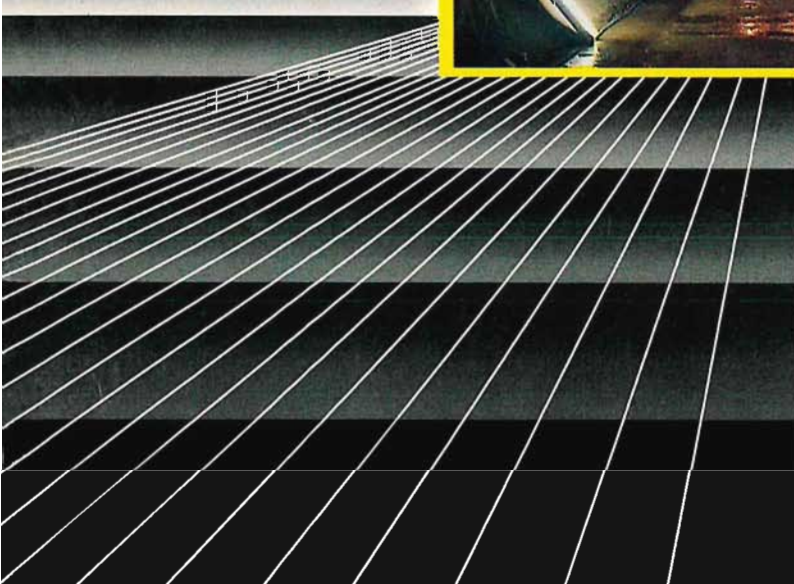
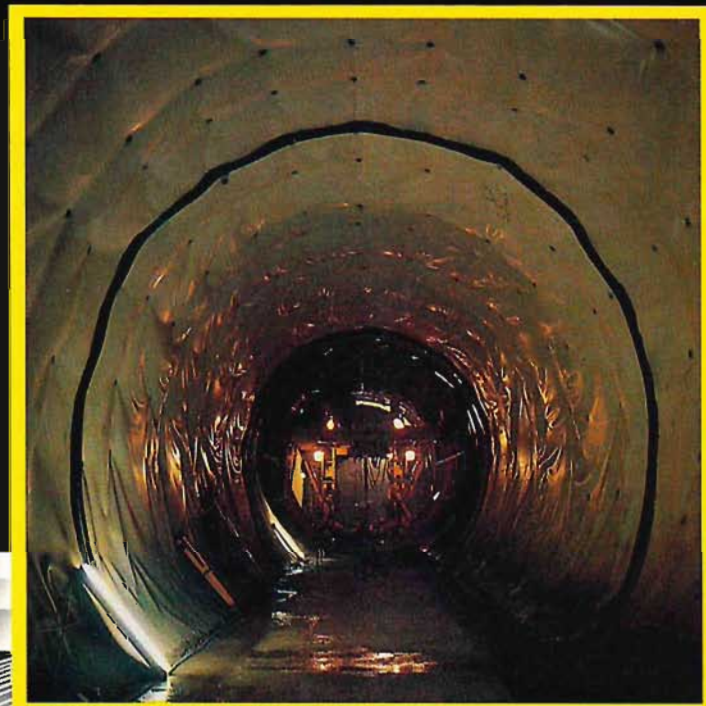


# Tunnel

ČASOPIS  
ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU  
A  
SLOVENSKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU  
ITA / AITES  
PODZEMNÍ STAVBY (VÝVOJ, VÝZKUM, PROJEKTOVÁNÍ, REALIZACE)



# ČLENOVÉ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU A SLOVENSKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

## MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECH AND SLOVAK TUNNELLING COMMITTEE

\* Členská organizace vydavatelského systému časopisu „TUNEL“

- AD SERVIS TERRABOR**  
Bělohorská 157/188  
169 00 Praha 6
- AMBERG ENGINEERING  
BRNO**  
Orlí 27  
602 00 Brno
- CARBOTECH POLONIA,  
s. r. o.**  
28. října 93  
702 00 Ostrava 1
- DIAMO s. p.**  
Stráž pod Ralskem  
471 27
- DOPRAVNĚ INŽENÝRSKÁ  
ORGANIZACE**  
Moravské nám. 19  
657 39 Brno
- DORF JESENÍK**  
Tovární 1287  
790 18 Jeseník
- DŮLNÍ PRŮZKUM  
A BEZPEČNOST**  
Paskov  
739 21
- \* **ELTODO, s. r. o.**  
Čerčanská 640/30  
140 00 Praha 4
- ENERGIE KLADNO, a. s.**  
Vašíčkova 3081  
272 04 Kladno
- GEOTEST**  
Šmahova 112  
659 01 Brno
- CHYTIL + RAČLAVSKÝ  
STAVEBNÍ SPOL., s. r. o.**  
Mládežnická 8  
690 02 Břeclav
- IKE**  
Plzeňská 166  
150 00 Praha 5
- ILF CONSULTING  
ENGINEERS s.r.o.**  
Sazečská 8  
108 25 Praha 10
- \* **INGSTAV BRNO, a. s.**  
Kopečná 20  
675 15 Brno
- INGUTIS, spol. s r. o.**  
Třeboradická 1/1275  
182 00 Praha 8
- INTERPROJEKT**  
Biskupský dvůr 7  
110 01 Praha 1
- \* **INŽENÝRING  
DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s.**  
Na Moráni 3  
128 00 Praha 2
- INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE  
PROJEKTOVÁ A INŽENÝR.  
KANCELÁŘ**  
Kobrova 1363/2  
150 00 Praha 5
- KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT**  
Šolínova 7  
168 08 Praha 6
- \* **METROPROJEKT PRAHA,  
a. s.**  
I. P. Pavlova 1786/2  
128 09 Praha 2
- \* **METROSTAV, a. s.**  
Dělnická 12  
170 04 Praha 7
- MIKROTUNELOVÁNÍ,  
spol. s r. o.**  
Dykova 3  
796 01 Prostějov
- PLYNOPROJEKT**  
Sokolská 44  
120 00 Praha 2
- \* **PRAGIS - HOLDING, s. r. o.**  
Na vyhlídce  
190 00 Praha 9-Prosek
- PŮDIS, a. s.**  
Nad vodovodem 2/169  
100 00 Praha 10
- SATRA, spol. s r. o.**  
Podhoří 2879  
276 01 Mělník
- \* **SG GEOTECHNIKA, a. s.**  
Geologická 4  
150 00 Praha 5
- SOLETANCHE ZAKLÁDÁNÍ a.s.**  
Senovážné nám. 23  
112 82 Praha 1
- \* **STAVEBNÍ FAKULTA VUT**  
Veveří 95  
662 37 Brno
- STAVEBNÍ FAKULTA ČVUT**  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6
- STAVEBNÍ FAKULTA ČVUT  
VĚDECKOTECHNICKÉ  
CENTRUM**  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6
- \* **SUBTERRA a. s.**  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4
- SUDOP**  
Olšanská 1a  
130 80 Praha 3
- ÚSTAV GEONIKY AV ČR**  
Studentská ul.  
708 33 Ostrava-Poruba
- \* **VODNÍ STAVBY PRAHA, a. s.**  
o. z. 05  
Dobronická 635  
142 20 Praha 4
- \* **VOJENSKÉ STAVBY, a. s.**  
Sokolovská 278  
180 44 Praha 9
- VOKD, a. s.**  
Českosobotská 7  
701 40 Ostrava 1
- VUT, FAKULTA STAVEBNÍ,  
ÚSTAV GEOTECHNIKY**  
Veveří 95  
662 37 Brno
- VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ**  
tř. 17. listopadu  
708 33 Ostrava-Poruba
- ZAKLÁDÁNÍ GROUP, a. s.**  
Rohanský ostrov  
180 00 Praha 8
- ZÁPADOČESKÉ UHELNÉ  
DOLY ZBŮCH,  
z. VÝSTAVBA PLZEŇ**  
Radčická 40  
301 17 Plzeň
- \* **ŽELEZNIČNÍ STAVITELSTVÍ  
BRNO, a. s., DIS**  
Heršpická 1  
639 00 Brno
- MAGISTRÁT HL. MESTA SR  
BRATISLAVY**  
Primaciálne nám. 1  
814 99 Bratislava
- \* **PRVÁ SLOVENSKÁ  
TUNELÁRSKA, a. s.**  
Račianska 66  
832 64 Bratislava
- RUDNÝ PROJEKT, a. s.**  
Festivalové nám. 1  
041 95 Košice
- SIMAC HOLDING, a. s.**  
Stromová 9  
833 17 Bratislava
- SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST**  
Továrenská 7,  
813 44 Bratislava
- SLOVENSKÉ TUNELY, spol. s r. o.**  
Lamačská cesta 16,  
841 03 Bratislava
- SOLHYDRO, spol. s r. o.**  
Kutlíkova 17  
851 01 Bratislava
- STAVEBNÁ FAKULTA VŠDS ŽILINA**  
Moyzesova 20,  
010 26 Žilina
- STAVEBNÁ FAKULTA STU  
BRATISLAVA**  
Radlinského 11  
813 68 Bratislava
- URANPRES, spol. s r. o.**  
F. Kráľa 2  
052 80 Spišská Nová Ves
- ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV  
KOŠICE**  
Watsonova 45  
040 01 Košice
- VÁHOSTAV, a. s.**  
Hlínská 40  
011 18 Žilina
- ŽELEZNICE SLOVENSKEJ  
REPUBLIKY**  
Klemensova 8,  
800 00 Bratislava
- FAKULTA BERG TU KOŠICE**  
Letná 9  
042 00 Košice
- BANSKÉ STAVBY, a. s.**  
Košovská cesta 16  
971 74 Prievidza
- DOPRASTAV, a. s.**  
Drieňová 27  
826 56 Bratislava
- GEOCONSULT, spol. s r. o.**  
Drieňová 27  
826 56 Bratislava
- GEOLOGICKÝ ÚSTAV  
DIONÝZA ŠTÚRA**  
Mlynská dolina 1  
817 04 Bratislava
- GEOMONTA, spol. s r. o.**  
Sebedražská cesta 7  
971 01 Prievidza
- HYDROSANING, spol. s r. o.**  
Mojmírova 14, P.O. Box 6  
972 01 Bojnice
- HYDROSTAV, a. s.**  
Miletičova 21  
820 06 Bratislava
- INCO, a. s.**  
Pri starej prachárni 14  
831 05 Bratislava
- INŽINIERSKE STAVBY**  
Priemyselná 7  
042 45 Košice

# TUNEL

Časopis Českého tunelářského komitétu  
a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES  
Založen ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

## OBSAH

Úvodník - Ing. Gustáv Schnierer, generální ředitel Banské stavby Prievdza . . . . .	str. 1
Existuje Nová rakúska tunelovacia metóda? - Prof. Dr. Kalman Kovári . . . . .	str. 2
Zpevnění zemin polyuretanovou pryskyřicí - Prof. Ing. J. Aldorf, DrSc., Ing. D. Janiček a Ing. M. Brožek . . . . .	str. 9
Diaľnica D 1 Beharovce - Branisko, tunel Branisko - Ing. Peter Dinga . . . . .	str. 13
Výměna eskalátorů ve stanicích pražského metra - Ing. Miroslav Kochánek . . . . .	str. 16
Zkušenosti z provozu odpadního tunelu lipenské hydroelektrárny - Ing. Karel Růžička, Ing. Josef Zajíc . . . . .	str. 19
Nový způsob vyjádření přetvárných vlastností hornin na bázi klasických laboratorních zkoušek - Doc. Ing. Petr Konečný, CSc., Ing. Jaromír Knejzlik, CSc., Ing. Pavel Konečný . . . . .	str. 24
Ochranný systém metra II - Ing. Tomáš Tomášek . . . . .	str. 28
Zpravodajství ITA/AITES . . . . .	str. 29
Zpravodajství Českého tunelářského komitétu . . . . .	str. 30
Zpravodajství Slovenského tunelářského komitétu . . . . .	str. 32

## REDAKČNÍ RADA

Předseda: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a. s.  
Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc. - METROSTAV, a. s.  
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT Praha  
Ing. Mil. Brožek - PRAGIS-HOLDING s.r.o.  
Ing. Jozef Frankovský - BANSKÉ STAVBY, a. s., Prievdza  
Ing. Igor Fryč, INGSTAV Brno, a.s.  
PhDr. Miroslav Kadlec - METROSTAV, a. s.  
Ing. Milan Krejcar - VOJENSKÉ STAVBY, a. s.  
Ing. Pavol Kusý, CSc. - PRVÁ TUNELÁRSKA, a. s., Bratislava  
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s. Praha  
Ing. Miloslav Novotný - VODNÍ STAVBY Praha, a. s.  
Ing. Ladislav Pazdera - METROSTAV, a. s.  
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a. s.  
Ing. Georgij Romancov, CSc. - METROPROJEKT Praha, a. s.  
Ing. Miroslav Uhlík - SUBTERRA a. s.  
Ing. Otakar Vrba - SG-GEOTECHNIKA, a. s.

## PRO SLUŽEBNÍ POTŘEBU VYDÁVÁ

Český tunelářský komitét a Slovenský tunelářský komitét ITA/AITES  
prostřednictvím METROSTAV, a. s.

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, ČR  
tel. (tuzemsko): 808 275, tel. (pro zahraničí): 809 453  
telex: 12 12 21, fax: 809 818, 876 160; redakce: 872 34 15  
Ved. redaktor: Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc.  
Odborní redaktoři: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Ladislav Pazdera  
a Ing. Pavel Polák  
Grafická úprava: Petr Míšek  
Fotografie na obálce: Izolace traťového tunelu IV. B - Josef Husák

Sazba, tisk: GRAFTOP

# Tunnel

Magazine of the Czech Tunneling Committee  
and the Slovak Tunnelling Committee  
ITA/AITES

established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

## CONTENTS

<b>Editorial</b> - Ing. Gustáv Schnierer, General Director of Bánské stavby, Prievidza . . . . .	page 1
<b>Is there a new Austrian tunneling method?</b> - Prof. Dr. Kalman Kovári . . . . .	page 2
<b>The first use and experience with polyurethane resin</b> - Prof. Ing. J. Aldorf, DrSc., Ing. D. Janiček and Ing. M. Brožek . . . . .	page 9
<b>Highway D 1 Beharovce - Branisko, Branisko tunnel</b> - Ing. Peter Dinga . . . . .	page 13
<b>Escalators replacement in Prague Metro stations</b> - Ing. Miroslav Kochánek . . . . .	page 16
<b>Experience in operation of a sewage tunnel at the Lipno hydroelectric power plant</b> - Ing. Karel Růžička, Ing. Josef Zajíc . . . . .	page 19
<b>New method of expressing deformation features of rocks on the basis of classic laboratory tests</b> - Doc. Ing. Petr Konečný, CSc., Ing. Jaromír Knejzlik, CSc., Ing. Pavel Konečný . . . . .	page 24
<b>Metro Protection System II</b> - Ing. Tomáš Tomášek . . . . .	page 28
<b>ITA/AITES News</b> . . . . .	page 29
<b>Czech Tunneling Committee News</b> . . . . .	page 30
<b>Slovak Tunnelling Committee News</b> . . . . .	page 32

---

## EDITORIAL BOARD

Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a. s., Chairman,  
Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc. - METROSTAV, a. s.  
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT Praha  
Ing. Mil. Brožek - PRAGIS - HOLDING s.r.o.  
Ing. Jozef Frankovský - BANSKÉ STAVBY, a. s., Prievidza  
Ing. Igor Fryč, INGSTAV BRNO, a. s.  
PhDr. Miroslav Kadlec - METROSTAV, a. s.  
Ing. Milan Krejcar - VOJENSKÉ STAVBY PRAHA, a. s.  
Ing. Pavo! Kusý, CSc. - PRVÁ TUNELÁRSKA, a. s., Bratislava  
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s., Praha  
Ing. Miloslav Novotný - VODNÍ STAVBY Praha, a. s.  
Ing. Ladislav Pazdera - METROSTAV, a. s.  
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a. s.  
Ing. Georgij Romancov, CSc. - METROPROJEKT Praha, a. s.  
Ing. Miroslav Uhlík - SUBTERRA a. s.  
Ing. Otakar Vrba - SG-GEOTECHNIKA, a. s.

---

## PUBLISHED FOR SERVICE USE BY THE

Czech Tunneling Committee and Slovak Tunnelling Committee  
ITA/AITES  
through METROSTAV, a. s.

---

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, ČR  
tel. (in-land): 808 275, (international): 809 453  
telex: 12 12 21, fax: 809 818, 876 160, editorial board: 872 34 15  
Editor-in-chief: Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc.  
Graphic Design: Petr Míšek  
Technical editors: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Ladislav Pazdera,  
Ing. Pavel Polák  
Cover photo: Josef Husák

---

Printed by: GRAFTOP

---



## ÚBEŽNÍKY HISTÓRIE A BUDÚCNOSTI BANSKÝCH STAVIEB

Banské stavby Prievidza vznikli v lone povojnového rozvoja baníctva na Slovensku a dodnes považujú toto odvetvie za svoju matku. Každý, kto sleduje ťažbu nerastných surovín, vie, že banícke odvetvie je citlivým seizmografom politicko-hospodárskych pohybov spoločnosti.

V kronike Banských stavieb sú tieto pohyby dobre čitateľné. Podniky ťažkého strojárstva SR sa položili takmer na lopatky jednou konverziou strojárskej výroby. Banské stavby vo svojej histórii prekonali niekoľko podobných konverzií.

Prvý otras zažili už v roku 1953, keď museli opustiť všetky pracoviská v slovenskom rudnom baníctve. Našťastie v tom čase nastala určitá konjunktúra v uhoľnom baníctve. Roku 1959 sa datuje comeback na rudy a postupné rozširovanie počtu pracovísk s vyvrcholením r. 1970.

Druhý otras postihol podnik v rokoch 1967 - 69, keď sa v hlbokoj kríze ocitla ťažba slovenského uhlia.

Tretia, posledná séria baníckej seizmiky odštartovala r. 1989 a trvá dodnes. R. 1994 sme v jednom období nemali ani jedno banské pracovisko v SR. Našou záchranou sa stali práce v zahraničí.

Ani technologicky podnik neostal v zúžaní a bez povíchríc. Dve generácie baníkov zažili najmenej tri generácie strojnej výbavy. Ak sme v r. 1951 nesmeli začať s malými prehadzovacími nakladačmi, v osemdesiatych rokoch v našom repertoári nechýbalo nič z najmodernejšej techniky a technológie: vrtacie vozy, veľkokapacitné bezkoľajové nakladače, veľkopriemerné vrtacie súpravy, raziace štíty, tunelovacie stroje. Viaceré z týchto strojov pochádzali z vlastnej vývojovej kuchyne.

Každý podnik si rád vo svojej histórii zaspomína na svoje podnikateľské úspechy a významné akcie. Takými sú pre BS: Baňa Čígeľ, niekoľko desiatok vyhľbených jám pre železorudné a polymetalické rudné bane ako aj magnezitové a uhoľné bane. Najstarší pracovníci si ešte živo pamätajú aj na pokus otvárkovej novej lignitovej bane v Sejkove, a na hľbenie jamy. Zbudza na sol'nom ložisku pri Michalovciach. Výnimočnosťou a parametrami si radi pripomíname Prečerpávaciu vodnú elektrárňu Čierny Váh. Naším najdlhším vyrazeným banským dielom zostane nadhlo Nová odvodňovacia štôľňa pre Banskoštiavnické bane s dĺžkou 13,8 km.

V dôsledku premien najmä nášho materského baníckeho odvetvia sme výrazne začali penikť do stavebníctva. Našich pracovníkov možno stretnúť na priehradných múroch, cementárskych silách, vodárenských a kanalizačných stavbách, malých vodných elektrárnach a dokonca aj na kostolných vežiach.

Dobрым príkladom mimobanského uplatnenia našich kapacít sú tunely na vodnom diele Turček a Ružín. Aprobáciu s novou rakúskou tunelovacíou metódou sme s úspechom absolvovali v SRN na tuneli Kohlberg pri Mníchove.

Či je nám to milé alebo nie, piedestál dodávateľskej hegemonie patrí do trezoru minulosti. Dirigentskú paličku v trhovej ekonomike vzal do rúk zákazník. Po rokoch obráteného garde sa musíme s pokorou vydať na cestu k nemu. Uholvými kameňmi našej podnikateľskej filozofie, ak máme byť na tejto ceste úspešní, musia byť: kvalita, tempo, komplexnosť, dobrý servis, prijateľné ceny našich služieb.

Vnútrošným predpokladom dosiahnutia týchto cieľov je vysoká profesionalita pracovníkov a ich technická vybavenosť. Netajíme sa, že reprodukcia jedného i druhého naráža na vážne bariéry.

O úspechu v podnikaní rozhodujú predovšetkým ľudia, preto nám zostáva predovšetkým zmobilizovať to čo máme. Naši konkurenti nie sú na tom inak. Lepší bude ten, kto lepšie využije vnútorné zdroje.

Špecializáciu pre podzemné práce si za každú cenu chceme zachovať, lebo sme presvedčení, - podľa príkladu krajín s vyšším stupňom hmotného rozvoja, že využitie podzemia je nevyhnutnou alternatívou. V hierarchii využitia podzemných priestorov sú celkom isto na prvom mieste tunely.

Ing. Gustáv Schnierer  
generálny riaditeľ  
Banské stavby Prievidza a. s.

# EXISTUJE NOVÁ RAKÚSKA TUNELOVACIA METÓDA ?

PROF. DR. KALMAN KOVÁRI, ETH ZÜRICH, INŠTITÚT GEOTECHNIKY

*THE NEW AUSTRIAN TUNNELLING METHOD (NATM) REPRESENTS IN THE WORDS OF ONE OF ITS MAIN AUTHORS, L. MÜLLER, A "STRUCTURE OF THOUGHT". IT WILL BE SHOWN IN THE FOLLOWING PAPER THAT THIS STRUCTURE RESTS NOT ON AN ESTABLISHED THEORETICAL FOUNDATION, BUT RATHER ON TWO FUNDAMENTAL MISCONCEPTIONS. THE FIRST CONCERNS THE DEFINITION OF THE NATM ITSELF, ACCORDING TO WHOSE CONCEPT THE ROCK MASS (GROUND) BECOMES PART OF THE SUPPORT STRUCTURE. UPON CLOSER EXAMINATION THIS CONCEPT IS REVEALED TO BE UNFOUNDED BECAUSE THE GROUND INEVITABLY BECOMES PART OF THE SUPPORT STRUCTURE IN ANY TUNNEL INDEPENDENTLY OF THE SELECTED METHOD OF CONSTRUCTION. THE SECOND FUNDAMENTAL ERROR LIES IN THE CLAIM THAT THE NATM THEORY CAN OPTIMIZE THE DESIGN OF THE TUNNEL LINING FOLLOWING THE SOCALLED FENNER-PACHER GROUND REACTION CURVE. SINCE BOTH THEORETICAL AND EMPIRICAL JUSTIFICATION IS LACKING FOR THE EXISTENCE OF THE LATTER, THE CENTRAL CLAIM CONCERNING THE OPTIMIZATION OF THE LINING DESIGN IS GROUNDLESS. IN THE FINAL PART OF THE PAPER, THE QUESTION IS DISCUSSED OF WHY SUCH MISCONCEPTIONS WERE ABLE TO GAIN SUCH CREDENCE IN THE ENGINEERING COMMUNITY AND WHY THE NATM THEORY WAS ABLE TO SURVIVE FOR SO LONG WITHOUT BEING REFUTED. THE REASON IS THAT THE NATM OPERATES WITH AMBIGUOUS OR UNDEFINED TERMS MAKING IT DIFFICULT TO PROVE IST INCORRECTNESS WITH LOGICAL ARGUMENTATIONS.*

## 1. OFICIÁLNA DEFINÍCIA NRTM

V roku 1980 z iniciatívy Rakúskeho národného komitétu pre podzemné stavby International Tunnelling Association (ITA) vychádza v 10-tich svetových jazykoch oficiálna definícia NRTM [1], ktorá znie: „*Nová rakúska tunelovaia metóda (NRTM) predstavuje koncepciu, ktorá z horninového masívu (skalná hornina alebo zemina) obklopujúceho podzemný priestor aktívaním nosného prstenca robí nosný prvok*“. Definícia obsahuje tieto tri základné časti:

- horninový masív sa pri NRTM stáva nosným prvkom,
- k tomu je potrebná koncepcia,
- koncepcia spočíva v aktivovaní nosného prstenca v horninovom masíve.

V tejto, ako aj v nasledujúcich častiach článku sa autor v prevažnej miere opiera o publikácie zakladateľov a „otcov“ NRTM: L. Rabcewicza, L. Müllera a F. Pachera. Bez pozornosti ale neostali ani publikácie druhej generácie tvorcov NRTM.

### 1.1 HORNINOVÝ MASÍV AKO NOSNÝ PRVOK

Najdôležitejšou časťou definície je konštatovanie, že horninový masív sa pri NRTM stáva nosným prvkom. Definícia vyzdvihuje tie princípy NRTM, ktoré sú pod podobnými výrazmi známe už z iných tunelovacích metód. Pri nej a údajne iba pri nej sa horninový masív stáva nosným prvkom. Z tohto základného princípu sú odvodené aj iné známe a v odbornej literatúre o NRTM často publikované formulácie, ako napr.:

- pri NRTM sa horninový masív začleňuje medzi nosné prvky,
- pri NRTM nesie horninový masív sám seba,
- pri NRTM je horninový masív považovaný za hlavný nosný prvok,
- NRTM transformuje horninový masív zo zaťažujúceho na nosné médium,
- NRTM využíva samonosnú schopnosť horninového masívu,
- NRTM pracuje „s“ a nie „proti“ horninovému masívu, atď.

Princíp NRTM, že horninový masív pôsobí ako nosný prvok iba pri nej, je zásadne chybný. V skutočnosti je výstavba tunelov bez spolupôsobenia horninového masívu nepredstaviteľná. Či už človek ku stabilizácii podzemných stavieb použije technické opatrenia alebo nie, nič nezmení na skutočnosti, že horninový masív svojimi prirodzenými schopnosťami auto-

maticky plní nosnú funkciu. Tieto poznatky nemuseli ľudia ani postupne čerpať zo skúseností, pretože logicky vyplývali priamo zo základných mechanických princípov správania sa horninového masívu. Iba na základe dôvery v tieto mechanické zákonitosti, ktoré vládnu v horninovom masíve, mohol vstupovať človek už odpradávna do jaskýň a stáročia pre svoje potreby vytvárať podzemné diela rôzneho druhu. Skutočnosť, že horninový masív je súčasťou nosnej sústavy zohráva nielen v tunelárstve, ale vo všeobecnosti v celom podzemnom staviteľstve rozhodujúcu úlohu.

NRTM si privlastňuje tie prirodzené mechanické zákonitosti (nosná funkcia horninového masívu), ktoré platia pri každej tunelovacej metóde a preto sú charakteristické pre podzemné staviteľstvo ako také. Na objasnenie logickej chyby, ktorú obsahuje oficiálna definícia NRTM, nám postačí jednoduchý príklad. Zoberme si inú, podobne chybnú definíciu: „Nový plavecký spôsob predstavuje koncepciu, ktorá z vody cez aktivizáciu vztľaku robí nosné médium“. V tomto prípade, ale rovnako je to aj v podzemnom staviteľstve, predstavujú prírodné zákony taký mechanizmus (tu je to vztlak, pri NRTM horninový masív ako nosný prvok), ktorý nezávisí od nijakej koncepcie. Obe definície sú preto chybné, lebo sa v nich, vyjadrené hierarchicky, na definovanie poddruhu použili výrazy charakterizujúce pojem druhu.

Táto chyba v oficiálnej definícii NRTM je zrejma aj z obr. 1 a 2. Aby sme mohli definíciu považovať za korektnú (obr. 1), musela by mať NRTM také znaky, ktoré by ju výrazne odlišovali od iných tunelovacích metód. Namiesto toho sa NRTM a iba jej prisudzujú tie znaky, ktoré prináležia celému podzemnému staviteľstvu. Tým sa nenazdajky dostala NRTM z kategórie tunelovacích metód do pozície pojmu zovšeobecňujúceho a zastierajúceho všetky ďalšie moderné tunelovacie metódy (obr. 2). V kruhoch okolo NRTM sa dokonca vážne diskutuje o otázke, ktoré tunelovacie metódy a podľa akých kritérií by sa mohli začleniť pod pojem NRTM [2]. Známy je aj názor, že „NRTM nie je len metódou, ale aj nahromadením poznatkov a skúseností z celého sveta“ [3]. Pojem tunelovanie sa nahrádza pojmom NRTM. Tým predstavuje NRTM najobsiahlejší, ale súčasne aj najprázdnejší pojem v tunelárstve. Podľa učenia logiky totiž ubúda z obsahu, keď sa zväčšuje rozsah záberu. Z toho vyplýva, že pri NRTM nie je ľubovoľne flexibilná samotná stavebná metóda, ale iba jej názov a definícia.

