic fluency and safety, as well as reduction in the landscape environmental burdening. Car drivers who daily overcome the Chvalabohu (the Thank be to God) Pass in the mountain massif Branisko can confirm that its name still corresponds to the feeling of a driver, who has just sluggishly climbed the steep serpentine road from the Spiš side. General expectations supported by publication of the construction schedule terms in media counted with the trial running in the summer of this year, however an assumption of the first vehicle passing through the tunnel not later than in winter seems to be more realistic today. The civil part of the tunnel is just being completed, with certain delays in the terms. However, another delay can be expected due to the installation of technological equipment being just started and, above all, the complexity of its commissioning and start-up of its work.

The fact that the date of the Branisko tunnel opening is drawing near is the reason why the basic data should be summarised, the construction progress during the past years briefly walked through, and the current state analysed in short.

BASIC DATA, DESIGN ELEMENTS AND CONSTRUCTION TERMS OF THE TUNNEL

The Branisko tunnel is a part of the construction of the highway D1 Beharovce - Branisko section. It is located in eastern Slovakia, roughly at the midway between Levoča and Prešov. The Branisko is about 20km long mountain ridge with an above sea level between 950 and 1,300m, situated in the north-south direction, approximately perpendicularly to the highway alignment. The existing I/18 national road pass with very bad driving conditions mainly in winter time will be replaced by a highway, which will overcome the Branisko massif by an about 5km long tunnel.

Employer: Slovenská správa ciest Bratislava (Slovakian Road Administration)
 General designer: Inco-Banské projekty s.r.o., Bratislava
 Civil part contractor: Združenie Branisko(Branisko association), represented by Vodohospodárska výstavba, š.p. Banské stavby a.s. Prievidza, Združenie Spiš Váhostav a.s., Žilina, Hydrostav a.s., Bratislava
 Mining works: Banské stavby a.s. Prievidza, Združenie Spiš
 Concrete works: Váhostav a.s., Žilina, Hydrostav a.s., Bratislava
 Civil part designer: Terraprojekt a.s., Bratislava
 E&M contractor: ZPA Křížik a.s., Prešov
 Tunnel length: 4,822 m (mined tunnel) 4,975 m (traffic length including portal structures)
 Construction method: cyclic manner of excavation with disintegration by drill-and-blast, using the NATM principles
 Excavated cross section: 82 - 103 m² (standard profile)

The traffic space in the tunnel is determined by a clearance profile with the carriageway width of 7.5m between curbs, passage height of 4.5m, and service pavements 1m wide along both sides of the carriageway (see Fig. 1). Such the clearance profile accords with European standards. It is a result of an exception from the STN 73 7507 standard "Road tunnels" valid at the moment of the design documents elaboration. This exception from the standard had been in power practically for all tunnels prepared at that time till June 2001. The quoted standard was revised then, and the 7.5 x 4.5 m clearance profile became mandatory for some categories of tunnel lengths.

Základné údaje charakterizujúce priebeh stavby tunela v čase sú uvedené v tabuľke. Je z nej možné vypočítať napríklad aj to, že k pôvodne plánovanému súbehu prác pri razení tunela a betonáži sekundárneho ostenia napokon nedošlo.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Razenie prieskumnej štôlne Excavation of exploration gallery							
Razenie praveho tunela Excavation of right-hand tunnel							
Betonáž sekundárneho ostenia Casting of secondary lining							
Výstavba vetracej šachty Construction of ventilation shaft							
Výstavba portálových objektov Construction of portal buildings							
Výstavba výdušného objektu Construction of exhaust structure							
Vozovka a chodníky Carriageway and pavements							
Konečné stavebné úpravy v tuneli Final civil works in the tunnel							

Tab.1 Postup výstavby tunela Branisko
Tab. 1 Course of the Branisko tunnel construction

VÝSTAVBA PRAVEJ TUNELOVEJ RÚRY

Tunel Branisko (pravá tunelová rúra) bol projektovaný a následne i realizovaný cyklickým spôsobom razenia podľa princípov Novej rakúskej tunelárskej metódy (NRTM). Pri výbere technológie výstavby tunela Branisko bola v prvých projektových stupňoch analyzovaná aj možnosť použitia veľkoprotílového raziaceho stroja (TBM) a bolo doložené jej porovnanie s konvenčným razením. Porovnanie vyznelo v prípade tunela Branisko v prospech NRTM a skutočnosť dosiahnutými výsledkami potvrdila správnosť tejto voľby. Podrobnejšie sa razeniu tunela, ukončenému v roku 1999, v tomto článku venovať nebudeme, nakoľko už o ňom bolo publikované viaceré materiály i v časopise Tunel.

Po ukončení razičských prác nasledovali práce na budovaní definitívnych konštrukcií. Konceptia návrhu konštrukcie definitívneho (sekundárneho) ostenia vychádzala z predpokladov plného prenesenia zataženia od horninového masívu, po degradácii prvkov dočasného vstrojenia tvoriacich primárne ostenie. Statické výpočty sekundárneho ostenia boli realizované pre jednotlivé typy horninového masívu, zodpovedajúce triedam výrubu.

Základové pásy z vystuženého betónu sa budovali na spodnú klenbu, resp. na podkladný betón, pričom v ďalších fázach výstavby boli využité ako podklad pre koľajovú dráhu, po ktorej sa pohybovali mobilné vozy slúžiace ďalším technologickým postupom.

Z prvého vozu sa zriaďovala medziláhla izolácia spolu s ochrannou geotextíliou. Ako hydroizolačná fólia bola použitá polyetylénová fólia hrúbky 2 mm s farebnou odlišnou signálnou vrstvou. Ďalším technologickým krokom bola príprava výstuže hornej klenby, v úsekoch kde je sekundárne ostenie navrhnuté zo železobetónu. Sekundárne ostenie (horná klenba) bolo betonované do pojazdného oceleového debnenia, debničaceho vozu dĺžky 10 m. Krok betonáže 10 m bol zároveň navrhnutý pre všetky ďalšie definitívne konštrukcie, takže priečne pracovné škáry spodnej klenby, základových pásov, hornej klenby a medzistropu sú umiestnené v tom istom profile. Následne za betonážou hornej klenby sa realizovala doska medzistropu z vystuženého monolitického betónu uložená na konzolách na sekundárnom ostení. Medzistrop má hrúbku 20 cm a je dimenzovaný na prenesenie montážnych zatažení a zafatena od tlaku vzduchu vo vetracom kanáli.

V tuneli je vybudovaných šesť núdzových zálivov, z toho štyri jednostranné a dva obojstranné. Ďalšími bezpečnostnými prvkami sú výklenky pre SOS skri-

The expected development of traffic volume allows us to assume that the time for which bi-directional traffic will exist in the right-hand tunnel tube will be relatively long. The construction of the left-hand (northern) tunnel tube will no doubt follow. This statement is supported by the fact that the

design and implementation of structural safety modifications and the design of portals correspond with this conception.

Basic data characterising the tunnel development with time are contained in the table above. It shows for example that eventually the originally planned coincidence of the tunnel excavation work and casting the secondary lining did not occur.

CONSTRUCTION OF THE RIGHT-HAND TUNNEL TUBE

The Branisko tunnel (the right-hand tunnel tube) was designed and subsequently also realised by a cyclic way, according to the New Austrian Tunnelling Method (NATM). The possibility of utilisation of a large diameter tunnel boring machine (TBM) was also analysed in the initial design levels when the Branisko tunnel construction technique was chosen. Its comparison with the conventional excavation method was documented. The conclusion of the comparison in the case of the Branisko tunnel was favourable for the NATM, and the correctness of the selection was proved by the results achieved in the reality. We are not going to deal with the tunnel excavation, finished in 1999, in this article in more detailed manner, as several materials have already been published in the Tunel magazine too.

The work on the final structures continued when the excavation had been over. The conception of the final (secondary) lining structure was based on an assumption of the final liner carrying full loading from the rock mass after deterioration of elements forming the temporary lining. Structural analyses of the secondary lining were carried out for individual rock mass types, corresponding to excavation classes.

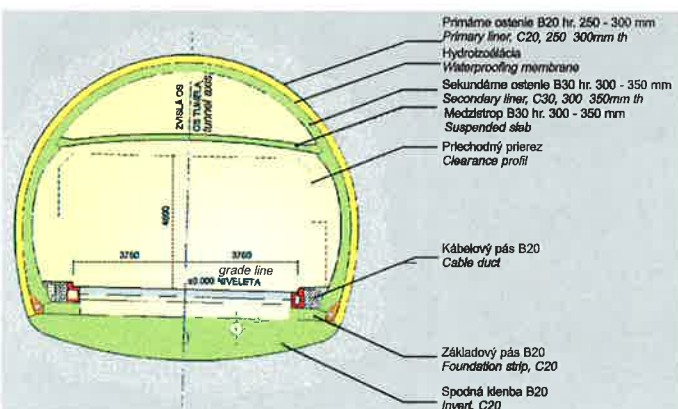
Reinforced concrete foundation strips were built on the invert or infill concrete. They were used in the other construction phases as a base for a rail track for mobile platforms serving other technological procedures.

First platform was used for installation of intermediate insulation and protective geotextile. Polyethylene membrane 2mm in thickness with a signal layer of a different colour was used as the watertight insulation. Next technological step was preparation of reinforcement of the vault within the sections where reinforced concrete secondary lining had been designed. The secondary lining (the upper vault) was cast behind a mobile steel shuttering, i.e. a 10 m long traveller form. The length of the casting step of 10m was in the same time designed for all other final structures. Thus transversal daily joints in the invert, foundation strips, the vault and suspended slab are located in the same position. Subsequently after the upper vault, the suspended slab was built in reinforced cast-in-situ concrete, resting on corbels provided in the secondary liner. The suspended slab is 20cm thick, and its dimensions were calculated to carry the assembly-phase loading and the loading by the air pressure in the ventilation duct.

Six emergency laybys have been built in the tunnel, out of that four single-sided and two double-sided. Other safety elements are emergency call cabins located at 240 m spacing on the tunnel right side (also on the left side, in the emergency laybys), and fire fighting niches with hydrants on the left side, at a spacing of 120 m. Escape routes are via a parallel escape adit (accommodated exploration gallery) and 13 cross passages 35 to 60m long, at about 360 m spacing.

An enhanced stress put on the fire safety of road tunnels, supported above all by the consequences of the fires in the Mont Blanc and Tauern tunnels, creates a pressure on owners in Slovakia and neighbouring countries, who require construction of two tunnel tubes, i.e. with dual carriageways. From this point of view, an escape adit led in parallel with the tunnel and interconnected with the tunnel by a sufficient number of cross passages appears to be an acceptable solution, with significantly lower construction costs than would be needed for the construction of a second tunnel tube.

The requirement of a special longevity together with properties advantageous in terms of fire safety was the reason of realisation of the carriageway



Obr. 1 Vzorový priečný rez tunela
Fig. 1 Typical tunnel cross section

ne umiestnené vo vzájomnej vzdialenosti 240 m na pravej strane tunela (tiež na ľavej v obojstranných núdzových zálievoch) a protipožiarne výklenky s hydrantmi na ľavej strane vo vzájomnej vzdialenosti 120 m. Únikové cesty sú tvorené paralelnou únikovou štôľňou (upravenou prieskumnou štôľňou) a 13 priečnymi chodbami dĺžky od 35 do 60 m vo vzájomnej vzdialenosti približne 360 m.

Zvýšený dôraz na požiarne bezpečnosť cestných tunelov, podporený najmä dôsledkami požiarov v tuneloch Mont Blanc a Tauern, vytvára tlak na investovateľov na Slovensku i v okolitých krajinách, prejavujúci sa požiadavkami na výstavbu oboch tunelových rúr pri smerovo rozdelených komunikáciach. Úniková chodba vedená paralelne s tunelom a spojená s ním dostatočným množstvom priečných prepojení sa z tohto pohľadu javí ako akceptovateľné riešenie, s výrazne nižšími nákladmi na výstavbu, než by boli potrebné na vybudovanie druhej tunelovej rúry.

Požiadavka obzvlášťnej trvanlivosti spolu s požiarne výhodnými vlastnosťami boli dôvodom pre realizáciu konštrukcie vozovky s cementobetónovým krytom. Navrhnutý a realizovaný bol dvojvrstvový cementobetónový kryt celkovej hrúbky 240 mm, nevystužený. Vozovka je rozdelená na dosky dĺžky 3,5 až 7,5 m, s rezanými priečnymi škrármi vystrojenými klznými trňmi.

V súčasnosti sú vozovka a chodníky v tuneli stavebne takmer ukončené, pričom práce v tuneli finišujú montážou požiarneho vodovodu v severnom chodníku a nátermi stien. Pre nátery stien bolo zvolené technické riešenie spočívajúce v dvojnásobnom nátere dvojzložkovou epoxidovou živinicou do výšky 4 m od chodníku a úpravou spodnej časti stien do výšky 2,2 m celoplošným stierkovaním. Toto riešenie bolo napriek nákladovej náročnosti prijaté, nakoľko je zrejme, že povrch stien tunela bude vystavený značnému namáhaniu od dopravy v tuneli (posypové soli, agresívne spoldodiny) ako aj od pravidelného čistenia.

VETRACIA ŠACHTA A VÝDUŠNÝ OBJEKT

Dopravná dĺžka 4975 m zaraduje Branisko medzi päťdesiatku najdlhších európskych cestných tunelov. Spolu s navrhovanou obojsmernou premávkou to vytvára potrebu radu špeciálnych stavebných úprav a objektov, podmienených zaistením bezpečnej a hospodárnej prevádzky. Pre Branisko je navrhnutý polopriečny systém vetrania s odsávaním znečisteného vzduchu približne v strede tunela. Pre tento účel bola vybudovaná medzišlahlá vetracia šachta hĺbky približne 120 m svetlého priemeru 7 m, spojená s pravým tunelom kavernou dopravnovo-ventracieho prepojenia.

Dopravnovo-ventracie prepojenie (profil výrubu 87,6 m², dĺžka cca 50 m) zabezpečuje plnenie viacerých funkcií. V hornej časti jeho prierezu je vzduchotechnický kanál spojený s kanálom v tuneli a s vetracou šachtou. V spodnej časti sú vybudované technologické priestory (transformátorovne, rozvodne VN a NN, riadiaci systém) a tiež dopravné prepojenie, úniková cesta spájajúca tunel s únikovou štôľňou.

Nad vetracou šachtou je vybudovaný výdušný objekt, v ktorom budú umiestnené dva odsávacie ventilátory a súvisiace prevádzkové energetické vybavenie. Znečistený vzduch z tunela bude do okolia vyfukovaný komínom rýchlosťou, zabezpečujúcou dostatočný rozptyl škodlivín.

PORTÁLOVÝ OBJEKT NA ZÁPADNOM PORTÁLI

Na oboch vjazdoch do tunela sú budované prevádzkové portálové objekty. Ich dispozičné a konštrukčné riešenie sa viackrát menilo a modifikovalo, najmä vzhľadom na meniace sa riešenie technologického vybavenia ako aj optimalizáciu z hľadiska nákladov. Dnešné riešenie by malo plne vychádzať z potrieb technológie, ktorá v nich bude inštalovaná. Portálové objekty budú zároveň vytvárať vjazdové a výjazdové úseky diaľničnej komunikácie v tuneli, pričom budú čiastočne zasypané.

Združený portálový objekt na západnom portáli bezprostredne konštrukčne aj funkčne nadväzuje na razenú časť tunela. Jeho základné rozmery sú nasledovné:

- Dĺžka združeného portálového objektu: 73,4 m
- Šírka združeného portálového objektu: 24,8 - 23,3 m
- Zastavaná plocha: 1309 m²

V prízemí portálového objektu sa nachádzajú priestory pre transformátory,



Obr. 2 Pohľad do dopravného priestoru tunela pred realizáciou vozovky, 10/2001
Fig. 2 Transport part of the tunnel before construction of the carriageway, 10/2001

structure with cement concrete cover 240 mm thick in total, unreinforced. The carriageway is divided into slabs 3.5 x 7.5 m, with cut transversal joints equipped with slipping dowels.

Currently the civil part of the work on the carriageway and pavements in the tunnel is nearly completed, and the works continue by assembling the fire main in the northern pavement, and wall painting. A technical solution consisting in a double paint with two-component epoxy bitumen up to a level of 4m above the pavement, and treatment of the bottom part of walls up to a level of 2.2m by trowel-on coating was adopted for the wall painting. This solution was accepted despite its cost intensiveness, as it is obvious that the tunnel walls surface will be exposed to extensive stressing due to the traffic (thawing salt, aggressive pollutants) and regular cleaning operations.

VENTILATION SHAFT AND EXHAUST STRUCTURE

The traffic length of 4,975 m ranks the Branisko tunnel among fifty longest European road tunnels. Together with the proposed bi-directional traffic, it creates a need for many specialised structural changes and structures, necessary for the safe and economic operation. A semi-transversal ventilation system with polluted air extraction roughly at the mid-point of the tunnel section has been designed for the Branisko tunnel. An intermediate ventilation shaft about 120m deep, with 7m net diameter, connected with the right-hand tunnel through a transport and ventilation interconnection cavern, was built for this reason.

The transport and ventilation interconnection (excavated cross section 87.6 m², about 50m long) secures fulfilment of several functions. In the upper part of the cross section there is a ventilation duct, connected with the duct in the tunnel and with the ventilation shaft. Equipment rooms (for transformer station, HV and LV distribution stations, control system) as well as the transport interconnection, i.e. an escape route connecting the tunnel with the escape adit, have been built in the lower part.

Above the ventilation shaft, there is an exhaust structure, which will house two suction ventilation fans and connected operational power-related equipment. Polluted air from the tunnel will be vented to the surroundings through the stack at a velocity guaranteeing sufficient dissipation of pollutants.

PORTAL STRUCTURE AT THE WESTERN PORTAL

Operational portal structures are constructed at both tunnel entries. Their space arrangement and structural design has been changed and modified several times, primarily with respect to the changes in the design of the technological equipment and optimisation of costs. The topical solution is supposed to be fully based on the needs of the equipment, which will be installed inside. In addition, the portal structures will create entry and exit sections of the highway in the tunnel. They will be partially backfilled.

The combined portal structure at the western portal is directly linked to the mined part of the tunnel. Its basic dimensions are as follows:

- Combined portal structure length: 73.4 m
- Combined portal structure width: 24.8 - 23.3 m
- Ground coverage: 1,309 m²

On the ground floor of the portal structure there are rooms for transformers, high voltage and low voltage distribution stations, and a handling area for the ventilation fan assembly. On the 1st floor of the portal structure there are rooms for the LV distribution station, an uninterrupted power source (UPS), ventilation fan room, central control system, suction bay and entering ventilation duct.

The load bearing structure of the portal building is mostly monolithic reinforced concrete, with wall and pillar vertical load bearing structures or beam and slab (prefabricated) horizontal load bearing structures.

The portal structure will be partially backfilled from the south and west sides. From the south, the embankment will reach just under the ventilation suction opening (the cross section area of the both openings has been max-



Obr. 3 Výstavba portálového objektu na západnom portáli, 03/2002
Fig. 3 Construction of the portal building at the western portal, 03/2002

rozvodňu vysokého napätia, NN rozvodňu a manipulačný priestor pre montáž ventilátora. Na poschodí portálového objektu sa nachádzajú priestory NN rozvodne, zdroj neprerušeneho napájania UPS, strojná ventilátora, centrálny riadiaci systém, nasávací trakt a nábehový kanál vzduchotechniky.

Nosná konštrukcia portálového objektu je prevažne monolitická, železobetónová, so stenovými a stĺpovými zvislými nosnými konštrukciami, resp. doskovými a trámovými (prefabrikovanými) vodorovnými nosnými koštrukciami. Portálový objekt bude z južnej a západnej strany čiastočne zasypaný. Z južnej strany bude zásypové teleso siahť až pod nasávací otvor vzduchotechniky (oba otvory sú plošne maximalizované, aby sa čo možno najviac znížil rýchlosť nasávaného vzduchu). Zo severnej strany objekt zostáva priestor otvorený pre budúcu výstavbu severnej tunelovej rúry.

PORTÁLOVÝ OBJEKT NA VÝCHODNOM PORTÁLI

Združený portálový objekt na východnom portáli konštrukčne aj funkčne nadväzuje na razenú časť tunela. Vzhľadom na špecifické geologické podmienky a etapizáciu výstavby je na východnom portáli v rámci portálového objektu budovaná aj časť budúcej severnej tunelovej rúry.

Základné rozmery portálového objektu sú nasledovné:

- Dĺžka združeného portálového objektu: 79,2 m
- Šírka združeného portálového objektu: 29,8 - 32,8 m
- Zastavaná plocha: 2021 m²

V prizemí portálového objektu sa nachádzajú priestory pre transformátory, rozvodňu vysokého napätia a manipuláciu pri montáži ventilátora. Na poschodí sa nachádzajú priestory pre rozvodňu NN, strojná ventilátora, centrálny riadiaci systém, UPS, nasávací trakt a nábehový kanál vzduchotechniky. Nosná konštrukcia portálového objektu je prevažne monolitická, železobetónová, so stenovými a stĺpovými zvislými nosnými konštrukciami, resp. doskovými a trámovými (prefabrikovanými) vodorovnými nosnými koštrukciami.

Portálový objekt bude z troch strán zasypaný. Z južnej strany bude zásypové teleso siahť až pod jeden z dvoch nasávacích otvorov vzduchotechniky. Zárodok severnej rúry je realizovaný ako železobetónová monolitická konštrukcia do tunelového debniaceho vozu, pričom bude kompletne zasypaný.

ZÁVER

Súčasný stav na stavbe tunela Branisko je možné charakterizovať ako postupné ukončovanie prác na stavebných objektoch, postupné odovzdávanie stavebných prípraveností a blížiaci sa začiatok montážnych prác technologického vybavenia. Nedostatok relevantných skúseností s prevádzkou cestných tunelov na Slovensku mal za následok dlho a komplikovane sa vyvíjajúcu situáciu s návrhom a dodávkou technologického vybavenia. Táto situácia zároveň značne sťažovala postup projektovej prípravy stavebnej časti. V súčasnosti je možné konštatovať, že technické riešenia jednotlivých technologických celkov sú uzatvorené a nič by nemalo brániť montáži jednotlivých technologických zariadení, ich odskúšaní a následne i uvedeníu tunela do prevádzky.

LITERATÚRA/REFERENCES

1. FRANKOVSKÝ, M.: Tunel Branisko - zmeny v procese projektovej prípravy stavby, Tunel 04/1998.
2. INCO-BANSKÉ PROJEKTY s.r.o., Diaľnica D1 Beharovce - Branisko, II.etapa - pravý tunel, technológia a portálové objekty, Dokumentácia pre stavebné povolenie, 2000
3. TERRAPROJEKT a.s., Diaľnica D1 Beharovce - Branisko, II.etapa - portálové objekty, Realizačná dokumentácia stavby, 2000 - 2001
4. FRANKOVSKÝ, M. - KUSÝ, P.: Projektové riešenie a jeho vplyv na hospodárnosť a bezpečnosť výstavby a prevádzky tunela Branisko, zborník konferencie Podzemné stavby Praha 2000
5. HRONEC, B., - FRANKOVSKÝ, J.: Vetracia šachta na diaľničnom tuneli Branisko, Tunel 04/2000.
6. KUSÝ, P. - FRANKOVSKÝ, M.: Tunel Branisko ako míľnik tunelového staviteľstva na Slovensku, zborník konferencie Podzemné stavebníctvo Prievidza 2001



Obr. 4 Zakladanie portálového objektu na východnom portáli, 05/2001
Fig. 4 Construction of the portal building at the eastern portal, 05/2001

imised so that the velocity of the air being sucked in could be reduced as much as possible). The structure remains open from the north with respect to the future construction of the northern tunnel tube.

PORTAL STRUCTURE AT THE EASTERN PORTAL

Basic dimensions of the portal structure are as follows:

- Combined portal structure length: 79.2 m
- Combined portal structure width: 29.8 - 32.8 m
- Ground coverage: 2,021 m²

The combined portal structure at the eastern portal is, in structural and functional terms, a continuation of the mined tunnel section. Because of specific geological conditions and phasing of the construction, also a part of the future northern tunnel tube is being built at the eastern portal in the framework of the portal structure.

On the ground floor of the portal structure there are rooms for transformers, high voltage distribution station, and handling area for the ventilation fan assembly. On the 1st floor there are rooms for the LV distribution station, ventilation fan room, central control system, the UPS, suction bay and entering ventilation duct. The load bearing structure of the portal building is mostly monolithic reinforced concrete, with wall and pillar vertical load bearing structures or beam and slab (prefabricated) horizontal load bearing structures.

The portal structure will be backfilled from three sides. From the south, the embankment will reach just under one of the two ventilation suction openings. A nucleus of the northern tube has been realised as a reinforced concrete cast-in-situ structure, using a tunnel traveller form. It will be completely backfilled.

CONCLUSION

The current state at the Branisko tunnel construction site can be characterised as finishing the work on structures step by step, step by step handing over of completed civil works, and nearing commencement of the installation of technological equipment.

A lack of relevant experience of operating road tunnels in Slovakia resulted into a long time and in a complicated way developing situation about the design and supply of the technological equipment. In the same time, this situation considerably aggravated the progress of the civil part of the design preparation. Currently it is possible to state that the technical solutions of individual equipment complexes have been closed, and nothing should prevent the installation of individual equipment sets, their testing and subsequently also the tunnel opening to traffic.



Obr. 5 Výstavba portálového objektu na východnom portáli, 03/2002
Fig. 5 Construction of the portal building at the eastern portal 03/2002

ANALÝZA A ŘÍZENÍ RIZIK V TUNELECH NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH – ZPRÁVA O ŘEŠENÍ PROJEKTU MDS V ROCE 2001

ANALYSIS AND MANAGEMENT OF RISKS IN ROAD TUNNELS – REPORT ON SOLUTION OF A MTC PROJECT IN 2001

DOC. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc.

Oceňování a přijímání opatření na snížení rizik v tunelech pozemních komunikací jsou jedním z neaktuálnějších problémů přepravy osob a nákladů. Tato potřeba je vyvolána řadou krizí, které se odehrávají v tunelech, přičemž se nejedná jenom o stále skloňované tragédie v tunelech Mt. Blanc a Tauern. V každém tunelu denně vznikají problémy, které mohou vyústit ve ztráty na životech i majetku. Například údaje z tunelu Gotthard uvádějí, že tam dochází v průměru ke dvěma požárům ročně, které se (zatím) daří vždy dostat pod kontrolu.

Problematika bezpečnosti zaměstnává řadu specialistů z různých oborů, neboť se jedná o typický multidisciplinární obor. Každoročně je pořádáno několik specializovaných kongresů k této problematice. Česká republika se svými šesti moderně vybavenými tunele na pozemních komunikacích a dalšími osmi plánovanými tunele řadí k vyspělým "tunelovým" zemím. Přispívá k tomu i aktivní účast našich odborníků na zahraničních kongresech (naposledy Basilej, prosinec 2001), vytvoření Výboru pro bezpečnost národního komitétu ITA/AITES a hlavně práce v rámci projektu Ministerstva dopravy a spojů č. 803/110/105 Analýza a řízení rizik na pozemních komunikacích, který umožňuje koordinovat celou činnost související s bezpečností.

Projekt nešetí jenom analýzu a řízení rizik, ale má značné ekonomické dopady, neboť ve svém výsledku umožní optimalizovat náklady na vybavení a provozování tunelů z hlediska bezpečnosti. Výstupem budou technické podmínky vytvářející metodiku pro kvantitativní oceňování rizik. Tato metodika má zásadní význam, neboť se dnes vyskytují nebezpečné tendence v extrémním vybavování tunelů bezpečnostními systémy a zařízeními, což by mohlo vést ve svém důsledku k významnému prodražování tunelových staveb. Navíc je nutné zabránit subjektivnímu posuzování bezpečnosti, které se projevuje již dnes, například při posuzování tunelů na dálnici D8, proto bude dalším výstupem projektu návrh na bezpečnostní audit tunelů pozemních komunikací.

Tříletý projekt (2001-2003) je řešen konsorciem následujících organizací: Fakulta dopravní ČVUT, Metrostav, Metroprojekt, TSK hl. m. Prahy a Českou silniční společnost zastoupenou sekci Silniční tunely. Vedení projektu zajišťuje Eltodo EG, jmenovitě Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

PLÁN ŘEŠENÍ PRO ROK 2001

Cíle roku jsou vyjádřeny v následující tabulce. Jak je patrné, jednalo se hlavně o analytickou část práce, ale úkol T200.4 zavádí chybějící systematiku do popisu tunelů.

- **T200.1 Česká legislativa:** analýza současných a připravovaných zákonů týkajících se krizového managementu. Opatření a nařízení na úrovni krajů a měst. Principy jednotného bezpečnostního systému.
- **T200.3 Výsledky zahraničních projektů:** poskytnou informace o současném stavu problematiky oboru. Jedná se o projekty EU (ASTRA ...), výsledky činnosti PIARC/C5 a výzkumných skupin v rámci ITA/AITES.
- **T200.4 Vyhodnocení stavu v ČR:** bude navržena metodika a provedena pasportizace pěti silničních tunelů z hlediska bezpečnosti. Budou zpracovány všechny dopravní excesy a další mimořádné události. Součástí je i vyhodnocení práce s informacemi v těchto tunelech.

Výstupem projektu v roce 2001 je výroční zpráva (118 stran) shrnující veškeré aktivity konsorcia a hlavně zaměřená na pracovní úkoly T200.1, T200.3 a T200.4.

Vzhledem k tomu, že v průběhu řešení analytické části projektu bylo potvrzeno, že je proces analýzy a řízení rizik v Evropě v prudkém vývoji, bylo mimořádně úsilí věnováno koordinaci činnosti, a to na úrovni národní i evropské. Tato koordinace se realizuje i s dalšími organizacemi v rámci národního výboru ITA/AITES, kde vznikla speciální pracovní skupina "Výbor pro bezpečnost v podzemních stavbách". Vedením této skupiny byl pověřen hlavní řešitel tohoto projektu. Na evropské úrovni byly navázány kontakty a kolegy v Německu, Nizozemsku a dalších zemích. Ve výše uvedených činnostech se jedná o aktivity nad rámec vlastního zadání, ale tyto aktivity jsou velmi důležité pro propojení s Evropou.

Evaluation and adoption of measures to decrease risks in road tunnels are one of the most currently discussed problems by transport of persons and cargo. This need has been caused by a row of accidents taking place in tunnels, while those do not have to be the permanently discussed tragedies in tunnels Mt. Blanc and Tauern only. In every tunnel there are daily problems that can culminate in human and property losses. For instance data from the Gotthard tunnel states that in average two fires a year take place there, all of which have (so far) been dealt with successfully.

Problems of safety are keeping many professionals from various fields busy, because it is a multi-discipline domain. Several specialized congresses for these problems are being organized every year. Czech Republic with its six modern equipped road tunnels and other eight planned ones ranks among developed "tunneling" countries. To that also contribute active participation of our professionals at various foreign congresses (recently Basel, December 2001), formation of the Committee on safety under the ITA/AITES national committee and most importantly work on the Ministry of Transport and Communications project No. 803/110/105 "Analysis and management of risks at roads", which allows to coordinate the entire activity towards safety.

The project not only concerns analysis and management of risks, but also has severe economic impacts, because in consequence it allows optimization of equipment and tunnel operation costs from the viewpoint of safety. Technical conditions establishing methodology for quantitative evaluation of risks will act as project's output. This methodology is of essential importance, because today there are ongoing trends in tunnels being extremely equipped with safety systems and devices, which could result in significant price rises of tunnel structures. Furthermore, it is essential to prevent subjective evaluation of safety that takes place already today, for instance by evaluation of tunnels at highway D8, therefore a proposal for safety audit of road tunnels will become another output of the project.

A three-year project (2001-2003) is being solved by consortium of the following organizations: Faculty of Transport by CTU, Metrostav, Metroprojekt, TSK of the capital city of Prague and Czech Road Society represented by the Road Tunnels section. Project management is provided by Eltodo EG, specifically Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

SOLUTION PLAN FOR 2001

Goals for this year are stated in the following box. It is clear that it was mostly analytical work, but the task T200.4 implements a missing system in tunnel description.

- **T200.1 Czech legislation:** analysis of valid and prepared laws concerning crisis management. Measures and directives on the level of regions and cities. Principles of unified safety system.
- **T200.3 Results of foreign projects:** they will submit information about current status of problems in the field. These include EU projects (ASTRA...), results of activity of PIARC/C5 and research groups under ITA/AITES.
- **T200.4 Evaluation of the status in CR:** a methodology will be proposed while passportization of 5 road tunnels from the safety's viewpoint will be carried out. All traffic anomalies as well as other extraordinary events will be elaborated. Evaluation of work with information in these tunnels will be also included.

Annual report (118 pages), summarizing all consortium activities and mainly focused on tasks T200.1, T200.3 and T200.4, presents project output in the year 2001. Regarding that during solution of the analytical project part, it was confirmed that the process of analysis and management of risks is currently in a boom in Europe, an extraordinary effort was devoted to coordination activity, both on the European and national level. This coordination is being realized also with other organizations under the ITA/AITES national committee, where a special workgroup "Committee on safety in underground structures" has been formed. The main realizer of the project was entitled to lead this group. On the European level, contacts with colleagues in Germany, Netherlands and other countries have been established. As for the aforementioned activities, those go beyond the own commission, nevertheless these activities are essential for integration to Europe.

PRŮBĚH ŘEŠENÍ

Již v prvních měsících řešení bylo zřejmé, že není možné se zabývat pouze technickými aspekty, ale je nutné se zapojit do evropských aktivit a připravovat půdu pro tento systém i v rámci naší republiky. Proto bylo řešení projektu rozloženo do dvou dílčích skupin. První se zabývala koordinací souvisejících aktivit v České republice a v rámci Evropy, a druhá oblast řeší vlastní zadání projektu.

V rámci první oblasti se konaly pravidelné schůzky řešitelského kolektivu, byla zorganizována návštěva tunelu Mt. Blanc, byly diskutovány a oponovány nové TP154 Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací a nové TP98 Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací. Kolektiv také projednával metodickou příručku pro dopravní a bezpečnostní systém tunelů městského okruhu v Praze. Ta bude vydána prostřednictvím ÚDI Praha. Členové týmu se také koordinovaně účastní různých odborných konferencí a seminářů a vyměňují si zkušenosti.

Je nutné zdůraznit, že koordinace je velmi nutná, neboť řada evropských zemí má tvorbu bezpečnostních standardů ve svých strategických záměrech a urychleně na těchto dokumentech pracují nebo již zásady realizují v praxi.

VÝSTUPY PROJEKTU

Výstupy projektu vycházející ze zadání a zpracované do výroční zprávy jsou stručně popsány v následujícím textu.

Přehled zákonů, vyhlášek a norem

Ve výroční zprávě je proveden základní rozbor dokumentů (T200.1 Česká legislativa), které mají vztah k problematice tunelových staveb a zvláště pak k problematice bezpečnosti. Důležitější zákony, vyhlášky a nařízení jsou opatřeny anotacemi.

Legislativní opatření platná v České republice týkající se problematiky tunelů silničních, železničních a tunelů metra jsou rozdělena následovně:

- Obecné předpisy
- Požární předpisy
- Životní prostředí

Tato kapitola je základem pro další práci, neboť lze předpokládat, že po zpracování metodiky oceňování rizik bude nutné věnovat trvale některé předpisy upravovat. Kapitola bude aktualizována v průběhu řešení projektu.

ANALÝZA ZAHRAŇIČNÍCH PROJEKTŮ A ZKUŠENOSTÍ

V tunelech na pozemních komunikacích vzniká méně nehod než na volných komunikacích. Je to dáno tím, že řidiči jedou v tunelu většinou s větší koncentrací na řízení. Pokud však již v tunelu vznikne bytí i drobný dopravní exces, jako je například zastavení vozidla pro nedostatek paliva, je to vždy velké potenciální nebezpečí. Pokud v tunelu vznikne požár, pak se jedná o událost, která může mít pro cestující veřejnost i záchranné jednotky fatální následky. Pozornost zlepšování bezpečnosti je nutné věnovat trvale, nestačí se pouze spokojit s návrhem konstrukčních opatření a technických zařízení, ale bezpečnost je nutné sledovat i během provozu tunelu, neboť se mění vnější podmínky, organizační vazby i skladba a množství vozidel.

Při analýzách rizik tunelů pozemních komunikací je nutné využívat zkušenosti z realizovaných a provozovaných tunelů u nás i v zahraničí. Bohužel, teprve v posledních sedmi letech byly u nás dokončeny tunely, které jsou vybaveny moderními technologiemi a umožňují nejenom rizika omezovat, ale zároveň provádět i jejich monitorování. Časový úsek sedmi let je, z hlediska statistického vyhodnocování relevantních informací o událostech v tunelu, velmi krátký, a proto je nutné využívat zahraničních zkušeností. Ty jsou získávány hlavně osobními kontakty a účastí na mezinárodních seminářích a kongresech. Kapitola Analýza zahraničních projektů a zkušeností (T200.1) je poměrně velmi rozsáhlá a její dílčí výstupy jsou v přehledu uvedeny v příloze výroční zprávy. V dalším textu jsou jednotlivé kapitoly krátce komentovány:

ANALÝZA HAVÁRIE V TUNELU MT. BLANC

Havárie v tunelu Mt. Blanc významně ovlivňuje a bude ovlivňovat názory na bezpečnost tunelů pozemních komunikací. Proto byla analýzám katastrofy a návrhu následných řešení věnována maximální pozornost. Kromě zpracování dvou dokumentů byla zorganizována návštěva v rozpracovaném tunelu, byly získány osobní kontakty, které vyvrcholily další návštěvou. Hlavním řešitelem byl publikován obsáhlý článek v časopisu TUNEL, lit. [1], který shrnuje názory na nové bezpečnostní aspekty.

První výzkumná zpráva analyzující situaci byla publikována v dubnu 2001. V této zprávě je podán souhrn poznatků, získaných studiem oficiálních dokumentů zveřejněných správou silničního tunelu pod Mt. Blanc po katastrofálním požáru v tunelu dne 24. 3. 1999, který si vyžádal celkem 39 lidských obětí. Rozbor přístupné dokumentace včetně soudních spisů, zveřejněných na internetu a obsahujících asi 1800 stran ve francouzštině, vede k důležitým závěrům a doporučením k budování a zabezpečení dlouhých silničních tunelů uvedených v předložené zprávě.

Kromě tunelu Mt. Blanc je v této kapitole krátký popis havárií v tunelu Tauern a Gotthard.

METODIKA RIZIKOVÉ ANALÝZY

Pro vyšetřování míry rizik je nutné používat pokud možno matematické

SOLUTION PROCEDURE

Already in first months of the solution it was clear that not only technical aspects should be taken in consideration, but that it is also necessary to integrate into European activities and thus prepare climate for this system also within our republic. Therefore, the project solution was divided into two minor sections. First dealt with coordination of coherent activities in the Czech Republic and Europe while second solves the own project commission. Within the frame of first section, regular meetings of the solving collegium took place, an excursion to the Mt. Blanc tunnel was organized, new TP154 "Operation, management and maintenance of road tunnels" as well as new TP98 "Technological equipment of road tunnels" have been discussed and opposed. The collegium also discussed the methodical manual for traffic and safety system of tunnels at City ring road in Prague. It will be published by ÚDI Prague. Collegium members are also coordinately taking part in various professional conferences and seminars while exchanging experience. It is necessary to mention that coordination is essential, because several European countries bear creation of safety standards in their strategic papers and readily work on these documents or already put the principles into practice.

PROJECT OUTPUTS

Project outputs, based on the commission and elaborated into the Annual report, are briefly described in the following text.

Overview of laws, regulations and standards

Within the Annual report, a basic analysis of documents (T200.1 "Czech legislation"), which have some relation to the problems of tunnel structures and especially the problems of safety, is elaborated. Important laws, regulations and directives are given annotations.

Legislative measures valid in the Czech Republic, concerning the problems of road, railroad and subway tunnels, are divided in the following way:

- General regulations;
- Fire regulations;
- Environmental regulations.

This chapter is the ground for our work, because it can be estimated that after elaboration of methodology of risks' evaluation, it will be necessary to alter some regulations. The chapter will be updated during course of the project solution.

ANALYSIS OF FOREIGN PROJECTS AND EXPERIENCE

In road tunnels there are less accidents than at open roads. It is given by the fact that drivers usually drive through tunnels with increased concentration on car control. If, however, an accident occurs, even a small one such as stopped car because of low fuel, it always presents a serious potential danger. If a fire breaks out in the tunnel, then such event can have fatal consequences for both passing public and rescue units.

Attention to improvement of safety must be paid at all times, proposals for construction measures and technical devices are insufficient. Safety has to be supervised also by the tunnel operation, because external conditions, administrative relations as well as composition and amount of vehicles change.