Všetci dobre vieme, že vlastnosť vody, ktorá z nej robí nosné médium, to znamená zákony vztľaku, popísal už Archimedes. Komu ale pripísať zásluhu za objav, že nosná funkcia horninového masívu pri tunelovaní patrí medzi všeobecne platné prírodné zákony?

Už v roku 1879 zistil Ritter [4], že od určitej hĺbky, v ktorej je umiest-

nený tunel, má výška nadložia iba nepatrný alebo dokonca žiaden vplyv na veľkosť horninového tlaku. Horninový masív sám prenáša zaťaženie nadložia. O tri roky neskôr (1882) vyslovil Engesser [5] hypotézu o „vytvárani klenby“ v horninovom masive cez poklesy v strope tunela (obr. 3). Tým je už jasne vyjadrené aj priame spojenie medzi deformáciami v horninovom masive a veľkosťou horninového tlaku. eiesmann [6] opísal nosnú funkciu horninového masívu takto: „Keď sa v dôsledku vyrazenia podzemného otvoru poruší v horninovom masive rovnovážny stav, musia jednotlivé čiastočky horninového prostredia okolo vyrazeného otvoru preniesť aj to zaťaženie, ktoré predtým niesol vyrúbaný materiál, podobne ako je to v prípade, keď urobíme otvor v múre“. Ide dokonca ešte ďalej a hovorí: „Úlohou inžiniera-tunelára nie je podprieť výrub proti plnému zaťaženiu horninovým tlakom, odpovedajúcejmu tiazii horniny celého nadložia. To zabezpečí ochranný obal. On sa musí postarať iba o jeho zachovanie“. Pod „ochranným obalom“ rozumie Wiesmann tú časť horninového masívu, v ktorej prebieha preskupovanie napätí (zmena primárnej napätosti na napätosť sekundárnu), teda polovinu - predpoklad rovinného riešenia - s kruhovým otvorom (obr. 4). „Ochranný obal“ v skutočnosti nemá presné ohraničenie.

V roku 1962 píše Rabcewicz [7]: „Myslím si, že dnes sme v podzemnom staviteľstve prišli k poznaniu, že samotným nosným materiálom je horninový masív“ a ďalej hovorí: „Preto najdôležitejšou úlohou v modernom tunelovom staviteľstve je podľa možnosti čo najviac zachovať a podporovať nosné vlastnosti horninového masívu“. Rabcewiczovi ale dokonale uniká, že už pred ním bol tento názor dostatočne rozšírený a objasnený v tedajších učebniciach. Platnosť tohto, v každom prípade správneho zistenia neaplikuje na celé moderné tunelové staviteľstvo, ale iba výlučne na ním v rovnakom roku zavedený nový výraz: „Nová rakúska tunelovacia metóda“. Výsledkom boli nejasnosti okolo pojmov v rámci NRTM, ktoré v nezmenšenej miere pretrvávajú dodnes.

Tiež členom Rakúskeho národného komitétu pre podzemné stavby pri publikovaní oficiálnej definície NRTM ušlo, ako hlboko bola nosná funkcia horninového masívu zakotvená v povedomí odborníkov už na začiatku nášho storočia. Na ilustráciu si uvedme jednu zvlášť vhodnú formuláciu od Maillarta z roku 1923 [8]: „Pokiaľ navrhujeme také ostenie štôine, ktoré dokáže čeliť vonkajšiemu tlaku horniny, pevnosť v tlaku horninového masívu sa zvýši, čím sa horninový masív stáva schopný niesť sám seba“.

Mohr v jednej zo svojich prednášok v roku 1956, to znamená 6 rokov pred NRTM, hovorí, že „sily pôsobiace na ostenie sa zmenšia, keď prístupíme v horninovom masive určité deformácie“ a ďalej pokračuje: „Pri praktickom využití tohto poznatku sa vyžaduje, aby sa horninový masív podporel iba do tej miery, že bude v stave niesť sám seba“.

Tým, že si statické spolupôsobenie horninového masívu nárokuje iba NRTM, dopúšťajú sa jej autori nielen logickej chyby, ale opovrhujú aj tými, ktorí sa zaslúžili o poznanie a jasné sformulovanie tohto najzákladnejšieho princípu v statike tunelov. NRTM využíva vo svojich postulátoch poznatky popredných tunelárov a vedcov nielen z oblasti tunelárstva z minulosti [6, 8].

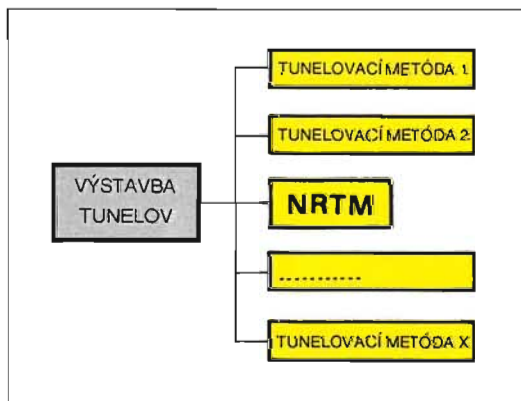
## 1.2 AKTIVOVANIE NOSNÉHO PRSTENCA

Teraz sa budeme venovať koncepcii, podľa ktorej treba pri NRTM aktivovať nosný prstenec v horninovom masive. Táto požiadavka vystupuje výlučne v „myslienkovom súbore“ NRTM; v ostatnej literatúre o stavbe tunelov nie je známa.

Čo je to nosný prstenec? Na túto otázku je v literatúre o NRTM a v brožúrke Rakúskeho národného komitétu [1] rad odpovedí, ktoré sa však od seba veľmi líšia. Tu by sme chceli stručne zhrnúť rôzne predstavy, ktoré použili zakladatelia NRTM pri svojej argumentácii, ale ktoré si často protirečia:

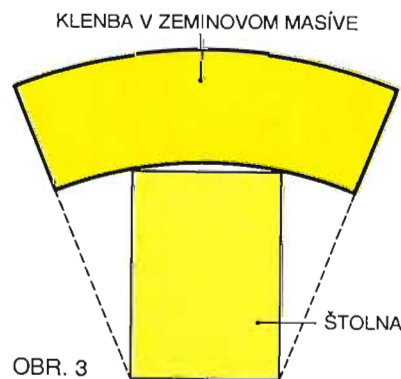
- nosný prstenec sa nazýva tiež „ochranný obal“ (obr. 5),
- pri starších konštrukciách tunelov sa nachádzali nosné prstence zdanlivo ďalej od vyrúbaného priestoru ako dnes pri NRTM (obr. 5),
- nosné prstence sa často znázorňujú ako stojaté elipsy (obr. 5),
- u Rabcewicza [11] sa prstence približujú k vyrúbanému priestoru, u Müllera a Feckera [10] nie (obr. 5 a 6),
- nosné prstence musia byť mobilizované prípustnými deformáciami horninového masívu, ináč nevzniknú. Pri nedostatočných deformáciách sa neuzatvoria do prstenca [1],
- zo statického hľadiska platí iba výstroj [1] a horninový nosný prstenec (obr. 7). Nosný prstenec je určitým spôsobom zaťažený. V minulosti sa mohol nosný prstenec zdanlivo vynechať,
- pri razení s členeným prierezom (obr. 8) vzniká rad nosných prstencov

### CIEL DEFINÍCIE NRTM



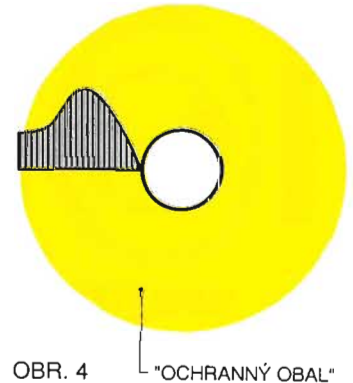
OBR. 1

### KLENBA V SÚDRŽNEJ ZEMINE PODLE ENGESSERA (1882, [5])



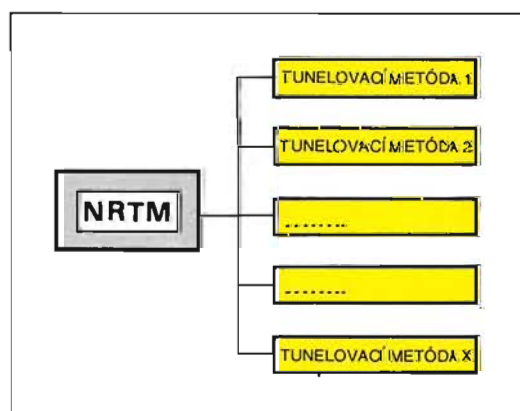
OBR. 3

### "OCHRANNÝ OBAL" PODĽA WIESMANN (1909/1912, [6])



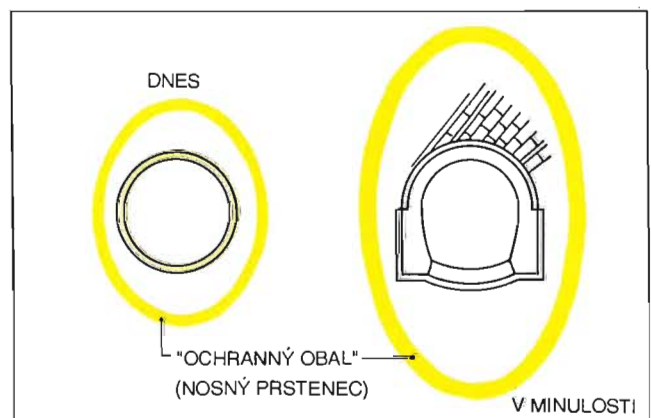
OBR. 4 "OCHRANNÝ OBAL"

### VÝSLEDOK DEFINÍCIE NRTM: NRTM NAHRADILA POJEM TUNELOVANIE



OBR.2

### "OCHRANNÝ OBAL" (NOSNÝ PRSTENEC) V HORNINOVOM MASÍVE PODĽA MÜLLERA A FECKERA 10



OBR. 5

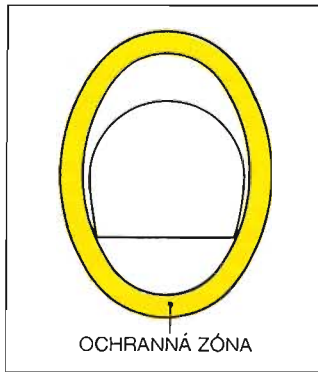
[12], ktoré podľa názoru NRTM poškodzujú horninu; preto NRTM volá po razení plným profilom. Zóny plasticity prerušujú nosné prstence v horninovom masive [13],

— existujú aj správy [3] o intaktných a reziduálnych nosných prstencoch; reziduálny sa však neuzatvára (obr. 9). V čom je rozdiel medzi intaktným a reziduálnym nosným prstencom nie je vysvetlené,

— v okolí kaverny [14] vyzerať horninový nosný prstenec zjavne ako strecha nad halou (obr. 10). Ako je táto klenba podopretá sa neuvádza. Nie je tiež jasné, prečo sa nosný prstenec nevyskytuje v oblasti dna,

— v mieste krížovania sa Eurotunela [15] je tvar nosného prstenca mimoriadne zvláštny (obr. 11). Hore je extrémne hrubý, smerom nabok sa zužuje a dole sa neuzatvára,

OCHRANNÁ ZÓNA" PODĽA RABCEWICZA (1944,[11])



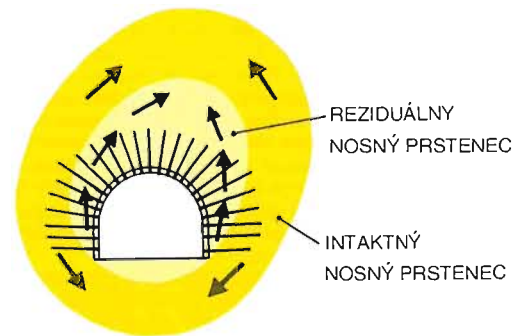
OBR. 6

— v literatúre o NRTM nachádzame aj popisy viacerých nosných prstencov, ktoré majú horninový masív zmeniť na „nosnú konštrukciu tvaru cibulových šupiek“ [16] (obr. 12). Nie je vysvetlené, či tieto prstence vznikajú súčasne alebo postupne za sebou.

NRTM ľubovoľne pracuje v podstate so štyrmi celkom odlišnými hypotézami o nosných prstencoch v horninovom masive. „Horninový nosný prstenec“ môže podľa NRTM znamenať nasledovné (obr. 13):

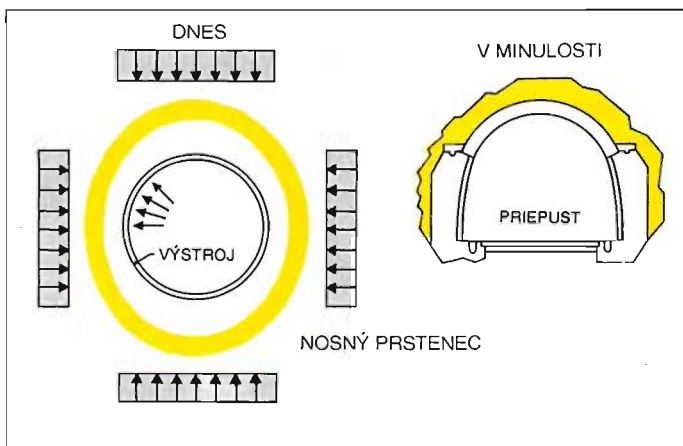
1. ochranný obal podľa Wiesmanna (prírodný nosný účinok),
2. oblasti v horninovom masive s koncentraciami tangenciálneho napätia (ochranné zóny),
3. zóna plasticity,
4. časť horninového masívu so systematickým kotvením (rošľová konštrukcia).

INTAKTNÝ A REZIDUÁLNY NOSNÝ PRSTENEC PODĽA HAGENHOFERA [3]



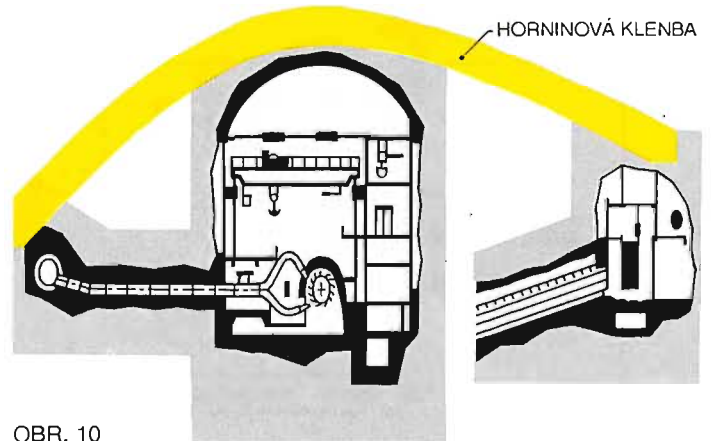
OBR. 9

NOSNÝ PRSTENEC PODĽA MÜLLERA A FECKERA [10]



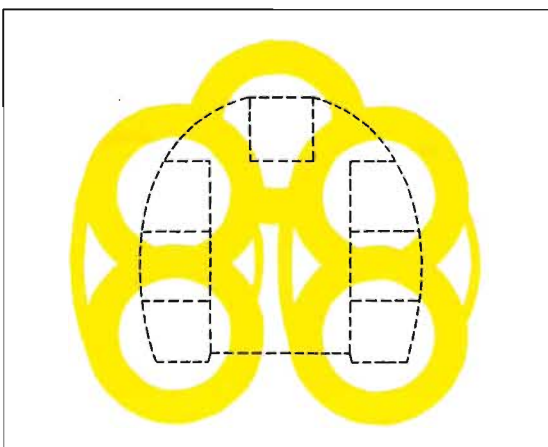
OBR. 7

HORNINOVÁ KLENBA NAD KAVERNOU PODĽA WISSERA [14]



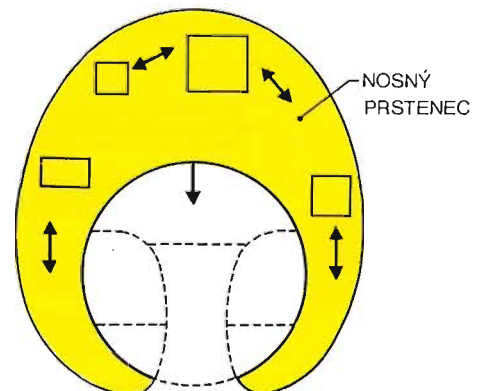
OBR. 10

NOSNÉ PRSTENCE PRI RAZENÍ TUNELA S ČLENNÝM PRIEREZOM PODĽA MÜLLERA [12]



OBR. 8

ŠPECIFICKÝ TVAR NOSNÉHO PRSTENCA - EUROTUNEL (MEYERSET AL, [15])



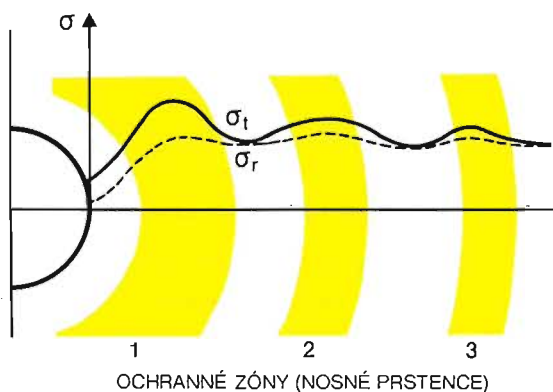
OBR. 11

V literatúre o NRTM dochádza v rámci týchto štyroch extrémne sa líšiacich kategórií pojmov k ľubovoľnej zámene a čitateľ zistí, že dokonca v tom istom článku sa môže zmeniť význam jednotlivých výrazov. Je

preto pochopiteľné, že ani zakladatelia NRTM ani jej zástancovia nemohli uviesť niekedy ani len podklady pre stanovenie tvaru a hrúbky takéhoto nosného prstenca; tiež materiálové charakteristiky zostávajú neznáme (obr. 14). Existujú názory, podľa ktorých sa „hrúbka uvažovaného nosného prstenca volí ľubovoľne“ [17]. Na obr. 14 sú znázornené veličiny, ktoré by museli byť známe, aby sa s takýmto útvarom mohlo pracovať z inžinierskeho hľadiska. Podrobil sa niekedy nosný prstenec v horninovom masive z obr. 14 kontrole? Müller [13] tvrdí, že „prstencovito uzatvorený ochranný obal je pre väčšinu tunelárov vžitou realitou“.

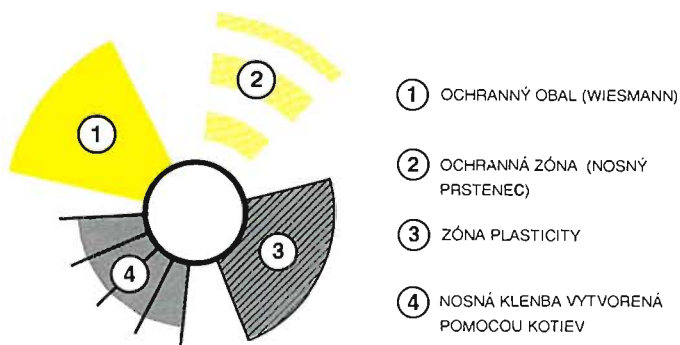
NRTM si kladie podmienky pre vytvorenie nosného prstenca v horninovom masive. Treba ho mobilizovať alebo aktivovať, ináč zrejme nevznikne buď vôbec alebo len s problémami, pričom sa prstenec neuzatvorí [1].

### VIACERÉ NOSNÉ PRSTENCE ŠTRUKTÚROU PODOBNÉ "CIBULOVEJ ŠLUPKE" PODĽA MÜLLERA, SAUERA A VARDARA [16]



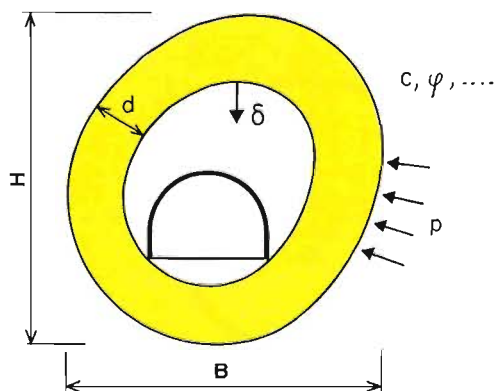
OBR. 12

### VÝZNAMOVÁ ROZMANITOSŤ POJMU HORNINOVÝ NOSNÝ PRSTENEC



OBR. 13

### TVAR, HRÚBK A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY NOSNÉHO PRSTENCA



OBR. 14

Niektor si pod pojmom aktivovať predstavuje systematické kotvenie, iný kontrolované deformácie horninového masívu a ďalší čakanie na ten správny okamih, atď. Ale hovorí sa aj o okamžitom iniciovaní ochranného obalu striekaným betónom. Jedna z najrozšírejších formulácií hovorí, že NRTM „dovoľuje“ horninovému masívu sa deformovať a „necháva“ mu čas na nadobudnutie schopnosti niesť sám seba. Pretože sa pri stavbe tunelov aj tak nedá bežnými prostriedkami zabrániť deformáciám horninového masívu a dodatočné opatrenia sú časovo náročné, je tento postulát neprijateľný a najmä zavádzajúci.

Výsledky našich úvah, týkajúcich sa oficiálnej definície NRTM, ktorá bola kvôli jej prisudzovanému veľkému významu uverejnená v 10-tich svetových jazykoch, môžeme zhrnúť nasledovne:

– Horninový masív predstavuje v tunelárstve, a to nezávisle od použitej tunelovacej metódy, nutne nosný prvok. To nie je známe zásluhou zakladateľov NRTM.

– Špecifická požiadavka NRTM, aby sa aktivoval nosný prstenec v horninovom masíve je neuskutočiteľná. Slovné výtvory „horninový nosný prstenec“ a „aktivovanie“ sú tak mnohovýznamové pojmy, že z vedeckého hľadiska sú nepoužiteľné. Definícia NRTM sa javí ako „tmavá“ definícia, pretože neznáme (NRTM) vysvetľuje neznámym (aktivovanie nosného prstenca v horninovom masíve).

Tým máme objasnené konštatovanie Müllera a Feckera [10], týkajúce sa NRTM, „že takmer každý, kto túto stavebnú metódu používa, má o nej inú predstavu“. Na správnosti tohto tvrdenia sa od roku 1978 nič nezmenilo. Preto aj odpoveď na otázku „Existuje NRTM?“ je jednoznačná: NIE.

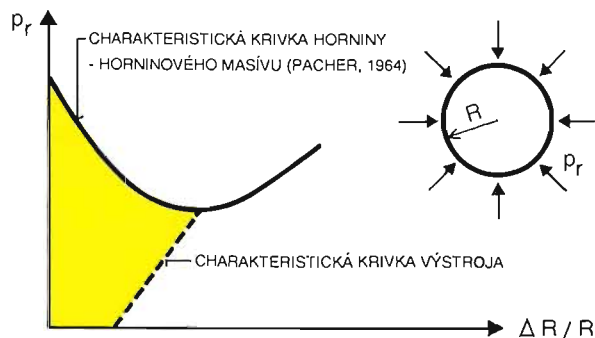
## 2. OPTIMALIZOVANIE ODPORU VÝSTROJA

Teraz postúpime o krok ďalej a budeme sa zaoberať hlavnou myšlienkou NRTM o optimalizovaní odporu výstroja.

Od roku 1972 sa stále viac a viac v náuke o NRTM presadzuje Pacherova teória uverejnená v roku 1964 [18], týkajúca sa priebehu charakteristickej krivky horniny - horninového masívu - v tvare kotliny a na tom založenej minimalizácii použitých vystrojovacích prostriedkov [19]. Podľa Müllera spočíva sokonca „celá koncepcia NRTM na Pacheroých charakteristických krivkách“.

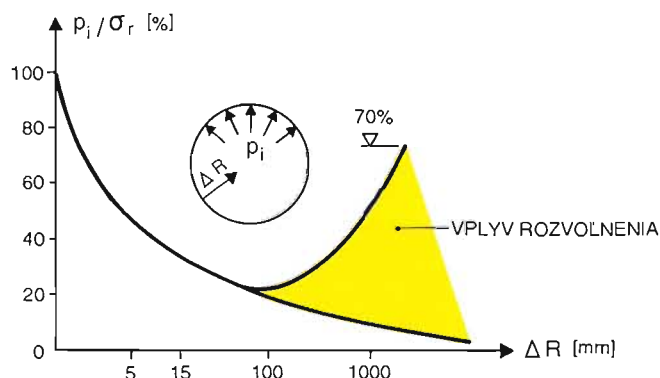
O čo tu ide? Jednoducho o to, aby sa charakteristická krivka zabudovaneho výstroja podľa NRTM určila tak [1, 10], že bude pretínať charakteristickú krivku horniny - horninového masívu - v jej najnižšom bode (obr. 15).

### OPTIMALIZOVANIE ODPORU VÝSTROJA PODĽA MÜLLERA A FECKERA [10]



OBR. 15

### ROZVETVENIE CHARAKTERISTICKEJ KRIVKY VPLYVOM ROZVOLNENIA HORNINY - HORNINOVÉHO MASÍVU PODĽA MÜLLERA [12]



OBR. 16

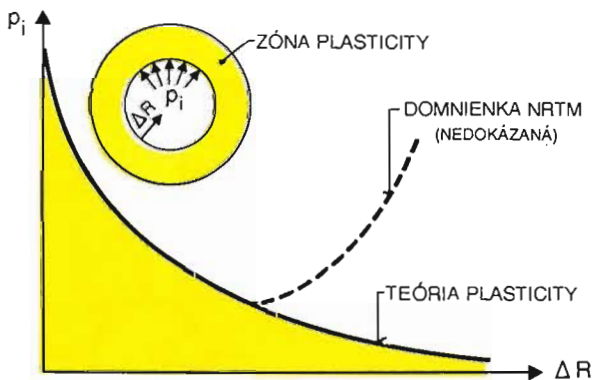
Rabcewicz [19] sa domnieva: „Pomocou meraní sme schopní udržať pod kontrolou sily a vhodne zvoliť  $p_i$  (odpor výstroja), až sa dosiahne optimum“.

Na obr. 15 je charakteristická krivka horniny - horninového masívu - prevzatá od Müllera a Feckera. Na x-ovej súradnici je vynesené pomerné radiálne pretvorenie  $\Delta R/R$  a na y-ovej radiálny tlak horniny  $p_i$ . Za povšimnutie stojí rotačne symetrická geometria a zaťaženie.

Na obr. 16 vidno rozvetvenie charakteristickej krivky [12]. Spodná vetva, približujúca sa k x-ovej súradnici vyplýva z teórie plasticity. NRTM predpokladá rozvetvenie smerujúce hore, ktoré odvodňuje rozvoľňovaním (odľahčením) a nakyprením horniny. V uvedenej závislosti sa radiálne pretvorenie uvádza v milimetroch a odpor výstroja v percentách zvislého tlaku nadložných vrstiev.