By analyses of risks in road tunnels, it is essential to use experience from realized and operated tunnels both here and abroad. Unfortunately only during the last seven years, tunnels have been completed here, which are equipped with modern technologies and allow not only to reduce risks, but also their monitoring. The time period of seven years is, from viewpoint of statistical evaluation of relevant information about events in the tunnel, very short, and therefore it is essential to use especially foreign experience. That can be acquired mainly through personal contacts as well as participation at international seminars and congresses.

The chapter "Analysis of foreign projects and experience" (T200.1) is relatively extensive and its partial outputs are in overview mentioned within annex of the Annual report. Individual chapters are briefly commented on in the following text:

ANALYSIS OF THE MT. BLANC ACCIDENT

Accident in the Mt. Blanc tunnel has and still will have significant impact on opinions concerning safety of road tunnels. Therefore, maximum possible attention was devoted to analyses of the accident as well as to proposals for consequent solutions. Beside elaboration of two documents, an excursion to the tunnel under reconstruction was organized, personal contacts were established, which resulted in our next visit. Main realizer published an extensive article in the Tunnel magazine, lit [1], which covers opinions concerning the new safety aspects.

The first research report analyzing the situation was published in April 2001. A summary of knowledge, learned by studying official materials published by management of the road tunnel beneath Mt. Blanc after a catastrophic fire on March 24 1999, when 39 people lost their lives, is submitted in this report. Analysis of available documentation, including legal treatises published on the internet and containing app. 1800 pages in French, leads to important conclusions and recommendation for reconstruction and safeguarding of long road tunnels, stated in the submitted report.

Beside the Mt. Blanc tunnel, short descriptions of accidents in tunnels Tauern and Gotthard are in this chapter.

metody, které jsou doplňovány znalostmi expertů, neboť není možné celý komplexní systém popsat jednoduchým matematickým modelem. Například při vyšetřování pravděpodobnosti těžkého poškození zdraví při požáru se musí vzít v úvahu nejenom stavební uspořádání (únikové cesty, značení), technologická zařízení (ventilace, osvětlení) a vývoj požáru, ale i stupeň informovanosti účastníků provozu (jak správně reagovat) a další faktory. Jako základ pro přípravu teoretického aparátu, který je předmětem řešení v roce 2002, byla provedena rešerše a analýza dostupných metod v kapitolách:

- Ohodnocování rizik
- Riziková analýza
- Přeprava nebezpečných nákladů

Výsledky jsou uvedeny ve výroční zprávě a lze říci, že jsou v souladu s metodikou, která byla publikována již v lednu roku 2000 pod názvem Možnosti analýzy a řízení rizik v tunelových stavbách v časopisu TUNEL, [8].

Pro vlastní ohodnocení rizika se v zahraničí používají tzv. stromkové diagramy. V rámci přípravných prací na rok 2002 byly zkušební tyto diagramy použity na modelovém případě "Pravděpodobnost ohrožení v závislosti na vzdálenosti únikových cest". Oceňování touto metodou je značně subjektivní, a proto je hledán jiný přístup. Ten bude využívat podmíněných pravděpodobností a Bayesovské metodiky.

PROJEKTY ADAC A ASTRA

V Evropě se v roce 2000 realizovaly dva zásadní projekty, které jsou ve zprávě detailně popsány. Výstupy projektu ADAC poukázaly na nepříliš vysoký bezpečnostní standard v evropských tunelech. Projekt ASTRA po analýze problému dává řadu konkrétních doporučení pro zlepšení bezpečnosti.

Projekt ADAC vznikl v roce 2000 jako reakce na tragické události v tunelech Mont Blanc a Tauern. Ve spolupráci odborníků ADAC s evropskými automobilovými kluby bylo během února a března 2000 prověřeno 25 silničních tunelů na hlavních dopravních tazích v Evropě z hlediska zabezpečení bezpečnosti účastníků silničního provozu.

ASTRA - Tunnel Task Force je projekt k zlepšení zajištění bezpečnosti stávajících silničních tunelů a vytváření kritérií pro hodnocení nově budovaných tunelů ve Švýcarsku. Opatření se vztahují nejen na vlastní technologické vybavení tunelů a způsob jeho provozování, ale i na způsob řízení dopravy v tunelech a prevenci při výchově účastníků silničního provozu.

VYHODNOCENÍ BEZPEČNOSTI V TUNELECH ČR

Cílem této kapitoly (T2000.4 Vyhodnocení stavu v ČR) bylo:

- Připravení metodiky a následných formulářů, které budou sloužit jako databáze pro záznam důležitých parametrů ovlivňujících bezpečnost v tunelech PK a dále
- pro doplnění databáze o možné vstupy z pěti silničních tunelů.

Nad rámec zadání byly získány údaje z dalších tří tunelů pozemních komunikací a údaje o mimořádných událostech v metru, které jsou také součástí výroční zprávy. Databáze je souhrnem všech dosažitelných údajů o dnešním konstrukčním a technologickém vybavení a statistických údajích provozování všech osmi tunelových úseků a obsahuje asi 120 vstupů, včetně údajů o konstrukci tunelů, jejich technologickém vybavení, správě a provozování těchto úseků, rozhodování o řízení dopravy a související činnosti integrovaného záchraného systému v místě tunelového úseku.

Získávání údajů nebylo rozhodně snadné a jenom potvrdilo, že absolutně neexistuje jednotný přístup a často je až zarážející neinformovanost provozovatelů tunelů. Uvedení v platnost TP154 Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací by mělo situaci podstatně zlepšit.

Uvedená databáze bude převedena v dalším řešení do prostředí ACCESS a bude systematicky doplňována v průběhu řešení projektu.

DALŠÍ POSTUP

Další postup práce v roce 2002 probíhá podle schváleného programu. Nejprve bude hledána vhodná metodika pro vyhodnocování rizik, případně bude analyzováno dostupné programové vybavení. Následně bude vytvořen aparát spolehlivé metodiky na objektivizaci vyhodnocení rizik založené na ocenění rizik, pravděpodobnosti jejich výskytu a dalších parametrech. Cílem je nalézt takové postupy, které umožní vyhodnocovat rizika i běžným provozovatelům nebo projektantům.

Velmi důležitá je koordinační činnost v rámci naší republiky i s výběrem ITA/AITES a PIARC/C16, neboť jedině tak je možné zajistit, že výstupy projektu budou použitelné v reálném prostředí. Proto bude požádáno MDS o pomoc při zajištění dalších kontaktů se zeměmi s jasnou koncepcí bezpečnostní politiky. Ve druhém roce řešení se předpokládá i prezentování projektu na vybraných zahraničních konferencích.

ZAVĚR

Jak bylo několikrát zdůrazněno, poskytuje tento projekt základnu pro širší spolupráci odborné veřejnosti a báží pro kontakty se zahraničím. Oceňováním rizik objektivními metodami by se měly optimalizovat investiční a provozní náklady.

Velmi potěšitelné je, že Ministerstvo dopravy a spojů si cení této práce a projekt byl oceněn nejvyšším ohodnocením kvality - stupněm V.

METHODOLOGY OF RISK ANALYSIS

By investigation of the rate of risk, it is essential to use mathematical methods where possible, and perfected by knowledge of experts, because the entire complex system cannot be defined by a simple mathematical model. For instance by investigation of probability of serious injury from fire, not only the engineering frame (exit paths, signs), technological devices (ventilation, lights) and fire progress, but also the level of knowledge of the traffic participants (how to behave correctly) and other factors have to be taken into consideration. As basis for preparation of the theoretical apparatus, which is a subject of solution in 2002, retrieval and analysis of available methods in the following chapter was carried out:

- Evaluation of risks;
- Risk analysis;
- Transport of dangerous materials.

Results are stated in the Annual report while it can be said that they are in accordance with the methodology, which had been published in the Tunnel magazine already in January 2000 under the name "Possibilities of analysis and management of risks in tunnel structures" [8].

For the own evaluation of risk, the so-called tree diagrams are being used abroad. Within the frame of preparation works for 2002, these diagrams have been tested on a modeled case "Probability of menace dependent of the distance of exit paths". Evaluation using this method is subjective to a certain extent, and therefore a different approach was searched. That should use conditioned probabilities and Bayes's methodology.

ADAC AND ASTRA PROJECTS

Two fundamental projects, which are into detail covered in the report, have been realized in Europe in the year 2000. Outputs of the ADAC project revealed not very high safety standards in European tunnels. Following analysis of the problem, the ASTRA project submits several specific recommendations for improvement of safety.

The ADAC project was founded in 2000 as reaction to tragic events in the tunnels Mt. Blanc and Tauern. In cooperation of ADAC professionals with European automobile clubs, 25 road tunnels at main traffic arteries in Europe were checked for safeguarding of safety of the traffic participants during February and March 2000. ASTRA - Tunnel Task Force is a project for improvement of safety safeguarding in current road tunnels as well as for creation of criteria for evaluation of newly constructed tunnels in Switzerland. Measures include not only the own tunnels' technological equipment and method of its operation, but also the method of tunnel traffic control and prevention by education of traffic participants.

EVALUATION OF SAFETY IN TUNNELS IN THE CR

The goal of this chapter (T2000.4 Evaluation of the status in CR) was to:

- prepare methodology and consequent forms, which will serve as databases for recording of important parameters influencing safety in road tunnels;
- to supplement the database with possible entries from 5 road tunnels.

Beyond commission, data from three other road tunnels as well as information about extraordinary events in the Subway have been obtained and they are also part of the Annual report.

The database is a summary of all available information about today's construction and technological equipment, statistical data about operation of all eight tunnel sections and contains app. 120 entries, including data about tunnel constructions, their technological equipment, management and operation of these sections, decision-making on traffic control and coherent activities of the integrated rescue system at location of the tunnel section.

Acquirement of data was definitely not easy and it only proved that there is absolutely no unified approach and often the unknowingness of tunnel operators is even bewildering. Putting TP154 "Operation, management and maintenance of road tunnels" into force should definitely improve the situation.

The aforementioned database will in the following solution be transferred into the ACCESS setting and will be automatically updated during course of the project solution.

FURTHER PROCEDURE

Further procedure of works in 2002 advances according to approved plan. Firstly, a suitable methodology for evaluation of risks will be searched, available software equipment will be eventually analyzed. Next, an apparatus of reliable methodology for increased objectiveness of risks' evaluation, based on estimation of risks, probability of their occurrence and other parameters, will be formed. The goal is to find such procedures, which would allow even common operators or designers to evaluate risks themselves.

A coordinating activity within our republic as well as with the ITA/AITES committee and PIARC/C16 is essential, because only that way it is possible to ensure that project outputs will be usable in reality. Therefore, the MTC will be asked for help by provision of further contacts with countries, which have a definite concept of safety policy.

Presentation of the project at selected foreign conferences is estimated for second year of the solution.

CONCLUSION

As it was several times emphasized, this project grants a basis for broader cooperation of the professional public as well as for foreign contacts. Evaluation of risks using objective methods should optimize investment and operational costs. It is very pleasing that the Ministry of Transport and Communications values this work as this project has been rated with the highest quality mark - V.

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

WORLD OF UNDEGROUND CONSTRUCTION

SILNIČNÍ TUNEL V ANDOŘE

ROAD TUNNEL IN ANDORRA

ÚVOD

Skupina českých a slovenských pracovníků pocházejících ze společnosti Subterra, a. s., navázala spolupráci s největším dodavatelem stavebních prací ve Španělsku - společností Fomento de Construcciones y Contratas S.A. (FCC). Dokladem této spolupráce je ražba průzkumných a únikových štol silničního tunelu GRAU DE LA SABATA d'ANDORRA. Tato skupina pracovníků se podílí na dodávkách prací po celém Španělsku.

VŠEOBECNÉ ÚDAJE O STAVBĚ

Ve stisněných podmínkách městské zástavby je navržen tunel celkové délky 1200 m, ražba proběhne technologií NRTM. V první fázi jde o vybudování průzkumné a odvodňovací štoly s použitím razicího stroje (TBM) o průměru 4,5 m. Tato štola je umístěna do středu počvy kaloty budoucího profilu tunelu. Pořízení razicího stroje typu Wirth TB 390 / 420 E od švýcarské společnosti Murrer zajišťuje společnost FCC. Obsluhu razicího stroje a provedení provizorních konstrukcí ve štole zajišťuje výše uvedená skupina pracovníků. V druhé fázi je tento razicí stroj na místě opakovaně využit k ražbě souběžné obslužné a únikové štoly v osové vzdálenosti asi 40 m od vlastního tunelu, která bude využita v případě havárií v dopravním obousměrném tunelu.

Navrženy jsou 4 typy výztuže štol

TIPO I. - síť ve stropě

TIPO II. - jeden svorník na 1 bm a síť ve stropě

TIPO III. - 5 cm stříkaného betonu a síť ve stropě

TIPO IV. - 15 cm stříkaného betonu a síť ve stropě

V oblasti poruch jsou navrženy TH rámy

Projekt výsledného silničního tunelu o ploše výrubu 90 m² uvažuje 4 typy provizorní výztuže v závislosti na hodnotách RMR a výšce nadloží. Použit bude stříkaný drátkobeton v min. tloušťce 5 cm s pevností v tlaku 25 N/mm² a podílem drátků 50 kg/m³, svorníky délky 4 m ve vzájemné vzdálenosti 1,5 - 1 m v příčném a 2 - 1 m v podélném směru. V oblasti poruch jsou dále navrženy rámy TH29 po 1 m. Dalším typem výztuže jsou lehké deštníky z tyčových kotev průměru 32 mm a těžké deštníky z mikropilot průměru 101,5 mm s tloušťkou stěny 12,6 mm. Definitivní obezdívka budou tvořit 2 vrstvy stříkaného drátkobetonu se sítěmi 150/150/6 mm. Typ drátkobetonu je stejný jako u provizorní výztuže. Dno je navrženo z prostého betonu tl. 20 cm.

GEOLOGIE

Horninový masiv je tvořen souvrstvím devonských rohoveců a břidlic v měnicích se proporcích přítomnosti obou typů. Granodiority prostupují do základního geologického prostředí dvěma úseky, kratší mezi 1. a 2. čtvrtinou délky tunelu, delší v poslední čtvrtině.

Granodiorit má pevnost v prostém tlaku 125 Mpa, RMR v rozmezí 50 až 65. Břidličnatost devonských hornin je 325-330/50-60. Poruchy jsou zlomového charakteru.

Granodiority nejsou příliš pevné, masiv je spíše střední kvality. Břidličnatost je příznivá.

V komplexu použitých metod průzkumu byla použita povrchová geofyzika, detailní geologické mapování a interpretace leteckých snímků.

Parametry razicího stroje typu Wirth TB 390/420 E:

Průměr razicího stroje	- 4,5 m
Příkon	- 6 x 200 kW
Počet otáček	- 11/5,5 ot/min
Záběr	- 1,60 m
Max postup	- 6 m/h
Počet řezáků	- 8 ks
Počet disků na hlavě	- 16 ks
Celková váha	- 210 t

INTRODUCTION

A group of Czech and Slovakian workers, originating from the Subterra a.s. company, established a co-operation with Fomento de Construcciones y Contratas (FCC), the largest civil engineering contractor in Spain. The excavation of exploration galleries and escape adits for the GRAU DE LA SABATA d' ANDORRA bi-directional road tunnel is a proof of this co-operation. This group of workers has participated in work supplies all over Spain.

GENERAL CONSTRUCTION DATA

The 1,200 m long tunnel has been designed for the confined conditions of the urban development to be driven by the NATM technique. The first phase consists in the development of an exploratory and drainage gallery using a 4.5m-diameter tunnel boring machine (TBM). The gallery is positioned within the future tunnel cross section, at the centre of the upper bench bottom. The tunnel boring machine Wirth TB 390/420E, owned by a Swiss company Murrer, was provided by FCC. The above-mentioned group of workers ensures operation of the TBM and erection of temporary structures in the gallery. In the second phase, this TBM is repeatedly used for the excavation of a parallel service and escape adit, running at a distance of 40m between centres. The adit is to be utilised in a case of an incident in the bi-directional transport tunnel.

4 types of the designed support

TIPO I. - mesh in the crown

TIPO II. - one bolt per 1 m, mesh in the crown

TIPO III. - sprayed concrete 5cm, mesh in the crown

TIPO IV. - sprayed concrete 15 cm, mesh in the crown

TH frames have been designed for weakness zones.

The design of the final road tunnel with an excavated cross section of 90 m² specifies 4 types of temporary support depending on the RMR and the cover thickness. Steel-fibre reinforced shotcrete 5cm thick as a minimum will be used, with compressive strength of 25 N/mm² and steel fibre content of 50 kg/m³. 4 m-long rock bolts will be installed at transversal and longitudinal spacing of 1.5 - 1 m and 2 - 1 m respectively. In addition, for weakness zones, TH29 frames at 1 m spacing have been designed. Another support consists in light-weight umbrellas formed by rod anchors 32 mm in diameter, and heavy umbrellas from micropiles 101,5 mm in diameter, with 12,6 mm wall thickness. The final support will consist of 2 layers of shotcrete with 150/150/6mm welded mesh. The steel fibre reinforced concrete type is the same as for the temporary support. The 20cm thick floor has been designed in unreinforced concrete.

GEOLOGY

The rock mass consists of a series of strata of Devonian hornfels and shales with changing proportions of the both types presence. Two granodiorite sections penetrate into the basic geological environment, the shorter one between the first and second fourth of the tunnel length, the longer one in the last fourth.

The granodiorite has an unconfined compressive strength of 125 MPa, its RMR ranges between 50 - 65.

Shaly lamination of Devonian rock is 325-330/50-60.

Failures have a character of faults.

The granodiorites are not so strong, the mass is rather of a medium quality. The shaly lamination is favourable.

The set of the survey methods encompassed the surface geophysics, detailed geological mapping and aerial photo interpretation.

Parameters of the Wirth TB 390/420E TBM:

TBM diameter	- 4.5 m
Installed electrical power	- 6 x 200 kW
Number of revolutions	- 11/5.5 rpm
Advance length	- 1.60 m
Maximum advance	- 6 m/hour
Number of cutters	- 8 pcs
Number of disc cutters on the cutterhead	- 16 pcs
Total weight	- 210 t

INFORMACE O PRŮBĚHU PRACÍ

Ražba úvodních 200 m průzkumné a odvodňovací štoly se v období od začátku června do poloviny července 2001 prováděla odtěhováním horniny přímo od vynášecího pasu razicího stroje pomocí nákladních automobilů. V polovině srpna 2001 bylo zahájeno odtěhovávání rubaniny pásovým dopravníkem od firmy CROWE, který dopravuje rubaninu na portál i přesto, že trasa štoly je vedena v obloucích. Nasazením pásového dopravníku byly odstraněny exhalace, které vznikají při automobilové dopravě rubaniny v tunelu. Již v úvodních 200 m ražby bylo dosahováno postupů 15 - 18 m za dvanáctihodinovou směnu, přičemž předpokládaný výkon razicího stroje byl využit pouze ze 60 %. Po zavedení potřebného příkonu elektroinstalace a při využití výhody odtěhovávání rubaniny pásovým dopravníkem se dosáhlo zvýšení denních postupů ražeb až na 25 m.

Po skončení ražby průzkumné a odvodňovací štoly v prosinci r. 2001 se částečně demontovala vrtací hlava razicího stroje, pasové dopravníky a provedlo se vyčištění dna štoly od napadané rubaniny. Poté byl stroj přeložen na spodní portál, kde začala ražba obslužné a únikové štoly.

ZÁVĚR

Na uvedené stavbě se znovu prokázal zájem španělských firem o zkušené osádky plnoprofilových razicích strojů, které jsou složeny z řad zaměstnanců společnosti Subterra, a. s. Pokračování zájmu o tyto osádky se dá očekávat i na dalších stavbách.

Ing. Pavel Stoužil jun., Petr Kirschner, SUBTERRA, a. s.

INFORMATION ON THE WORKS PROGRESS

The excavation of the initial 200 m long section of the exploration and drainage gallery was carried out from the beginning of June to the middle of July 2001. The muck was loaded directly from the rear belt conveyor to dump trucks. Mucking out by means of the CROWE belt conveyor started in the middle of August 2001. The conveyor was able to transport the muck to the portal despite the tunnel alignment being led in curves. The belt conveyor installation resulted in removal of exhalations originating due to the muck transport inside the tunnel by dump trucks. An advance rate of 15 - 18 m per a 12-hour shift was achieved as early as at the excavation of the initial 200 m, while only a 60 % exploitation of the expected output of the boring machine was recorded. An increase in the daily advance rate up to 25 m was achieved after the necessary power was installed and the advantage of the mucking out with the belt conveyor exploited.

In December 2001, immediately after completion of the exploration and drainage gallery excavation, the TBM cutterhead was partially dismantled, the belt conveyors removed, and the spilled muck cleared from the tunnel floor. The machine was moved to the lower portal where the excavation of the service and escape adit started.

CONCLUSION

The above-described construction has again proved that Spanish companies are interested in experienced crews of full-face boring machines, consisting of Subterra a.s. employees. It can be expected that the interest in those crews will continue even on other construction sites.



Obr. 1 Provizorní ostění štoly ze stříkaného drátkobetonu
Fig. 1 Steel-fibre reinforced shotcrete temporary lining of the gallery



Obr. 2 Doprava rubaniny pásovým dopravníkem
Fig. 2 Muck transport by the belt conveyor



Obr. 3 Čelní pohled na portál štoly a pásový dopravník stroje
Fig. 3 Front view of the gallery portal and the TBM belt conveyor

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB

FROM THE UNDERGROUND CONSTRUCTION HISTORY

30 LET VODNÍHO DÍLA ŽELIVKA
- ZKUŠENOSTI Z PROVOZU ŠTOLOVÉHO PŘIVADĚČE

Štolový přivaděč Želivka (dále jen ŠP), jehož základní částí je asi 51 km dlouhá hydrotechnická tlaková štola, patří u nás i ve světě mezi unikátní inženýrská díla jak svým technickým uspořádáním, tak odvážností koncepce dopravy pitné vody z vodárny do míst spotřeby na velkou vzdálenost. Zásobuje rozsáhlá území s vysokou koncentrací obyvatelstva. Prakticky nemá rezervy, proto velmi záleží na jeho bezporuchovém provozu.

Byl vybudován v letech 1964 - 1972, ražen konvenčním způsobem pomocí trhavin současně ze 14 čeleb. Definitivní ostění je z monolitického betonu, kterého bylo do podzemí uloženo přes 250 000 m³. Generálním dodavatelem ŠP byl právní předchůdce dnešní společnosti Subterra, a. s.

ŠP navazuje na úpravnu vody regulačním vodojemem, což jsou dvě podzemní betonové nádrže o využitelném objemu 4480 m³ a 12100 m³. Je dlouhý 51,332 km a končí uzávěrovou komorou ve Vestci, kde se rozvětňuje do dvou potrubí DN 1600 délky 606 m, která vyústí v přítokových komorách vodojemu Jesenice. ŠP je tlakový, přetlak za klidu od 13,5 m do 78 m. Je kruhového profilu, v podstatné části opatřen betonovou obezdívkou o tloušťce 20 - 35 cm. V exponovaných místech je počítáno se spolupůsobením těžké hutní výztuže. Světlý průměr štoly je 2640 mm. V místě přechodů vodních toků a vyšších tlaků je opatřen ocelovým potrubím o tloušťce 10 mm upnutým do betonové obezdívky. Povrch potrubí je uvnitř chráněn metalizací a ochrannými nátěry. ŠP podchází pod řekami Blanici a Sázavou sbytkami v hloubce 20 a 30 m. Výškový rozdíl mezi začátkem a koncem ŠP je 24,3 m, mezi nejvyšším a nejnižším místem 120,8 m. Spádové poměry se pohybují v rozmezí od 0,02 do 9,90 ‰. Minimální výška nadloží je 7 m, maximální 175 m. Na ŠP je 18 objektů, které umožňují správnou hydraulickou funkci, provoz, údržbu a revize celého ŠP.

ŠP byl uváděn do provozu v rámci vodního díla Želivka. Komplexní zkoušky, které měly ověřit projektem předepsané parametry, proběhly v dubnu 1972. V roce 1976 byla provedena vodo hospodářská přejímka díla a koncem téhož roku byl ŠP uveden do trvalého provozu. Vodárna Želivka zajišťuje provoz a údržbu celého ŠP.

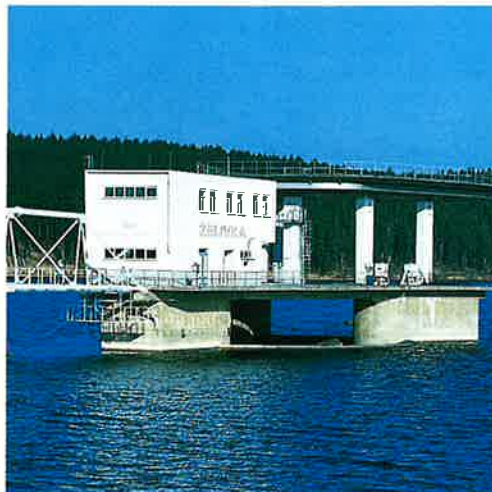
V době komplexního vyzkoušení v dubnu 1972 došlo ke dvěma poruchám betonové obezdívky, a to v lokalitách Javorník a Pětihosty. Obě byly v období květen - prosinec 1972 opraveny.

Od zahájení provozu ŠP do dnešních dnů, tj. za uplynulých 29 let, došlo na ŠP pouze ke dvěma poruchám, které způsobily krátkodobé přerušení dodávky pitné vody do Prahy. Šlo o poruchu betonové obezdívky v lokalitě Jesenice, která byla odstraněna ztmelčením pomocí rychlotuhnoucí cementové malty do vytvořených drážek a o deformaci ocelové vložky pod obcí Pětihosty. Deformovaná část pancíře byla v červenci r. 1982 odříznuta a dopravena na povrch. Betonová obezdívka v tomto místě byla shledána v nedotčeném stavu.

Po dobu dosavadního provozu ŠP byly plánovitě prohlédnuty všechny úseky štoly včetně sbytek pod řekami minimálně 1x, poslední úsek ŠP Brtnice - uzávěrová komora Vestec 3x. Celkem bylo uskutečněno 11 prohlídek. Dále byla provedena 12x prohlídka začátku štoly spojená s nedestruktivními zkouškami betonu.

Od roku 1984 je prováděno měření ztrát vody ŠP, naměřená hodnota při hydrostatickém tlaku je 35,0 l/s, při hydrodynamickém tlaku, který odpovídá průtoku 3500 l/s, jsou ztráty asi 10 l/s. Projektovaný předpoklad celkových ztrát 50 l/s nebyl zdaleka naplněn.

V roce 1988 bylo provedeno ověření maximální průtočnosti ŠP a zjištění vlivu tlakových rázů při různých provozních stavech na bezpečnost ŠP. Max. Q = 6 700 l/s a tlakové rázy jsou zapracovány do provozního řádu ŠP. Projektovaná kapacita přivaděče byla 6 000 l/s, což svědčí o zlepšení hydraulické hladkosti profilu nad požadavky projektu.

30 YEARS OF THE ZELIVKA WATER RESOURCES SCHEME
- THE EXPERIENCE OF THE AUEDUCT TUNNEL OPERATION

The Zelivka aqueduct tunnel (ZAT), whose basic part is an about 51km long hydrotechnical pressure tunnel, ranks among unique engineering works in our country and in the world both by its technical solution and the boldness of the concept of potable water long-distance transport from a water plant to points of consumption. It supplies vast densely populated areas. There are virtually no reserves in its capacity, therefore its trouble-free operation is crucial.

It was built in 1964 - 1972, driven by conventional drill and blast method concurrently from 14 points of attack. The final lining required 250,000 m³ of cast-in-place concrete to be transported to the underground. The general contractor for the ZAT was the legal predecessor of the today existing company Subterra a.s.

The ZAT links to the water treatment plant through a regulation reservoir, consisting of two underground concrete tanks with a used storage of 4,480 m³ and 12,100 m³. The aqueduct is 51.332 km long, terminated by a valve chamber in Vestec, where it branches into two 600 m long, DN 1,600 mm pipelines, ending in receiving chambers of the Jesenice I and Jesenice II reservoirs. The ZAT is of a pressure type, with the off-cycle overpressure ranging from 13.5 m to 78 m. Its circular cross section is provided with 25 - 35 cm thick concrete lining within a substantial part of the tunnel length. A composite action of heavy metallurgical reinforcement is counted on in sections exposed to high stresses. The internal diameter of the tunnel lining is 2,640 mm. It is provided with steel piping with 10 mm wall thickness encased in concrete in the locations of water course crossings and higher pressures. Metal coating and protective paint protect the internal surface of the pipes. The ZAT passes under the Blanice and Sazava rivers by means of inverted siphons at a depth of 20 and 30 m respectively. The difference in the elevation of the starting and ending point of the ZAT is 24.3 m, and the difference between the highest and lowest point amounts to 120.8 m. There are 18 structures along the ZAT, enabling proper hydraulic functioning, operation, maintenance and overhaul of the whole ZAT.

The ZAT was brought into service within the framework of the Zelivka water resources scheme. Overall testing, which was to prove that the parameters prescribed by the design had been reached, took place in April, 1972. The works was taken over by the water authority in 1976, and the ZAT was placed into permanent service in the end of the same year. The Zelivka water plant ensures the operation and maintenance of the whole ZAT.

During the commissioning in 1972, two defects of the concrete lining occurred, i.e. in Javorník and Petihosty localities. Both of them were removed in May - December 1972.

Since the ZAT opening till now, i.e. over past 29 years, two failures have occurred only, causing short-term cut-off in the supply of drinking water to Prague. These were a failure of the concrete liner nearby Jesenice, which was made good by sealing with fast setting cementitious grout placed into grooves cut for that purpose, and a deformation of a steel insert under the municipality of Petihosty. The deformed part of the armouring was cut away and transported to the surface in July 1982. The concrete liner was found intact in that location.

In the course of the previous operation of the ZAT, planned inspection of all sections of the tunnel including the inverted siphons under rivers was performed once as a minimum, while the last ZAT section between Brtnice and the valve chamber in Vestec was inspected three times. 11 inspections were performed in total. In addition, the starting end section of the tunnel was checked 12 times, together with non-destructive testing of concrete.

Leakage losses within the ZAT have been measured since 1984. The value measured at the given hydrostatic pressure is 35.0 l/s, at a hydrodynamic pressure corresponding to a flow of 3,500 l/s the losses amount to about 10 l/s. The total losses of 50 l/s, anticipated by the design, have been far from achieving.

Za celou dosavadní dobu trvalého provozu přivaděče nedošlo k takovým poruchám nebo haváriím, které by způsobily přerušování dodávky vody nad dobu přijatelných provozních odstávek, ani se nevyskytly případy nepřípustného ovlivnění její kvality. Příznivé konstatování o dosavadní spolehlivosti provozu přivaděče je možné odvodit od jeho koncepčního řešení, dobré projektové přípravy i kvalitně provedené stavby, v neposlední řadě však od systematicky a odpovědně vykonávaných činností správce díla zaměřených na zajištění jeho provozní bezpečnosti.

Podle podkladů od autorů
According to documentation of authors

Jan Vrána, Pražské vodovody a kanalizace, a. s.
Ing. David Richtr, VODNÍ DÍLA-TBD, a. s., Praha
RNDr. Anna Gardavská, SG-GEOTECHNIKA, a. s., Praha

Zpracoval / Compiled by: Ing. Miroslav Uhlík, Subterra, a. s.

Verification of the maximum flow capacity of the ZAT and determination of the impact of pressure surges on the ZAT safety at various operational conditions was carried out in 1988. A maximum $Q = 6,700 \text{ l/s}$ and the pressure surges have been incorporated into the operating instructions for the ZAT. The designed capacity of the water conveyor was $6,000 \text{ l/s}$, which proves an improvement in the hydraulic smoothness of the profile exceeding the design requirements.

No defects have occurred for the whole time of the permanent operation of the tunnel, which would have caused water supply cut-offs over acceptable time of operational standbys, nor cases of impermissible affecting of water quality have occurred. A favourable statement on the previous reliability of the tunnel operation can be derived from its conceptual solution, good design planning and good quality of the construction work, and, at last but not least, from the systematically and responsibly discharged duties of the works operator, focused on safeguarding of the operational safety.

TECHNICKÉ ZAJÍMAVOSTI

TECHNICAL MATTERS OF INTEREST

NĚKTERÉ VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ PROFILERU 4000

V rámci diplomové práce Určení přesnosti měření systému Profiler 4000 [1] bylo s tímto přístrojem provedeno testování vnitřní a vnější přesnosti měření Profileru 4000. Stručný popis tohoto přístroje a některé výsledky získané jeho testováním jsou uvedeny v tomto článku.

Nejprve se seznámíme se samotným Profilerem 4000. Systém Profiler 4000 je specializovaný automatický měřicí systém určený pro kontrolu provedených prací v podzemí a na povrchu. Byl vyvinut švýcarskou firmou AMBERG ve spolupráci s firmou LEICA, čímž vznikl efektivní avšak jednoduše ovladatelný měřicí systém pro automatické měření podrobných bodů bez odrazného hranolu [2], [3].

Celý systém Profiler 4000 se skládá ze samotného přístroje Profiler 4000, polního počítače PC 9500, ovládacího softwaru pro polní měření Proscan a zpracovatelského softwaru Prowin 6.0.

Přístroj Profiler 4000 (obr. 1) [4] je vlastně plně motorizovaný měřicí systém s výkonným EDM laserovým dálkoměrem pro měření délek bez odrazného hranolu a s vestavěným koaxiálním viditelným laserovým pointerem pro signalizaci měřených bodů. Přístroj je vyroben v nárazuvzdorné a prachotěsné úpravě. Rotační pohyb na obou osách (horizontální i vertikální) je nekonečný - 360° a je zajištěn servomotory. Má zabudován elektronický osový kompenzátor pro vertikální úhly. Přístroj nemá žádnou klasickou optiku (dalekohled), pro veškeré cílení na orientační body je nutné použít laserový pointer. Polní počítač Microflex PC 9500 je externí zařízení Profileru 4000 pro řízení měření, ukládání naměřených dat a pro potřeby polního vyhodnocení. Pracuje v operačním systému MS-DOS 5.0 a je vybaven měřicím softwarem Proscan 6.0.

Program Proscan 6.0 je nainstalovaný na polním počítači PC9500. Umožňuje samotné měření Profileru 4000. Pomocí něho můžeme zvolit metody určení polohy stanoviště a metody měření podrobných bodů, zadat měřené hodnoty určení polohy stanoviště, rozsah měření a stanovit parametry metody měření podrobných bodů, případně provést vyhodnocení v terénu.

Program Prowin 6.0 je vyhodnocovací software nainstalovaný na počítači v kanceláři. V tomto programu probíhají hlavní vyhodnocovací práce. Pro vyhodnocování měřených dat a porovnávání s teoretickými daty je nutné vytvořit tzv. projekt obsahující informace o stavbě. Pro každý projekt je vytvořena databáze se všemi naměřenými hodnotami, které byly softwarem Prowin 6.0 zpracovány. Výstup z programu může být grafický nebo číselný. A nyní přejdeme k měření Profilerem 4000. Nejdříve se zmíníme o způsobu připojení. Polohu a orientaci přístroje lze určit čtyřmi metodami. Metodou X/Y, metodou na hranol, metodou volného stanoviště a metodou na bod. Při metodě X/Y je poloha Profileru určena odměřením vertikální a horizontální odchylky měřicího přístroje od osy stavby. Při metodě na hranol se poloha Profileru určí pomocí koutového hranolu a cílové LED diody umístěných na přístroji, které jsou zaměřeny totální stanicí. U metody volného stanoviště se poloha určí pomocí samotného přístroje, kterým se zaměří 2 až 4 pevné orientační body, pomocí kterých se určí poloha. Při poslední meto-

SELECTED RESULTS OF THE PROFILER 4000 TESTING

As part of a Diploma thesis Determination of measurement accuracy of the Profiler 4000 system [1], a testing of inner and outer measurement accuracy of Profiler 4000 was carried out using this device. A brief description of this device as well as selected results obtained by its testing are stated in this article.

Firstly, let us learn about the Profiler 4000 itself. The Profiler 4000 system is specialized automatic measurement system designated for monitoring after elaboration of works in underground and on the surface. It was developed by the Swiss company AMBERG in cooperation with the company LEICA, and thus an effective but also very easily controllable measurement system for automatic measurement of detailed points without a retro-reflective prism [2] [3] was founded.

The entire system Profiler 4000 consists of the own device Profiler 4000, a field computer PC 9500 and driver software for field measurement Proscan as well as processing software Prowin 6.0.

The device Profiler 4000 (Fig. 1) [4] is basically a fully motorized measurement system with an efficient EDM laser rangefinder for measurement of distances without a reflective prism and with integrated coaxial visible laser pointer for signalization of the measured points. The device is constructed in a shock-proof and dust-proof mode. The rotary movement along both axes (horizontal and vertical) is infinite - 360° and is provided by servomotors. It has an inbuilt electronic axis compensator for vertical angles. The device has no conventional optics (telescope), it is necessary to use the laser pointer for determination of all target points, eventually to continue with evaluation in field. The field computer Microflex PC 9500 is an external device of the Profiler 4000 for measurement management, saving of measured data and for the purposes of field evaluation. It works under the operation system MS-DOS 5.0 and is equipped with measurement software Proscan 6.0.

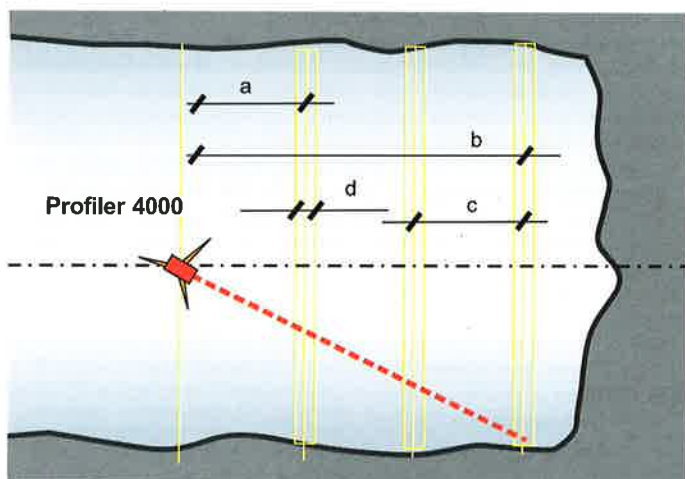
The program Proscan 6.0 is installed on the PC 9500 field computer. It enables the own measurement by Profiler 4000. With its help we can select methods of location determination of the base and measurement method of the detailed points, we can also insert measured values for location determination of the base and the range of measurement as well as set parameters of measurement method of the detailed points.

The program Prowin 6.0 is evaluation software installed on computer in the office. Main evaluation works proceed through this program. In order to evaluate the measured data and to compare it with the theoretical data, it is essential to create a so-called project containing information about the structure. For each project, a database with all measured data, which had been processed by the Prowin 6.0 software, is created. The program output can be graphical or numerical.

And now let us switch to measurement using Profiler 4000. We will first mention the method of connection. Position and orientation of the device can be determined using four methods. X/Y method, to the prism method, free station method and point method. By the X/Y method, Profiler's position is



Obr. 1 Profiler 4000
Fig. 1 Profiler 4000



Obr. 2 Příčné paralelní profily
Fig. 2 Lateral parallel profiles

dě na bod je Profiler umístěn nad známý bod a je pomocí dalšího známého bodu orientován.

Po provedení orientace je přístroj připraven k zaměření čtyř úloh, které probíhá zcela automaticky. První úloha je měření 2D profilů, při kterém je z jednoho stanoviště zaměřen jeden svislý nebo vodorovný profil. Druhá úloha je měření paralelních profilů, při kterém je z jednoho stanoviště zaměřeno několik profilů v pravidelném rozestupu. Další úloha se jmenuje sektorové profily, kde přístroj měří několik profilů z jednoho stanoviště v pravidelném úhlovém intervalu. A poslední úlohou je měření 3D povrchů, kde po zadání čtyřúhelníka rohovými body přístroj zaměří síť bodů uvnitř takto definované plochy [1].

Po seznámení s přístrojem přejdeme k samotnému testování přesnosti měření Profileru 4000. Ta je ovlivněna přesností zaměření podrobného bodu, přesností připojení do geodetické souřadnicové sítě a přesností geodetické souřadnicové sítě. Dále je potřeba uvést, že přesnost měření Profileru 4000 je také ovlivněna rychlostí měření délek. Profiler umožňuje měřit délky 7 rychlostmi, kde rychlost č. 1 je nejpomalejší a nejpřesnější a rychlost č. 7 je nejrychlejší a nejméně přesná. Níže popsané experimenty byly prováděny rychlostí č. 5, která je v praxi nejčastěji používaná.

Prvním úkolem testování tohoto přístroje bylo určení vnitřní přesnosti měření. To znamená, jak přesně přístroj měří tentýž bod několikrát za sebou, za podmínky, že při tomto měření nedojde ke změně stanoviště, orientace přístroje a podmínek měření. Tím dojde k vyloučení chyby v poloze, v orientaci přístroje a systematické chyby měření. Vliv náhodné chyby v měření úhlů a délek zůstane zachován.