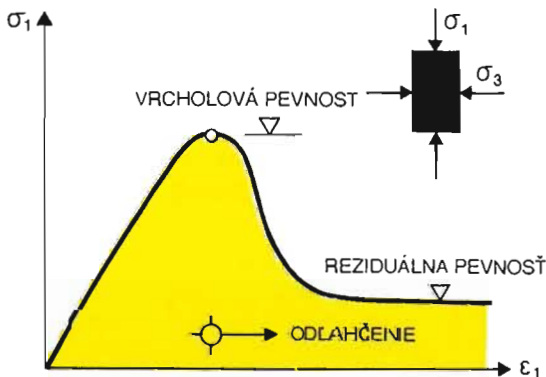
Müller odvodňuje extrémny vplyv nakyprenia na tlak horniny nasledovne [12]: „Čím väčší tlak horniny, tým väčšie nakyprenie; toto rozširuje fenomén tlaku horniny“. Takýto proces sa označuje ako reťazová reakcia (reakcia, ktorá sa raz vyvolá a potom spôsobuje ďalšie reakcie toho istého druhu). Ak sa pozrieme trochu bližšie na danú závislosť (obr. 16), tak zistíme, že táto charakteristická krivka skutočne vyjadruje výsledok reťazovej reakcie. Vidno, že opätovný nárast zaťaženia podmienený uvoľňovaním a nakyprením horniny môže dosiahnuť až 70 % zvislého tlaku nadložných vrstiev. Pri tuneli v hĺbke 1000 m by sa musel podľa závislosti na obr. 16 očakávať zvislý horninový tlak zodpovedajúci tiaži hmoty 700 metrového horninového stĺpca. Že to nie je možné, bolo jasné inžinierom už v polovici minulého storočia. Čo je príčinou tohto nápadného rozporu? Jednoducho to, že hypotéza o reťazovej reakcii v horninovom masíve neplatí. V skutočnosti neexistujú žiadne teoretické ani empirické podklady, potvrdzujúce platnosť charakteristickej krivky horniny - horninového masívu - podľa Pachera. Existuje iba jedna jediná, teoreticky podložená charakteristická krivka, totiž tá podľa teórie plasticity (obr. 17). Či už sa zohľadní alebo nezohľadní zníženie pev-

#### POROVNANIE CHARAKTERISTICKEJ KRIVKY PODĽA TEÓRIE PLASTICITY S CHARAKTERISTICKOU KRIVKOU PODĽA NRTM



OBR. 17

#### ZNÍŽENIE PEVNOSTI PO STRIHOVEJ ALEBO TRIAXIÁLNEJ ZKÚŠKE



OBR. 18

nosti podľa obr. 18 - ako to môžeme pozorovať pri strihovej alebo triaxiálnej skúške - charakteristická krivka nanovo nestúpa.

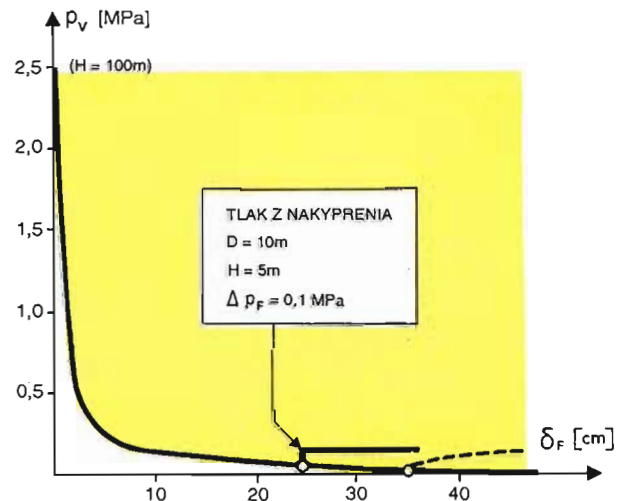
V rozsiahlej výskumnej správe [20] o charakteristických krivkách vypracovanej ako podklad pre dimenzovanie pri NRTM sa charakteristická krivka, ktorá svojím priebehom vytvára kotlinu ani raz nespomína. Ani v smerniciach ITA [21] sa nenachádza žiadna charakteristická krivka priebehom vytvárajúca kotlinu. V prácach „Finite element analysis of the NATM“ [22] a „NATM and finite elements“ [23] sa nehovorí ani o aktivovaných nosných

prstencoch v horninovom masíve ani o Pacherovej krivke. Existuje azda jediná možnosť pre odchýlku od klesajúceho priebehu charakteristickej krivky a je zaujímavé, že sa spomína aj v literatúre o NRTM. Je to prípad, keď sa v stropnej oblasti tunela v dôsledku nepriaznivého štruktúrneho oslabenia horniny - horninového masívu - poprípade vytvorením šmykových lôch čiastočne alebo úplne uvoľní blok horniny a svojou vlastnou hmotnosťou zvýši tlak na ostenie (obr. 19 a 20). Táto možnosť sa spomína tiež v smerniciach ITA [21]. Na akom mieste pozdĺž tunela, v akom rozsahu a kedy (v zmysle časovom) treba rátať s takýmito prípadmi je nevypočítateľné. Pre nás má význam tá skutočnosť, že tým nevzniká reťazová reakcia. Na príklade z obr. 19 vidno, ako málo ovplyvní uvoľnenie bloku horniny výšky asi 5 m (obr. 20) priebeh charakteristickej krivky v strope tunela. Potvrdzuje to aj Rabcewicz [11], keď hovorí: „Tlak z nakyprenia je pre skúseného tunelára zväčša neškodný“. A Müller uvádza [12]: „Pri stavbe štôlni a tunelov musíme vo všeobecnosti rátať s dosahom nakyprenia od 0,5 do 5,0 m“.

V literatúre o NRTM sa však varuje pred škodlivým nakyprením. Podľa Rabcewicza [24] je „zabránenie neprípustnému nakypreniu integrujúcou požiadavkou NRTM“. Rabcewicz takto prichádza k pojmu „prípustné nakyprenie“. Toto tvrdenie je ale v rozpore s horeuvedenými výpovedami (tlak z nakyprenia je neškodný). Okrem toho, pojem „prípustné nakyprenie“ nebol nikdy definovaný. Müller [21] v roku 1978 právom konštatoval: „O koľko sa zmenší napätie určitého nakyprenia, o tom, žiaľ, nemáme žiadne výsledky z experimentálnych skúšok“.

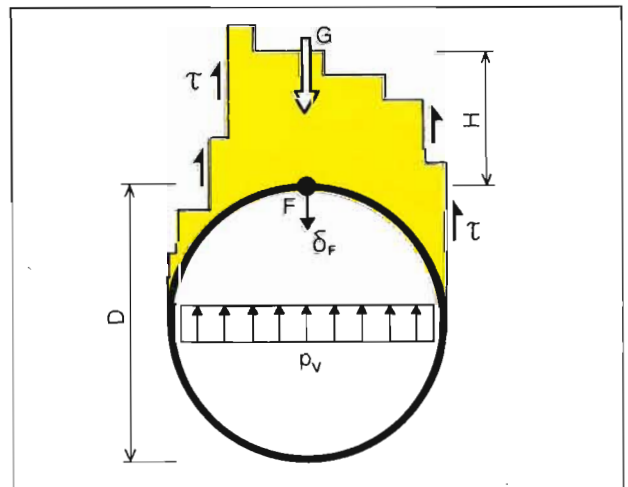
Teóriu aktivovania nosného prstenca a teóriu Fenner-Pacherovej charakteristickej krivky sme si vysvetlili oddelene. Každému je však jasné, že priebeh charakteristickej krivky musí vyjadrovať vlastnosti horniny - horninového masívu - v bezprostrednej blízkosti vyrúbaného priestoru. Nech sa už pod pojmom nosný prstenec v horninovom masíve rozumie hocičo, mal by byť medzi ním a charakteristickou krivkou úzky vzťah. V literatúre o NRTM

#### VPLYV UVOĽNENÉHO BLOKU HORNINY V STROPE TUNELA NA PRIEBEH CHARAKTERISTICKEJ KRIVKY



OBR. 19

#### ZVÝŠENIE HORNINOVÉHO TLAKU V STROPE TUNELA NAKYPENÍM HORNINY - UVOĽNENÍM BLOKU HORNINY (NÁHODNÁ UDALOSŤ, KTORÁ SA NEDÁ VOPRED STANOVÍŤ VÝPOČTOM)



OBR. 20

sa však postuláty o aktivovaní nosného prstenca v horninovom masive a o Pacherovej charakteristickej krivke vzájomne nespájajú.

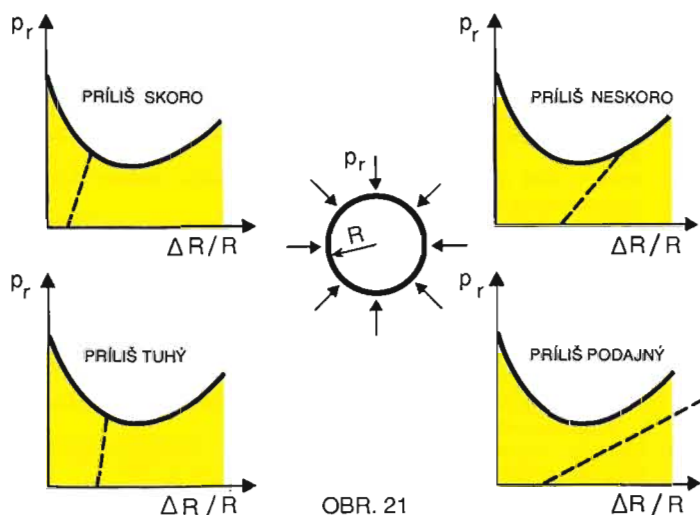
Zhráme si to. Optimalizovanie zabudovania výstroja v zmysle zakladateľov NRTM (Rabcewicz, Müller a Pacher) nie je zásadne možné, pretože ich predpoklad - charakteristická krivka horniny (horninového masivu) svojím priebehom vytvára kolínu (obr. 21) - nie je teoreticky vysvetliteľný a empiricky nebol nikdy zistený. Preto je princíp NRTM „výstroj nie príliš skoro a nie príliš neskoro, nie príliš tuhý a nie príliš poddajný“ [10] bezpredmetný. Pevnostné a deformačné vlastnosti výstroja, ako aj čas jeho zabudovania treba voliť podľa iných kritérií, čo predstavuje jeden z najkomplexnejších problémov výstavby tunelov. Pri tomto a podobných základných princípoch NRTM ide o pokus trivializovať výstavbu tunelov.

Ak teória obsahuje hrubú chybu, tak sú tu otvorené dvere pre ďalšie, ešte väčšie chyby. „Teória a prax NRTM“ pracuje podľa Sauera [25] aj s ďalšími formami charakteristickej krivky. Ten tvrdí: „Na základe doteraz urobených zistení, sledovaní a meraní sa vyžaduje súhrnné doplnenie Fenner-Pacherovej krivky o ďalšie maximum a minimum v oblasti výrubu“. Na zdôvodnenie tohto tvrdenia uvádza zmenenú Pacherovu krivku, ktorá má vyjadriť vzťah medzi šiestimi premennými. Na oboch súradnicových osiach sa nenachádza iba jedna, ale hneď tri premenné. K totálnemu zmätku prispieva ešte aj to, že dve zo šiestich premenných zostávajú nedefinované. Tento falošný matematický formalizmus vzbudzuje dojem vedeckosti. Je nepochopiteľné, prečo Rakúsky národný komitét pre podzemné stavby ITA nezakročí proti takýmto postupom, hoci proti kritikom NRTM vystupuje ako úrad [26].

### 3. MECHANIZMUS TVORBY POJMOV PRI NRTM

Našu úvahu o NRTM ukončíme všeobecnou charakteristikou jej „myšlienkového súboru“ [10]. Všetci vieme, že pojmy sú prvkami myšlienky

ŠIESTY PRINCÍP NRTM: „VÝSTOJ NIE PRÍLIŠ SKORO A NIE PRÍLIŠ NESKORO, NIE PRÍLIŠ TUHÝ A NIE PRÍLIŠ PODDAJNÝ“ (MÜLLER A FECKER, [10])



a takto predstavujú mienku [27]. Zdôvodnenie vedeckého poznatku predpokladá jasne definované pojmy a bezchybné závery. Poznatky, ktoré nie sú zdôvodnené alebo spočívajú na zlých záveroch, nemôžu byť platné.

Ak si všimneme spôsob, akým sa pri NRTM vytvárajú pojmy, tak nás napadá, že NRTM pracuje prevažne s nominálnymi definíciami. Rozumie sa tým len slovné vysvetlenie, bez jasne definovaného a vecne ohraničeného významu. Nominálne definície na rozdiel od reálnych sa dotýkajú len pojmu ako mena veci bez obsahovej náplne. Reálne definície sú vecné vysvetlenia s jasným obsahom. Iba tieto sú vhodné pre vedeckú prácu. Nasledujúce príklady z literatúry o NRTM (tab. 1) potvrdzujú nevýhody slovných vysvetlení bez jasne definovaného významu a obsahovej náplne.

Ak reaguje jazyk na takýto systém myslenia? Začína sa „nadávať“. Vytváranie nových slovných spojení zakrýva nedostatky v náhľade na súvislosti. V tab. 2 je uvedených rad slovných spojení, ktoré sa zmyslom podobajú pojmu „nosný prstenec v horninovom masive“ a boli použité v literatúre o NRTM. Rozmanitosť týchto výrazov pripomína Goetheho Fausta:

... bo práve tam, kde pojem chýba snád,  
tam slovom rýchlo všetko spravíte.  
Slovom sa možno chute škriepiť  
a zo slov systém dá sa zlepiť“.  
(preklad M. M. Dedinský, Tatran, 1966)

Ak nie sú pojmy dostatočne „ostré“, musia byť úsudky, ktoré na nich spočívajú buď nepravdivé alebo aspoň nezáväzná. V literatúre o NRTM sa

Ak nie sú pojmy dostatočne „ostré“, musia byť úsudky, ktoré na nich spočívajú, buď nepravdivé alebo aspoň nezáväzná. V literatúre o NRTM sa

TABULKA 1

Nominálne definície * (z literatúry o NRTM)
<p>citlivosť na rozvoľňovanie schopnosť relaxácie rýchlosť relaxácie polotuhý výstroj silové vákuum filter ohybových momentov tlačivý hmotnostný komponent tlačivý charakter zaťaženia samoochranný účinok nosná rezerva ovplyvnená sadaním napätové čiari redistribúcie prípád redistribúcie napätia napätová udalosť špecifický faktor času potreba redistribúcie napätia prípustné nakyprenie</p>
<p>* zmysel týchto výrazov nie je vždy celkom jasný ani v nemčine, ako pôvodnej verzii</p>

TABULKA 2

Slová významovo podobné pojmu „nosný prstenec“ * (z literatúry o NRTM)	
<p>vonkajší výstroj vonkajšia klenba vonkajší prstenec tlakový prstenec zóna relaxácie horninový nosný prstenec zóna tečenia pole dráh tečenia nosné teleso horniny výstroj horniny prstenec klenby výstroj klenby zóna šmykového porušenia klenba prstenca kruhová podperná línia ochranná klenba ochranný obal ochranná zóna podperný prstenec nosná klenba nosný obal nosné teleso nosný prstenec nosná škrupina nosná zóna cibuľovitý výstroj</p>	<p>silnostenná rúra neporušená horninová klenba do seba upnutá zóna Kastnerove zóny tvaru uší rozhodujúci nosný prstenec spolunosná zóna prírodná klenba šmykové zóny tvaru uší vrecká tvaru uší zóna plasticity pseudoplastická zóna tečenia pseudoplastická diagonálna zóna reziduálna horninová klenba reziduálny horninový nosný prstenec kruhová plošná zóna tečenia nosné zóny škrupinového tvaru samonosná klenba ochranný výstroj znižujúci napätie stabilizovaný nosný prstenec zóny tečenia v tvare vrecka nosné konštrukcie v horninovom masive trubková zóna virtuálna nosná klenba Wiesmannova zóna zóna zvýšeného tlaku zóna v tvare jazyka</p>
<p>* zmysel týchto výrazov nie je vždy celkom jasný ani v nemčine, ako pôvodnej verzii</p>	

často vyskytuje chybný alebo neúplný záver. K chybnému záveru dochádza vtedy, keď sa používa ten istý pojem, ale jeho obsah sa mení, takže v závere sa fakticky vyskytuje viac pojmov [27]. Takto môže autor vždy uvádzať výsledky, ktoré sú v súlade s jeho teóriou a vedľa toho trpieť rozporné tvrdenia. Dobrým príkladom pre chybný záver je návod, ako sa má aktivovať nosný prstenec v horninovom masive.

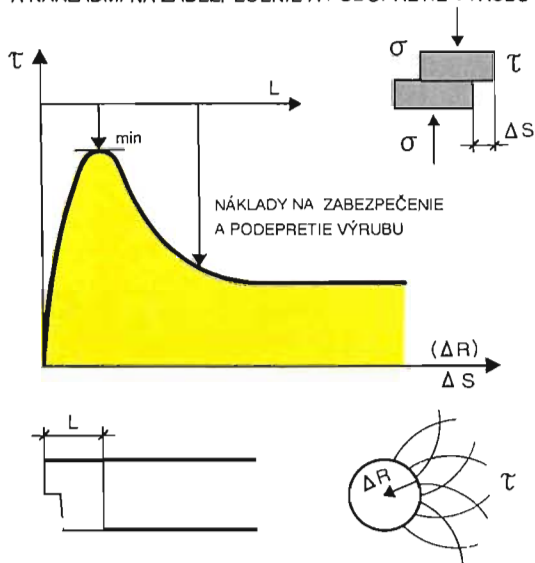
K neúplnému záveru dochádza vtedy, keď sa pri tvorbe úsudku neuvede jeden alebo viac predpokladov. Tvrdenie pri NRTM, že horninový masív

potrebuje čas, aby sa v ňom vytvoril nový rovnovážny stav, je neúplný záver. Tu by bolo potrebné vždy doplniť, že tento výrok má praktický význam len pri určitých druhoch hornín. K chybnému záveru dochádza aj vtedy, keď sa všeobecne známy stály pojem svojvoľne použije v odlišnom význame [28]. Toto znetvorenie jasného pojmu sa použilo v [25] pri vytvorení charakteristickej krivky horniny - horninového masívu - s dvoma minimami a jedným maximom. Závažná chyba sa robí aj vtedy, keď sa poznatok len oznámi, ale sa nezodôvodní. Príkladom toho je Sauerov diagram (obr. 22) v stati „Teória a prax NRTM“, ktorý predstavuje pokus vytvoriť závislosť medzi nasledujúcimi veličinami:

– deformácia ( $\Delta$ ) a šmykové napätie ( $\tau$ ) pri strihovej skúške,  
– konvergencia (radiálne deformácie) výrubu ( $\Delta R$ ) a vzdialenosť ( $L$ ) uzatvoreného prstenca ostena od čela výrubu.

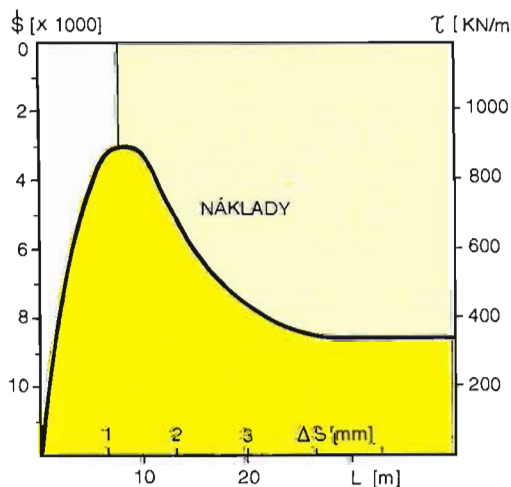
Sauer uvádza [25]: „Logicky možno z tejto krivky vyčítať aj náklady na zabezpečenie a podopretie výrubu, vyplývajú z predpokladu minimálnej potreby vystrojovacích prostriedkov pri maximálnom využití šmykovej pevnosti“. S týmto diagramom by sme mali v ruke prostriedok umožňujúci pri projektovaní tunela stanoviť náklady na zabezpečenie výrubu na základe niekoľkých strihových skúšok v laboratóriu. Táto závislosť by mohla vyzerat približne takto (obr. 23): na vertikálnej osi vľavo by sa mohli odčítať napríklad náklady na vystrojenie 1 bm tunela v dolároch v závislosti od veľkosti  $\Delta S$  (m) a  $L$  (m). Podľa tvaru pracovného diagramu pri strihovej skúške by náklady od určitej vzdialenosti od čela výrubu rapídne narastali. Táto Sauerova teória v rámci NRTM nie je ničím podložená. Nielen to. Ona je nedokápatelná. V skutočnosti sa dá jednoducho ukázať, že takáto závislosť nemôže vôbec obstáť. U čitateľa však takéto krivky vzbudzujú dojem, že pri NRTM sa vie o veciach, ktoré pri iných tunelovacích metódach ostali neznáme.

NEDOKÁZATEĽNA ZÁVISLOSŤ MEDZI ŠMYKOVÝM NAPÄTIEM PRI STRIHOVEJ SKÚŠKE, RADIÁLNYMI DEFORMÁCIAMI, VZDIALENOSŤOU OD ČELA VÝRUBU A NÁKLADMI NA ZABEZPEČENIE A PODOPRETIE VÝRUBU (SAUER, [25])



OBR. 22

FUNKCIA ŠMYKOVEJ PEVNOSTI - VÝSLEDOK TEÓRIE NRTM



OBR. 23

Na záver, ako posledný príklad chybného úsudku v literatúre o NRTM sme si nechali nasledujúci princíp NRTM [1]: „Prispôbiť metódu výstavby a spôsob razenia meniacim sa vlastnostiam horninového masívu, stabilite nevystrojenej výrubu, ako aj stabilite čela výrubu, a to správnou voľbou výšky, šírky a dĺžky záberu“. Pri pozornom čítaní nás napadne, že sa v tejto požiadavke vyskytujú dva výrazy a súčasne aj ich synonymá. Pri tunelovaní sa pod „metódou“ výstavby rozumie usporiadanie výrubu v priečnom reze (razenie plným prierezom alebo s členením), to znamená voľba výšky a šírky záberu a pod pojmom „spôsob“ razenia pracovný postup v pozdĺžnom smere, to znamená dĺžka záberu. V tomto princípe NRTM sa nepožaduje nič inšie ako „prispôbiť metódu výstavby a spôsob razenia ...“, a to správnou voľbou metódy výstavby a spôsobu razenia“. Ide o tautológiu, čo znamená, že ten istý stav vecí sa reprodukuje synonymami. „Ako a podľa čoho“ treba vybrať tú správnu metódu výstavby a správny spôsob razenia (pracovný postup v pozdĺžnom smere) ostáva nezodpovedané.

#### 4. ZÁVEREČNÁ ÚVAHA

Kritické pojednanie o Novej rakúskej tunelovacej metóde vo veci jej pojmov nie je možné. Pojmy v rámci NRTM sú natoľko mnohovýznamové, že sa nedajú jednoznačne podchytiť. Ak sa však pozrieme na NRTM ako celok, tak ju nielenže nemžeme nepodrobiť kritike, ale NRTM pred kritikou nemôže ani obstáť.

#### LITERATÚRA

- [1] Neue Österreichische Tunnelbaumethode, Definition und Grundsätze, Selbstverlag der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen im ÖIAV, Wien, 1980.
- [2] Lauffer, H.: Forderungen der NÖT an maschinelle Vortriebsysteme, Felsbau 6, Nr. 4, 1988.
- [3] Hagenhofer, F.: NATM for tunnels with high overburden, Tunnels and Tunneling, May, 1990.
- [4] Ritter, W.: Statik der Tunnelgewölbe, Berlin, 1879.
- [5] Engesser, F.: Über den Erddruck gegen innere Stützwände (Tunnelwände), Deutsche Bauzeitung, 1882.
- [6] Wiesmann, E.: Ein Beitrag zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit, Schweiz. Bauzeitung, Band 53, 1909.
- [7] Wiesmann, E.: Über Gebirgsdruck, Schweiz. Bauzeitung, Band 60, Nr. 7, 1912.
- [8] Rabcewicz, L.: Aus der Praxis des Tunnelbaus, Einige Erfahrungen über echten Gebirgsdruck, Geologie und Bauwesen, Jg. 27, Heft 3-4, 1962.
- [9] Maillart, R.: Über Gebirgsdruck, Schweizerische Bauzeitung, Band 81, Nr. 14, 1923.
- [10] Mohr, F.: Kraft und Verformung in der Gebirgsmechanik untertage, Deutsche Baugrundtagung, Köln, W. Ernst Verlag, 1957.
- [11] Müller, L., Fecker, E.: Grundgedanken und Grundsätze der „Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“, Felsmechanik, Kolloquium Karlsruhe, Trans Tech Publ., Claustal, 1978.
- [12] Rabcewicz, L.: Gebirgsdruck und Tunnelbau, Springer-Verlag, Wien, 1944.
- [13] Müller, L.: Der Felsbau, Dritter Band: Tunnelbau, Enke Verlag Stuttgart, 1978.
- [14] Müller, L.: Der Einfluss von Klüftung und Schichtung auf die Trompeter-Wiesmannsche Zone, 10. Ländertreffen, Int. Büro für Gebirgsmechanik Leipzig, Akad. Verlag, Berlin, 1970.
- [15] Wissler, E.: Die Gestaltung von Krafthauskavernen nach felsmechanischen Gesichtspunkten, Felsbau 8, Nr. 2, 1990.
- [16] Myers, A., John, M., Fugeman, I., Lafford, G., Purrer, W.: Planung und Ausführung der britischen Überleitstelle im Kanaltunnel, Felsbau, 9, Nr. 1, 1991.
- [17] Müller, L., Sauer, G., Vardar, M.: Dreidimensionale Spannungsumlagerungsprozesse im Bereich der Ortsbrust, Rock Mechanics, Suppl. 7, 1978.
- [18] Duddek, H.: Zu den Berechnungsmodellen für die Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT), Rock Mechanics, Suppl. 8, 1979.
- [19] Pacher, F.: Deformationsmessungen im Versuchsstollen als Mittel zur Erforschung des Gebirgsverhalten und zur Bemessung des Ausbaues, Felsmech. und Ing. Geol., Suppl. I, 1964.
- [20] Rabcewicz, L., Golser, J., Hackl, E.: Die Bedeutung der Messung im Hohlraum-bau, Teil I, Der Bauingenieur 47, Heft 7, 1972.
- [21] Seeber, G., Keller, S., Enzenberg, A., Tagwerker, J., Schletterer, R., Schreyer, F., Coleselli, A.: Bemessungsverfahren für die Sicherungsmassnahmen und die Auskleidung von Strassentunneln bei Anwendung der neuen Österreichischen Tunnelbauweise, Strassenforschung, Heft 133, Wien, 1980.
- [22] ITA-Richtlinien für den konstruktiven Entwurf von Tunneln, Taschenbuch für den Tunnelbau, Verlag Glückauf, 1980.
- [23] Swoboda, G.: Finite element analysis of the New Austrian Tunneling Method, 3rd Int. Conf. on Num. Methods in Geomechanics, Aachen, 1979.
- [24] Wanninger, R.: New Austrian Tunneling Method and finite elements, 3rd Int. Conf. on Num. Methods in Geomechanics, Aachen, 1979.
- [25] Rabcewicz, L.: Die Neue Österreichische Tunnelbauweise, Entstehung, Ausführungen und Erfahrungen, Der Bauingenieur, 40, Jg., Heft 8, 1965.
- [26] Sauer, G.: Theorie und Praxis der NÖT, Tunnel 4, 1986.
- [27] Austrian National Committee of the ITA: In defence of NATM (Zuschrift), Tunnels & Tunneling, June, 1986.
- [28] Hessen, J.: Wissenschaftslehre, Lehrbuch der Philosophie, Erasmus-Verlag, München, 1947.
- [29] Locke, J.: An Essay concerning Human Understanding, Clarendon Press, Oxford, 1975.

#### Poznámka redakce

Názory prof. dr. K. Kovářiho nepředstavují stanovisko redakce ani redakční rady. Jejich zveřejnění považujeme za vstup do diskuse o NRTM, kterou hodláme věst ještě v č. 4/95 a uzavíráme ji pravděpodobně v č. 1/96.

# ZPEVNĚNÍ ZEMIN POLYURETANOVOU PRYSKYŘICÍ

PROF. ING. J. ALDORF, DrSc. - VŠB-TU OSTRAVA, ING. D. JANÍČEK - CARBOTECH OSTRAVA,  
ING. M. BROŽEK - PRAGIS, S.R.O. PRAHA

THE ARTICLE DEALS WITH THE ISSUE OF STRENGTHENING GROUTING WITH POLYURETHANE RESIN (PUR) BEVEDOL/BEVEDAN BY CARBOTECH PERFORMED AT THE CONSTRUCTION OF THE COLLECTOR C 1. A AT OPLETALOVA STREET, PRAGUE. USAGE OF PUR FOR STRENGTHENING CEILING ROCKS IN THE SURROUNDING AREA OF THE SITE IS THE FIRST CASE OF APPLICATION OF THIS SUBSTANCE IN THE CZECH REPUBLIC.

## ÚVOD

Kolektor realizovaný firmou PRAGIS v Opletalově ulici v Praze je součástí kolektorové sítě C 1.A - 3 kategorie, pokrývající potřeby rozvodů energie, vody, telekomunikací apod., okolí pravé strany Václavského náměstí, jejíž páteřní osou je kolektor vedený z ulice Na Příkopech směrem k Washingtonově ulici. V současné době je ražena jeho první část podél ulice Panské. Vzhledem k tomu, že tato kolektorová síť slouží již k přímému napojení a zásobování objektů v jeho okolí, musí být realizována pod uličními prostory v poměrně nevelké hloubce. Projekt sítě, včetně všech domovních napojení, zpracovala proj. kancelář INGUTIS Praha (Ing. F. Dvořák, Ing. J. Sochůrek).

Vzhledem k malé pevnosti nesoudržných zemin tvořících strop a nadloží díla (písky a štěrkopísky) byl postup ražení zdoluhavý a prakticky stále hrozilo nebezpečí vypadávání stropních vrstev (nadvýlomy) a vznik závalů s přímým ohrožením ražby a stability povrchových objektů. Pro zajištění standardních postupů bylo proto navrženo a realizováno zpevnění stropních vrstev tlakovou injektáží polyuretanovou pryskyřicí (PUR).

Projekt zpevnění zpracovala firma GEOENGINEERING, spol. s r. o. Ostrava, vlastní dodávku injektážních prací realizovala firma DANĚK VETĚRANS Ostrava.

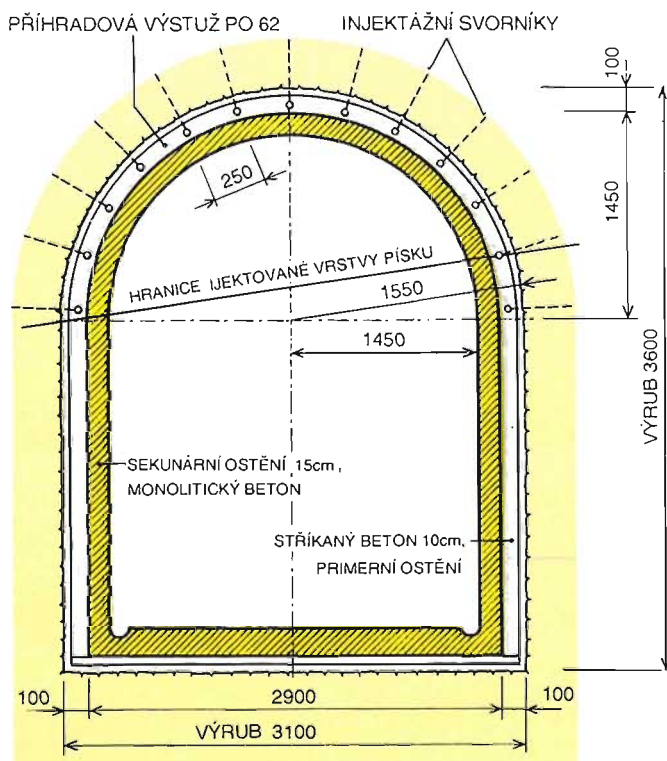
## GEOLOGICKÉ POMĚRY

Vzhledem k hloubce umístění kolektoru, která se pohybuje okolo 9–10 m pod povrchem, je ražení prováděno ve vrstvách nesoudržných zemin, tvořených fluviálními sedimenty vyšší akumulace údolní terasy Vltavy. Jde většinou o nestejnzrnné písky a štěrky, hlinité písky a písky se štěrkem. Pórovitost zemin se pohybuje v rozmezí 25–40 %, podle velikosti zrn a charakteru výplně hrubozrnného skeletu.

Geotechnické vlastnosti fluviálních materiálů jsou patrné z tabulky č. 1 [2].

TABULKA č. 1

Kvater	Zeminy	Objemová hmotnost $\gamma$ (kN.m <sup>-3</sup> )	Přiroz. vlhkost $v_s$ %	Pórovitost $n$ %	Koeficient filtrace $m$ .sec <sup>-1</sup>	E. modul přetvárnosti MPa	Smyková pevnost Soudržnost $c$ (MPa)	$\phi$ '	Třída dle ČSN 73 3050 Zemní práce
Fluviální	Hlinitý písek	19,00	20	40	$10^{-2}$	15,0	0,01	26'	2
		21,00	10	30		30,0	0,02	28'	
"-	Hlin. písek se štěrkem	21,00	15	35	$10^{-6}$	30,0	0,05	28'	3
		22,00	8	25	$10^{-1}$	70,0	0,20	32'	
"-	Jilovitý a jemný písek	18,00	18	45	$10^{-4}$	12,0	0,0	28'	1
		20,50	10	35	$10^{-2}$	30,0	0,01	32'	
"-	Písek se štěrkem	20,50	15	35	$10^{-3}$	30,0	0,0	32'	2
		21,50	8	29	$10^{-3}$	70,0	0,01	38'	
"-	Písečný štěrk	21,50	10	30	$10^{-2}$	70,0	0,0	38'	3
		22,50	5	20	$10^{-3}$	150,0	0,01	42'	



OBR. 1

Hydrogeologické poměry jsou charakterizovány stabilizovanou úrovní hladiny podzemní vody, která se nachází cca 1 m nad bázi fluvialních vrstev, tvořenou kontaktem s rozrušenými a zvětralými horninami pražského odovíku (v Opletalově ulici jde převážně o dobrotivské vrstvy).

Ve vztahu k raženému dílu je hladina podzemní vody zachycována při počvě, takže předpolí díla je poměrně dobře odvodnitelné.

V trase kolektoru v Opletalově ulici byla zjištěna elevace skalního podkladu, který v místě aplikace zpevňovací injektáže zasahoval přibližně do poloviny výšky díla.

Z hlediska účinnosti injektáže je rozhodující především propustnost ne-soudržných zemin, která limituje jak dosah injektáže, tak použitý inj. tlak. Propustnost zemin se podle zjištění [2] a s využitím informace o zrnitostním složení písků [1] pohybovala kolem  $1,3 \cdot 10^{-5}$  až  $2,9 \cdot 10^{-6}$  m.sec<sup>-1</sup>.

## CHARAKTERISTIKA DÍLA, METODA RAŽENÍ A ZAJIŠŤOVÁNÍ STABILITY

Kolektor v Opletalově ulici je navržen v obloukovém průřezu s rovnými stěnami (viz obr. 1), šířky 3,1 m a výšky 3,6 m (výrub). Převážná část kolektoru (dle skladby hornin v příčném průřezu) je ražena ručním rozpojnáním pomocí přehazovacího nakladače.

Ostění je prováděno dvoufázovým způsobem:

- prvotní (vnější) vrstvu tvoří 10 cm silná vrstva stříkaného betonu B20, zesílená vloženými příhradovými oblouky PD62 ve vzdálenostech 0,5 m,
- vnitřní ostění díla tvoří 15 cm silná vrstva betonu B20, betonovaná do bednění.

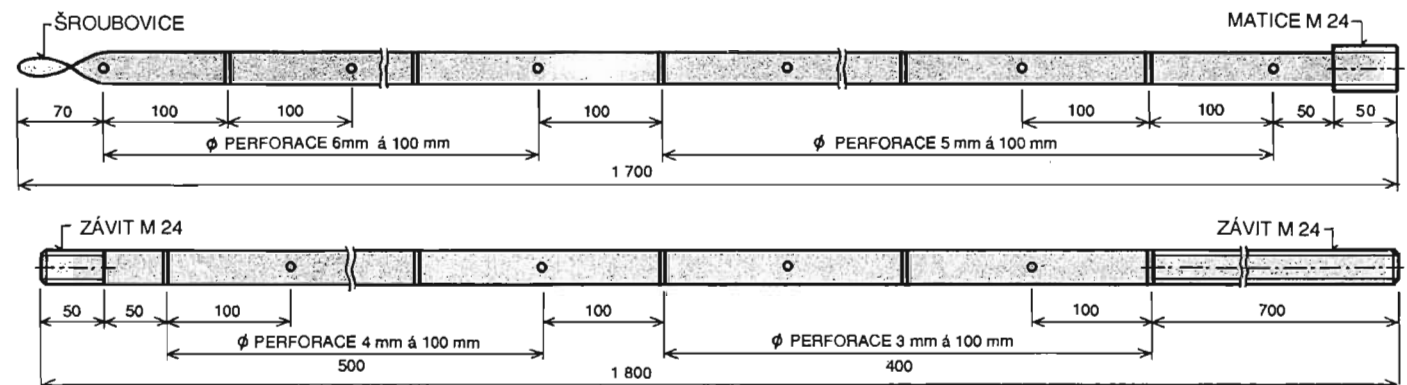
Mezi prvotním a sekundárním ostěním není navržena žádná izolační vrstva. Okamžitá ochrana a stabilizace výlomu a čelby je během ražení zajišťována použitím stříkaného betonu. Lze říci, že použitá technologie (prstencový způsob - krátké zabírky, stříkaný beton), má charakter daný využitím některých prvků technologie NRTM.

Pevnost a únosnost této ochranné vrstvy je dále zvyšována aplikací speciálních injektážních svorníků ANKRA (viz obr. 2), které tvoří armaturu zpevněné písčité „klenby“, vytvořené injektáží PUR. Tato „klenba“ musí být příčně zcela uzavřena (zabránění vypadávání písků), což znamená, že dílčí válcovité útvary kolem injektážních trubek se musí vzájemně protínat a dotýkat. To limituje použitou rozteč injekt. otvorů, závislou především na propustnosti zemin, technologii injektáže a vlastnosti inj. hmoty. Proto také bylo nutno, na základě získaných zkušeností, rozteč injektážních vrtů snížit z původně navržených 350 mm na 200-250 mm. Zpevněný horninový prstenec tak chrání pracovní prostor v kolektoru, zabraňuje vypadávání písků z nadloží a boků díla, přispívá ke stabilitě čelby a zabraňuje vzniku nadvýlomů při ztrátě její stability. Staticky působí jednak jako příčná klenba v díle, jednak jako podélný nosník, podepřený na jedné straně oblouky výztuže, na druhé straně vetknutý do předpolí díla. Aby toto statické působení bylo bezpečné a účinné, musí vytvořená klenba zabezpečit spolehlivý přenos klenbových sil (požadavek dostatečné tlakové pevnosti), stejně jako přenos ohybových momentů v podélném směru (požadavek na tahovou pevnost). Kromě toho musí mít dostatečnou plastickou rezervu deformace a únosnosti (tj. kompozit PUE s pískem nesmí být křehký). Těmto požadavkům plně vyhovuje injektážní hmota typu PUR (na rozdíl od hmot na bázi cementu).

## CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE ZPEVŇOVÁNÍ

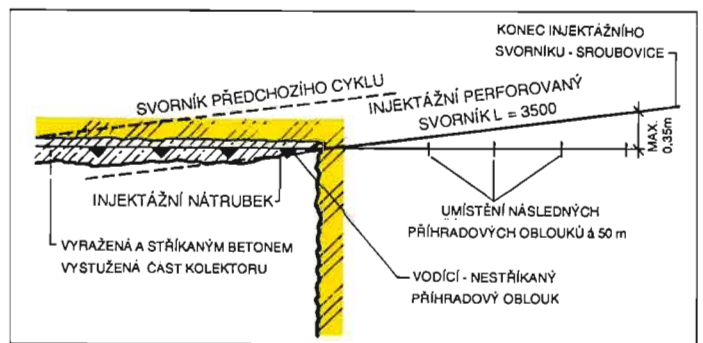
Provedení injektážního „deštníku“ nad podzemním dílem (obr. 1), vyžadovalo:

- určit optimální délku zainjektovaného úseku a úklony injektážních vrtů,
- zvolit vhodnou technologii vrtání a instalace injektážních svorníků ANKRA,



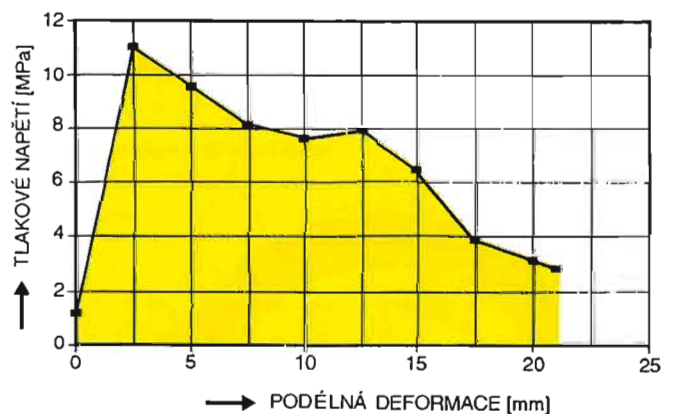
OBR. 2

- stanovit optimální vzdálenosti injektážních vrtů (viz foto č. 1),
  - stanovit režim tlakování (velikost inj. tlaku a dobu injektáže),
  - zvolit optimální typ PUR pro dané podmínky, která by zajistila dostatečnou pevnost vytvořeného kompozitu „písek-PUR“.
- Při volbě délky zainjektovaného úseku a úklonu injektážních vrtů je nutno vzít v úvahu především:
- možnosti dosažitelné vrtné techniky (rotačně-příklepné a rotační vrtací kladiva) pro navrtání a instalaci injekt. svorníků,
  - technologické problémy injektáže dlouhých vrtů injektovaných současně po celé délce (nedokonalé proinjekt. konce vrtů),
  - náklady na injektážní svorník a jeho konstrukci (způsob utěsnění, spojování apod.),
  - nebezpečí nežádoucího směrového odklonu vrtů, které se zvyšuje s jejich délkou (vytvoření uzavřené klenby, zvětšení výlomu díla u konci injekt. úseku, zabránění proinjektování zeminy uvnitř vylamovaného díla, což zvyšuje spotřebu PUR a zejména pracnost výlomu apod.).
- Analýzou vlivu těchto faktorů byla zvolena délka proinjektovaných úseků 3,5 m, čímž je zajištěn úsek pro třímetrový cyklus ražby (obr. 3). Úklon injektážních vrtů byl zvolen tak, aby na jejich konci bylo dosaženo vzdálenosti 0,35 m od projektovaného výlomu. Tím je na minimum zmenšen nutný technologický nadvýlom a dosaženo překrytí jednol. „deštní-



OBR. 3

## PŘETVÁŘNÝ DIAGRAM TL. ZKOUŠKY – VZOREK 1



OBR. 4

ků" (úklon cca 7 °C). Svorníky byly při instalaci vedeny přes vnitřek posledního příhradového oblouku, který nebyl plně zastříkán. Tento způsob se ukázal jako velmi výhodný.

Pro realizaci injektáže byl zvolen perforovaný injektážní svorník ANKRA, vzhledem k možnosti zajistit stabilitu injekt. vrtu v nesoudržném materiálu. Svorník (viz obr. 2) tvoří zkrácené soutyči ukončené šroubovicí pro lepší zavádění do horniny. Svorník se skládá ze dvou částí délek 1,7 a 1,8 m, z nichž jedna je ukončena šroubovicí, druhá šroubem. Spojení obou částí je provedeno spojníkem M24. Vnější průměr svorníku je 22 mm, vnitřní 14 mm. Při rozpětí 1 m přenese svorník osamělou sílu velikosti 1,35 kN. Zavádění svorníku bylo prováděno rotačně-příklepným vrtacím kladivem do předem předvrtaním rozrušeného horninového prostředí (rotačním vrtáním). Utěsnění svorníku v ústí vrtu bylo prováděno zastříkáním cementovou maltou.

Volba druhu polyuretanové pryskyřice vycházela z požadavku nízké viskozity, dostatečné pevnosti, dynamiky nárůstu pevnosti a doby zpracovatelnosti. Jako nejvhodnější materiál byla zvolena pryskyřice Bevedol WF-Bevedan firmy CarboTech Essen.

Při teplotě okolí cca 15 °C má pryskyřice tyto vlastnosti:

– viskozita	500 mPa.s
– čas začátku reakce	1'10"
– čas plného vytvrzení	15'
– faktor napětí	1-3 (dle vlhkosti písku)
– ohybová pevnost	33 MPa
– modul pružnosti	2420 MPa

Požadavek na výslednou tlakovou pevnost kompozitu byl cca 20 MPa. Složky PUR jsou uchovány v oddělených kanystrech obsahu 30 l a míchají se v poměru 1:1. Injektážní čerpadlo CT GSF 35 přivádějící oddělené obě složky do míchací hlavy přišroubované na ústí injektážního svorníku, dává tlak až 25 MPa s kontrolou přiváděného množství a tlaku v obou větvích. Tlakový režim čerpadla je řízen subjektivně podle průběhu injektáže a vizuální kontroly stavu čelby. Spotřeba injektážní hmoty na 1 vývrt byla cca 15 l/m vývrtu.

Samotná realizace zpevňování 3,5 m dlouhého úseku sestávající z:

- vrtání vývrtů pro svorníky,
  - instalace svorníků,
  - utěsnění ústí vývrtů,
  - injektáže PUR,
- vyžaduje cca 2-3 pracovní směny.

## DOSAŽENÉ VÝSLEDKY ZPEVNĚNÍ PÍSKŮ

Kontrola výsledků injektáže byla provedena odběrem vzorků pro laboratorní zkoušky pevnosti a dalších fyzikálních parametrů kompozitu (Ústav geoniky AV ČR - Ing. Martinec, CSc.).

Výsledky zkoušek jsou shrnuty v tabulce č. 2.

TABULKA č. 2

č. vzorku	obj. hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	rychlost pružných vln (m.sec <sup>-1</sup> )	pevnost v tlaku [MPa]	pevnost v tahu [MPa]	modul přetvárnosti [MPa]	Poissonovo číslo
1	1501	890	11	2,6	800	0,03
2	1098	2950	8	3	600	0,02
3	1429	1020	7	2,4	700	0,04

Charakteristický průběh přetvárného diagramu tlakové zkoušky je uveden na obr. 4 (vzorek průměr 47 mm, výška 85 mm).

Vzhledem k tomu, že tyto zkoušky písku zpevněného PUR jsou v ČR pravděpodobně prvními zkouškami vůbec, je potřeba získané výsledky komentovat, protože statisticky relevantní závěry nejsou možné z důvodu malého počtu měření.

K jednotlivým zjištěným vlastnostem je možno především uvést:

- rozdílné hodnoty parametrů fyzikálně-mechanických vlastností jsou způsobeny rozdílným poměrem pískových zrn a pojivové hmoty. Tento poměr bude v podmínkách in situ vždy variabilní a bude záviset na lokální pótovitosti, struktuře, vrstevnatosti, propustnosti, vlhkosti a dalších fenoménech úložních podmínek zeminy. Protože pevnostní a přetvárné charakteristiky injektáží vytvořené horniny ovlivňuje zejména rovnoměrnost rozložení a velikosti klastů v materiálu a možnost vzniku míst s porézní zpěněnou hmotou, je nutno při výběru výpočtových hodnot mechanických parametrů (zejména pevnosti) vzít v úvahu především výsledky získané na vzorcích s „měkkou“ strukturou porézní výplně (v našem případě vzorky s nejnižší objemovou hmotností),
- nejmenší objemová hmotnost materiálu (např. vzorek č. 2 v tab. 2) je determinována nejvyšším obsahem pojiva, což se projevuje vzrůstem rychlosti podélného pružného vlnění a poklesem modulu přetvárnosti (vyšší plasticitou),
- vyšší obsah pískové frakce (projevující se vzrůstem objemové hmotnosti) pozitivně ovlivňuje velikost pevnosti materiálu, která stoupá (jak u pevnosti v tlaku, tak i tahové pevnosti) se vzrůstem objemové tíhy,
- nízké hodnoty Poissonova čísla (stanovované z lineární části přetv. dia gramu) svědčí o tom, že materiál se v pružné oblasti přetváří především v podélném směru při velmi nízkých hodnotách příčných přetvoření. To je způsobeno pravděpodobně vlivem vysoké porozity pojiva, na jejíž konto jde převážná část pružných přetvoření ve směru působení zatížení. Mechanickým důsledkem tohoto chování je také pravděpodobně vysoká hodnota tahové pevnosti.

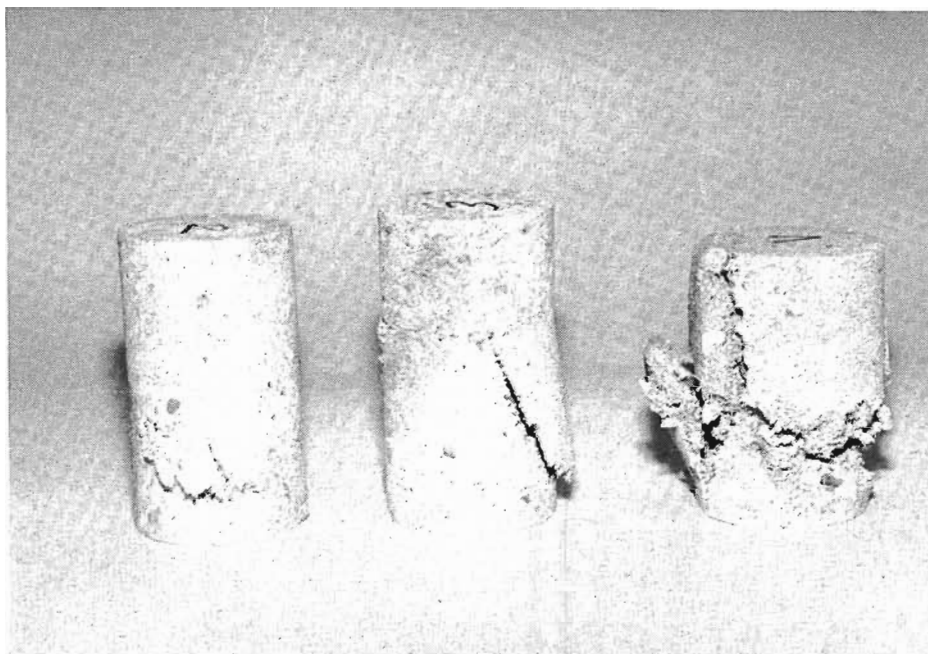


Foto č. 2

Z hlediska pevnostních a přetvárných vlastností zpevněného materiálu je možno dedukovat především tyto dílčí závěry:

– pevnost v tlaku zpevněného materiálu odpovídá betonům třídy B10-B15, pevnosti v tahu pak betonům B30-B45. Smyková pevnost nebyla měřena, je možno však odvodit tyto průměrné parametry smykové pevnosti:

$$\varphi = 32-39^\circ$$

$$c = 2-2,4 \text{ MPa}$$

Tyto hodnoty smykové pevnosti představují např. v intervalu normálových napětí 1-5 MPa zvýšení smykové pevnosti písků o 60-220 %. Mimořádně vysoká pevnost v tahu zpevněného materiálu je velice výhodná pro použití v takových horninových konstrukcích, které jsou namáhány převážně tahem a smykem (stropní části štol a tunelů při nízkých hodnotách půdní horizontální napjatosti, injektáž bezprostředního podzákladí apod.).

– velice významnou a pro zpevňování zemin nejdůležitější vlastností je vysoká plasticita zpevněného materiálu, projevující se vysokými hodnotami přetvoření na mezi pevnosti a za mezi pevnosti, bez podstatné ztráty únosnosti materiálu. Vrcholová pevnost je dosahována při poměrném přetvoření  $\epsilon = 2,2-2,9 \%$  (tj. cca 15-20x více než u stejné pevného betonu), pak však následuje velmi dlouhý úsek plastického přetvoření bez podstatného úbytku únosnosti. Tak např. pro přetvoření  $\epsilon = 5,8-6 \%$  činí úbytek pevnosti pouze 5-10 %, dokonce při přetvoření  $\epsilon = 24 \%$  (!) dosahuje reziduální pevnost ještě hodnoty 25 % vrcholové pevnosti (viz obr. 4 - vzorek 1).

Toto mimořádné mechanické chování materiálu pro přetvoření za mezi pevnosti jej předurčuje pro použití v extrémně napětově exponovaných oblastech horninového masívu, jako je zpevňování okolí podzemních a důlních děl ve velkých hloubkách, při vysokých hodnotách deformací výlomů, zpevňování nestabilních počevních částí důlních děl, těsnění zemin při velkých deformacích těsněných konstrukcí, zpevňování podzákladí apod. Výhodnou vlastností je v těchto podmínkách i relativně vysoká hodnota modulu přetvárnosti, snižující výsledné velikosti posunů. Kombinace těchto vlastností pak zajišťuje vysokou únosnost a příznivé deformační vlastnosti konstrukce při zachování celistvosti a neporušitelnosti konstrukce. Charakter porušování vzorků namáhaných prostým tlakem byl výrazně smykový, přičemž pojivo zajišťovalo, že se vzorky po ukončení zkoušek samovolně nerozpadly (viz foto č. 2).

## ZÁVĚR A ZÍSKANÉ ZKUŠENOSTI

Efektivnost aplikace PUR firmy CarboTech při ražení kolektoru v Opletalově ulici byla zcela nesporná a přinesla podstatné zvýšení bezpečnosti práce razičů a kvality díla.

Získané zkušenosti z této aplikace v prostředí nesoudržných zemin lze shrnout do těchto bodů:

a) projekt a návrh technologie zpevňování je nutno připravit na podkladě velmi pečlivě zhodnocených informací o horninovém prostředí a jeho vlastnostech. To vyžaduje provedení důkladného inž.-geologického průzkumu a stanovení hodnot základních i speciálních vlastností hornin (zrnitost, pórovitost, hutnost, propustnost atd.). Kromě toho je nutno provést laboratorní zkoušky zpevněné zeminy a určit její základní mechanické vlastnosti. Teprve pak je možno odpovědně navrhnout parametry zpevnění a provést staticky průkaz konstrukce.

b) vlastní technologie injektáže vyžaduje zdokonalení jak z hlediska návrhu režimu injektáže (dosah inj. hmoty, tlak injektáže), tak z hlediska techniky provedení (postupná injektáž, použití obturátorů, jiných systémů injekt. trubek apod.).

c) velmi výhodnou konstrukcí injektážních svorníků do nesoudržného a nestabilního porušeného horninového prostředí se ukazují svorníky IBO fy CarboTech, opatřené jednorázovou vrtací korunkou. Jejich mechanické parametry jsou srovnatelné s lepenými svorníky a převyšují parametry třecích a hydraulicky upínaných svorníků,

d) přesné ekonomické zhodnocení aplikace PUR v kolektoru na Opletalově ulici nebylo zatím provedeno, již dnes je však zřejmé, že alternativní technologie - např. trysková injektáž - by byla o cca 35 % nákladnější,

e) na základě zkušenosti se zajištěním ražby byla modifikována polyuretanová pryskyřice - nyní je používán typ Bevedan/Bevedol NK se zvýšenou penetrační schopností v písčitých zeminách,

f) v neposlední řadě je nutno vyzdvihnout provádění zpevňujících prací z čelby raženého kolektoru bez požadavku na zábor silniční komunikace a všech negativních jevů s tím spojených (odstavení parkovacích míst, snížení průjezdnosti komunikace, vrtání do vozovky a následná nutnost uvést vše do původního stavu),

g) okamžitá možnost prací v čelbě po provedené injektáži - za 15' je PUR plně vytvrzená. Tyto časy znemožňují nekontrolovaný únik PUR mimo projektované místo určení, což je podstatná přednost oproti klasické, pomalu tvrdnoucí cementové injektáži,

h) malý počet pracovníků 2-3 při vlastní injektáži, malá investiční náročnost na pořízení injektážního zařízení (cca 150 000 Kč).

Toto první použití zpevňující tlakové injektáže polyuretanovými pryskyřicemi v českém podzemním stavitelství potvrdilo zkušenosti získané již dříve při aplikacích v hornictví (zpevňování uhelných slojí, nadloží výrubů, nadloží děl velkých průřezů a stabilizaci porušených horninových vrstev apod.). Plně se také potvrdily poznatky z vyspělých západoevropských zemí, kde se aplikace polyuretanových pryskyřic stala již standardní metodou zpevňování a stabilizace hornin, zemin a stavebních konstrukcí. Optimální se však jeví zařazení této technologie zajištění předpolí raženého kolektoru přímo do razičského cyklu a provádění injektážních prací osádkou kolektoru podle okamžité situace v čelbě.