Pro určení vnitřní přesnosti byla zvolena úloha příčných svislých paralelních

Tab. 1

číslo profilu Profile number	Průměrná směrodatná odchylka Average standard deviation of			Průměrná směrodatná souřadnicová odchylka Average standard coordinate deviation [m]
	vodorovného úhlu horizontal angle [gon]	zenitového úhlu zenith angle [gon]	délky length [m]	
1	0,0294	0,0142	0,005	0,004
2	0,0237	0,0757	0,004	0,003
3	0,0230	0,0554	0,005	0,003
4	0,0238	0,0477	0,005	0,004
5	0,0200	0,0437	0,005	0,003
6	0,0209	0,0353	0,007	0,004
7	0,0230	0,0363	0,006	0,005
8	0,0216	0,0312	0,008	0,005
9	0,0192	0,0298	0,008	0,006
10	0,0198	0,0266	0,010	0,007
11	0,0172	0,0338	0,011	0,007
12	0,0230	0,0334	0,013	0,009
13	0,0184	0,0280	0,014	0,009
14	0,0250	0,0298	0,017	0,011
15	0,0183	0,0303	0,015	0,010
16	0,0222	0,0260	0,016	0,011

Tab. 2

Číslo profilu Profile number	Odhad výběrové směrodatné odchylky v souřadnici Estimation of sample standard deviation in coordinate [m]		
	sy y-axis	sx x-axis	sz z-axis
1	0,005	0,008	0,013
2	0,006	0,009	0,004
3	0,009	0,005	0,004
4	0,012	0,006	0,003
5	0,014	0,006	0,003
6	0,018	0,012	0,003
7	0,025	0,027	0,006
8	0,026	0,044	0,006

determined by measurement of the vertical and horizontal deviation of the measuring device from axis of the structure. By the to prism method, Profiler's position is determined using a corner prism and target LED diodes located on the device, which are focused by the total station. By the free station method, the position is determined using a separate device, with which 2 to 4 fixed orientation points are targeted, based on which the position is determined. By the point method, the Profiler is placed above a known point while it is orientated using another known point.

After elaboration of orientation, the device is ready to target four tasks, which proceeds entirely automatically. The first task is measurement of 2D profiles, where one vertical or horizontal profile is measured from one location. The second task is measurement of parallel profile, where several profiles in regular distance are measured from one location. The next task is called sector profiles, where the device measures several profiles in regular angular interval from one location. And the last task is a measurement of 3D surfaces, where after quadrangle's input using four points, the device will target a network of points inside of such defined area [1].

After learning about the device we can go directly to testing of measurement accuracy by Profiler 4000. That is influenced by targeting accuracy of the detailed point, accuracy of connection into the geodetical coordinate network and accuracy of the geodetical coordinate network. Moreover it is necessary to state that measurement accuracy by Profiler 4000 is also influenced by the speed of length measurement. Profiler supports length measurement in 7 speeds, where speed no. 1 is the slowest and most accurate while speed no. 7 is the fastest and least accurate. The further mentioned experiments have been elaborated using speed no. 5, which is the one most often used in practice.

The first testing task of this device was to determine inner measurement accuracy. That means how accurately the device measures the same point several times, under the condition of same location of the base, device orientation and measurement conditions. Thus, an eventual error in position, device orientation and measurement conditions will be eliminated. The impact of random error in angle and length measurement remains.

In order to determine inner accuracy, a task of lateral vertical parallel profiles (Fig. 2), which is most often used by checks of geometric tunnel parameters, was selected. It was also selected for its sufficient amount of measured data and for suitable configuration of individual points and profiles, measured in regular intervals. 15 parallel profiles and one reference profile (i.e. a profile whose level crosses center of the device) were measured. The distance

profilů (obr. 2), která je nejčastěji používaná při kontrole geometrických parametrů tunelů. Také byla zvolena pro dostatečný objem měřených dat a pro vhodnou konfiguraci jednotlivých bodů a profilů, měřených v pravidelných intervalech. Bylo zaměřeno 15 paralelních profilů a 1 profil referenční, tj. profil, jehož rovina prochází středem přístroje. Vzdálenost mezi referenčním a krajním profilem byla 1,5x větší, než byl průměr profilu, neboť výrobce udává, že v tomto rozsahu Profiler 4000 měří s dostatečnou přesností. Měření této úlohy bylo 5x opakováno s tím, že nedošlo ke změně polohy, orientace a nastavení parametrů měření příčných svislých paralelních profilů. Z takto opakovaného měření byly pro každý podrobný bod 5x získány přímo měřené délky, vodorovné a zenitové úhly a po zpracování v programu Prowin 6.0 taktéž souřadnice. Z těchto hodnot byly vypočteny směrodatné odchylky délek, vodorovných a zenitových úhlů a směrodatné souřadnicové odchylky pro každý podrobný bod. Vypočtené směrodatné odchylky byly seskupeny podle jednotlivých profilů a pro každý profil byl vypočten jejich průměr (tab. 1).

Z výsledků uvedených v tabulce 1 vyplývá, že přesnost měření podrobných bodů v profilu klesá s rostoucí vzdáleností od referenčního profilu. Průměrná směrodatná souřadnicová odchylka nabývá hodnot od 4 mm v referenčním profilu až do 11 mm v krajním profilu. Jak dále vyplývá z výsledků získaných vyhodnocením měřených úhlů a délek, pokles přesnosti měření Profileru 4000 je především ovlivněn klesající přesností měření délek od referenčního profilu ke krajnímu profilu, náhodná chyba v měření úhlů působí na výslednou přesnost měření ve všech profilech přibližně stejně.

Druhým úkolem testování tohoto přístroje bylo určení vnější přesnosti měření. To znamená, jak přesně přístroj určí absolutní polohu podrobného bodu. V této přesnosti je zahrnuta chyba měření podrobného bodu a chyba připojení přístroje do souřadnicové sítě, ale je vyloučena chyba souřadnicové sítě. Pro splnění těchto podmínek byl zvolen následující postup: Profiler při měření podrobných bodů tyto body signalizuje laserovým pointerem. Takto signalizované body byly zaměřeny kontrolní metodou protínání vpřed z úhlů, která je přesnější než měření Profilerem. Tato kontrolní metoda byla použita i pro určení místní souřadnicové sítě, takže šlo prohlásit kontrolní metodou zaměřené body souřadnicové sítě za správné a rozdíl mezi souřadnicemi podrobných bodů zaměřenými kontrolní metodou a souřadnicemi podrobných bodů zaměřenými Profilerem za skutečné chyby. Pro samotné podrobné měření Profileru byla zvolena úloha příčných svislých paralelních profilů z těch samých důvodů jako při určování vnitřní přesnosti.

Bylo zaměřeno 7 paralelních profilů a 1 profil referenční. Vzdálenost mezi referenčním a krajním profilem byla 1,5x větší, než byl průměr profilu. Pro každý podrobný bod byly výše zmíněným postupem získány dvojice souřadnic. Jedny z měření Profileru a druhé z měření kontrolní metodou. Tyto souřadnice byly porovnány a z jejich rozdílů byly vypočteny výběrové směrodatné odchylky v jednotlivých souřadnicích, které jsou uvedeny v tabulce 2. Osa X leží v podélném směru tunelu, osa Y leží v příčném směru a osa Z leží ve svislém směru.

Z této tabulky je patrné, že pro souřadnici X nabývají tyto odchylky v krajních profilech vysokých hodnot, což může být způsobeno nestejnou polohou Profilerem vizualizovaného bodu a polohou bodu Profilerem měřenou. Další možnou příčinou může být zhoršená identifikace Profilerem vizualizovaného bodu z důvodu roztažení stopy laserového pointeru. Avšak velikost této odchylky není pro přesnost měření paralelních profilů klíčová, neboť se jedná o odchylku ve směru podélném.

Nakonec lze vyslovit závěr, že pro kontrolu geometrického tvaru tunelu je měření Profilerem 4000 dostatečně přesné, zvláště pokud šířka zaměřované plochy nebude překračovat jednonásobek průměru profilu, což je i pro praktické měření výhodné.

Článek vznikl v rámci výzkumného záměru MŠMT ČR: J04-098:21000022

LITERATURA:

- [1.] Křemen T.: Určení přesnosti měření systému Profiler 4000, diplomová práce 2001, ČVUT Fakulta stavební
- [2.] Marešová J.: Moderní přístroje pro měření geometrického tvaru tunelu. V Aktuálně otázky meračstva a inžinierskej geodézie. Katedra geodézie a geofyziky STU Košice 2000
- [3.] Kašpar M.- Voštová V.: Souprava Profiler 4000 ve VÚGTK. Stavební + zemní stroje 1999, č.5, s. 17-19
- [4.] Kašpar M. - Voštová V.: Lasery ve stavebnictví a navigaci strojů. ČKAIT, Praha 2001

between reference and marginal profile was 1.5 times larger than the profile's diameter, because the producer claims that in this range Profiler 4000 measures with sufficient accuracy. Measurement of this task was repeated 5 times with unaltered position, orientation as well as preset parameters for measurement of lateral vertical parallel profiles. From such repeated measurement for every detailed point, directly measured lengths, horizontal and zenith angles were obtained 5 times and after elaboration through the Prowin 6.0 program also the coordinates. From the values, determining deviations of lengths and horizontal and zenith angles and determining coordinate deviations for each detailed point were calculated. The calculated determining deviations were grouped according to individual profiles while for each profile its diameter was calculated (Tab. 1).

From results in the chart 1 it is clear that accuracy of measurement of detailed points in the profile decreases with increasing distance from the reference profile. An average determining coordinate deviation ranges from 4mm by the reference profile to 11 mm by the marginal profile. As further derives from results obtained from evaluation of some measures angles and lengths, decrease in measurement accuracy of Profiler 4000 is caused mostly by decreasing accuracy of measurement of lengths from reference profile to the marginal profile. Random error in angle measurement has in all profiles about the same impact on final measurement accuracy.

The second testing task of this device was to determine outer measurement accuracy. That means how accurately does the device determine an absolute position of the detailed point. Within this accuracy, an error of measurement of the detailed point as well as error of connection to the coordinate network are included, while error of the coordinate network is eliminated. In order to fulfill these conditions, the following procedure was selected: By measurement of the detailed points, Profiler highlights these points with a laser pointer. Such highlighted points were targeted by a backup method of forward intersection from angles, which is more accurate than measurement using Profiler. This backup method was also used for determination of the local coordinate network, therefore it was possible to claim the coordinate network points, targeted by the backup method, as correct while the difference between detailed points' coordinates, targeted by the backup method, and detailed points' coordinates targeted by the Profiler as factual errors. For the own detailed measurement using Profiler, the task of lateral vertical parallel profiles was selected from the same reasons as by determination of the inner accuracy.

7 parallel profiles and 1 reference profile were targeted. The distance between reference and marginal profiles was 1,5 times larger than the profile diameter. Using the aforementioned procedure, two coordinates were obtained for each detailed point. Ones from measurement using Profiler while the other from using the backup method. These coordinates were compared and from their difference, selected determining deviations in individual coordinates were calculated. They are illustrated in Tab2.

The X-axis lies in axial tunnel direction, the Y-axis in lateral direction and the Z-axis in vertical direction.

From this chart it is clear that for the X coordinate, these deviations in marginal profiles reach high values, which can be caused by different position of the point highlighted by Profiler and position of point really measured. Other possible cause can lie in decreased identification of the point highlighted by Profiler because of expansion of the trace of the laser pointer. However, size of this deviation is not essential for measurement accuracy by parallel profiles, because it is a deviation in axial direction.

A conclusion can be summarized that for checks of geometric tunnel shape the measurement using Profiler 4000 is sufficiently accurate, especially when width of the targeted area will not exceed the profile diameter, which is also convenient for practical measurement.

The article was made within framework of the Scientific program of MSMT CR: J04-098:21000022

Autoři/Authors: Ing. Tomáš Křemen, doc. Ing. Milan Kašpar CSc.
E-mail: tomas.kremen@fsv.cvut.cz kasparm@fsv.cvut.cz

REFERENCES

- [1.] Křemen T.: Určení přesnosti měření systému Profiler 4000, Diploma thesis 2001, CTU Faculty of Civil Engineering
- [2.] Marešová J.: Moderní přístroje pro měření geometrického tvaru tunelu. V Aktuálně otázky meračstva a inžinierskej geodézie. Department of geodesy and geophysics, STU Košice 2000
- [3.] Kašpar M.- Voštová V.: Souprava Profiler 4000 ve VÚGTK. Stavební + zemní stroje 1999, no .5, pages 17-19
- [4.] Kašpar M. - Voštová V.: Lasers in civil engineering and navigation of machines. ČKAIT, Praha 2001

JUBILEA

JUBILEES

20 LET ÚSTAVU GEONIKY
AV ČR V OSTRAVĚ

Dne 1. července 1982 byl ustaven Hornický ústav ČSAV v Ostravě jako výsledek mnohaletého úsilí zakladatelů v čele s prof. Ing. Lubomírem Šiškou, DrSc., tehdejší členem korespondentem ČSAV, který se stal prvním ředitelem ústavu. Úkolem nově zřízeného pracoviště bylo přenesení teoretického výzkumu v problematice hlubinného uhlénohornictví z Prahy do oblastí intenzivní hornické činnosti. Tento výzkum byl zaměřen především na řešení problémů dobývání ve velkých hloubkách a pod beskydskými příkrovy, na problematiku důlních otřesů a průtrží, teoretické aspekty důlního větrání a aerologie aj. Již v druhé polovině osmdesátých let se známkami nastávajícího útlumu hornictví byla vědecká činnost ústavu zaměřena obecněji na procesy v zemské kůře související s antropogenní činností s přihlédnutím k environmentálním vlivům.

V rámci transformace Československé akademie věd v roce 1992 byla provedena komplexní reorganizace a transformace ústavu, který od roku 1993 nese název Ústav geoniky AV ČR a představuje jediný ústav Akademie věd v regionu. Základní vědecké zaměření ústavu zahrnuje zkoumání procesů v zemské kůře, indukovaných antropogenní činností a jejich účinků na životní prostředí. V podrobnějším členění se výzkum zaměřuje do následujících oblastí:

- výzkum stavby a vlastností materiálů zemské kůry a antropogenních sedimentů;
- fyzikální zákonitosti a mechanismy indukovaných procesů v horském masivu včetně metod jejich měření a sledování;
- matematické metody modelování procesů v horském masivu;
- geografický výzkum životního prostředí;
- neklasické způsoby využívání zemské kůry (geotechnologie, rozpojování, speciální způsoby ukládání odpadů aj.).

V současnosti má ústav asi 100 pracovníků, rozdělených do pěti výzkumných středisek:

- středisko geomechaniky;
- středisko výzkumu materiálů Země;
- středisko geofyziky a speciálních metod měření;
- středisko aplikované matematiky;
- středisko environmentální geografie (pobočka v Brně).

Za dobu své existence se ústav úspěšně podílel na řadě výzkumných projektů, z nichž připomenou např. rozsáhlý program měření primárních napětí v horském masivu karpatské předhlubně a českého masivu pomocí hydroporušování stěn vrtu, mezinárodní projekt výzkumu rozpojování materiálů vysokotlakým abrazivním vodním paprskem, monitorování přirozené a indukované seismicity na severní Moravě, vývoj programového souboru GEM pro matematické modelování rozsáhlých úloh v geomechanice nebo výzkum struktury a vývoje regionů z hlediska životního prostředí.

Ústav je široce zapojen do mezinárodních projektů především v rámci EU (4. a 5. rámcový program - Inco Copernicus, Interreg, Intas, dvoustranné projekty) a připravuje se tak na podmínky po rozšíření EU.

Vedle svého základního poslání, kterým je badatelský výzkum, se pracovníci ústavu od počátku jeho existence snaží uplatnit získané poznatky v praktické sféře. Z oblastí mimo vlastní hornictví lze uvést např. laboratorní výzkum těsnicí injektáže pro utěsnění podzemního plynového zásobníku Háje, měření abrazivity hornin a posuzování způsobu rozpojování hornin pro stavbu některých tunelů (Mrázovka), projektovou studii a geotechnický výzkum podzemního skladu vyhořelého jaderného paliva, stabilitní výpočty sanované haldy Kateřina v Radvanicích v Čechách, spolupráci na vývoji nových kotevnic a injektážně-kotevnic prvků (Boltex) pro tunelové a podzemní stavby nebo rozsáhlý výzkum vlivu útlumu hlubinného hornictví na povrch, životní prostředí, sociálně ekonomickou sféru a tvorbu krajiny.

V současnosti představuje Ústav geoniky konsolidovanou výzkumnou instituci s nezanedbatelným odborným potenciálem a materiálním vybavením, která je připravena, i díky svému umístění v regionu s výraznou hospodářskou transformací, podílet se na řešení přípravy a výstavby infrastruktury, ochrany povrchu a tvorby krajiny a eliminace současných i budoucích environmentálních rizik.

20 YEARS OF THE INSTITUTE
OF GEONICS BY ASCR IN OSTRAVA

On July 1, 1982, Mining Institute by the Academy of Sciences of the Czech Republic (ASCR) in Ostrava was established as result of a many year effort of the founders lead by Prof. Ing. Lubomir Šiška DrSc., by that time member and correspondent of the ASCR, who became first chairman of the Institute. The task of the newly constituted workplace was to transfer the theoretical research on problems of deep coal mining from Prague into an area with intensive mining activity. This research was focused especially on solutions to problems of mining in large depths below Beskydy-type overburden, problems of quakes and outbursts in mines, theoretical aspects of mine ventilation as well as aerology etc. Already in the second half of the eighties along with signs of the upcoming recession in the mining industry, scientific activity of the Institute was focused in rather more general way on processes within the earth shell, coherent with anthropogenic activity with regards to environmental impacts.

Within the framework of transformation of the Czechoslovakian Academy of Sciences in 1992, a thorough reorganization and reconstruction of the Institute was undertaken, while since 1993 it is called the Institute of Geonics by ASCR and it presents the only institute by ASCR in the region. Fundamental scientific focus of the Institute include research of the earth shell processes, induced by anthropogenic activities and their impact on environment. In detailed subdivision the research focuses on the following topics:

- Research of structure and attributes of materials of the earth shell and anthropogenic sediments;
- Physical principles and mechanisms of induced processes in rock massif, including the methods of their measurement and monitoring;
- Mathematical methods of modeling processes in rock massif;
- Geographical exploration of the environment;
- Unconventional ways of earth shell use (geotechnology, disjoining works, special methods of waste disposal etc.).

Currently, the Institute has about 100 employees, divided into 5 research departments:

- Department of geomechanics
- Department of research of the Earth materials
- Department of geophysics and special measurement methods
- Department of applied mathematics
- Department of environmental geography (office in Brno)

During the time of its existence the Institute has successfully taken part in a number of research projects, from which I will name for instance the extensive program of measurement of primary stresses in rock massif of the Carpathian fore-trough and Czech massif using hydrofracturing of the borehole walls, an international project of research on material disintegration by high-pressure abrasive water beam, monitoring of the natural and induced seismic activity in Northern Moravia, development of the program file GEM for mathematical modeling of extensive tasks in geomechanics or research on the structure and development of regions from the environmental point of view.

The institute is widely involved in international projects especially within the EU (4. and 5. framework program - Inco Copernicus, Interreg, Intas, bilateral projects) and thus it prepares for conditions of the EU enlargement.

Beside its fundamental mission - scientific research - employees of the Institute are since its very beginning of existence trying to turn the acquired knowledge into experience in practice. As for areas other than mining can for instance be stated laboratory research of sealing grouting for the underground gas storage Háje, measurement of rock abrasiveness and evaluation of the method of rock disintegration for construction of some tunnels (Mrázovka), project study and geotechnical exploration of the underground storage for burnt-out nuclear waste, stability calculations of the remedied heap Kateřina in Radvanice in Bohemia, cooperation on development of new anchoring and injection-anchoring elements (Boltex) for tunnel and underground structures, or extensive research on the impact of the check put on deep mining on the surface, environment, social-economic sphere and landscape formation.

At the time the Institute of Geonics presents a consolidated scientific institution with considerable professional potential as well as material equipment and is ready, also because of its location in a region subjected to significant economic transformation, to take part in solutions to preparations and constructions of infrastructure, surface protection, landscape formation and elimination of current as well as future environmental dangers.



VÝZNAMNÉ ŽIVOTNÍ VÝROČÍ ING. PETR VOZARIK

A SIGNIFICANT LIFE ANNIVERSARY ING. PETR VOZARIK

V tomto roce se dožívá význačného životního jubilea pan Ing. Petr Vozarik, dlouholetý člen a předseda redakční rady časopisu Tunel. Narodil se dne 16. dubna 1942 v Záhorovicích ve světoznámé oblasti Vizovic.