## LITERATURA

1. Aldorf, J.: Fyzikální a mechanické vlastnosti vzorků písků zpevněného PUR (Bevedol/Bevedan), výzkumná zpráva - Ostrava 1994
2. Tesař, O.: Hodnocení horninového prostředí pro projektované kolektory 3. kategorie v Praze. iKE Praha 1993



Foto č. 1

# DIAĽNICA D1 BEHAROVCE-BRANISKO, TUNEL BRANISKO

AUTOR: ING. PETER DINGA, GEOCONSULT, s. r. o., BRATISLAVA

*GEOCONSULT, s. r. o., BRATISLAVA ELABORATED IN 1994-95 A STUDY OF A HIGHWAY SECTION D1 BEHAROVCE-BRANISKO THE DOMINANT ELEMENT OF WHICH IS THE TUNNEL UNDER THE BRANISKO MASSIF. THE AIM OF THE STUDY WAS TO SELECT THE OPTIMAL SOLUTION.*

## ÚVOD

Jestvujúca cesta 1/18 v úseku medzi obcami Beharovce-Široké prekonáva prírodnú prekážku - kríži masív Braniska. Smerové a výškové vedenie cesty nevyhovuje platným normám a výškový rozdiel medzi úpätím Braniska na oboch stranách a sezlom Branisko (Chvála Bohu) je prekážkou plynulosti dopravy.

Navrhované riešenie trasy diaľnice D1 v tomto úseku je súčasťou medzinárodnej európskej cesty E 50, ktorá vytvára hlavný komunikačný ťah v smere západ-východ.

Technické riešenie navrhnuté v štúdiu zohľadňuje plynulé napojenie (smerové a výškové) na príslušný úsek variantného riešenia diaľnice pred západným portálom tunela Branisko a na úsek Branisko-Široké na východnej strane.

## CIEL' ŠTÚDIE

Cieľom štúdie bolo vybrať z pôvodne štyroch variantov trasovania diaľnice optimálny s ohľadom na tunel a príslušné úseky diaľnice. V priebehu prác sa počet variantov rozrástol na sedem. Ďalšie vznikli kombináciou pôvodných a návrhom nových. Skúmaním siedmich variantov sa vyčerpali hlavné možnosti riešenia prechodu diaľnice cez Branisko vo vybraných topografických a geologických podmienkach.

Optimálny variant bol vybraný na základe výsledkov multikriteriálneho hodnotenia, ktoré bolo zhotovené z technického riešenia variantov a hodnotení vplyvov na životné prostredie.

## PODKLADY

Obstarávateľ štúdie Slovenská správa ciest poskytol okrem iných podkladov smerové a výškové vedenie diaľnice pre variant 1, pre ktorý bol zhotovený predbežný inžiniersko-geologický prieskum. K prieskumu boli vypracované tri expertízne posudky, v ktorých sa navrhli ďalšie možnosti trasovania a výškového vedenia diaľnice hlavne vzhľadom na dominantný objekt - tunel. Smerové a výškové vedenie bolo navrhnuté len ideovo.

Zhotoviteľ zaoberal zhotovenie povrchového geologického mapovania územia pre štyri pôvodné varianty vrátane pozdĺžnych geologických rezov. Geologické podmienky pre variant 7 sa odhadli z predpokladaného vývinu zo známych variantov.

Na obrázku sú zakreslené osi skúmaných siedmich variantov plnými čiarami a štyri varianty čiarkovane, ktoré sa doteraz skúmali pre prechod Braniska a ukázali sa ako neprijateľné. Len jedna z nich bola tunelová s pozdĺžnym sklonom v tuneli 4,5 %.

Diaľnica sa bude stavať v dvoch etapách. V 1. etape sa postaví jedna polovica celého úseku diaľnice pre obosmerú premávku. V druhej etape sa zhotoví druhá polovica.

## ZÁKLADNÉ ÚDAJE O TRASÁCH

Variant	ZÚ (km)	KÚ (km)	Dĺžka úseku (m)	Dĺžka mostov (m)	Dĺžka tunela (m)	Dĺžka cesty (m)
1	64,865 22	73,400	8 534,78	1 784	3 360	3 390,78
2	64,865 22	73,498 42	8 633,20	1 180	4 830	2 623,20
3	64,865 22	73,373 50	8 508,28	1 520	3 230	3 758,28
4	64,865 22	73,643 69	8 778,47	1 850	2 935	3 993,47
5	64,865 22	73,474 22	8 609,00	1 520	3 355	3 734,00
6	64,865 22	73,553 05	8 687,83	1 584	2 780	4 323,83
7	64,865 22	73,562 30	8 697,08	890	4 800	3 007,08

Smerové a výškové vedenie trasy vzhľadom na návrh tunela a jeho vybavenia (osvetlenie, vetranie, odvodnenie, prevádzka) a optimalizácie podmienok jazdy by malo spĺňať nasledovné kritériá:

- pozdĺžny sklon 1,5 %,
- portálová oblasť v smerovom oblúku a vyústenie kolmo na vrstevnice,
- pri obosmernej premávke (prípád tunela Branisko) pozdĺžny sklon príslušnej komunikácie taký, aby neboli potrebné prídavné pruhy pre pomalé vozidlá a lom nivelety odsunúť do dostatočnej vzdialenosti od portálov.

Optimálne dodržať tieto kritériá sa podarilo pre varianty č. 2 a 7. Výškové vedenie trasy je v prílohe tabuľke.

Variant	Západný portál		Tunel			Východný portál		Poznámka
	p (%)	l (m)	p (%)	l (m)	p (%)			
1	+3,95	55	+2,50	50	-3,26	1), 2)		
2	+1,60	65	+1,20	190	-0,74			
3	+3,95	85	+2,50	145	-3,26	1), 2)		
4	+3,95	605	+2,50	25	-3,4	1), 2)		
5	+2,3	410	+2,30	-200	-3,04	1), 2), 3)		
6	+3,87	600	+2,00	0	-3,17	1), 2)		
7	+1,52	450	+1,20	-50	-0,74	3)		

Legenda: p pozdĺžny sklon nivelety  
l vzdialenosť lomu nivelety od portálu  
1) pruh pre pomalé vozidlá pred západným portálom  
2) pruh pre pomalé vozidlá za východným portálom  
3) lom nivelety pred východným portálom

Prehľadná tabuľka základných údajov o tuneloch

Variant	Dĺžka tunela	Pozdĺžny sklon
1	3,360	2,5 %
2	4,830	1,2 %
3	3,230	2,5 %
4	2,935	2,5 %
5	3,355	2,3 %
6	2,780	2,0 %
7	4,800	1,2 %

## PRIEČNY REZ TUNELA

Výška prejazdneho profilu bola definovaná pre všetky varianty zhodne:

Výška prejazdneho profilu	(m)
nad jazdnými pruhmi	4,80 + 0,1 = 4,9
nad odstavňými záhlvami	4,5
nad služobnými chodníkmi	2,0

Výška 4,9 je v porovnaní s napr. Rakúskom alebo Švajčiarskom najvyššia. Pôvodná požiadavka bola 5,2 m, pretože tunel sa nachádza na trase pre dopravu nadrozmerých nákladov. Zvýšenie na 5,2 m by malo za následok zvýšenie stavebných nákladov o min. 10 %.

Výška nad služobnými chodníkmi 2 m je nižšia, ako predpisuje norma. Nad chodníkmi však vznikne priestor pre umiestnenie dopravných a informačných tabulí bez nutnosti zväčšenia plochy výrubu.

## Šírka prejazdneho profilu

V trase bez odstavňých záhlvov:

	Počet * šírka	Celkom (m)
Jazdné pruhy	2' 3,75	7,5
Vodiace pruhy	2' 0,25	0,5
Šírka medzi obrubníkmi		9,0
Chodníky	2' 1,0	2,0

V trase s odstavňými zářivmi:

	Počet* šírka	Celkom (m)
Jazdné pruhy	2* 3,75	7,5
Vodiace pruhy	2* 0,25	0,5
Spevnená krajnica	2* 0,5	1,0
Obojstranné ods. zářivy	2* 2,75	5,5
Šírka medzi obrubníkmi		14,5
Chodníky	2* 0,7	1,4

Na obrázku je vzorový priečný rez tunelom.

## GEOTECHNICKÉ POMERY

Z citovaných expertíznych posudkov a z podkladov poskytnutých SSC vyplývalo, že tunel sa bude stavať Novou rakúskou tunelovacou metódou. Preto hodnotenie geotechnických pomerov je vykonané vzhľadom na túto metódu. Pretože slovenské normové predpisy pre výstavbu tunelov touto metódou nie sú, postupovalo sa podľa ÖNORM B 2203. Pre každý variant sa určili horninové typy s percentuálnym zastúpením, výška nadložia a fyzikálno-mechanické charakteristiky z predchádzajúcich prieskumov. Výrazný vplyv na posúdenie pomerov má veľký výskyt poruchových oblastí.

Dominantné postavenie má Branisko, ktoré ako najvýchodnejší jadrové pohorie Západných Karpát predstavuje vysoko vyzdvihnutú morfoloektonickú hrásť. Západné ohraničenie tvorí výrazný poľanovský zlom, východné šindliarsky zlom. Severne od sedla Branisko sa nachádza masív Smrekovice, ktorý je od veporického masívu Slubice oddelený harakovskou synklinálou. Údolím Veľkej Svinky prechádza kluknavský zlom, ktorý oddeľuje harakovskú synklinálu od Smrekovice.

Horniny vo výplni harakovskej synklinály patria k mladopaleozoickému a mezozoickému obalu.

Najstaršie zastúpené horniny sú horniny karbónu reprezentované slabou metamorfovanými tmavými piesčitymi bridlicami s polohami mikrokonglomerátov. V ich nadloží je súvrstvie permu zastúpené arkózami, mikrokonglomerátmi a piesčitymi bridlicami.

Horniny mezozoika začínajú nad permom spodnotriasovými kremencami a pokračujú pieskovcami a bridlicami.

Nadložie tvoria strednotriasové dolomitické brekcie, menej vápence.

Najvrchnejšie vystupujú jurské karbonáty zastúpené prevažne vápencami.

Na západnej strane záujmového územia vystupujú horniny vnútrokarpatského paleogénu Hornádskej kotliny. Sú zastúpené pieskovcami s polohami zlepcov. Na východnej strane vystupujú sedimenty paleogénu Šarišskej pahorkatiny zastúpené flyšom.

Z hľadiska tektonického územím prechádza množstvo zlomov. Harakovská synklinála je plytká, rozlámaná systémom tektonických zlomov prevažne V-Z smerom so sklonom 60-80° na J a S. Poľanovský zlom predstavuje zónu rovnobežných zlomov o šírke cca 100 m, pozdĺž ktorého je paleogén poklesnutý o 300-500 m.

Podľa STN 73 0036 oblasť Braniska nie je seizmická oblasť.

Pre ilustráciu uvádzame zatriedenie hornín a výšku nadložia pre variant č. 7.

Výška nadložia:

≤ 100 m	26 %
> 100 m - ≤ 200 m	52 %
> 200 m - ≤ 300 m	16 %
> 300 m	6 %
max. výška	cca 360 m

Rozdelenie hlavných typov hornín:

Hlavné typy hornín	Percento celkovej dĺžky
pieskovce (paleogén)	0
dolomity (triasové obdobie)	15
zlepence, bridlice, kremence, pieskovce (triasové a permské obdobie)	15
migmatity, granodiority, amfibolity (spodná stavba)	70

Rozdelenie horninových tried (podľa ÖNORM B 2203):

Horninová trieda	Percento celkovej dĺžky
B 1	30
B 2 - C 2	60
C 3	10

Prehľadná tabuľka výskytu horninových tried:

Variant	Dĺžka celkom	Podiel horninových tried (%)			Podiel horninových tried (m)		
		B 1	B 2 - C 2	C 3	B 1	B 2 - C 2	C 3
1	3360	5	85	10	168	2856	336
2	4830	18	77	5	869	3719	242
3	3230	5	80	15	162	2584	485
4	2935	5	75	20	147	2201	587
5	3355	14	79	7	470	2650	235
6	2780	24	65	11	667	1807	306
7	4800	29	62	9	1392	2976	432

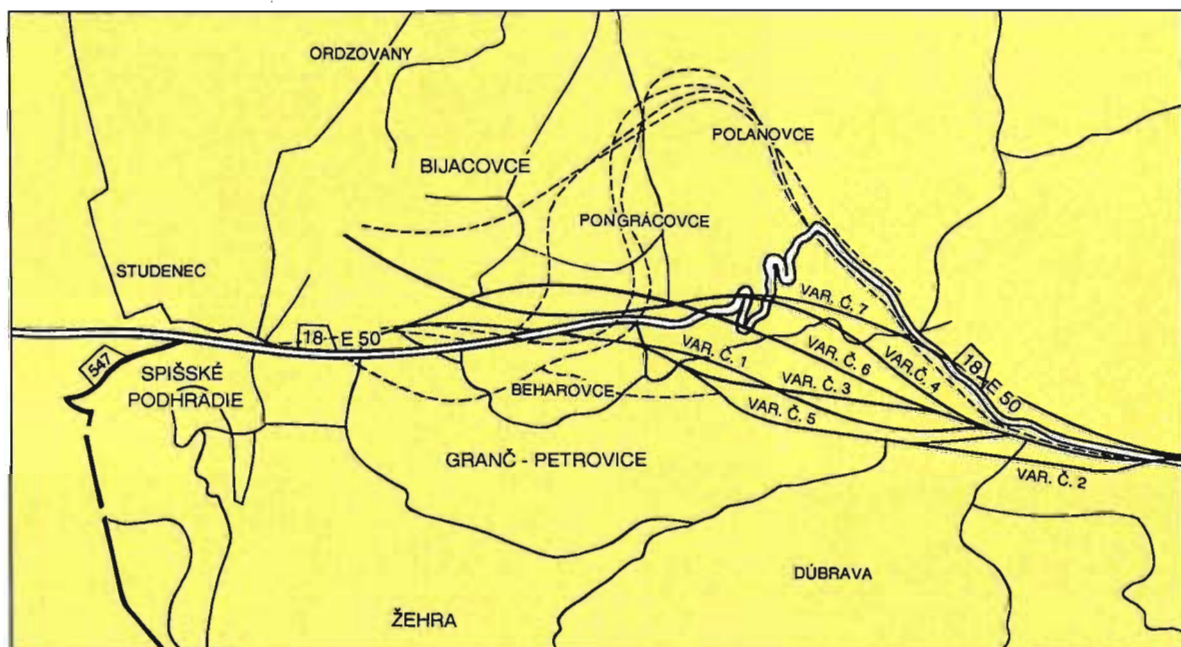
Jednotlivým horninovým triedam boli priradené príslušné triedy vystrojenia.

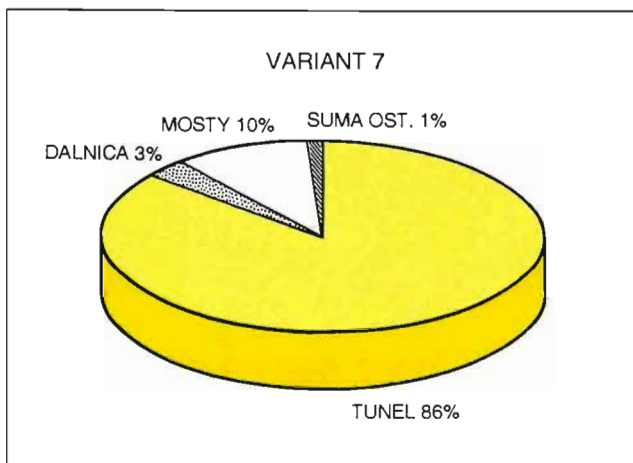
## VYBAVENIE TUNELA

V štúdiu sú navrhnuté nasledovné prvky vybavenia tunela:

- vetranie
- osvetlenie
- bezpečnostné zariadenia
  - hlásiče požiaru
  - núdzové osvetlenie
  - vodovodné vedenie s požiarnymi hydrantmi a pre prevádzku tunela
  - televízny okruh
  - rozhlas
  - informačné zariadenia pre núdzové situácie
- prevádzková budova

Vetranie tunela je navrhnuté na intenzitu dopravy poskytnutú SSC s uvážením dĺžky tunela, pozdĺžneho sklonu, nadmorskej výšky, skladby dopravného prúdu a kvality vozidla. Pre všetky varianty vyhovuje polopriečný systém vetrania s možnosťou reverznej prevádzky v prípade núdzovej situácie.





Osvetlenie je navrhnuté tunelovými vysokotlakými svietidlami. Body napojenia sú z oboch strán s automatickým nábehom náhradných zdrojov.

Prevádzková budova sa nachádza v portálových oblastiach. Obsluha tunela bude v stredisku údržby diaľnic, kde budú končiť všetky hlásiče automatických bezpečnostných zariadení.

### PORTÁLOVÉ OBLASTI

Zhotovenie tunela v portálových oblastiach je navrhnuté hĺbením z monolitického železobetónu po oblasť vhodnú na razeň. V 1. etape sa vybudujú hĺbené časti oboch tunelov a razeň bude pokračovať len pre tunel 1. etapy.

### DOPRAVNO-EKONOMICKÉ POSÚDENIE

Dopravno-ekonomické posúdenie je zhotovené pre dva údaje intenzity dopravy.

Prvý údaj platí za predpokladu, že nebude skompletizovaný celý úsek diaľnice D 1 Žilina - východná hranica SR.

Druhý údaj za predpokladu dokončenia kompletného úseku a je cca 3x vyšší. Tunel je posúdený na druhý údaj a kapacitne vystačí do roku 2011.

### ODHAD STAVEBNÝCH NÁKLADOV

Pre každý variant boli kvantifikované práce a spotreby hlavných materiálov podľa jednotlivých návrhov. Následne sa určili ceny stavebných objektov a prevádzkových súborov, investičné náklady a neinvestičné náklady v členení podľa požiadaviek SSC Bratislava.

Rozhodujúcim objektom stavby je tunel, ktorého podiel na nákladoch je od 68 % po 86 % podľa jednotlivých variantov. Podiel objektov na nákladoch pre variant 7 je na grafe.

### INVESTIČNÉ NÁKLADY NA VÝSTAVBU TUNELA

Variant	Dĺžka tunela (km)	Investičný náklad (tis. Sk)	Inv. náklad/km tunela (tis. Sk/km)
1	3,360	2 086 030	620 842
2	4,830	2 839 126	587 811
3	3,230	2 034 877	629 993
4	2,935	1 888 033	643 282
5	3,355	2 040 604	608 228
6	2,780	1 722 060	619 446
7	4,800	2 793 759	582 033

### HARMONOGRAM VÝSTAVBY

Z objemu prác vyplýva, že výstavba diaľnice Beharovce-Branisko si vyžiada enormné nasadenie stavebných kapacít. Rozhodujúcim objektom bude opäť tunel. SSC predpokladá zahájenie výstavby v roku 1998, ukončenie 2004. Z toho výstavba tunela podľa variantu č. 7 bude 51 mesiacov. Pri určení doby výstavby sme vychádzali z porovnatel'ných stavieb v zahraničí a ukazovateľov pre jednotlivé činnosti.

### PRIESKUM VPLYVU VARIANTNÝCH TRÁS NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Súčasťou štúdie je príloha Správa o hodnotení vplyvov na životné prostredie, ktorú podľa požiadaviek SSC zhotovil Pragoprojekt a. s. Praha. Správa je vypracovaná podľa zákona č. 127/1994 Zb na základe technického riešenia a výsledkov z Východiskovej environmentálnej štúdie z roku 1993 (Pragoprojekt).

Záver z Správy sú zohľadnené v multikriteriálnom hodnotení variant, na základe ktorého je v štúdiu vybraný optimálny variant zo siedmich posudzovaných. Pre hodnotenie boli použité dve alternatívy. Váhy jednotlivých kritérií boli určené panelom expertov metódou D. Fullera explicitne po skupinách kritérií a implicitne bez nich. Najväčšia váha bola prisúdená ekologickému hľadisku.

Poradie variantov podľa skupín kritérií:

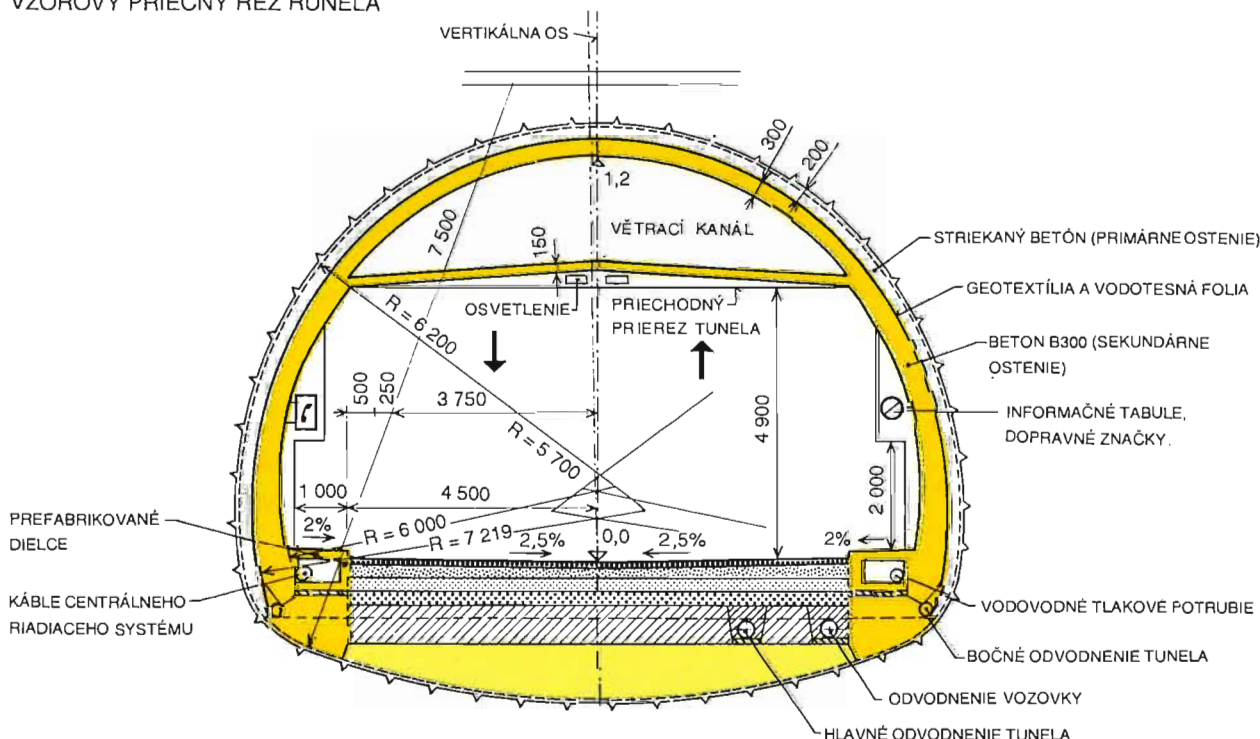
Hodnotenie	Poradie variantu						
	1	2	3	4	5	6	7
Technické	6	3	1	2	7	4	5
Ekonomické	6	1	4	3	5	7	2
Ekologické	7	2	3	1	4	6	5
Sociologické	2	7	5	3	1	6	4

Z konečnej hierarchizácie variantov ako najoptimálnejší variant vyšiel podľa uvedenej metódy výberu variant č. 7. Okrem iného aj pre minimálne vplyvy na okolie.

### ZÁVER

Štúdia diaľnice D 1 Beharovce-Branisko je prvou ucelenou dokumentáciou úseku diaľnice, ktorej časťou je tunel. Spracovateľ pristupoval k dielu s maximálnou zodpovednosťou, aby SSC poskytol obsažný podklad pre ďalšie rozhodovanie o tak finančne a technicky náročnej stavbe.

### VZOROVÝ PRIEČNY REZ TUNELA



# VÝMĚNA ESKALÁTORŮ VE STANICÍCH PRAŽSKÉHO METRA

ING. MIROSLAV KOCHÁNEK, A. S. METROPROJEKT PRAHA

AN EXAMPLE OF THE MŮSTEK STATION INFORMS ABOUT THE ISSUE  
OF REPLACEMENT OF ESCALATORS IN THE PRAGUE METRO.

## ÚVOD

V průběhu posledních tří let projektoval Metroprojekt Praha a. s. výměny eskalátorů v obou eskalátorových tunelech ražené stanice Můstek A, výměnu eskalátorů ve výstupu z podchodu stanice Muzeum na Vínohradskou třídu a výměny eskalátorů hloubených stanic Budějovická a I. P. Pavlova na trase I C.

První výměna pohyblivých schodů byla provedena v eskalátorovém tunelu Můstek v roce 1993. Trojice původních sovětských schodů LT4 o dopravní výšce 24 m byla vyměněna za trojici schodů Thyssen. Obdobně v květnu 1995 byla ukončena výměna eskalátorů v eskalátorovém tunelu Václavské náměstí. Také zde nahradila trojice nových schodů Thyssen trojici původních schodů LT4 o dopravní výšce 25 m. Ještě v roce 1993 byla provedena výměna eskalátorů v podchodu stanice Muzeum. Zde byl vyměněn původní eskalátor TRA o dopravní výšce 8,4 m za nový eskalátor OTIS ovládaný fotobuňkou. V r. 1994 proběhla výměna dvojice pohyblivých schodů v jižním výstupu stanice Budějovická. Původní schody TRA o dopravní výšce 4,6 m byly nahrazeny novými zmodernizovanými schody TRA spouštěnými fotobuňkou. Konečně v průběhu roku 1995 se realizuje výměna eskalátorů ve stanici I. P. Pavlova. Původní trojice schodů TRA o dopravní výšce 11,38 m bude nahrazena čtveřicí schodů Schindler, rovněž ovládaných fotobuňkou.

V letošním roce byly také zahájeny práce na projektu výměny eskalátorů ve stanici Hradčanská na trase I A. Zde se vymění původní sovětské schody LT3 o dopravní výšce 38,2 m za nové schody OTIS.

Z uvedeného výčtu realizovaných a připravovaných výměn pohyblivých schodů a z plánované životnosti pohyblivých schodů 15 až 20 let plyne, že zejména na trase I C a I A bude podobných výměn neustále přibývat.

## POHYBLIVÉ SCHODY THYSSEN

Každá výměna pohyblivých schodů ve stanicích metra je spojena s činností mnoha profesí, jak ve stavební, tak i v technologické části stavby. Jako příklad výměny eskalátorů v eskalátorových tunelech může sloužit stanice Můstek. Pro eskalátorové tunele stanice Můstek A byly výběrovou komisí vybrány nabídky a. s. Transporta Chrudim na dodávku a montáž pohyblivých schodů firmy Thyssen.

Nosná konstrukce pohyblivých schodů Thyssen je řešena jako zalomený spojitý nosník, podepřený na horní úrovni podpěrou ve strojovně eskalátorů, v dolní úrovni podpěrou v napínací komoře a ve střední části třemi mezilehlými podpěrami v eskalátorovém tunelu. Pohonná jednotka i napínací stanice jsou vestavěny uvnitř nosné konstrukce. Nově navržené eskalátory nevyžadují žádné kotevní bloky ve strojovně a v napínací stanici, ani podélné úložné lyžiny v eskalátorovém tunelu, známé u předchozích typů schodů sovětské výroby. Vyžadují zato vybudování dostatečné únosných podpěr, které se v napínací stanici a ve strojovně nacházejí v jiných polohách, než byly původní podpěry. V eskalátorovém tunelu jsou tyto podpěry zcela nové, neboť původní schody byly po celé délce uloženy na mezistropu eskalátorového tunelu. Stavebně jsou podpěry řešeny jako železobetonové rámy uložené příčně.

Protože u nových schodů lze opravy provádět ze schodového pásma, nejsou vyžadovány provozní uličky mezi jednotlivými rameny. Proto jsou v technickém prostoru eskalátorového tunelu navrženy pouze krajní uličky, které umožňují kontrolu odvodňovacího systému zontů a slouží jako komunikační spojení mezi strojovnou a napínací stanicí.

Základními určujícími prvky pro umístění nových schodů v eskalátorovém tunelu jsou podmínky plynoucí z ČSN EN 115, a to zejména v prostoru pro cestující. Jako optimální řešení v tunelu průměru 7,0 m je navrženo umístění pohyblivých schodů na osovou rozteč 1900 mm a umístění šikmé roviny, tj. roviny schodového pásma 100 mm pod osu eskalátorového tunelu.

Navržené pohyblivé schody mají sklon 30° při délce schodových stupňů 1000 mm. Rychlost schodového pásma 0,65 m/s je v souladu s ČSN EN 115.

Oproti původním sovětským eskalátorům jsou nové eskalátory pomalejší. Snížení rychlosti však nemá negativní vliv na přepravní kapacitu, neboť při pomalejší rychlosti se zvětší procento obsaditelnosti. Hlučnost nových eskalátorů je oproti původním asi o 15 dB nižší a nepřevyšuje 65 dB (A). Instalovaný příkon jednoho eskalátorového ramene je 68 KW oproti původnímu příkonu 90 KW.

Spouštění nových eskalátorů s cestujícími je podle ČSN EN 115 nepřijatelné.

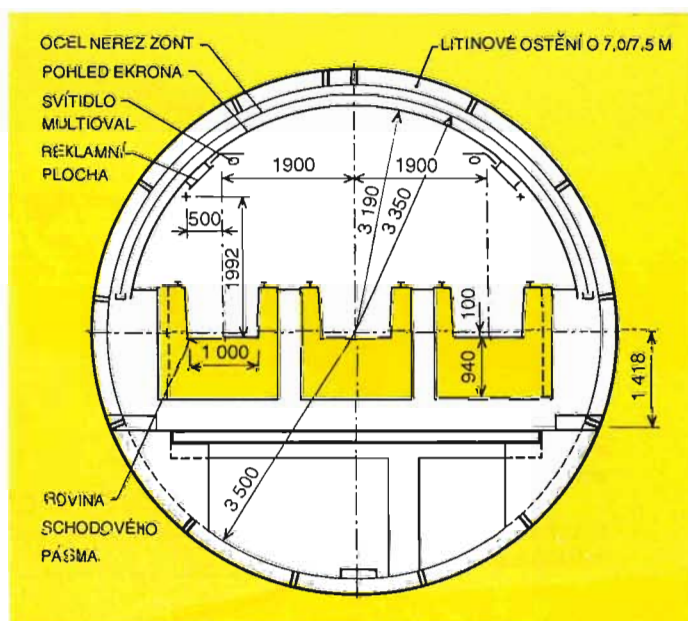
## STAVEBNÍ ČÁST VÝMĚNY ESKALÁTORU

Stavební činnost při výměně pohyblivých schodů lze podle charakteru rozdělit do několika skupin. Jedná se o dopravní opatření a přípravné práce, jež předcházejí vlastní realizaci, práce demontážní a bourací, práce pomocné, nezbytné pro zajištění montáže nových eskalátorů a nové konstrukční a architektonické řešení. Obsah jednotlivých činností je nejlépe patrný na konkrétním příkladu stanice Můstek.

Projekt dopravních opatření navrhl dopravní značení u záboru staveniště na povrchu, úpravy stávajícího informačního systému metra pro období výstavby a informační tabule o výlucce výstupu z metra a o náhradních cestách pro chodce.

V rámci přípravných prací byly provedeny konstrukce chránící kamenné dlažby a kamenné obklady sloupů před mechanickým poškozením a před znečištěním olejem. Tyto ochrany bylo nutné zřídit již před demontáží eskalátorů. Dále byly v prostoru tlakového uzávěru a ve vstupu do vestibulu

## PŘÍČNÝ ŘEZ ESKALÁTOROVÝM TUNELEM VE STANICI MŮSTEK



Příčný řez nově instalovanými eskalátory a stavebními úpravami v eskalátorovém tunelu stanice Můstek na trase A

provedeny provizorní dřevěné stěny s prachovými filtry, ochraňujícími prostory pro veřejnost před účinky prachu při bouracích pracích. Podobně byla navržena opatření pro odsávání spalin při rozřezávání starých pohyblivých schodů plamenem a při svařování.

Při demontážích stavební části byly postupně v prostoru staveniště demontovány prvky informačního systému a bylo demontováno osvětlení. Ve vestibulu byl snesen podhled, v eskalátorovém tunelu a v napínací stanici byly demontovány podhledy a zonty. Odstrojen byl také jeden prostup mezi sloupy na nástupišti a podhled v tlakovém uzávěru tak, aby byl zajištěn dostatečně rozměrný dopravní prostor pro zavážení dílů nových eskalátorů. Při bouracích pracích byly odstraněny všechny železobetonové kotevní bloky původních eskalátorů v napínací stanici a strojovně a podélné železobetonové lyžiny na mezistropu eskalátorového tunelu. V místech budoucích vnitřních podpěr byl mezistrop probourán a v napínací stanici a ve vestibulu byly ubourány nosné železobetonové konstrukce tak, aby byl vytvořen potřebný prostor pro instalaci nových schodů.

Pro zabezpečení montáže nových pohyblivých schodů byl navržen souhrn pomocných stavebních prací. Zvýšení únosnosti nástupiště a mezistropu v eskalátorovém tunelu bylo zajištěno dočasným podstojkováním na všech dopravních cestách montážních dílů eskalátorů. Jednotlivé montážní díly dosahovaly hmotnosti až 9,2 t, běžně 4,5 - 5,0 t. Při jejich přepravě bez opatření by došlo k vyčerpání únosnosti prefabrikovaného nástupiště a stropů. Dále byly pro montáž eskalátorů navrženy montážní závěsy podle požadavků dodavatele montáže. Že se nejednalo o činnost snadnou, je zřejmé z požadované únosnosti, která dosahovala na jednotlivé závěsy až 70 kN, běžně 50 kN. Konečně na mezistropu eskalátorového tunelu byly uprostřed vybudovány pojezdové ocelové drážky pro přísun dílů na místo uložení.

Po ukončení demontáží a uvolnění vnitřního prostoru eskalátorového tunelu bylo provedeno utěsnění průsaků v litinovém ostění. Těsnící injektáže byly prováděny přímo do míst průsaků ve spárách a u šroubů. Pracovní postup spočívá v navrtání spáry pomocí krátkých vrtů průměru 14 mm a utěsnění pomocí dvousložkových polyuretanových pryskyřic. Princip těsnění

spár je založen na reakci těchto pryskyřic s mokřým prostředím, při které dochází k jejich expanzi.

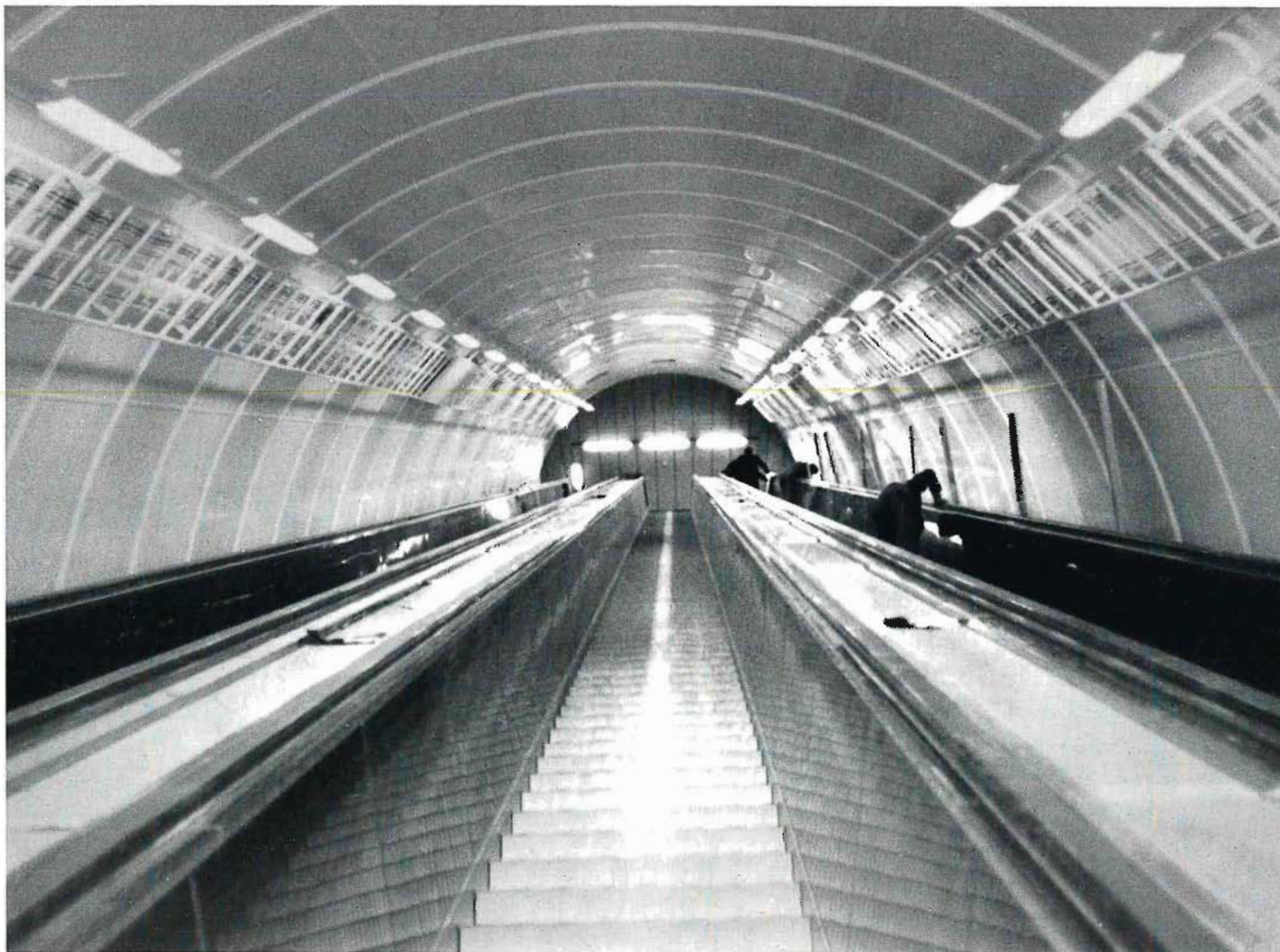
Pro těsnění eskalátorového tunelu bylo použito hmoty MC - Injektoskop 2033 pro základní výplň a hmoty MC - Injektopress 2300 pro utěsnění. Po utěsnění vytýpovaných míst se po nějaké době objevily výtoky na jiných místech, proto bylo těsnění znovu opakováno. Výsledkem je značné zlepšení původního stavu a dosažení poměrně suchého tunelu s ojedinělými drobnými průsaky, které jsou odvedeny systémem nových zontů a odvodňovacích svodů.

Konečně následuje nové stavební a architektonické řešení pro nové eskalátory. Především byly nově provedeny podpěry eskalátorů, včetně přílehlých úseků nových stropů. Ve veřejné části napínací stanice a eskalátorového tunelu byly provedeny nové nerezové zonty, včetně odvodňovacího systému a nové řešení architektonického podhledu Ekrona s reklamními plochami a svítidly Multioval. Ve vestibulu a v místě tlakového uzávěru byl namontován akustický podhled Metro II. Zpět byl namontován podhled ve staničním prostupu. Ve veřejných prostorách byly obnoveny žulové dlažby a mramorové obklady podle rozsahu rekonstrukce. V technických prostorech byly obnoveny vybourané podlahy, provedeny kabelové kanály, vyspraveny povrchy podlah, stěn a stropů a provedeny nové nátěry. V rekonstruovaných veřejných i technických prostorech byly nově provedeny elektroinstalace a nově řešeno osvětlení. Zpět byly namontovány prvky informačního systému.

Stavební práce v šikmém eskalátorovém tunelu byly prováděny ze zavěšené pracovní plošiny ovládané pomocí vrátku umístěného ve vestibulu.

### TECHNOLOGICKÁ ČÁST VÝMĚNY ESKALÁTORU

S ohledem na prašnost a hluk při rekonstrukci bylo nutné uvolnit pracovní místo přepravního manipulanta ve vestibulu. Proto ještě před zahájením vlastní výměny byly provedeny přeložky slaboproudých rozvodů, slaboproudých zařízení a ovládání osvětlení do místnosti dozorcího stanice.



Pohled na eskalátor ve stanici Můstek před montáží balustrády

Při vlastní rekonstrukci byly postupně prováděny:

- demontážní práce technologických souborů plynoucích z výměny eskalátorů,
- nové řešení eskalátorů Thyssen,
- návrh přívodního rozvaděče a silových rozvodů nn,
- návrh ozvučení eskalátorového tunelu,
- připojení signalizace nových eskalátorů na stávající systém dálkových ovládní,
- úpravy a rekonstrukce stávajících provozních souborů plynoucích z výměny a ze zajištění dopravní cesty pro montážní díly (automatické odbavování cestujících, EPS, telefon, výstražná zařízení, zařízení PTV, ukazatelé následného mezidobí, antény VKV, posunutí návěstí - místo zastavení atd.).

Nejrozsáhlejší a technicky nejnáročnější činností byla montáž tří ramen nových eskalátorů. Montáž byla prováděna z dílů dopravovaných do stanice po kolejích. Jednotlivé díly byly z úrovně nástupiště vytahovány na místo určení v ose tunelu pomocí vrátku ve vestibulu. Montáž obou krajních ramen probíhala postupně zdola. Na místo uložení byly díly přesouvány pomocí příčných mobilních trámčů. Postupná montáž prostředního ramene se prováděla shora. Popsaný způsob montáže nových eskalátorů při výměně je optimální. Minimalizuje totiž počet svislých závěsů nad montážními styky v eskalátorovém tunelu, což zase umožňuje provedení nového podhledu před montáží eskalátorů. Tím se také sníží na minimum rozsah stavebních prací, které se mohou provádět až po montáži nových eskalátorů.

## ZÁVĚR

Při výměně pohyblivých schodů v eskalátorovém tunelu Václavské náměstí stanice Můstek A byly provedeny tyto hlavní práce:

– položení ochranných ploch	510 m <sup>2</sup>
– vybourání železobetonových a betonových konstrukcí	250 t
– snesení podhledů a zonzů	1300 m <sup>2</sup>
– demontáž eskalátorů	220 t
– montáž nových eskalátorů	117 t
– ocelové montážní závěsy	9,9 t
– zámečnické výrobky	7,3 t
– montáž nových podhledů a zonzů	1300 m <sup>2</sup>
– nové železobetonové konstrukce	25,6 m <sup>3</sup>
– betonové mazaniny	22,2 m <sup>3</sup>
– obnova žulových dlažeb	75 m <sup>2</sup>
– obnova kamenných obkladů	60 m <sup>2</sup>

Popsaná rekonstrukce ve stanici Můstek dává dobrý přehled o složitosti problematiky a rozsahu prací, spojených s výměnou eskalátorů na pražském metru. Zrealizovaná výměna byla relativně snadná, neboť uzavření jednoho výstupu nebránilo provozu celé stanice. Navíc tato sloupová stanice umožnila dopravování dílů eskalátorů šířky do 3 m a výšky do 2,9 m. U dalších ražených pilířových stanic na trase I A budou podobné výměny vyžadovat vyluku celé stanice a montáž nových eskalátorů bude ještě pracnější. S ohledem na menší rozměry prostupů ve stanici bude totiž nutné pohyblivé schody dělit na méně rozměrné díly.



Eskalátorový tunel ve stanici Václavské náměstí před dokončením



Pohled na eskalátor ve stanici I. P. Pavlova před dokončením montáže

# ZKUŠENOSTI Z PROVOZU ODPADNÍHO TUNELU LIPENSKÉ HYDROELEKTRÁRNY

RNDR. KAREL RŮŽIČKA - ING. JOSEF ZAJÍC, CSc.

*EXPERIENCE IN THE OPERATION OF THE SEWAGE TUNNEL OF THE LIPNO  
HYDROELECTRIC POWER PLANT  
FROM THE GEOTECHNICAL POINT OF VIEW, THE MOST INTERESTING  
IS THE KNOWLEDGE GAINED UPON THE OPERATION OF THE SEWAGE TUNNEL  
AT THE LIPNO HYDROELECTRIC POWER PLANT BRINGING WATER FROM  
THE TURBINES IN THE UNDERGROUND POWER PLANT INTO A TAILWATER POND  
AT VYŠŠÍ BROD. THE ARTICLE PAYS MAJOR ATTENTION TO THIS SECTION  
OF THE CONSTRUCTION.*

V číslech 3 a 4 ročníku 1993 tohoto časopisu byl publikován článek o pozoruhodné tunelářské stavbě prvních poválečných let - o podzemní hydrocentrále Lipno na Vltavě. V tomto článku byl popsán a komentován tehdejší způsob přípravy, výstavby a částečně i provozu tohoto díla. Na základě vyhodnocení výsledků pravidelných revizí, které se konají každoročně v rámci programu technicko-bezpečnostního dohledu na vodním díle, bylo možno shrnout některé poznatky o provozu tohoto díla za 36 let. Po geotechnické stránce jsou nejzajímavější poznatky z provozu odpadního tunelu lipenské hydroelektrárny, který odvádí vodu od turbin v podzemní elektrárně do vyrovnávací nádrže ve Vyšším Brodě. V tomto článku bude tedy věnována největší pozornost této části stavby.

## STAVBA A PROVOZ ODPADNÍHO TUNELU

Připomeňme si, že délka tunelu od pasů spojení výtoku od ssavek turbin je podle posledního zaměření 3 508,6 m, profil tunelu je podkovovitého tvaru s projektovanou plochou výrubu 48,5 m<sup>2</sup>. Tunel byl ražen z převážně části v dvojslídňé žule eisgarnského typu (lipenská žula), částečně též v dvojslídňých pararulách, které tvoří kontaktní plášť žulové intruze. Ojedinelé se též vyskytovaly žily dioritového porfyritu.

Způsob zajištění výrubu byl stanovován podle kvality horniny ve směrové štolě, ražené s asi 50-100 m předstihem, kdy bylo třeba rozhodnout, zda je možno ponechat výrub ve skalním průřezu bez obezdění, nebo zajistit betonové ostění o síle 0,5 m, v některých případech 0,75 m. Tunel byl během výrubu rozdělen na osmimetrové pasy, kterých bylo provedeno celkem 438. Z tohoto počtu bylo obezděno 145 pasů (33,1 %), přičemž největší délku, tj. 91 pasů (20,8 %) má vstupní úsek, ražený převážně v rulách, a 293 pasů (66,9 %) zůstalo neobezděných.

Od roku 1956, ještě v průběhu stavby, se při výlomu tunelu prováděla podrobná inženýrsko-geologická dokumentace stavu horniny v plném výrubu, včetně dokumentace průběhu puklin, poruchových zón, výronů vody, hydrotermální alterace apod. Z těchto podkladů bylo ještě v roce 1958, před zahájením provozu celého díla, navrženo provedení doplňujících opatření pro zlepšení stability ve vybraných neobezděných úsecích. Byly to např. betonové plomby, kterými se zajišťovaly poruchové zóny s výskytem podrcených, alterovaných, či jinak geomechanicky oslabených hornin a dále ocelové svorníky, kterými se zajišťovaly jednotlivé bloky, oddělené nepříznivou puklinovou orientací, nebo místa ve stropu klenby, kde docházelo k větším nadvýlům. V jednom případě bylo nutno též provést dodatečné ostění obkladního typu do provedeného výlomu. V této fázi bylo osazeno asi 500 ks svorníků o délce 3-5 m, 2 betonové plomby a 1 1/2 pasu dodatečného ostění.

Po celkové kolaudaci a uvedení díla do provozu bylo v programu technicko-bezpečnostních prohlídek stanoveno, že revize stavu horniny v klenbě tunelu budou prováděny každoročně pojižděnou z lodí, v pětiletých intervalech bude tunel vyčerpán a skuteční se revizní prohlídka ze dna tunelu, přičemž bude provedeno vyčištění od spadných úlomků a bloků horniny. Zkušenosti a poznatky z těchto prohlídek a revizí, prováděných v průběhu let 1958-1980 byly zpracovány s tím, že na základě podrobné dokumentace místa, velikosti a charakteru opadaných úlomků a bloků bylo provedeno statistické zpracování a byly vytypovány úseky, kde k těmto jevům nejčastěji dochází. Z těchto záznamů bylo možno např. konstatovat, že v úseku

raženém ve zdravé, masivní a málo rozpukané žule, docházelo nejčastěji k odlučování slabých plochých štěpin zdravé horniny v horní části a ve vrcholu klenby. Tyto štěpiny charakteru odprysků vznikaly postupně a poměrně dlouhodobě při vyrovnávání napětí nad klenbou výrubu a docházelo k porušení smykové pevnosti podle těchto ploch soustředěného napětí. V úsecích, které byly raženy v horninách s výskytem hustšího puklinového systému se zhruba hranolovitou odlučností, docházelo k uvolňování větších bloků horniny a to i v bocích tunelu. V místech výskytu horniny s velmi hustou puklinovou sítí, tj. převážně v rulách nebo porušených žulách, byly dokumentovány opady jen malých úlomků v poměrně malém množství.

Při elkovém hodnocení četností výskytu uvolněných a spadlých kusů hornin v tomto sledovaném období bylo konstatováno, že objem spadu byl zvolna vzrůstající až do roku 1975, kdy bylo z tunelu vyvezeno kolem 15 m<sup>3</sup> spadaného materiálu. Současně bylo však jednoznačně potvrzeno, že výlomu tunelu je v celé délce stabilní a není ohrožen destrukcí takového rozsahu, která by mohla způsobit havarijní situaci.

## GEOTECHNICKÉ PODKLADY PRO OPRAVU

Přes tento v podstatě uspokojivý, resp. zvládnutelný stav tunelu bylo při prohlídce v roce 1980 na základě konzultace s tunelovými specialisty rozhodnuto, aby byl zpracován návrh a později projekt rozsahu dodatečných saračnických a zajišťovacích prací a realizován při nejbližší dlouhodobější odstávce hydrocentrály Lipno I. Pro tento účel bylo provedeno hodnocení a geotechnická klasifikace horninového masivu podle systému BLL (Barton, Lien, Lunde) s podrobnou dokumentací hornin ve vybraných neobezděných částech tunelu, jako doplněk původní prvotní dokumentace. Pro potřebu posouzení stability výlomu byla sestavena zjednodušující přehledná tabulka vybraných kritérií pro možnost korelace závěrů podle vizuální prohlídky a výsledných hodnot klasifikačního systému BLL. Ke klasifikaci byly vybrány úseky, kde se zpravidla vyskytly závady během provozu a ve kterých bylo při revizních prohlídkách zjištěno větší množství napadaného materiálu.

Pro hodnocení kvality horninového masivu podle uvedeného systému BLL bylo použito základního vzorce:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}, \text{ ve kterém značí}$$

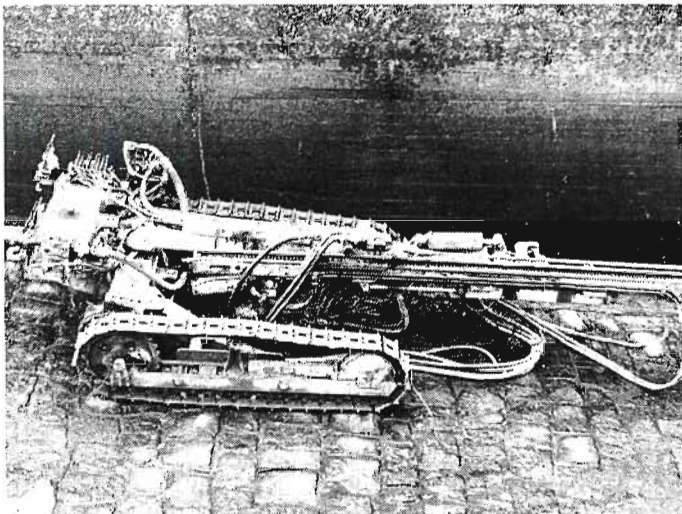
- Q = kvalita horninového masivu
- RQD = číslo, charakterizující kvalitu masivu podle výskytu puklin v průzkumném vrtu nebo na povrchu výlomu (blokovitost masivu)
- J<sub>n</sub> = počet puklinových systémů
- J<sub>r</sub> = drsnost puklin
- J<sub>a</sub> = ukazatel alterace stěn puklin
- J<sub>w</sub> = charakteristika přítoku vody z puklin
- SRF = charakteristika napjatosti horninového masivu

Výsledné geotechnické hodnocení kvality horninového masivu podává následující tabulka:

pasy	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
120-150	70-80	6	2	1	1	1	23,2
170-200	70-80	4	3	1	1	1	60
230-275	80	9	2	2	1	0,5	17,4
302-370	70	12	2	2	1	1	5,8
392-435	70	9	2	3	1	0,5	9,2

Výsledné hodnoty kvality horninového masivu byly podkladem pro další návrhy dodatečného zajištění výrubu podle tabulky:

Q	hodnocení kvality horninového masivu	navržené nové zajištění
< 10	méně dobrá	stříkaný beton s ocelovou sítí a kotvami
15 - 25	dobrá	systematické kotvení pomocí svorníků délky 3 - 6 m s injektáží kotev
60	velmi dobrá	bez zajištění, nebo kotvení pouze jednotlivých bloků ocelovými svorníky



Vrtná souprava zn. Ingersell - Rand pro vrtání kotevních otvorů

Většina hodnot, dosažených do uvedeného vzorce, byla získána na základě podrobné prohlídky stěn tunelu, s využitím písemných a grafických záznamů z prvotní dokumentace, pořizované během výlomu, nebo krátce po něm. Podle výsledků hodnocení bylo tedy možno zařadit tyto horniny do třech kvalitativních kategorií (méně dobrá, dobrá a velmi dobrá) a podle toho navrhnout uvedený způsob zajištění.

### OPRAVA TUNELU V ROCE 1984

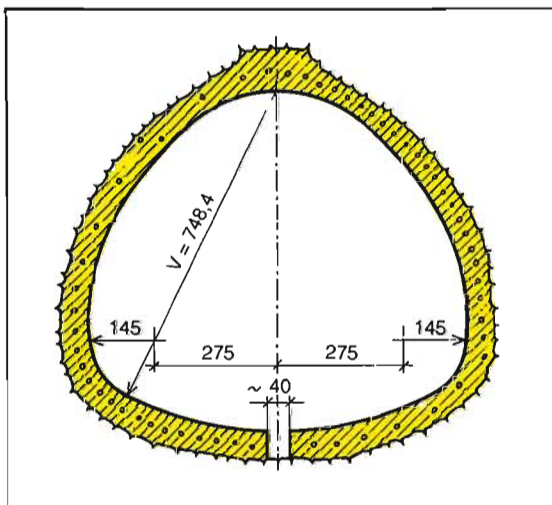
Ve zpracovaném jednostupňovém projektu byl rámcově stanoven způsob zajištění jednotlivých úseků tunelu s tím, že bude upřesněn geologem v průběhu sanačních prací. Tyto práce proběhly při dlouhodobé odstávce elektrárny v roce 1984. Práce se soustředily do předem vytypovaných úseků, kde byla na základě místní podrobné prohlídky z pojízdné plošiny označena a očíslována místa kotevních vrtů s vyznačením jejich délky, směru, příp. odklonu od svislice. Příslušné záznamy byly též provedeny do speciálního formuláře, který sloužil jednak jako pracovní příkaz pro prováděcí organizaci, jednak jako podklad pro kontrolu provedených prací. Pro úseky, zajišťované jednotlivými kotvami byly vyrobeny svorníky ve dvou délkách — 3 a 6 m. Kotevní vrty se vrtaly profilem 46 mm, do vrtu se zasunula kotva o průměru 32 mm, opatřená na konci rozštěpem na klín, hadička pro injektáž a menší hadička pro odvodu vzduchu vrtu. Po zatvrdnutí injekční směsi se na vrtčivajícím konci kotvy, opatřený závitem, osadila dvojité, půlkulovitá podložka k vyrovnání dosedací plochy k hornině. Pak byla kotva předepnutá pomocí momentového klíče na tah 50 Mp. Bylo osazeno celkem 504 ks jednotlivých ocelových svorníků, z toho 305 kusů o délce 6 m a 199 kusů o délce 3 m.