Po absolvování gymnázia v Uherském Brodě a studiích na Hornické fakultě v Ostravě obor podzemní stavby a hornictví, začal v roce 1965 pracovat u podniku Výstavba kamenouhelných dolů Kladno.

V letech 1967 až 1970 se účastnil ve funkci vedoucího přípravy na významných stavbách, a to přivaděč vody Želivka, Telekomunikační kolektor Praha-Žižkov, Sanace podzemí Kutná Hora.

Stavba přivaděče vody Želivka byla jeho velkou životní školou, kde v roce 1972 až 1975 pracoval ve funkci stavbyvedoucího na tunelovém úseku Jesenice - Brtnice.

Své teoretické znalosti, doplněné postgraduálním studiem na Fakultě chemicko-technologické v Pardubicích a Stavební fakultě v Praze, a praktické zkušenosti uplatnil ve funkci vedoucího přípravy při určování technologie výstavby staveb metra, a to na trasách IC - tunely Pankrác, IA - tunely a stanice Malostranská, Hradčanská, IIA tunely a stanice Želivského.

Po omezení aktivit podniku Výstavba kamenouhelných dolů Kladno v oboru podzemních staveb přišel významný životní krok, který ovlivnil jeho další život. Na začátku roku 1975 přijal nabídku podniku Metrostav Praha pracovat na "stavbě století", tj. na stavbách pražského metra.

Na novém pracovišti, ve funkci vedoucího oddělení přípravy, se významně zapojil do přípravy tras metra IB, IIB, IVB, rekonstrukce lanové dráhy na Petřín a význačné stavby Strahovského tunelu.

Od roku 1990 pracoval v různých náročných vedoucích funkcích, v nichž uplatňoval své teoretické znalosti a praktické zkušenosti. Jednou z nich byla funkce ředitele divize 4 - Consult, která zajišťovala projekty, přípravu staveb, marketing a technický rozvoj.

S vrozeným životním optimismem a láskou k horám dokázal překonat různá životní úskalí a dožít se významného jubilea šedesátí let v plné síle a pracovní aktivitě.

Do dalšího života přejeme jubilantovi pevně zdraví a mnoho elánu pro splnění jeho osobních plánů.

A long-term member and chairman of editorial board of the Tunel magazine Ing. Petr Vozarik celebrates a significant life anniversary this year. He was born in Záhorovice in world famous region of Vizovice on April 16, 1942.

After graduation from a gymnasium in Uherský Brod and studies at the Mining faculty in Ostrava, major underground engineering and mining, he began to work at the company Výstavba kamenouhelných dolů Kladno (Construction of stone-coal mines Kladno) in 1965.

During 1967-70 as a senior project manager he participated at significant projects such as the mined water feeder from the Želivka dam to Prague, telecommunications collector Prague-Žižkov and underground rehabilitation in Kutná Hora. Construction of the water feeder Želivka was his great life practice, where he during 1972-75 worked as site manager for the tunnel section Jesenice-Brtnice.

He sold his theoretical knowledge, perfected through post-gradual studies at the Chemical-technological faculty and Civil engineering faculty in Prague, as well as practical experience in the position of senior planning manager by determination of technology for construction of the Prague subway structures, and thus within lines IC-tunnel Pankrác, IA-tunnels and stations Malostranská, Hradčanská, IIA tunnels and station Želivského.

After diminution of activities of the company Constructions of stone-coal mines Kladno in the field of underground works, a significant breakpoint came, which influenced his further life. In the beginning of 1975, he accepted offer of the Metrostav Prague company to work on "Structure of the century", i.e. on constructions on Prague subway.

At a new workplace, in position of a senior project manager, he significantly took part in preparation of the lines IB, IIB, IVB, reconstruction of the funicular to Petřín as well as remarkable construction of the Strahovský tunnel. Since 1990, he has been working in various demanding top positions, where he kept using his theoretical knowledge as well as practical experience. The position of director of the Division 4 - Consult, which provided for designs, planning of constructions, marketing and technical development, was one of them.

With an innate life optimism and love to mountains, he managed to overcome various life obstacles and to reach a significant life anniversary of 60 years in full strength and working activity.

In the following life, we wish our celebrating friend strong health as well as lot of energy for fulfillment of his personal plans.

Ing. Milan Krejcar



ING. MIROSLAV UHLÍK – 65 LET

Narodil se 24. 6. 1937 v Kladně, kde absolvoval střední školu. V letech 1955 až 1960 studoval na Fakultě inženýrského stavitelství ČVUT v Praze obor hydrotechnika. Studium ukončil s vyznamenáním a nastoupil na krátký čas do pražského Hydroprojektu. Od té doby žije v Praze, kde má svoji rodinu, i když zpočátku vyjížděl za prací do bližšího i vzdálenějšího okolí.

Po krátké projektantské praxi nastoupil v roce 1962 k národnímu podniku Uranové doly Příbram do funkce vodohospodáře. Odtud vedla jeho cesta na stavbu štolového přivaděče pitné vody ze Želivky do Prahy, kterou tento podnik právě připravoval k zahájení. Zde strávil pět let v různých technických funkcích, na něž navázal jako člen vrcholového managementu v národním podniku Podzemní inženýrské stavby, později Výstavba dolů uranového průmyslu Zbraslav.

Během jeho působení u této firmy se u nás prudce rozvíjelo podzemní stavitelství. Ing. Uhlík byl u většiny velkých podzemních staveb jako vedoucí technické přípravy, ať šlo o štolové přivaděče z nádrží Přisečnice, Dřínov, Josefův Důl, Slezská Harta, Vír, nebo o podzemní objekty na přehradě Dalešice, II. březovském vodovodu, přečerpávací vodní elektrárně Dlouhé Stráně a mnoha dalších stavbách. V Praze to byla kmenová stoka K, nadsídlíšní sběrače pro Jihozápadní Město, ražené kolektory pro inženýrské sítě (ty se stavěly rovněž v Brně a Bratislavě) a výčet by mohl pokračovat.

V letech 1974 až 1977 si rozšířil vzdělání postgraduálním studiem na ČVUT - obor systémový stavební inženýr. Čtyři roky pracoval ve funkci odborného ředitele úseku inženýrských staveb na generálním ředitelství Výstavby hl. m. Prahy. V té době se stavěl Strahovský tunel, metro, kolektory, takže tyto stavby poznal z pozice investora. V roce 1990 se vrátil ke svému mateřskému podniku, aktivně s ním prožil jeho transformaci na akciovou společnost Subterra, a. s., a působí v něm dosud.

Byl u založení Československého tunelářského komitétu ITA/AITES, podílel se na přípravě světového tunelářského kongresu, který se konal v roce 1985 v Praze, i na mnoha odborných konferencích v oboru podzemního stavitelství. Je zakládajícím členem redakční rady časopisu Tunel, kde působí již 10 let.

Na všechna místa, kde pracoval, se snažil kromě profesní role přinést ještě něco navíc. Byl to vřelý vztah ke kultuře, zejména hudbě, ve které se stál i sám vzdělat. Získával pro to své okolí a inicioval sponzorské akce, což vedlo mimo jiné k jeho členství ve správních radách nadací Pražského jara, Národního divadla a Talichova komorního orchestru. Teď se těší na to, že v důchodu si bude moci svých zálib ještě víc užívat.

O svém příteli zaznamenal s potěšením a blahopřáním
About his friend with pleasure and congratulations recorded by
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

MIROSLAV UHLÍK – 65 YEARS

He was born on June 24, 1937 in Kladno, where he attended high school. During 1955-60 he studied at the Faculty of Civil Engineering by the Czech Technical University (ČVUT) in Prague, the major hydrotechnics. He graduated with honors and shortly afterwards enrolled by Hydroprojekt in Prague. Since then he has been living in Prague, where he has his family, although from the very beginning he has been traveling to both nearer and farther vicinity.

Following a short designing practice, he joined the national corporation Uranové doly Příbram (Uranium mines Příbram) in the position of water management engineer in 1962. From here he proceeded to construction of the water tunnel for drinking water from the Želivka dam to Prague, which was being prepared by this company at the time. He spent here 5 years in various technical positions, to which he linked membership in top management of the national corporation Podzemní inženýrské stavby (Underground engineering works), later renamed to Výstavba dolů uranového průmyslu Zbraslav (Mines development of uranium industry Zbraslav).

Our underground works had been developing steeply during his activity by this company. Ing. Uhlík happened to be at most large underground works as a head of construction pre-planning department, being it water tunnels from Přisečnice, Dřínov, Josefův Důl, Slezská Harta and Vír dams or underground objects within the Dalešice dam, the Březovský water main II and the pumped storage scheme Dlouhé Stráně. Within Prague, those were basic "K" sewer, higher-ranking sewers for Jižní Město, mined utility tunnels (those were also built in Brno and Bratislava) while the outline could continue.

During 1974-77 he expanded his education in graduate studies at ČVUT - major systems civil engineer. Then he worked for 4 years as technical director of the department of civil engineering works at general directorate of Výstavba hl. m. Prahy (Capital city of Prague Development). The Strahovský tunnel, the subway and collectors were being constructed at this time, so he had the opportunity to learn about those structures from the employer's perspective. In 1990 he returned to his parent company, he actively accompanied it through the process of its transformation to public limited company Subterra, and has remained active in it until present day.

He was there by foundation of the Czechoslovakian ITA/AITES Tunneling Committee, he participated at preparation of the World Tunnel Congress, which took place in 1985 in Prague, as well as of many professional conferences from the field of underground works. He is the founding member of the editorial board of the Tunel magazine, where he has remained active for already 10 years.

To all places where he worked, he tried to bring still something more beside the professional role. It was also a positive relationship to culture, especially music, in which he still managed to acquire some knowledge. He swept his surrounding along and initiated various sponsorship activities, which among other resulted in his membership in board of directors of the Prague Spring, National Theater and Talich's Chamber Orchestra foundations. Today he is looking forward to be still more enjoying his hobbies after retirement.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

28. MEZINÁRODNÍ SVĚTOVÝ
TUNELÁŘSKÝ KONGRES

Ve dnech 2. - 8. března 2002 se v australském Sydney pod názvem AITES - ITA DOWNUNDER 2002 Congress uskutečnilo každoroční nejvýznamnější mezinárodní setkání odborníků v oboru podzemních staveb - v pořadí již 28. světový tunelářský kongres Mezinárodní tunelářské asociace (ITA - AITES 28th International World Tunnel Congress). Jako obvykle bylo jeho pořádání spojeno s celou řadou dalších aktivit. Především to bylo zasedání Valného shromáždění ITA (ITA General Assembly) ve dnech 3. a 6. března a zasedání Exekutivy (ITA Executive Council Meeting) ve dnech 2. a 6. března. Dále 2. března proběhlo také společné zasedání exekutivy, animatorů pracovních skupin a představitelů národních komitétů (Communication Meeting - ITA Executive Council, Animateurs & Member Nation Representatives). Jednotlivé pracovní skupiny (Working Groups) pak zasedaly 3. a 4. března. Během kongresu propagovalo na výstavě, pořádané v jeho rámci, asi 65 firem z celého světa své výrobky a aktivity. Uskutečnila se celá řada odborných exkurzí a meetingů na zajímavých stavbách jak v blízkém, tak vzdálenějším okolí místa konání kongresu (včetně Singapur a Nového Zélandu). Technické exkurze v Sydney byly směřovány na:

- tunely na městské rychlostní komunikaci (2,3 km dlouhý Sydney Harbour Tunnel z r. 1992, 1,7 km Eastern Distributor Tunnel z r. 1999 a 3,4 km M5 East tunnel z r. 2001),
- severní hlavní podzemní přečerpávací stanici,
- Parramatta Rail Link (nová 28 km dlouhá trasa příměstské železnice, vedená převážně pod zemí).

První setkání všech účastníků kongresu se uskutečnilo na uvítací recepci, která se konala v předvečer oficiálního zahájení (tedy v neděli 3. března večer) v Kongresovém centru (Sydney Convention & Exhibition Centre). Vlastní zahájení ve velkém sále Kongresového centra (Tumbalong Auditorium) proběhlo v pondělí 4. března v dopoledních hodinách a vystoupili na něm se zdravicemi Garry Ash, předseda Australské tunelářské asociace, Andre Assis, prezident ITA a Sir Alan Muir Wood, jeden ze zakladatelů ITA a její doživotní čestný prezident. Kongres oficiálně zahájila paní Lucy Turnbull, náměstkyně primátora města Sydney. S prvním technickým příspěvkem, jakýmsi "State of art" vystoupil v rámci zahajovacího ceremoniálu prof. Zdeněk Eisenstein. Uměleckou část zahájení reprezentovalo alegorické vystoupení původních obyvatel australského kontinentu.

Další příležitostí k neformálním kontaktům byla v úterý 5. března večerní projížďka na lodi sydneyjským přístavem (Sydney Harbour Cruise). K nezapomenutelným zážitkům patří průjezd pod světoznámým Přístavním mostem (Harbour Bridge) a pohled na budovu Opery. Závěrečná recepce se konala na staré radnici (Centennial Hall - Sydney Town Hall) ve středu 6. března večer a kongres oficiálně ukončil pan Andre Assis po poslední přednášce ve čtvrtek 7. března. Při té příležitosti symbolicky předal štafetu zástupcům Nizozemské tunelářské asociace. Byl promítnut krátký reklamní šot, zvoucí všechny přítomné na příští Světový tunelářský kongres, který se bude konat v Amsterdamu v roce 2003.

Odborníci z České i Slovenské republiky byli - s přihlédnutím k odlehlosti místa konání od Evropy - zastoupeni ve značném počtu a zúčastnili se celé řady aktivit spojených se zasedáním. Za Českou republiku bylo přítomno 17 řádných delegátů z organizací, zastoupených v Českém tunelářském komitétu (METROPROJEKT 5, SUBTERRA 4, METROSTAV 3, PUDIS a VIS po 2, SATRA 1), za Slovenskou republiku pak 7 delegátů z organizací, zastoupených ve Slovenské tunelářské asociaci (Slovenská správa ciest 5, Infraprojekt a Banské stavby po 1).

Kromě předsedy ČTuK Ing. Hesse, který se jakožto člen exekutivy ITA/AITES účastnil jejích zasedání a zasedání Valného shromáždění, se aktivně do činnosti v rámci kongresu zapojila celá řada našich delegátů. Na Valném shromáždění zastupovali ČTuK Ing. Kuchár a Ing. Romancov, STA zastupovali Ing. Bakoš a Ing. Choma, v pracovních skupinách zasedali Ing. Valeš (WG. 4 + 13) a Ing. Hasík (WG. 19). Ing. Hess a Ing. Valeš se účastnili rovněž zasedání Communication Meeting. V průběhu prvního zasedání VS vystoupil Ing. Kuchár s pozváním na naši konferenci Podzemní stavby Praha 2003 a přítomným bylo rozdáno "první oznámení". Těžištěm našich vystoupení však byly

28TH INTERNATIONAL WORLD
TUNNEL CONGRESS

During March 2nd - 8th 2002, a most significant annual international meeting of professionals from the field of underground works - 28th World Tunnel Congress of the International Tunneling Association - under the name ITA-AITES DOWNUNDER 2002 Congress took place in Sydney, Australia. As usual, its organization was linked to all kinds of other activities. Before all, it was a session of the ITA General Assembly (on March 3rd and 6th) and meeting of the ITA Executive Council (March 2nd and 6th). A common communication meeting of the ITA Executive Council, working group animateurs and member nation representatives also took place on March 2nd. Individual Working Groups were then in session on March 3rd and 4th. Approximately 65 companies from all over the world advertised their products and activities during the Congress at an exhibition, organized within its framework. An entire row of specialized excursions and visits to interesting construction sites in both closer and farther distance from location of the Congress (including Singapore and New Zealand) occurred. Technical excursions within Sydney were aimed at:

- Tunnels on the high-speed road (2.3 km long Sydney Harbour Tunnel built in 1992, 1.7 km long Eastern Distributor Tunnel built in 1999 and 3.4 km long M5 East Tunnel built in 2001);
- Northern main underground pumping station;
- Parramatta Rail Link (new 28 km long track of a suburban railroad, conducted mostly underground).

The very first meeting all Congress participants took place at a welcome dinner, which was organized on the day prior to the official opening (i.e. evening on Sunday March 3rd) in the Sydney Convention and Exhibition Centre. The opening itself advanced in the Tumbalong Auditorium of the congress center in the morning of March 4th. At this opening, Mr. Garry Ash, chairman of the Australian Tunneling Association, Mr. Andre Assis, ITA President and Sir Alan Muir Wood, one of the ITA founders and its Lifelong Honorary president, delivered their greetings. The Congress was officially opened by Mrs. Lucy Turnbull, Deputy Mayor of Sydney. The first technical contribution during the opening ceremony, some sort of "State of the art", was delivered by Prof. Zdeněk Eisenstein. An allegoric performance by the Aborigines represented artistic part of the opening. A Sydney Harbour Cruise in the evening on Tuesday March 5th was another occasion suitable for informal contacts. A passage under the world famous Harbour Bridge as well as view on the Opera belongs to unforgettable events. The closing dinner took place at the Sydney Town Hall (Centennial Hall) on Wednesday March 6th while the Congress itself was officially closed by Mr. Andre Assis after the last lecture on Thursday March 7th. By this occasion, he symbolically handed a torch to representatives of the Dutch Tunneling Association. A short advertising animation was showed, inviting all those present to the next World Tunnel Congress, which will take place in Amsterdam in 2003.

Professionals from the Czech and Slovakian Republic were - with regards to distance of the location from Europe - represented in remarkable number and took part in all kinds of activities linked to the Congress. As for the Czech Republic, there were 17 regular delegates from organizations, which are represented in the Czech Tunneling Committee (METROPROJEKT 5, SUBTERRA 4, METROSTAV 3, both PUDIS and VIS 2, SATRA 1), in the same way for the Slovakian Republic, there were 7 delegates from organizations, which are represented in the Slovakian Tunneling Association (Slovakian Administration of Communications 5, both Infraprojekt and Banské Stubby 1). Beside the CTC chairman Ing. Hess who as a member of the ITA/AITES Executive Council took part in its meetings as well as in session of the General Assembly, a number of other our delegates actively participated at various activities within the Congress. As for the General Assembly, CTC was represented by Ing. Kootchar and by Ing. Romancov, Ing. Bakoš and Ing. Choma represented the STA. Ing. Valeš (no. 4 & 13) and Ing. Hasík (no. 19) took part in sessions of the working groups. Ing. Hess and Ing. Valeš also participated at the Communication Meeting. During first session of the GA, Ing. Kuchár delivered an invitation for our conference "Underground Works Prague 2003" while those present were given a "first announcement". However, the key points of our speeches were mostly lectures, which were

především referáty, které byly předneseny na zasedáních jednotlivých sekcí. Hned první den kongresu (4. března) přednesl Ing. Zapletal na zasedání sekce TS2A Projekt & Rozvoj - Geotechnika 1 (Design & Development: Geotechnical 1) příspěvek na téma Výpočetní model sekundární tunelové výstroje při dvouplášťovém ostění (Computational model for secondary tunnel liner of two-pass lining system), zpracovaný společně s Ing. Salačem a prof. Eisensteinem. Diskuse potvrdila velký zájem, s nímž se příspěvek setkal.

Následující den, 5. března, v průběhu zasedání sekce TS5B Projekt & Rozvoj - tunelování v zeminách (Design & Development: Soft Ground), které předsedal Ing. Hess, byl přednesen Ing. Valešem příspěvek Pražské metro - prodloužení trasy C (Prague Metro - Line C Extension), jehož těžištěm bylo, kromě obecné informace o metru v Praze a průběhu trasy IVC1 a IVC2, technické řešení podchodu Vltavy pomocí dvou samostatných tunelových trub, vybetonovaných z vodotěsného železobetonu v celku v suchém doku na trojském břehu a postupně vysouvaných do rýhy předem vybagrované ve dně řeky. Originalita řešení, rozměry, tvar a hmotnost vysouvané konstrukce (délka 168 m, zakřivení v obou směrech, hmotnost téměř 7000 tun), jakož i skutečnost, že první z tunelů již byl úspěšně v řece stabilizován, zatímco identická operace na druhém proběhne v první polovině letošního roku, vzbudily zaslouženou pozornost a zájem o prohlídku stavby u celé řady zahraničních odborníků. Článek publikovaný ve sborníku konference jakož i přednesený referát byly připraveny společně pracovníky zpracovatele projektové dokumentace METROPROJEKT Praha, a. s., a realizační firmy METROSTAV, a. s.