Injektáž kotev tlakovým kotlíkem z výsuvné plošiny

#### PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM

ODPADNÍ TUNEL, OPATŘENÝ BETONOVOU OBEZDÍVKOU O TLOUŠTCE 0,5 m PAS Č. 99, KM 2,880



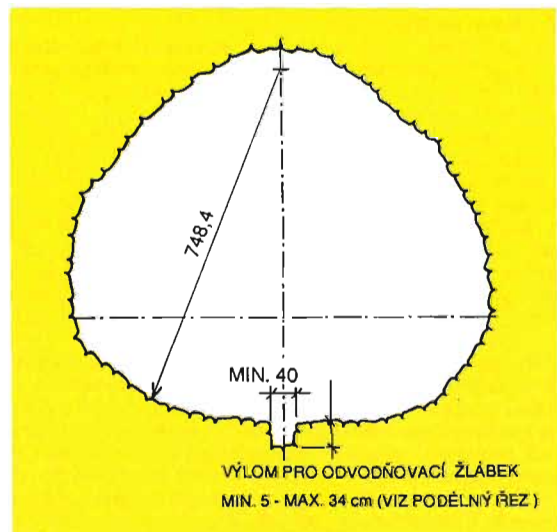
OBR. 1

#### PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM

VÝLOM TUNELU VE ZDRAVÉ HORNINĚ

NEZABEZPEČENÉ OSTĚNÍM

PAS Č. 50, KM 3,200



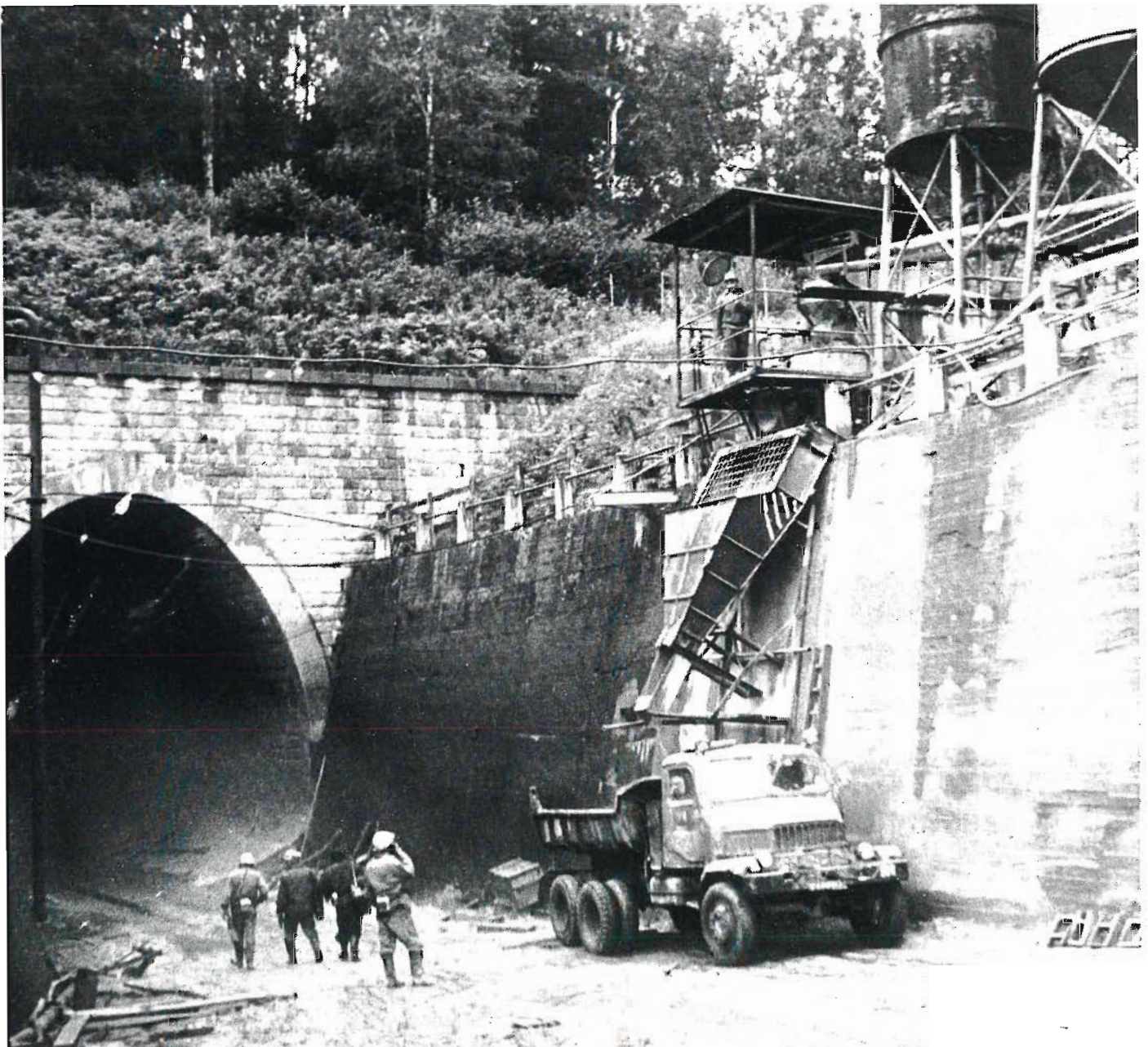
OBR. 2

Stříkaný beton byl proveden ve vrcholu klenby ve dvou vybraných úsecích, tvořených z převážné části hustě rozpukanou a částečně navětralou rulou, kde nebylo možno kotvami zachycovat jednotlivé bloky a kde docházelo k častému opadávání drobných úlomků. Sanace vrchlíku klenby probíhala tak, že výlom byl nejprve očištěn od uvolněných a navětralých úlomků, pak byla pravidelnou sítí kotev o délce 3 m přichycena armovací síť s oky 10 x 10 cm, kotvy o hustotě 1 kus na 2 m<sup>2</sup> byly zainjektovány a předeplnuty na tah 40 Mp. Poté se zajišťovaná plocha zastříkala několika vrstvami betonu tak, aby armovací síť byla zcela zakrytá.

Zaplombování vybraných poruchových zón v operách tunelu, zabezpečení bývalých sklipků na střelivo, u kterých bylo porušeno obezdění, bylo provedeno podobným způsobem, tj. stříkaným betonem na armovací síť, zakotvenou do okolní zdravé krajiny. Kromě těchto prací, zabezpečujících, resp. zlepšujících stabilitu horninového masivu v neobezděném výrubu, byly součástí opravy v tomto roce ještě další práce, spojené s výlomem a betonáží dna (spodní klenby) tunelu při jeho vyústění. Délka tohoto

úseku byla 390 m a bylo k tomu třeba zřídit pracoviště před portálem tunelu s výrobou, dopravou a zpracováním betonové směsi. Navržený způsob dodatečného zajištění i stanovení délky svorníků v jednotlivých místech byl potvrzen též při seismokarotážním měření, které bylo provedeno ve třech charakteristických profilech. Z tohoto měření vyplynulo, že stav napjatosti horninového masivu kolem výrubu je již značně ustálený a šířka uvolněného pásma hornin kolem neobezděného výrubu dosahuje v převážné míře hloubky kolem + 1 m, v ojedinělých případech až 2,5 m.

Všechny tyto technicky velmi náročné práce provedla tehdejší dodavatelská organizace Výstavba dolů uranového průmyslu - závod 4 - Tišnov ve velmi dobré kvalitě a před sjednaným termínem dokončení. Při závěrečném hodnocení těchto prací byl oceněn jednak vstřícný přístup k operativním pokynům a požadavkům geologa a odběratele a dosud nebývalý (na této stavbě) rychlý postup a sled prací při vrtání kotevních otvorů a osazování svorníků, stříkání betonu, příp. dolamování horniny a betonáží dna vstupní části tunelu.



Výroba betonové směsi pro betonáž spodní klenby tunelu při vyústění do vyrovnávací nádrže Lipno II

## PROVOZ TUNELU PO OPRAVĚ

Po provedení této opravy byly opět prováděny každoroční prohlídky vrchní části klenby po jízdě z lodi a v letech 1989, 1992 a 1993 byla voda z tunelu vyčerpána a bylo možno dokumentovat místa a velikost spadlých úlomků. V roce 1989 bylo ještě vyvezeno cca 20 ks spadlých úlomků větší velikosti (převážně žuly) a dalšího drobného materiálu v celkovém množství asi 6 m<sup>3</sup>, v roce 1992 se jednalo již převážně o drobnější úlomky v množství asi 1 m<sup>3</sup> a v roce 1993 jen asi o 0,7 m<sup>3</sup> materiálu. Úseky stříkaného betonu v klenbě tunelu a v opěrách (poruchové zóny a sklípky) nevykazovaly podstatných závad.

## ZÁVĚR

Při celkovém hodnocení je možno dnes konstatovat, že oprava tunelu byla včasná a účinná a její provedení podstatně snížilo rozsah jeho

údržby. Ještě lepších výsledků by bylo bývalo dosaženo, kdyby původní projekt umožňoval širší volbu zajišťovacích opatření pro plný výlom tunelu. K dispozici byl však tehdy buď jen výlom bez ochrany, nebo betonové ostění 50 cm silné, které se jevílo pro většinu později sanovaných úseků jako zbytečně předimenzované. Tehdy - začátkem padesátých let - se však s kotvením hornin teprve začínalo a stříkaný beton jsme ještě ani neznali.

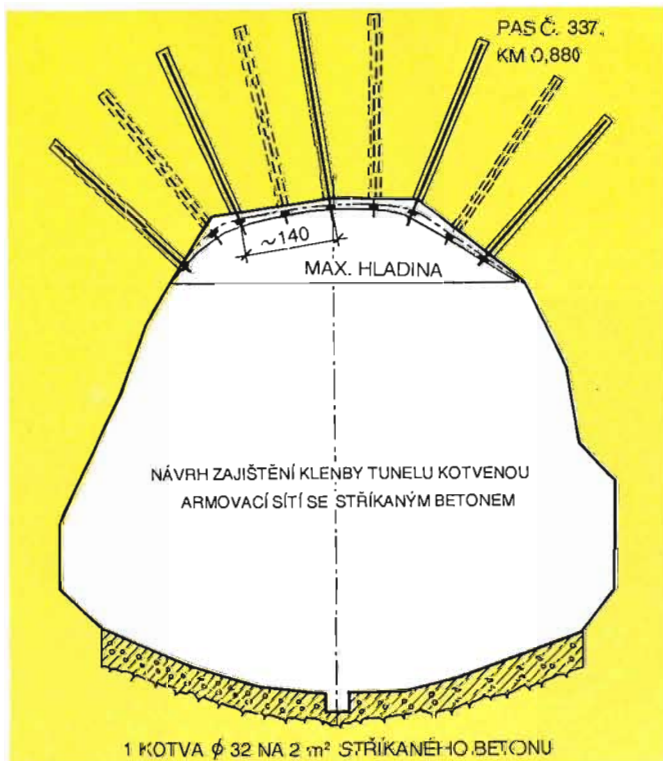
Celkově je možno shrnout zkušenosti z dosavadního provozu odpadního tunelu do těchto závěrů:

1. Původní výrub tunelu byl zajištěn betonovým ostěním jen zčásti a to převážně ve vstupním úseku tunelu a pod údolím Vitavy v Čertových proudech, kde bylo malé nadloží. V této části, ani v dalších asi deseti místech kratších úseků ostění nebyly po 36 letech provozu zjištěny závažnější závady.

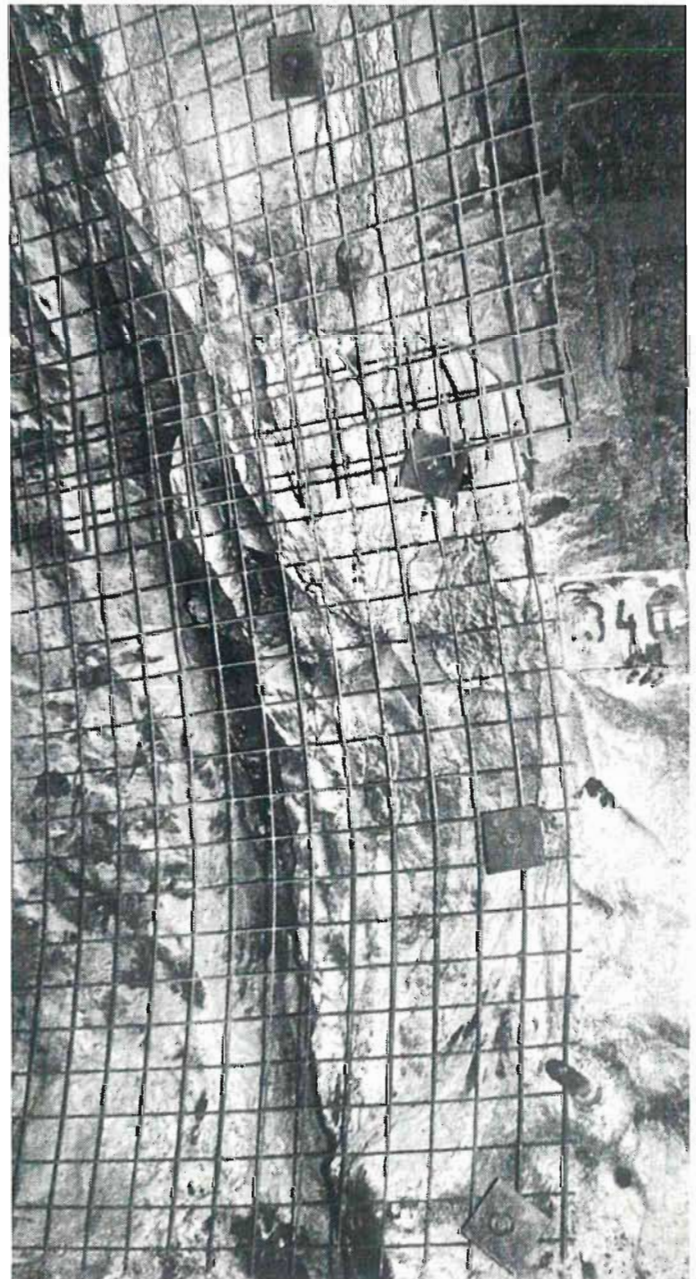
2. Ve volném výrubu se vyskytovaly úseky, kde docházelo k občasnému spadávání jednotlivých uvolněných bloků a úlomků hor-



Ocelové svorníky s rozštěpem na konci, klíny k uchycení a půlkulovité podložky pod záhlaví kotev



OBR. 3



Poruchová zóna na konci pasu 339 s připravenou výztuží pro stříkaný beton - km 0,760

niny. Tyto úseky byly sledovány a na základě dokumentace při revizních prohlídkách navrženy k sanaci. S přihlédnutím k různorodé kvalitě horninového masivu, ve kterém byl tunel ražen (různé hustotě rozpuštění, příp. porušení, střídání různých petrografických typů hornin s různými geotechnickými vlastnostmi) bylo toto množství přijatelné, zejména též z toho důvodu, že každodenní kolísání vody při špičkovém provozu elektrárny způsobovalo svými hydraulickými účinky další dodatečné nepříznivé vlivy na stabilitu nezajištěných úseků.

3. Z dokumentace spadlých úlomků a bloků hornin vyplývá, že v úsecích, tvořených masivní a málo rozpuštěnou horninou, docházelo k uvolňování plochých odpryskových štěpin z vrcholové části klenby. V úsecích hustšího rozpuštění se uvolňovaly větší bloky, a to zejména z prostoru pásma kolísání vody, tj. z horní části opěr. V úsecích hustého rozpuštění (v rulách a poruchových zónách) docházelo k uvolňování převážně drobných úlomků, příp. vyplavování alterované výplně.

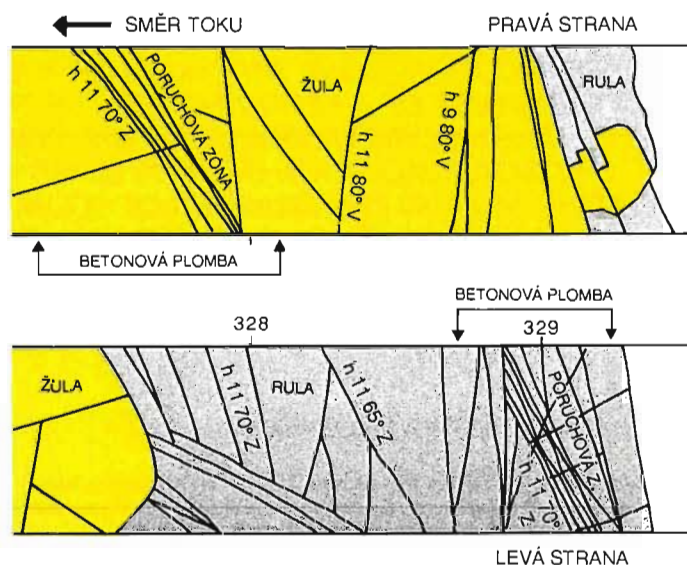
4. Četnost spadu úlomků po zahájení provozu postupně poněkud vzrůstala a soustřeďovala se do vymezených úseků, které pak byly při opravě v roce 1984 dodatečně zajištěny.

5. Po této opravě došlo zpočátku k opadu hornin, patrně uvolněných následkem mechanického porušení při opravě (dolamování, vibrace při vrtní apod.), později se množství uvolněné horniny výrazně snížilo, což dokumentuje dobrou účinnost provedené opravy.

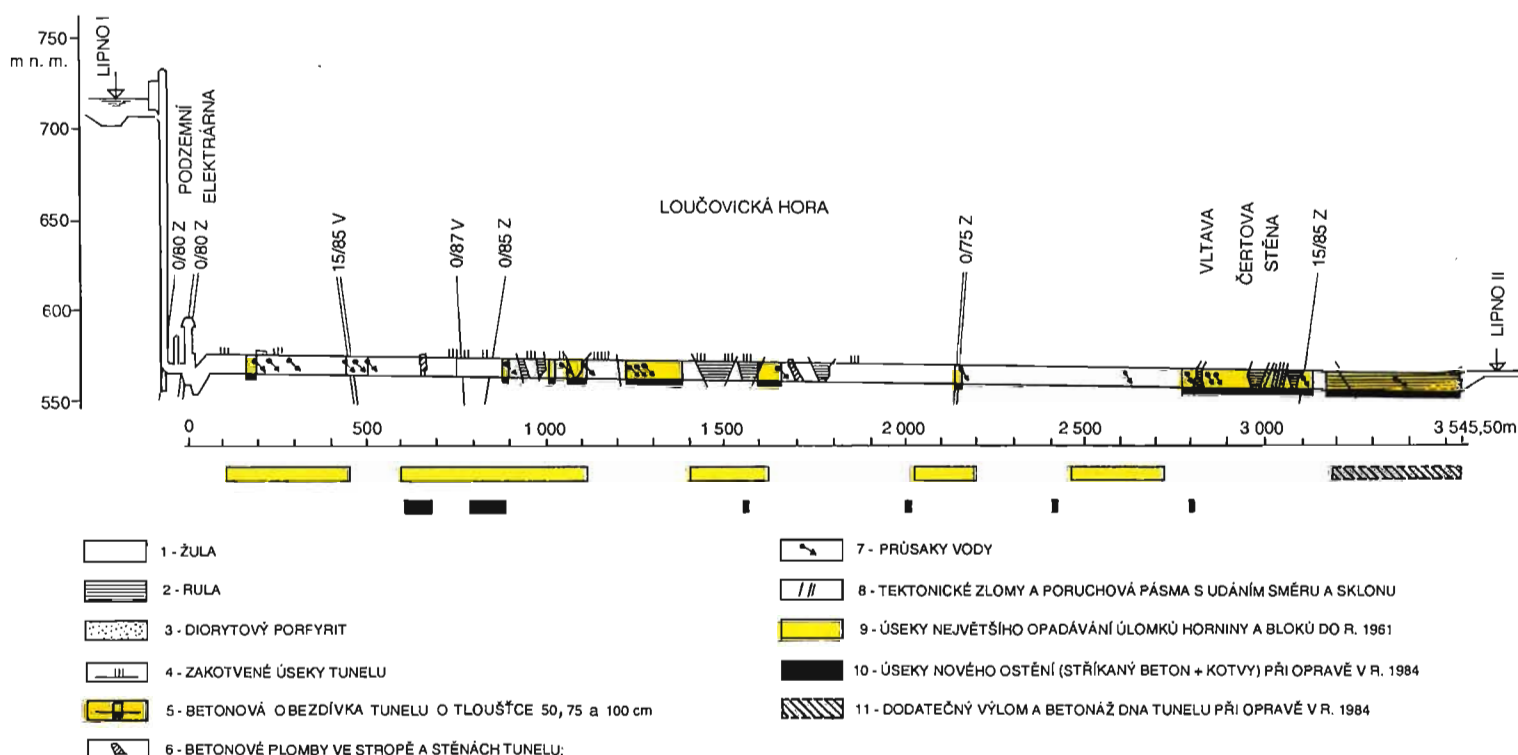
V současné době je stav skalního masivu ve výrubu a stabilizační výstroje v ročních intervalech dále pravidelně sledován a vyhodnocován v rámci programu technicko-bezpečnostního dohledu, kdy se provádějí prohlídky všech objektů tohoto vodního díla.



Manipulační důlní vůz pro stříkání betonu



OBR. 4



# NOVÝ ZPŮSOB VYJÁDŘENÍ PŘETVÁRNÝCH VLASTNOSTÍ HORNIN NA BÁZI KLASICKÝCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK

DOC. ING. PETR KONEČNÝ, CSc., ING. JAROMÍR KNEJZLÍK, CSc., ING. PAVEL KONEČNÝ,  
ÚSTAV GEONIKY AV ČR, OSTRAVA

*THE NEW CONCEPT FOR DETERMINING THE DEFORMABILITY OF ROCK MATERIAL IS SIMILAR TO STANDARD TEST PROCEDURE. THE ONLY DIFFERENCE IS THAT THE FORCE, AXIAL, AND RADIAL DEFORMATIONS ARE MEASURED AND RECORDED DIGITALLY. THE OBTAINED DATA SET IS STORED IN A COMPUTER. THE AMOUNT OF DATA DEPENDS ON SAMPLING FREQUENCY, VELOCITY OF LOADING AND THE COMPRESSIVE STRENGTH OF THE TESTED MATERIAL AND IT IS USUALLY IN THE RANGE OF A FEW HUNDREDS UP TO 5000 SAMPLES. EACH SAMPLE PROVIDES THE INFORMATION ABOUT TIME, FORCE, AXIAL AND RADIAL DEFORMATION. THE DATA EVALUATION OCCURS USING COMMERCIAL PROGRAMME (FOR INSTANCE LOTUS 123) AND THE CHANGES OF YOUNG'S MODULUS, POISON'S RATIO AND VOLUME DEPENDING ON THE STRESS APPLIED ARE PLOTTED. THE MEAN VALUES FOR DIFFERENT STRESS INTERVALS CAN BE CALCULATED, TOO. THE RESULTS OBTAINED ON DIFFERENT ROCK TYPES ARE DISPLAYED AND COMPARED WITH THE STANDARD INTERPRETATION TO APPRECIATE THE CONTRIBUTION OF THE SUGGESTED CONCEPT.*

## CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU

Informace o pevnostních a přetvárných vlastnostech, získaných klasickými laboratorními měřeními na zkušebních tělesech v laboratoři, jsou stále jedním ze základních podkladů pro následné projektování a realizaci inženýrských děl v horninovém masivu. Vzhledem k tomu, že většina těchto vlastností je ovlivnitelná tvarem a velikostí zkušebního tělesa, a také uspořádáním a průběhem vlastní zkoušky, jsou metodicky zjišťování jednotlivých vlastností ustálené, v mnoha případech pak normalizované buď na úrovni „doporučení“ např. ISRM (International Society for Rock Mechanics) nebo oborových či státních norem (ČSN, DIN aj.).

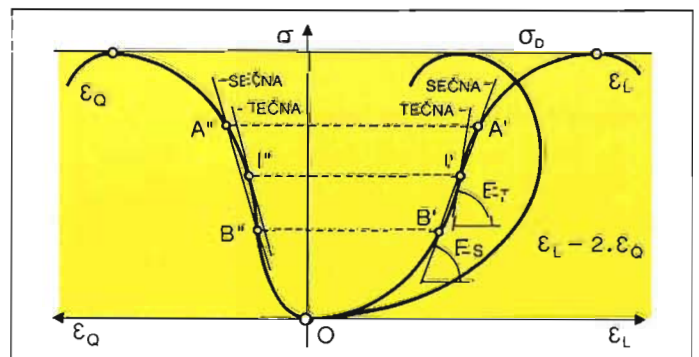
Současná úroveň měření vlastností hornin zajišťuje v podstatě bezproblémovým způsobem objektivizaci údajů o jejich běžných fyzikálních vlastnostech (jako je např. objemová a měrná hmotnost, vlhkost apod.), a o vlastnostech pevnostních (nejčastěji pevnost v prostém tlaku, pevnost v příčném tahu, mezná Mohrova obálka apod. - Franklin, Dusseault 1989). Naše zkušenosti ukazují, že tyto informace, poskytované různými pracovišti, snesou velmi dobré srovnání, zejména jsou-li doprovázeny údaji o použitých metodikách a poměrech při zkoušce.

Poněkud jiná situace je u přetvárných vlastností hornin (a uhlí), zejména u veličin nazývaných obvykle modul pružnosti resp. modul přetvárnosti a Poissonovo číslo. Tyto vlastnosti se zjišťují nejčastěji při zkoušce při jednoosém tlaku s tím, že se podélné a příčné deformace měří buď diskrétně - odečítáním příslušných hodnot na vhodném měřidle při různých napětových hladinách - nebo dnes častěji kontinuálně s grafickým záznamem na vhodném zapisovači. Problém nastává při vyhodnocování, neboť na přetvárných diagramech je potřeba nalézt odpovídající si lineární úseky, v nichž se hornina chová když ne pružně, tak alespoň lineárně přetvárně (pružnou deformaci lze odvodit z odlehčovací větve diagramu). Příslušné moduly se pak mohou určovat jako „sečnové“ nebo „tečnové“, jak je patrné ze schématu obr. 1.

Je zřejmé, že je velmi obtížné, pro tak specifický a různorodý materiál, jakým je hornina, definovat podmínky pro správnou interpretaci přetvárných vlastností tak, aby vyhodnocení bylo dobře reprodukovatelné a také objektivně vyjadřovalo příslušné deformační vlastnosti. Do vyhodnocení zpravidla zákonitě vstupuje subjektivní prvek daný zkušeností a přístupem interpretátora.

V souvislosti s výzkumem procesu přetváření a porušování hornin a měřením seismoakustických emisí (tato problematika však není předmětem tohoto příspěvku) jsme ve spolupráci laboratoří speciální přístrojové techniky a petrofyziky v Ústavu geoniky zavedli digitální záznam sil, podélných a příčných deformací v průběhu měření na klasickém mechanickém laboratorním lisu do počítače třídy PC. Tento postup, jak ukážeme v dalším, umožňuje široké využití matematických metod zpracování dat a tím vý-

znamně zpřesňuje a objektivizuje zejména poznání přetvárných vlastností hornin.



OBR. 1

Obr. 1. Schéma přetvárných diagramů při tlakové zkoušce hornin a jejich interpretace.  $\epsilon_L$  - relativní podélná deformace (kladné znaménko),  $\epsilon_Q$  - relativní příčná deformace (záporné znaménko),  $\sigma$  - osové napětí,  $\sigma_D$  - pevnost v prostém tlaku, A', B' - průsečíky sečny, jejíž sklon vyjadřuje modul pružnosti (přetvárnosti), I' - dotykový bod tečny (ve speciálních případech i inflexní bod), jejíž sklon vyjadřuje modul pružnosti (přetvárnosti), A'', B'', I'' - odpovídající body na křivce příčných deformací,  $E_S$  - sečný modul,  $E_T$  - tečný modul.

## MĚŘICÍ APARATURA A POSTUP MĚŘENÍ

Měřicí aparatura sestává z měřicí komory, jednotky interface a počítače PC s kartou analogově-číslicového převodníku AD. Zjednodušené blokové schéma je na obr. 2.

Mechanický lis 1 generuje zatěžovací sílu na zkušební těleso 2, které je vloženo do měřicí komory, vybavené snímači podélné deformace 3, příčné deformace 4 a akustické emise 5. Podélná deformace se měří mezi čelistmi lisu a vyhodnocuje se jako průměr signálu ze dvou tenzometrických čidel, umístěných souměrně vůči ose zkušebního tělesa. Příčná deformace se měří tenzometrickými čidly v polovině výšky zkušebního tělesa ve dvou kolmých směrech a vyhodnocuje se opět jako průměrná hodnota. Na zkušební těleso je v polovině výšky namířena snímač akustické emise 5. Použité tenzometrické snímače se vyznačují vysokou přesností a linearitou

měření a malou časovou konstantou. Jsou popsány v práci Rambouského (1993).