Ani třetí den kongresu, 6. března, jsme nevyšli naprázdno. Tentokrát, v sekci TS8A Benchmark Projects 3, vystoupil Ing. Bakoš s příspěvkem Dálniční tunel Sitina v Bratislavě (The Sitina Motorway Tunnel in Bratislava). Jedná se o první dálniční tunel na Slovensku budovaný v intravilánu. Předmětem referátu byly jak provozně-technické a konstrukční parametry díla, tak i problematika jeho realizace.

V závěrečný den kongresu, 7. března, vystoupil Ing. Kolečkář v rámci sekce TS11A Sledování rizik v moderním tunelování (Risk Management In Modern Tunneling) s příspěvkem o monitoringu na tunelu Mrázovka (Monitoring of Mrázovka Tunnel in Prague). Seznámil auditorium jak s předpoklady, tak výsledky měření, s použitými přístroji a zařízeními, a především pak s organizací vyhodnocování a předávání výsledků tak, aby bylo možno na jejich podkladě operativně rozhodovat o dalším postupu, eventuálně přijímat okamžitá opatření v případě bezprostředního nebezpečí. Příspěvek byl zpracován kolektivem autorů VIS a SATRA a (kromě přednášejícího to byli Ing. Havrda, Ing. Dvořák a Ing. Němeček).

Celkem bylo na kongresu předneseno více než 90 technických referátů, 67 příspěvků bylo představeno formou "posters". Všechny jsou též publikovány ve sborníku, na jejich zpracování se podílelo přes 400 autorů (vzhledem k tomu, že seznam řádných delegátů obsahuje něco přes 500 jmen, znamená to, že většina účastníků se nějakým způsobem podílela na zpracování příspěvků, i když je třeba vzít v úvahu, že ne všichni autoři na kongres přijeli). Celkem 7 příspěvků bylo přijato dodatečně. Je třeba podotknout, že většina materiálů kongresu, včetně sborníku, je primárně zpracována v digitální formě (každý řádný účastník obdržel CD-ROM), sborník v tištěné formě je třeba zvlášť objednat za cenu nikoli nezanedbatelnou 250 AUD (australských dolarů, tj. kolem 5000 Kč).

Podrobnější informace lze získat na webových stránkách <http://www.tourhosts.com.au/ita2002/>

KONFERENCE ŽELEZNIČNÍ MOSTY A TUNELY

Tento 7. ročník pravidelného setkání správců, investorů, projektantů a stavitelů na železničních stavbách byl poprvé rozšířen o segment staveb železničních tunelů. Conference, kterou pořádal SUDOP Praha, a. s., ve spolupráci s Českými drahami, s. p., se konala dne 23. 1. 2002 v Kongresovém centru Olšanka Praha.

Z přednesených příspěvků se plná třetina věnovala tunelářské problematice. Jak bylo předneseno Ing. Stečenským z Českých drah - divize dopravní cesty spravují 149 železničních tunelů, z nich plných 103 bylo postaveno v 19. stol.

Problematiku výstavby pro nejbližší léta je nutno rozdělit do dvou zásadních kategorií. Jednak do rekonstrukcí či modernizace stávajících tunelů, ze kterých je 22 hodnoceno jako nevyhovující, jednak do výstavby nových tunelů, a to hlavně v rámci výstavby koridorových tratí. Z hlediska technické legislativy byly v r. 2002 ukončeny práce na návrhu české technické normy ČSN 737508 železniční tunely - zpracovatel firma SUDOP Praha, a. s. V návaznosti na tuto normu byla firmou ILF CZ Praha, s. r. o., zpracována novela kapitoly 20 TKP ČD - Tunely, která upřednostňuje orientaci na NRTM.

delivered during sessions of the individual sections.

Already on the first day of the Congress (March 4th) during session of the section TS2A Design & Development: Geotechnical 1, Ing. Zapletal delivered a contribution on the topic of Computational model for secondary liner of two-pass lining system, elaborated along with Ing. Salač and Prof. Eisenstein. Discussion confirmed a serious interest, with which the contribution has met. On the following day (March 5th) during session of the section TS5B Design and Development: Soft Ground, which was chaired by Ing. Hess, Ing. Valeš delivered a contribution on Prague Metro - Line C Extension, where beside general information about the Prague metro and conduction of the IVC1 and IVC2 tracks, the main point was represented by technical solution of the passage below Vltava using two separate tunnel tubes, formed from waterproof reinforced concrete in a dry dock at the shore of Troja and gradually shifted into pre-excavated trench in the river bottom. Invention of the solution, dimensions, shape and weight of the shifted structure (168 m long, curvature in both directions, weight almost 7000 tons) as well as the fact that first of the tunnels was already successfully stabilized in the river while identical operation of the other one will proceed in first half of this year, evoked a deserved attention and interest for a visit of the entire construction by a number of foreign professionals. The article published in the conference proceedings as well as the delivered lecture were prepared mutually by employees of elaborator of the design documentation METROPROJEKT Praha a.s. and of the contractor METROSTAV a.s.

Not even on the third day of the Congress (March 6) did we stay unnoticed. This time, during session of the section TS8A Benchmark Projects 3, Ing. Bakoš delivered a contribution on The Sitina Motorway Tunnel in Bratislava. It is the first tunnel in Slovakia, built within urban area. Operational-technical and structural parameters of the work as well as problems by its realization were topics of the lecture.

On the closing day of the Congress (March 7th) during session of the section TS11A Risk Management in Modern Tunneling, Ing. Kolečkář delivered a contribution on the Monitoring of Mrázovka Tunnel in Prague. He informed the auditorium of requirements, measurement results, used instruments and devices, but especially of the organization of result evaluation and submission, so that on their basis it could be operatively decided on the following procedure, eventually possible to adopt prompt measures in case of immediate danger. The contribution was elaborated by a collegium of authors from VIS a.s. and Satra (except the speaker that includes Ing. Havrda, Ing. Dvořák and Ing. Němeček).

Altogether, more than 90 technical lectures were delivered at the Congress; other 67 contributions were introduced in the form of "posters". All of them will be published in proceedings, in whose creation more than 400 authors took part. (considering that the list of regular delegates had over 500 names, it means that majority of the participants in some way took part in elaboration of the contributions, although it has to be taken into account that not all of the authors arrived at the Congress). 7 contributions were accepted additionally. It has to be stated that most of materials from the Congress, including proceedings, are primarily elaborated in the digital form (every regular delegate was endowed a CD-ROM). Proceedings in the printed form have to be ordered extra for a not negligible fee of 250,- AUD (Australian dollars, i.e. app. 5000 Kc).

More detailed information can be obtained at the web page: <http://www.tourhosts.com.au/ita2002/>

Ing. Georgij Romancov, CSc.

CONFERENCE RAILROAD BRIDGES AND TUNNELS

For the first time, the field of railroad tunnel structures was added to the agenda of this year's 7th annual meeting of operators, owners, designers and builders of railroads structures. The conference, organized by SUDOP Prague a.s. in cooperation with České dráhy s.o. (Czech Railways), took place on January 23rd 2002 in the Olšanka hotel's congress center.

From the presented contributions, an entire third concerned tunneling. As mentioned by Ing. Stečenský from the Department of railroad routes, Czech Railways operates 149 railroad tunnels, from which whole 103 were built in the 19th century.

Construction issues of the years to follow are to be divided into two fundamental categories. Firstly, into reconstruction and modernization of existing tunnels, out of which 22 are rated as unsatisfactory, and secondly into construction of new tunnels, especially within the framework of the Corridor Projects tracks. From viewpoint of the technical legislation, works on proposal of the Czech technical norm ČSN 73 7508 - Railroad tunnels, elaborated by SUDOP Prague a.s., have been finished in 2002. Subsequently, in consideration of this norm, ILF CE Prague s.r.o. elaborated amendment to chapter

Perspektiva výstavby pro nejbližší léta je velmi příznivá, k nově postavenému tunelu Vepřek je připravováno k výstavbě na II. koridoru 6 tunelů v celkové délce asi 2700 m a ve výhledu na IV. koridoru Praha - České Budějovice 10 staveb v celkové délce 7960 m.

Příspěvky zpracované SG Geotechnika (doc. ing. Rozsypal, ing. Veselý) a ILF CZ (ing. Mařík) se týkaly projektování, realizace a geomonitoringu tunelů Mlčechovosty (Vepřek). O této stavbě byly již uvedeny články v našem časopise. Příspěvky na konferenci byly však zaměřeny na analýzu a vyhodnocení již realizované stavby. I jejich publikování by bylo pro náš časopis přínosné.

Mgr. Jiří Zmítka (ILF CZ) charakterizoval ve svém příspěvku jednu z největších realizovaných staveb v Evropě, což je vysokorychlostní trať Nürnberg - Ingolstadt. Z tunelových staveb to byly tunel Irlahull 7260 m, Schellenberg 650 m a Eurwang 7700 m.

Všechny tunely byly raženy metodou NRTM, která flexibilitou nejlépe vyhovovala požadavkům bezpečné a ekonomické realizace ve složitých a proměnlivých IG podmínkách. Byla zdůrazněna pravidelnost sledování IG podmínek, dodržování technologické kázně a vysoké nároky na odbornou úroveň všech účastníků výstavby.

Z hlediska požadavků na bezpečnost budoucího provozu jsou na těchto tunelech každých 1000 m vyraženy únikové východy umožňující jak únik osob, tak i příjezd záchranných a požárních vozidel. Únikové objekty byly vyraženy jednak jako samostatné tunely menšího profilu kolmé k ose nebo rovnoběžné s osou tunelu (následně jsou propojeny s tunelem prorážkou), jednak jako hloubené šachty.

Na výstavbě stavby tunelu Eurwang se podílely také české firmy Metrostav a Subterra.

Ing. Smolík (Subterra, a. s.) v dalším příspěvku shrnul zkušenosti z výstavby tunelů Niederhausen na trati Frankfurt n. M. - Kolín n. R. a únikových tunelů Eurwang.

V závěru konference bylo konstatováno, že příští zasedání bude ještě ve větší míře zaměřeno na tunelové stavby, které na železničních stavbách znovu získají na důležitosti.

20 of the Technical and Quality Specifications TKP CR - Tunnels, favoring the orientation on the NATM.

Prospects of construction for the following years are very favorable, beside the newly constructed tunnel Vepřek, there are 6 tunnels in preparation in total length of 2700 m at the Corridor II, while other 10 structures in total length of 7960 m are planned for the Corridor IV route from Prague to Czech Budweis. Contributions elaborated by SG Geotechnika (Doc. Ing. Rozsypal, Ing. Veselý) and ILF CE (Ing. Mařík) concerned designing, realization and geo-monitoring of the Mlčechovosty (Vepřek) tunnel. Articles on this construction have been published in our magazine. However, the conference contributions were focused on analyses and evaluation of already realized structures. They would also fit for publication in our magazine.

Mgr. Jiří Zmítka from ILF CR in his contribution characterized one of the largest realized structures in Europe, a high-speed track Nürnberg - Ingolstadt. As for tunnel structures, those were the Irlahull, Schellenberg and Euerwang tunnels 7260 m, 650 m and 7700 m long respectively.

All of the tunnels were excavated using the NATM, which with its flexibility suited to requirements of safe and economic realization within complicated and variable EG conditions the best. The regularity of EG monitoring, keeping technological discipline, and high demands on professional level of all construction participants were emphasized.

From the viewpoint of requirements on safety of future operation, exit tunnels allowing both escape of persons and arrival of rescue and fire brigade vehicles are in these tunnels built every 1000 m. Escape structures were built either as separate tunnels of smaller cross section perpendicular to the main tunnel or parallel with the tunnel and consequently connected by a cross cut, or as shafts sunk from the surface.

Czech companies Metrostav and Subterra also took part in construction of the Eurwang tunnel. Ing. Smolík (Subterra a.s.) in the next contribution summarized experience from construction of the Niederhausen tunnel on the Frankfurt upon Mainz - Köln upon Rhein track and escape tunnels Eurwang. In conclusion of the conference it was stated that the upcoming session would be even more focused on the tunnel construction, which would regard its importance in the field at railroad projects.

Ing. Petr Vozarik

BETONTAG 2002

Tato konference byla pořádána ve Vídni Rakouskou společností pro betonové konstrukce ve dnech 13. - 15. března. Jedná se o akci vskutku gigantickou - počet řádných účastníků dosáhl téměř čísla 1800 - konanou pravidelně ve dvouletém cyklu, na které se scházejí špičkoví specialisté oboru především ze střední Evropy - kromě odborníků z Rakouska byla nejvíce zastoupena Česká republika, Slovenská republika, Maďarsko, v menší míře pak Německo, Itálie, Dánsko a některé další státy.

Účast našich - tedy českých a slovenských odborníků - byla alespoň co do počtu vskutku imponující, podle oficiálního seznamu jich byly rovné dvě stovky. I když této účasti počet příspěvků procentuálně neodpovídal, přesto jak česká, tak slovenská strana přispěla každá alespoň jedním, a to v sekci nazvané "Přehled projektů ve východních státech střední Evropy" (další dva příspěvky byly z Maďarska).

Třebaže se jednalo o konferenci, jejímž hlavním tématem byly betonové konstrukce všeho druhu, velice podstatná část byla věnována podzemním stavbám a tunelům. Tomu odpovídal i zájem zástupců organizací - členů Českého tunelářského komitétu a Slovenské tunelářské asociace. Celá řada příspěvků byla tímto směrem orientována a rovněž dvě ze tří odborných exkurzí směřovaly do podzemí (výstavba úseku trasy U2 vídeňského metra a železniční tunel Lainzer).

Příspěvek "Betonové konstrukce v českém stavebnictví - historie, současnost a budoucnost nadcházejících let" byl zpracován společně VUT Brno, Společností pro sanace betonových konstrukcí a METROPROJEKT Praha, a. s. Svým rozsahem i obsahem byl mimořádný - zachytil nejdůležitější mezníky vývoje od rozpadu rakousko-uherské monarchie až po dnešek a podrobně zdokumentoval prakticky všechny hlavní oblasti, samozřejmě včetně podzemních staveb, ve kterých se betonové konstrukce budou v příštích letech u nás nejvíce aplikovat. Příspěvek vzbudil zaslouženou pozornost zejména ze strany zahraničních stavebních a inženýrských organizací. Také podstatná část příspěvku slovenských odborníků, zpracovaného především pracovníky Slovenské správy cest a nazvaného "Stav a výhled slovenské silniční sítě do roku 2006" se týkala právě tunelových staveb.

Další podrobnosti lze získat na webových stránkách.
<http://www.concrete-austria.com> a dále pak BETONTAG 2002

BETONTAG 2002

This conference was organized by the Austrian society for concrete structures in Vienna during March 13 - 15. It is a fairly monumental occasion - the number of ordinary delegates reached almost 1800 - held every 2 years, where top professionals of the field mostly from Europe meet. Beside Austrian professionals, Czech Republic, Slovakia and Hungary were represented the most while Germany, Italy, Denmark and several other states were represented at a lower scale.

Participation of our - meaning Czech and Slovakian - professionals was, as far as the number is concerned, impressive, according to the official list there was whole 200 of them. Although the number of contributions was not in percentage accordant with such participation, both the Czech and Slovakian delegation contributed at least once, and thus in the section called "Overview of projects in eastern states of the central Europe" (there were two more contributions from Hungary).

Concrete structures of all kinds were the main topic of this conference, however, a significant part was also devoted to underground structures and tunnels. Interest of representative of organizations - members of the Czech tunneling committee or Slovakian tunneling association - was accordant. Entire row of contributions was pointed this way while two out of three specialized excursions went underground (construction site of section of the U2 Vienna subway and the railroad tunnel Lainzer).

The contribution "Concrete structures within Czech civil engineering - history, present day and future" was elaborated mutually by TU Brno, Society for rehabilitation of concrete structures and by Metroprojekt Prague a.s. It was extraordinary both by its extent and content - it covered most important turning points in development since dissolution of the Austrian-Hungarian Empire until present day while it into detail documented basically all major fields, naturally including underground works, among which concrete structures will dominate in our republic in the upcoming years. The contribution drew a deserved attention especially from foreign construction and engineering organizations. In the same way, a fundamental part of the paper "Status and prospects of the Slovakian road network until 2006" elaborated by Slovakian professionals, mostly employees of the Slovakian Road Administration, concerned this topic of tunnel projects.

Details can be obtained at the web page:
<http://www.concrete-austria.com> and then BETONTAG 2002

Ing. Georgij Romancov, CSc.

INFORMACE INFORMATION

EFUC – EVROPSKÉ FÓRUM PRO PODZEMNÍ STAVBY

Dne 1. 12. 2001 v Praze oficiálně vzniklo "European Forum on Underground Construction" (EFUC). Cílem této, do života uvedené zastřešující organizace, je nabídnout platformu pro informace a výměnu zkušeností i otevření trhu pro obor podzemních konstrukcí (dopravní stavby, výrobní a skladovací prostory, obchodní haly, kulturní a sportovní zařízení, zásobovací a odpadní systémy, komunikační sítě).

EFUC vychází z iniciativy Německé a Francouzské společnosti pro bezvýkopové technologie - GSTT a FSTT. Jak předseda GSTT pan Rolf Bielecki při zahájení jednání vysvětlil, je přáním východoevropských zemí, přístupujících kandidátů Evropské unie, vytvořit v evropském zájmu zaměřené fórum. Zde by se měla otevřít příležitost odborníkům z budoucích členských zemí a možnost seznámit se touto formou s pravidly a standardy platícími uvnitř jednotlivých zemí EU a připravit se na evropský trh. Dále mohou tyto země prodiskutovat na odborné úrovni aktuální problémy v evropském měřítku a vzájemně nalézt řešení.

Ustavujícího zasedání EFUC v Praze se zúčastnily národní společnosti pro bezvýkopové technologie z Rakouska, České republiky, Francie, Maďarska, Slovenska a Německa. Zástupci z Polska, Švýcarska a Ruska nebyli přítomni, ale projevíli již předem velký zájem o spolupráci. V přípravné fázi bude EFUC vedeno společně předsedy GSTT Rolfem Bieleckým a FSTT Michelem Mermetem.

Financování EFUC se uskuteční prostřednictvím sponzorů. Mimo to se očekává, jestli je také možná podpora prostřednictvím EU.

V rámci prvního zasedání byly ustaveny dvě pracovní skupiny. Tématu "Použití bentonitu při výstavbě podzemních staveb" se věnuje expertní skupina pod vedením Michela Audoina z FSTT. Druhá skupina pod vedením prokuristky Mgr. Ulriky Rabmer-Koller z AAST se bude věnovat "Návodů a příruček pro určení ekonomických předností bezvýkopových sanací vedení" určených provozovatelům sítí. Pracovní výstupy těchto skupin se přeloží do příslušných národních jazyků, aby byly přijaty v odborném světě členských zemí.

Příští setkání EFUC se uskuteční 8. června 2002 v Bojnici (Slovenská republika) od 11 hod "Kdo má zájem se zúčastnit tohoto zasedání, je srdečně vítán", říká Ing. R. Bielecki, předseda GSTT.

Bližší informace u
nebo u národních společností

GSTT - tel.: +49 40 3569 2238 fax 2343
CzSTT - Ing. J. Raclavský 0602 52 89 05
SVKSTT - Ing. M. Krčík +421 46 5402575

Závěrečný protokol tohoto pražského zasedání EFUC - Evropského fóra pro podzemní stavby z 1. 12. 2001 má 11 bodů:

1. Uvítání účastníků panem Rolfem Bieleckým (GSTT) a Michelem Mermetem (FSTT).
2. Rolf Bielecki rozvedl, že tímto setkáním začíná iniciativa, která byla na úrovni ISTT v období mezi červnem 2000 až říjnem 2001 projednávána. Idea vytvoření otevřeného fóra pro evropské organizace, které se zabývají podzemními konstrukcemi, které nestojí v protikladu s celosvětovými aktivitami ISTT, (i ITA/AITES)*, vymezuje naopak tyto aktivity.
3. Je nutné, aby odborná výměna, obzvláště v neanglicky mluvících zemích Evropy, se zintenzívnila, což nemohou poskytnout mezinárodní instituce, jako např. ISTT. Tato nutnost trvá obzvláště proto, neboť k EU v budoucnu přístupující východoevropské země vyžadují intenzivní přípravu odborníků a vzdělávací zařízení na stávající i připravované směrnice. Jednoduché převzetí např. německých směrnic jinými zeměmi není možné bez společného odzkoušení národních zvláštností. Stávající diskuse s pozvanými národními společnostmi pro bezvýkopové technologie -STT (AATT, CHSTT, CzSTT, FSTT, HSTT, PFTT, P.P. Bessolov - RTA, SVKSTT) dokazují, že by měla být také vzájemná spolupráce s dalšími evropskými STT a dalšími technickými institucemi (např. STUVA v Německu, AFTES ve Francii), zejména když se vedle inženýrských sítí také jedná o další podzemní konstrukce.
4. Mezinárodní společnosti se nemohou k EFUC přidat, neboť se zde jedná výhradně o evropské zájmy. EFUC není žádná pracovní skupina ISTT. Angličtina zde také není předepsána. Účastníci při aktivitě EFUC bude víc spojovat ta řeč, která účastníky té které aktivity spojuje. V případě potřeby budou přizváni překladatelé. Pracovní výsledky budou shrnuty do závěrečného protokolu, který bude prostřednictvím EFUC příslušným zemím přeložen do národního jazyka, aby mohl být bezodkladně rozšířen v příslušném vědním oboru, hospodářství a státní a městské správě.
5. EFUC bude vytvářet skupiny a ustanoví jejich vedoucí, ve kterých budou jednotlivá témata rozpracována na pracovních jednání, workshopech a seminářích.
6. Vedení EFUC se bude měnit. V přípravné fázi v roce 2002 budou Evropské fórum společně vést Rolf Bielecki a Michel Mermet.

EFUC – EUROPEAN FORUM ON UNDERGROUND CONSTRUCTION

On December 1st 2001, the "European Forum on Underground Construction" was officially formed in Prague. The goal of this just into life brought umbrella organization is to offer a platform for information and exchange of experience as well as for market opening for the field of underground construction (transport-related structures, production and storage spaces, shopping halls, cultural and sports facilities, supply and disposal systems, communication networks).

EFUC is based on initiative of the German and French society for trenchless technologies - the GSTT and FSTT. As the GSTT chairman Rolf Bielecki in the opening speech explained, it is a desire of the Eastern-European countries, candidates for EU accession, to form a specialized forum in accordance with European interest. Here should lie an opportunity and possibility for professionals from the future member countries to learn about as well as prepare for the European market. Moreover, these countries can on a professional level discuss current problems on a European scale and mutually find solutions.

In the EFUC establishing session in Prague, national societies for trenchless technologies from Austria, Czech Republic, France, Hungary, Slovakia and Germany took part. Representatives from Poland, Switzerland and Russia were not present, but they had expressed a serious interest in cooperation beforehand. Within a preparatory phase the EFUC will be managed cooperatively by the GSTT chairman Rolf Bielecki and the FSTT chairman Michel Mermet.

EFUC will be financed through the means of sponsorship. Other than that, an eventual funding from the EU is being examined.

Within the framework of the first session, two workgroups were formed. A specialized group lead by Michel Audoin from FSTT focuses on the topic of "Use of bentonite by construction of underground structures". The second group lead by procurist Mgr. Ulrika Rabmer-Koller from AAST will focus on "Instructions and manual for determination of economic advantages of trenchless rehabilitation to utilities" serving the network operators. Draft outputs from these groups will be translated into accordant national languages, in order to be accepted by the professional community in the member countries.

The next EFUC meeting takes place on June 8th, 2002, in Bojnice (the Slovakian Republic), starting 11 am. "All who wish to take part in this session are heartily welcomed" - says Ing. R. Bielecki, GSTT chairman.

Detailed information by
Or by national societies

GSTT - tel.: +49 40 3569 2238 fax 2343
CzSTT - Ing. J. Raclavský 0602 52 89 05
SVKSTT - Ing. M. Krčík +421 46 5402575

Final protocol from this UFEC - European Forum on Underground Works Prague session on December 1st 2001 has 11 points:

1. Welcome to the participants by Rolf Bielecki (GSTT) and Michel Mermet (FSTT);
2. Rolf Bielecki stated that with this session, an initiative, which was on the ISTT level discussed between June 2000 and October 2001, begins. Idea of formation of an opened forum for European organizations, which deal with underground construction and do not stand in opposition to global ISTT activities (also ITA/AITES)*, on the other hand defines these activities;
3. It is essential that a professional exchange, especially within non-English speaking European countries, becomes more intense, and that cannot be provided by international institutions, such as ISTT. This necessity remains mostly because Eastern-European countries that are about to enter the EU require intensive preparation of professionals and educational facilities for existing as well as eventual regulations. A simple transfer of for instance German regulations by other countries is not possible without mutual examination of national peculiarities. The ongoing discussions with invited national societies for trenchless technologies -STT (AATT, CHSTT, CzSTT, FSTT, HSTT, PFTT, P.P. Bessolov - RTA, SVKSTT) prove that there should also be a mutual cooperation with other European STT as well as various technical institutions (STUVA in Germany, AFTES in France), especially when beside engineering networks there are also other underground constructions discussed;
4. International corporations cannot join the EFUC, because it pursues strictly European interests. EFUC is no ISTT workgroup. English is not an official language here either. Participants on particular EFUC activity will be linked by a language, which is more likely to bind participants of that activity. Interpreters will be provided if necessary. Draft outputs will be integrated into a final protocol, which will then be translated into accordant national languages by EFUC, in order to be able to be distributed within accordant scientific field, economy and state and city administration;
5. EFUC will be forming workgroups and designating their leaders. Within these, individual topics will be further elaborated on working sessions, workshops and seminars;
6. EFUC management will rotate. Within the preparatory phase in 2002, the European forum will be cooperatively managed by Rolf Bielecki and Michel Mermet;

7. EFUC by mělo být otevřené fórum bez rozsáhlých řádů.
 8. Pro umožnění účasti odborníků z východoevropských zemí na aktivitách EFUC se budou získávat dotační prostředky EU a sponzorské prostředky.
 9. Dr. Fabry (HSTT) shrnul cíle EFUC takto:
 - Zlepšení spolupráce národních společností v Evropě
 - Vliv na vytvářené směrnice Evropské unie (EU) v Bruselu
 - Realizace od seminářů až po zavedení Evropských směrnic
 - Analýza technických problémů pomocí evropské spolupráce
 - Příprava doporučení a specifikací
 - Podpora vzdělávání a doškolování formou účastí na odborných informačních systémech, např. Sokrates a Leonardo da Vinci
 10. Byly vytvořeny 2 pracovní skupiny pro
 - Použití bentonitu při výstavbě podzemních staveb, vedoucí Michel Audoin, FSTT, 4 rue des Beaumonts, F-94120 Fontenay Sous Bois, France, tel: + 33 (01) 53999020, fax + 33 (01) 53999029, E-Mail : fsttparis@aol.com
 - Příručka k určení ekonomických předností bezvýkopových sanací vedení, pro provozovatele inženýrských sítí, vedoucí: prokuristka Mgr. Ulrike Rabmer-Koller, AATT, c/o Bau-und inst. GesmbH, Bruckbachweg 23, A-4203 Altenberg, Oesterreich, tel: +43 (0)7230 7213-0, fax: +43 (0)7230 809331, E-Mail: ulrike.rabmer-koller@rabmer.at
 Zájemci z vědy, hospodářství a veřejné správy, kteří se chtějí podílet na činnosti jednotlivých pracovních skupin, se obrátí na příslušné vedoucí.
 11. Příští setkání EFUC se uskuteční v sobotu 18. června 2002 od 11 hod. v Bojnici - Slovensko. Zde na tomto setkání představí obě pracovní skupiny své první pracovní výsledky

* pozn. autora

7. EFUC should be an opened forum without any extensive guidelines;
 8. In order to allow participation of professionals from Eastern-European countries on EFUC activities, EU grants and sponsorship means will have to be acquired;
 9. Dr. Fabry (HSTT) summarized the EFUC goals in the following way:
 - Improvement in cooperation of national societies in Europe,
 - Influence on formation of EU regulations in Brussels,
 - Realization from seminars all the way to implementation of European regulations,
 - Analysis of technical problems through European cooperation,
 - Preparation of recommendations and specifications,
 - Promotion of education and supplementary schooling by the means of participation on professional information systems, such as Sokrates or Leonardo da Vinci;
 10. 2 workgroups were created :
 - Use of bentonite by construction of underground structures, leader Michel Audoin, FSTT, 4 rue des Beaumonts, F-94120 Fontenay Sous Bois, France, tel: + 33 (01) 53999020, fax + 33 (01) 53999029, E-Mail : fsttparis@aol.com
 - Instructions and manual for determination of economic advantages of trenchless refurbishment to utilities, leader procurist Mgr. Ulrike Rabmer-Koller, AATT, c/o Bau-und inst. GmbH, Bruckbachweg 23, A-4203 Altenberg, Osterreich, Tel.: +43 (0)7230 7213-0, fax : +43 (0)7230 809331, E-Mail: ulrike.rabmer-koller@rabmer.at
 All those interested from science, economy and public sector who desire to take part in activity of individual workgroups should contact accordant leaders;
 11. The following EFUC session will take place on June 18th, 2002 in Bojnice (Slovakia), starting 11 am. Here at this session, both workgroups will introduce their first draft results.
 * authors comment

Ing. Jaroslav Raclavský, Aut. Ing.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU CZECH TUNNELLING COMMITTEE REPORT

First Announcement

The Czech Tunnelling Committee ITA/AITES would like to invite you to its 10th Conference
**UNDERGROUND CONSTRUCTION
PRAHA 2003**

Time: November 18 - 20, 2003

The conferences have been organized in the capital of the Czech Republic in three-year cycles since 1977.

Prague has experienced a pronounced transformation in the course of the past ten years. Nowadays, its historic centre offers a lot of pleasure, which can be derived in the renewed beauties of the one thousand years' architectural development. Traffic issues and infrastructure of the capital are also being addressed in a new manner. It will certainly be rewarding for you to come here and combine the professional tunnelling meeting with an interesting aesthetic and touring experience. Accommodation will be provided both in the world class hotels and in cosy interior of small pensions.

Key Topics for Discussion:

- A. Urban underground planning and environmental aspects of underground construction
- B. Development, research and design of underground structures
- C. Implementation, equipment and operational safety of underground projects
- D. Maintenance, rehabilitation and refurbishment of underground structures

Preliminary Programme:

Tuesday, November 18 - the first day of the Conference:

- Opening
- Discussion on the topic A and B
- Gala Party -Banquette

Wednesday, November 19 - the second day of the Conference:

- Discussion on the topic C and D
- Conclusion

Thursday, November 20 - the third day of the Conference:

- Visit to tunneling construction sites

Invitation with registration forms and detailed instruction for papers elaboration will be distributed by July 2002.

Interested individuals are invited to submit a one page, single spaced abstract to the Secretariat of the Czech Tunnelling Committee ITA/AITES not later than September 30, 2002. Notification of acceptance will be made on November 30, 2002. Final papers, including photos and graphics, are due by March 31, 2003.

Jindřich Hess
President of the Czech Tunnelling Committee ITA/AITES

Jiří Barták
Chairman of the Organizing Committee

Address of the Secretariat:

Český tunelářský komitét ITA/AITES, Dělnická 12, 170 00 Praha 7,
tel./fax: +420 2 66793479 e-mail: matzner@metrostav.cz web page: http://www.ita-aites.cz

První oznámení

Český tunelářský komitét ITA/AITES si Vás dovoluje pozvat na 10. konferenci
**PODZEMNÍ STAVBY
PRAHA 2003**

Termín: 18. - 20. 11. 2003

Konference pod tímto názvem se konají od roku 1977 v tříletých cyklech v hlavním městě České republiky.

Praha v posledních deseti letech dožala výrazné proměny. Historické centrum dnes skýtá potěšení z obnovené krásy tisíciletého vývoje architektury. Nově jsou řešeny i dopravní problémy a infrastruktura hlavního města. Stojí za to přijet a spojit odborné setkání tunelářů se zajímavým estetickým a turistickým zážitkem. Ubytování bude připraveno v hotelích světové úrovně i v útulném prostředí malých pensiónů.

Hlavní tématické okruhy:

- A. Podzemní urbanizmus a ekologické aspekty podzemních staveb
- B. Vývoj, výzkum a projektování podzemních staveb
- C. Provádění, vybavení a bezpečnost provozu podzemních staveb
- D. Údržba, sanace a rekonstrukce podzemních staveb

Rámcový program:

Úterý 18. listopadu - první den konference:

- Zahájení
- Jednání o tématu A a B
- Společenský večer - banket

Středa 19. listopadu - druhý den konference:

- Jednání o tématu C a D
- Závěr jednání

Čtvrtek 20. listopadu - třetí den konference:

- Návštěva tunelářských staveníšť

Pozvánky k aktivní účasti na konferenci s podrobnými požadavky na vypracování příspěvků budou rozeslány v červenci 2002.

Abstrakty příspěvků v rozsahu max. 1 A4 je třeba předložit sekretariátu Českého tunelářského komitétu ITA/AITES nejpozději do 30. září 2002. Přijetí příspěvku bude autorům sděleno do 30. listopadu 2002.

Termín pro předložení příspěvků v konečné podobě: do 31. března 2003.

Ing. Jindřich Hess
předseda Českého tunelářského komitétu ITA/AITES

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
předseda přípravného výboru konference

Adresa sekretariátu ČTuK:



**...síla v projektu
...power in projects**

**10 let
akciové společnosti
METROPROJEKT Praha a.s.**

10

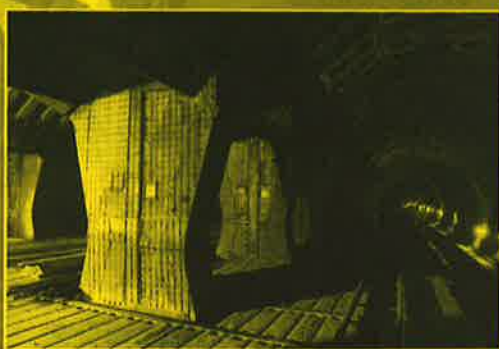
**10 years
of the joint-stock company
METROPROJEKT Praha a.s.**

1992-2002

držitel Certifikátu jakosti dle ČSN EN ISO 9001:2002 - Quality Certificate Holder

Naše aktivity

projekty staveb:
metro
tramvajové tratě
železniční koridory
silnice
tunely
průmyslové stavby
městská infrastruktura
bytové objekty
obchodní a administrativní centra



Focus of our activities

projects of constructions:
metro
tram tracks
railways
roads, highways
tunnels
industrial halls
urban infrastructure
residential houses
commercial centers offices

METROPROJEKT Praha a.s.

I.P.Pavlova 1786/2, 120 00 Praha 2, CZ

tel +420 2 96 154 111

fax +420 2 96 325 153

e-mail: metroprojekt@metroprojekt.cz

<http://www.metroprojekt.cz>



SG Geoinženýring

SG - Geoinženýring s.r.o.
Kilcperova 6
709 00 Ostrava - Mariánské Hory
tel./fax: 069/ 663 40 15
tel.: 069/ 663 30 50
mobil: 0606/ 56 42 69
web: www.geoinzenyring.cz

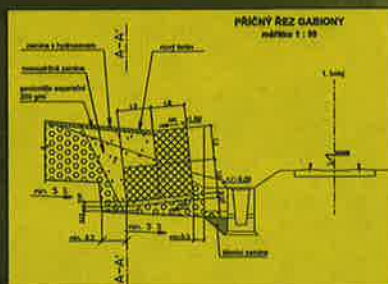
SG - Geoinženýring s. r. o. je specializovaná geotechnická firma se sídlem v Ostravě, která se zabývá projektováním, inženýringem a project managementem zejména inženýrských, podzemních a ekologických staveb a prováděním geotechnických a ekologických průzkumů

NABÍDKA SPECIALIZOVANÝCH SLUŽEB:

- stabilita stavebních konstrukcí a objektů
- stabilita zemních těles
- utěšňování a řízení průsaků vody
- problematika průmyslových a komunálních staveb
- problematika báňského inženýrství

Výše uvedené činnosti SG - Geoinženýring s.r.o. zabezpečí jak po projekční stránce, tak přímou realizací včetně dlouhodobého sledování účinnosti

SG - Geoinženýring s.r.o. je nositelem oprávnění k hornické činnosti a k činnosti prováděné hornickým způsobem



SG Geoprojekt

SG - Geoprojekt, spol. s r. o.
Kollářův 13, 602 00 Brno

tel.: 05/45 24 50 13
tel./fax: 05/45 24 51 81
mobil: 0606/61 72 97
e-mail: ssgtbrn@mbox.vol.cz
web: www.geoprojekt.cz

SG - Geoprojekt, spol. s r. o. je projekční kancelář se sídlem v Brně, specializovaná na projektování geotechnických konstrukcí anebo na subdodávky dílčích projektů náročných geotechnických objektů do komplexních projektů inženýrských staveb

Nabídka prací:

- ▶ **PROJEKTOVÁNÍ A DOZOROVÁNÍ STAVEB**
- ▶ **GEOTECHNIKA**
- ▶ **PODZEMNÍ STAVBY**
- ▶ **VODOVODY A KANALIZACE**
- ▶ **DOPRAVNÍ STAVBY**
- ▶ **SANACE STAVEB**
- ▶ **REVITALIZACE TOKŮ A KRAJINY**
- ▶ **EKOLOGIE**



OTVÍRÁME NOVÝ PROSTOR

JSME SPOLEHLIVÝ PARTNER NA STAVEBNÍM TRHU,
V PODZEMÍ I NA POVRCHU,
DOMA I V ZAHRANIČÍ

STAVBY DOPRAVNÍ, INŽENÝRSKÉ, VODOHOSPODÁŘSKÉ,
OBČANSKÉ A PRŮMYSLOVÉ

ZKUŠENOSTI ZE ZAHRANIČÍ

Německo - výstavba tunelů, bytová a občanská výstavba
Španělsko - výstavba tunelů a dolů

ZÁRUKA KVALITY

- certifikát na inženýrsko-dodavatelskou činnost dle ČSN EN ISO 9001
- certifikát na podpovrchovou činnost dle ČSN EN ISO 9002
- certifikát pro silniční a stavební práce v oboru pozemních komunikací a tunelů dle ČSN EN ISO 9002
- certifikáty výrobků - betony, ocelové konstrukce, malta gama

WE OPEN A NEW SPACE

WE ARE A SOLID PARTNER ON THE CONSTRUCTION MARKET
UNDER AND ABOVE GROUND
HOME AND ABROAD

TRANSPORT, ENGINEERING, WATER MANAGEMENT,
CIVIC AND INDUSTRIAL STRUCTURES

FOREIGN EXPERIENCES

Germany - construction of road and railway tunnels, apartment and civic buildings
Spain - construction tunnels and mines

QUALITY ASSURANCE

- Certificate for engineering and supplying activities to ČSN EN ISO 9001 standard
- Certificate for underground activities to ČSN EN ISO 9002 standard
- Certificate for construction works in roads and tunnels to ČSN EN ISO 9002 standard
- Product certificates - concretes, steel structures, gamma plaster



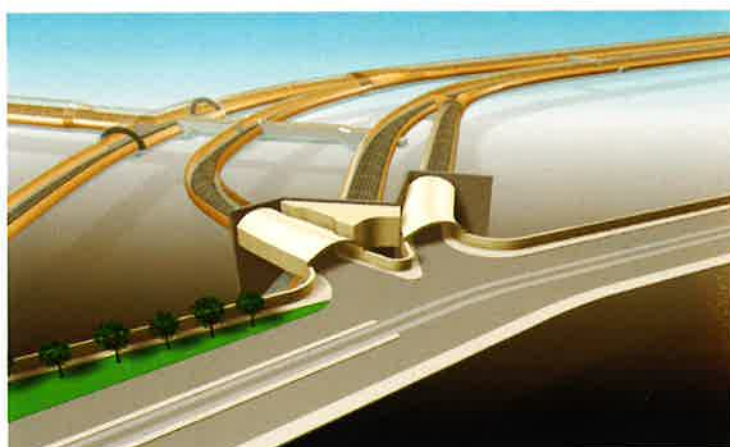
Subterra a.s., Bezová 1658, 147 14 Prague 4, Czech republic
tel.: +420.2.4446 3663, e-mail: info@subterra.cz, <http://www.subterra.cz>



držitel certifikátu jakosti ČSN EN ISO 9001

zajišťuje

- investorské služby a inženýrskou činnost zejména pro dopravní stavby, komunikace, mosty, tunely (vč. technologického vybavení)
- konzultační činnost v investiční výstavbě
- zabezpečení vstupních podkladů, projektové přípravy a dodávek pro stavby
- měření a sledování při ražbě a výstavbě tunelů



VIS, a.s.
Bezová 1658/1
147 01 Praha 4

tel.: 02/ 44 46 61 11
fax: 02/ 44 46 25 12

e-mail: vis@vis.cz
<http://www.vis.cz>