V jednotce interface se upravují úrovně signálu pro vstup AD převodníku (v bloku 6 signál síly z dynamometru lisu, v blocích 7 a 8 signály ze snímačů podélné a příčné deformace). V bloku se zpracovává signál akustické emise (způsobem jeho zpracování se zde nezabýváme). Blok 10 je časová základna, která spouští analogově-číslicový převod vzorků měřených hodnot v definovaných časových intervalech (0,2 s - 1,2 s). Používáme 12ti bitový AD převodník v bipolárním režimu, tj. vstupní signály jsou kvantovány na 2048 úrovní.

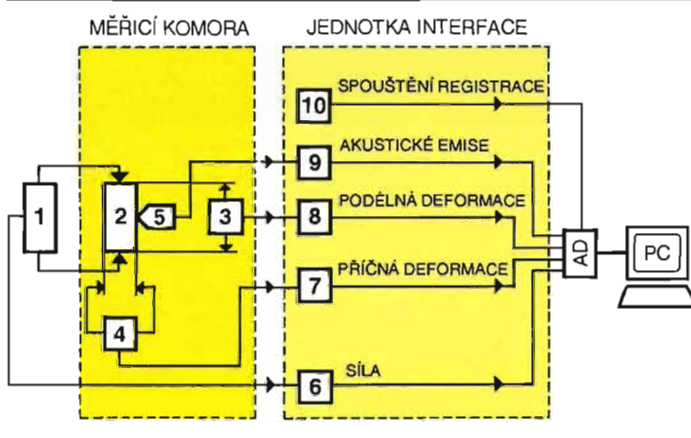
Rozsahy měření a rozlišovací schopnosti jsou uvedeny v tab. 1.

TABULKA 1

ROZSAHY MĚŘENÍ A ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOSTI JSOU UVEDENY V TAB. 1

	ROZSAH MĚŘENÍ :	ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST:
SÍLA	500 KN	24,41N
PODÉLNÁ DEF.	2 mm	976,56 $\mu\text{m}$
PŘÍČNÁ DEF.	1mm	488,28 $\mu\text{m}$

#### ZJEDNODUŠENÉ BLOKOVÉ SCHÉMA MĚŘICÍ APARATURY



- 1- MECHANICKÝ LIS
- 2 - MĚŘENÝ HORNINOVÝ VZOREK
- 3 - SNÍMAČ PODÉLNÉ DEFORMACE
- 4 - SNÍMAČ PŘÍČNÉ DEFORMACE
- 5 - SNÍMAČ AKUSTICKÝCH IMPULSŮ
- 6 - ZESILOVAČ SIGNÁLU SÍLY
- 7 - ZESILOVAČ SIGNÁLU SNÍMAČE PŘÍČNÉ DEFORMACE
- 8 - ZESILOVAČ SIGNÁLU SNÍMAČE PODÉLNÉ DEFORMACE
- 9 - BLOK ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU AKUSTICKÉ EMISE
- 10 - ČASOVÁ ZÁKLADNA

OBR. 2

Přesnost měřicí aparatury, zjištěná na ocelovém zkušebním tělese, je 1,5 %. Při měření na horninových zkušebních tělesech je celková přesnost dále ovlivněna přesností opracování.

S ohledem na použitý interval vzorkování a délku zkoušky tak při běžném necyklovaném měření v prostém tlaku dostáváme zpravidla 500 až 3000 silových úrovní s příslušnými deformačními údaji.

Výsledky měření jsou zapsány na počítači do textového souboru pomocí původního programu vyvinutého Mgr. Borisem Gruntorádem v rámci grantu GAČR č. 105/93/2409. V souboru dat jsou v jednotlivých sloupcích tyto informace:

- pořadové číslo čtení  $i$
- čas  $t$  [t] (nevstupuje do vyhodnocování přetvárných vlastností)
- čtení podélné deformace v  $i$ -té úrovni  $l_i$  [V]
- čtení příčné deformace v  $i$ -té úrovni  $q_i$  [V]
- počet impulsů  $a$  (nevstupuje do vyhodnocování přetvárných vlastností)
- čtení síly v  $i$ -té úrovni  $p_i$  [V]

Každé čtení s příslušnými daty tvoří jeden řádek tabulky (viz obr. 3).

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Měř. pod.	2 mm/5V	0.4 mm/V	
3			Měř. příč.	1 mm/5V	0.25 mm/V	
4	Vzorek	Těleso	Měř. sil.	500 kN/5V	100 kN/V	
5	3961	5	Průměr:	48 mm		
6			Výška:	96 mm		
7						
8						
9	Čas	Pod. def.	Příč. def.	Počet imp.	Síla	
10	1.42	-0.7275	0.0879	0.0073	0.022	
11	1.805	-0.73	0.0879	0.0073	0.0195	
12	2.19	-0.7275	0.0879	0.0049	0.022	
13	2.575	-0.7251	0.0879	0.0049	0.0269	
14	2.89	-0.7202	0.0879	0.0098	0.0317	
15	2.958	-0.7178	0.0879	0.0122	0.0342	
16	2.986	-0.7202	0.0854	0.0122	0.0317	
17	3.067	-0.7178	0.0854	0.0171	0.0342	
18	3.175	-0.7178	0.0854	0.0195	0.0342	

Obr. 3. Ukázka tabulky pro zápis dat

Kromě těchto měření získaných dat jsou před zahájením zkoušky každého tělesa zadány tyto údaje (viz obr. 3):

- identifikační číslo vzorku a tělesa,
- průměr tělesa  $D_0$  [mm],
- výška tělesa  $H_0$  [mm].

Napevno jsou vložena měřítka snímaných veličin, tedy

- měřítko podélných deformací  $M_L$  [mm/V],
- měřítko příčných deformací  $M_Q$  [mm/V],
- měřítko síly  $M_p$  [kN/V].

#### INTERPRETACE VÝSLEDKŮ A ZÍSKANÉ POZNATKY

Nejdříve se v úrovni každého čtení transformují odečtené hodnoty  $p_i, l_i, q_i$  na skutečné síly a deformace a vypočtou se odpovídající napětí  $\sigma_i$  a relativní deformace podélné  $\epsilon_i$  a příčné  $\epsilon_{Q_i}$  takto:

$$\sigma_i = \frac{4000 \cdot p_i \cdot M_p}{\pi \cdot D_0^2} \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

$$\epsilon_{L_i} = \frac{l_i \cdot M_L}{H_0} \quad (2)$$

$$\epsilon_{Q_i} = \frac{q_i \cdot M_Q}{D_0} \quad (3)$$

Praxe ukázala, že není možno určovat sečnové moduly přetvárnosti a podíl mezi přírůstkem příčných a podélných deformací (Poissonova čísla) mezi po sobě jdoucími čteními, a to proto, že se mezi nimi neprojevují dostatečné rozdíly přírůstků. Proto se sečnové moduly počítají v intervalech, odpovídajících 10 po sobě následujícím vzorkům podle vztahů

$$E_i = \frac{\sigma_{(i+10)} - \sigma_i}{\epsilon_{L(i+10)} - \epsilon_{L_i}} \quad [\text{MPa}] \quad (4)$$

$$V_i = \frac{\epsilon_{Q_{(i+10)}} - \epsilon_{Q_i}}{\epsilon_{L(i+10)} - \epsilon_{L_i}} \quad (5)$$

Vypočtené hodnoty sečnových modulů se vztahují, jak je ze vzorců patrné, k  $i$ -té hodnotě napětí  $\sigma_i$ .

Výpočet základních přetvárných parametrů  $E$  a  $\nu$  je vhodné doplnit o informaci charakterizující objemové změny zkoušeného tělesa.

Označíme-li

- $V_0$  ..... původní objem zkušebního tělesa,  
 $V_d$  ..... objem deformovaného tělesa při napětí  $\sigma$   
 $D_0$  ..... původní průměr zkušebního tělesa,  
 $\Delta_0$  ..... absolutní hodnota celkové deformace průměru tělesa při napětí  $\sigma$   
 $H_0$  ..... původní výška tělesa,  
 $\Delta_H$  ..... absolutní hodnota celkové deformace výšky tělesa při napětí  $\sigma$

můžeme vyjádřit poměrnou objemovou změnu jako  $V_d/V_0$ , takže pro válcové tělísko platí:

$$\frac{V_d}{V_0} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_0 + \Delta_0)^2 \cdot (H_0 - \Delta_H)}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_0^2 \cdot H_0} \quad (6)$$

Po provedení výpočtů a zanedbání malých hodnot vyššího řádu dostáváme

$$\frac{V_d}{V_0} = \frac{D_0^2 \cdot H_0 + 2 \cdot \Delta_0 \cdot H_0 - \Delta_H \cdot D_0^2}{D_0 \cdot H_0} \quad (7)$$

Úpravou

$$\frac{V_d}{V_0} = 1 + \frac{2 \cdot \Delta_0}{D_0} - \frac{\Delta_H}{H_0} \quad (8)$$

Z definice relativních deformací vyplývá, že relativní příčná deformace je dána vztahem

$$\epsilon_0 = \frac{\Delta_0}{D_0} \quad (9)$$

a relativní podélná deformace analogicky

$$\epsilon_L = \frac{\Delta_H}{H_0} \quad (10)$$

takže dosazením (9) a (10) do (8) dostáváme

$$\frac{V_d}{V_0} = 1 + 2 \cdot \epsilon_0 - \epsilon_L \quad (11)$$

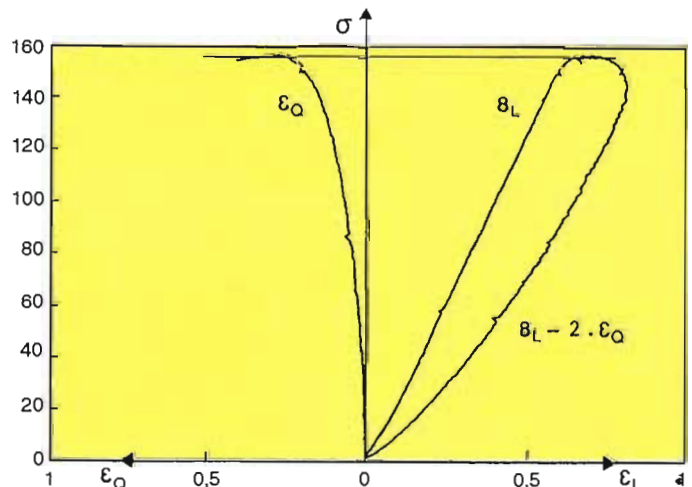
Ze vzorce (11) vyplývá, že je-li hodnota  $(2 \cdot \epsilon_0 - \epsilon_L)$  záporná, objem se oproti původnímu zmenší, je-li naopak kladná, objem se zvětší. Vzhledem k tomu, že se obvyklé představy odvíjejí od podélných deformací, je častější výpočet rozdílu  $(\epsilon_L - 2 \cdot \epsilon_0)$ , kdy jeho kladná hodnota signalizuje zmenšení původního objemu. Pokud hodnotu  $(\epsilon_L - 2 \cdot \epsilon_0)$  určíme pro všechny i-té změřené hodnoty, můžeme vykreslit závislost  $(\epsilon_L - 2 \cdot \epsilon_0)$  na napětí  $\sigma$ . Vzniká křivka určuje trend změny objemu a umožňuje stanovit napětí, kdy dochází k jeho zvětšování. Lze oprávněně předpokládat,

že zvětšování objemu je důsledkem tvorby mikroporušení (Whittaker, Singh, Sun, 1992). Napětí, při němž k tomuto jevu dochází, má proto nesporný význam, i když není dosud zpravidla s ohledem na velkou pracnost při klasickém zpracování měření vyhodnocováno.

Ke zpracování výsledků měření podle popsané metodiky je možné použít některý z tabulkových procesorů, doplněných vhodnou grafikou. Velmi vhodné jsou, s ohledem na rozsah zpracovávaných dat, vyšší verze programu Lotus 123, zejména pak verze pro Windows. Do příslušných sloupců tabulky načteme naměřené hodnoty a podle výše uvedených vztahů vypočteme bez problémů požadované veličiny, zejména napětí, relativní podélné a příčné deformace, hodnoty signalizující objemové změny  $(\epsilon_L - 2 \cdot \epsilon_0)$ . Z nich pak v dalších sloupcích určíme hodnotu modulu přetvárnosti (pružnosti) a poměr příčných a podélných deformací (Poissonovo číslo). Vypočtené hodnoty zobrazíme graficky (obr. 4, 5).

Zkušenosti ukazují, že zejména průběh Poissonova čísla, ale i modulu pružnosti (přetvárnosti) v závislosti na napětí bývá při použití všech vypočtených hodnot poměrně rozkolísaný. Lepší výsledek se docílí s použitím zobrazení „klouzavého průměru“ zpravidla 10 až 50 po sobě jdoucích hodnot, přičemž se průměrná hodnota přiřazuje k napětí odpovídajícímu prostřední hodnotě průměrovaných veličin. Takto vyhlazené hodnoty při různém počtu průměrovaných hodnot  $n = 1$  až 50 jsou uvedeny na obr. 5. Je patrné, že k vyhlazení průměru modul přetvárnosti dochází rychleji, než u Poissonova čísla.

Je samozřejmé, že při rutinním zpracování se nezobrazují vývojové řady, ale používá se interaktivně zjištěných optimálních klouzavých průměrů, které při nejmenším počtu průměrovaných hodnot poskytují již dobře vyhlazené průběhy příslušných veličin.



OBR. 4

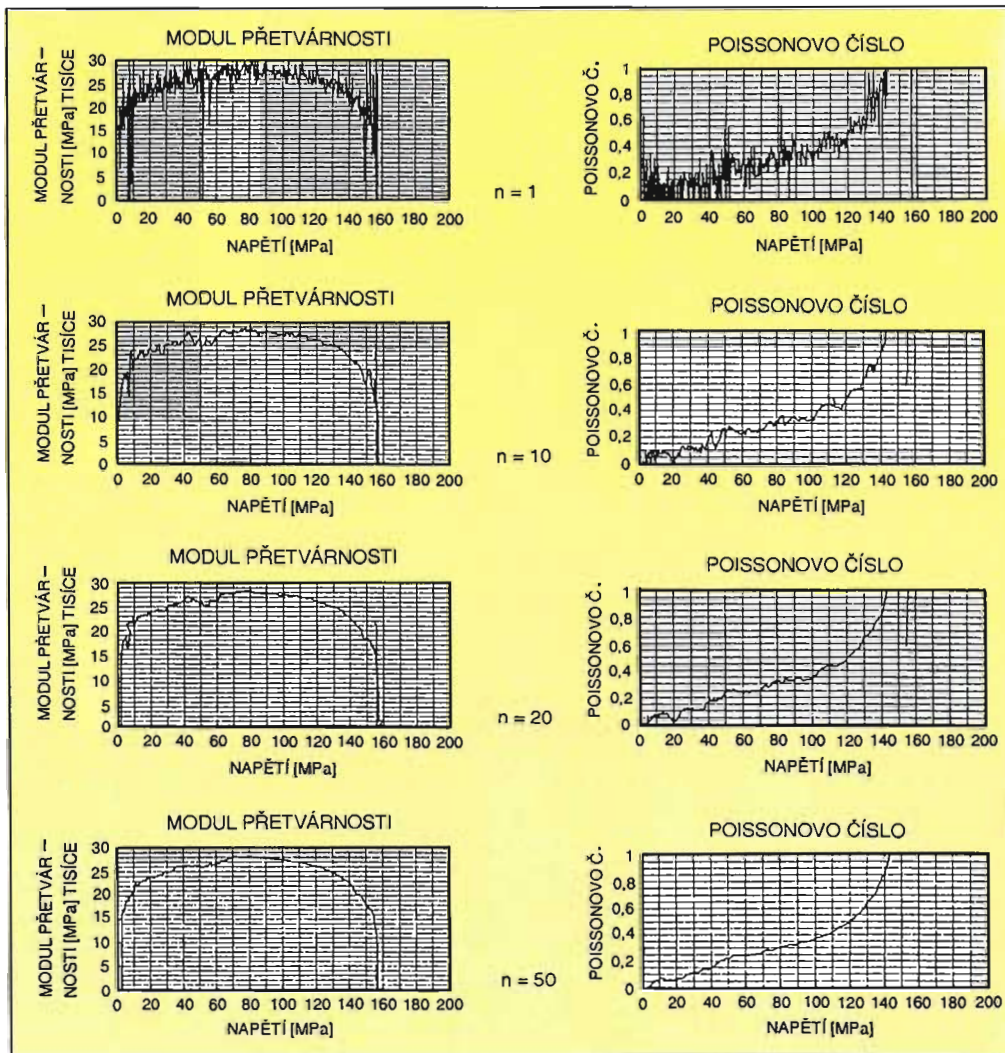
Obr. 4. Ukázka přetvárného diagramu, vyjadřujícího průběh podélných a příčných deformací a hodnoty  $(\epsilon_L - 2 \cdot \epsilon_0)$

## ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Vývoj přístrojové techniky a uživatelského software umožňuje bez mimořádných nákladů vybavit laboratoře pro měření mechanických vlastností hornin, případně stavebních materiálů, zařízením, umožňujícím snímat síly a deformace a digitalizovat tato data tak, že je možná jejich registrace na personálním počítači a vyhodnocovat dostupnými programy pro zpracování dat, například i tabulkovými procesory. Výhodou tohoto postupu je, že výsledkem není jen jedna hodnota modulu pružnosti (přetvárnosti) a Poissonova čísla, která charakterizuje v mnoha případech vlastnosti horniny jen velmi nepřesně a problematicky, ale graficky nebo tabulkově vyjádřená funkční závislost těchto veličin na působícím napětí. Vyhodnocení objemových změn zkušebního tělesa pak umožňuje stanovit nejen běžnou pevnost v prostém tlaku, ale též mez iniciace trhlin.

Pro inženýrskou praxi pak takovýto přístup znamená lepší poznání mechanických, zejména přetvárných vlastností hornin v těch částech horninového masivu, v nichž se projektují nebo realizují inženýrská a důlní díla.

PRŮBĚH VÝSLEDKŮ VYHODNOCENÍ MODULU PRUŽNOSTI A POISSONOVA ČÍSLA  
PŘI RŮZNĚ ZVOLENÉ HODNOTĚ  $n$  (INTERVALU MEZI ODEČÍTANÝMI HLADINAMI NAPĚTÍ)



OBR. 5

## Poznámka:

Předložená práce vznikla za finanční podpory Grantové agentury České republiky (reg. č. grantu 105/93/2409) a Česko-amerického vědeckotechnického programu (č. projektu 930 65).

## LITERATURA

- Franklin, J. A., Dusseault, M. B., (1989): Rock Engineering. McGraw-Hill, Inc., USA  
 Rambouský, Z., Sosnovec, L., (1993): Aparatura pro měření síly a deformace při jednoosém zatěžování za mezí pevnosti. Sborník konference EAN93, Měříň.  
 Whittaker, B. N., Singh, R. N. and Sun, G., (1992): Rock Fracture Mechanics. Elsevier Amsterdam - London - New York - Tokyo.

# OCHRANNÝ SYSTÉM METRA II.

## (ODOLNOST STAVBY A TLAKOVÁ OCHRANA)

ING. TOMÁŠ TOMÁŠEK, METROPROJEKT PRAHA, a. s.

ANOTHER PART OF THE METRO PROTECTION SYSTEMS SERIES – DETAILED INFORMATION ON SEPARATE ELEMENTS OF THE SYSTEM.

V minulém čísle jsme si vysvětlili, že využití metra pro ukrytí je výhodné z mnoha hledisek.

Pro oživení paměti uvádíme:

- metro má samo o sobě dostatečnou odolnost,
- metro je vedené pod městem a vstupy do něho jsou i v místech s nejhustší zástavbou a s největší koncentrací obyvatelstva,
- metro a jeho ochranný systém je optimální přirozenou variantou pro vytvoření potřebných ukryvacích kapacit.

Tak jak jsme si slíbili v úvodním článku budeme v dalších dílech o ochranném systému metra (OSM) přinášet podrobnosti o řešení jednotlivých oblastí systému.

Základní vlastností všech úkrytů musí být jejich hermetičnost a odolnost proti tlakové vlně. Vnější stěny úkrytu musí mít dále velký redukční účinek proti různým druhům záření. Nezanedbatelná je rovněž odolnost proti ohni. Metro jako stavba splňuje sama o sobě tyto parametry na vysoké úrovni v rozsahu cca 95 % stavby již svým dopravním řešením. Pouze v některých částech je potřeba zvýšit jeho odolnost. Ražené tunely a stanice jsou svým řešením a hloubkou založení „proti všemu“. V hloubených částech metra je nutné některé úseky doplňovat i ve stavbě tak, aby splnily požadovanou odolnost. Části metra, u kterých by tyto úpravy nebyly efektivní, jsou z ochranného systému metra vyjmuty.

Nejvíce jsou tlakově namáhány konstrukce, které vystupují nad terén. Zde dochází k jejich extrémnímu zatěžování v horizontálním směru, takže dimenzování konstrukcí je vždy oříškem i pro naše zkušené statiky. Naštěstí těchto objektů je velmi málo.

Odolnost stavby je však jenom jedna část problému. Složitější a v mnoha případech divácky atraktivnější jsou elementy, které uzavírají otvory do stavby metra.

Jedná se o otvory velké - traťové tunely a komunikační vstupy do metra. Otvory menší - větrací sáčky a pomocné vstupy a vstupy od výtahů pro invalidy a dále nejryznější malé otvory at' už pro vzduchotechniku tak pro vodovody, suchovody a výtlačná kanalizační potrubí (suchovod nevede sucho, jak název napovídá, ale jedná se o rouru bez vody pro použití při hasební zásahu). Nezanedbatelnou část tvoří průchodky pro kabely, kterých je v metru nepřeberně.

Když se všechna tato zařízení uzavřou, průchodky utěsní a zkusí se část metra nafouknout, musí hermetičnost zkoušeného úseku vyhovovat velmi přísným kritériím.

Pozorný cestující, který jel metrem v Praze, si mohl všimnout ocelových překrývajících plechů v podlaze ve vstupech nebo pod eskalátory. To jsou viditelné znaky, že se tam někde skrývá tlakový uzávěr veřejnosti označovaný jako tzv. „atomová vrata“. Tyto uzávěry jsou ukryté buď pod podlahou nebo v boční nise. Při pohledu nahoru lze spatřit podobnou rýhu i ve stropě, tyto však nebývá zakryta.

Uzávěrů je více typů, kromě uvedených výsuvných z boku a ze spodu jsou použity uzávěry otočné, které se otáčejí na pantech jako dveře. Typy uzávěrů se volí tak, aby co nejlépe vyhovovaly dispozici stanice nebo tunelu.

Náznamy těchto uzávěrů je možné vidět na každé stanici metra zařazené do ochranného systému.

Více skryté před očima cestujících jsou uzávěry v tunelu, které uzavírají traťový tunel. V některých stanicích jsou však i tyto uzávěry viditelné. Skládají se z otočné desky s mohutným pohybovým mechanismem. Vlastní konstrukce uzávěru je malým konstrukčně-technickým dílem. Kromě pohybového mechanismu a systému hermetizace desky má ještě mechanismus hermetizace kolejí a uzavření kolejového žlábků. Všechny funkce musí do sebe zapadat a uzávěr musí chodit „jako hodinky“.

Velmi důkladně, vicestupňově a s maximálním důrazem na dlouhodobou spolehlivost, je řešeno zajištění uzávěru v otevřené poloze. Vždyť vychýlení uzávěru z otevřené polohy by mohlo zasahovat do průjezdného průřezu. Proto jsou tato zařízení trvale pod kontrolou řídicích dispečerů metra a pod kontrolou zabezpečovacího zařízení.

Další zařízení „tlakové ochrany“ již nejsou tak atraktivní a cestující veřejnosti jsou skryté v technologických prostorech metra.

Za zmínku stojí ještě místa, kterými je odváděn vzduch v režimu plné tlakové ochrany. Tato místa se musí osadit zařízeními, která jsou pro vzduch průchozí, ale když je potřeba, je nutné tato místa bleskově uzavřít. Tyto uzávěry s mřížovým uzavřením lze řešit buď jako velmi rychlé žaluzie nebo při menším množství odváděného vzduchu jako kovová membrána před otvorem, která se působením tlaku na otvor přitlačí. Většina těchto uzávěrů se uzavírá přímo působením tlakové vlny.

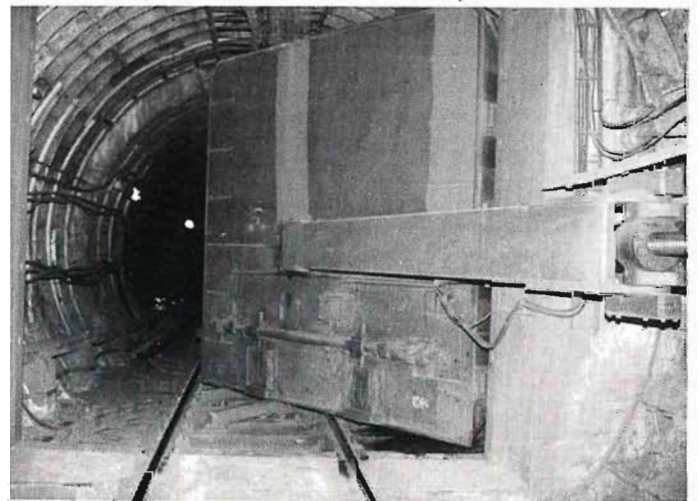
Jak jsme si řekli úvodem, je odolnost stavby základním předpokladem pro ukrytí. Není tak důležité vědět, před čím se ukryvat - těžko lze specifikovat všechny alternativy nebezpečí včetně ekologických havárií, je však jisté, že již odpradána se lidé před nebezpečím ukryvali v podzemí.

Jak se říká v branži ochranářů: „Je rovněž možné zůstat na povrchu a pozorně se dívat, neboť to již v životě napodruhé neuvídím“. Dalším možným případem ukrytí je i odlet letadlem do vzduchu, ale toto je jen v možnostech králů.

Pro ty, kteří si myslí, že se jedná o nerozumně investované prostředky, kteří považují ukrytí za zbytečnost, je nutné říci, že metro ani jeho ochranný systém nejsou stavbou na deset let, ale stavbou na století a více. Všichni víme, co nás v minulých letech potkalo. To není malování čerta na zeď, to je pouze připravenost „kdyby“.

Ochranný systém metra je „proti všemu“ a „pro všechny“!

V dalším díle si přiblížíme problematiku zásobování potřebnými médii pro přežití.



Obr. 1 - Otočný uzávěr traťového tunelu v polouzavřeném stavu



Obr. 2 - Uzavírání traťového tunelu do stanice

Foto: archiv

ZPRAVODAJSTVÍ  
ITA/AITES

## SVĚTOVÝ KONGRES TUNELÁŘŮ 1995

Mezinárodní tunelářská asociace (ITA/AITES), Ústav pro výzkum dopravní problematiky v podzemí (STUVA) a Německá společnost pro podzemní stavby (DAUB) uspořádaly ve dnech 6. až 11. května 1995 ve stuttgartském Kongresovém centru letošní světový tunelářský kongres.

U příležitosti kongresu proběhly i další akce společností ITA/AITES (zasedání exekutivy, generální zasedání, jednání pracovních skupin), zejména však volby nových funkcionářů a členů exekutivy, o jejichž nejpodstatnějších výsledcích byli členové TUNELU informováni již v č. 2/95. Nelze však ještě jednou nepoděkovat odstupujícímu dlouholetému prezidentovi ITA/AITES prof. Z. Eisensteinovi za vynikající prezentaci práce tunelářů během funkčního období (a nejen tehdy), a současně pogratulovat Ing. J. Hessovi ke zvolení do exekutivy ITA/AITES, což nepochybně představuje zasloužené ocenění jeho obětavé práce ve funkci předsedy českého komitétu ITA/AITES.

K vlastnímu kongresovému jednání nebyl zatím vydán sborník příspěvků, což účastníci nesli vesměs jako újmu z hlediska porozumění a interpretace obsahu převážně velmi dobrých a v řadě případů vynikajících příspěvků.

Zahajovací jednání v pondělí 8. 5. mělo dvě vstupní přednášky (Keynote Papers):

- Dr. J. Huber ze spolkového ministerstva dopravy zaměřil svou pozornost na realizaci tunelů v rámci plánovaného rozvoje dopravní sítě v Německu, z níž mj. vyplynula nepříliš příznivá vazba na dálniční síť v naší republice.
- prof. H. Duddeck (Universita Braunschweig) vyzval tuneláře k jistému zamyšlení nad megaprojekty podzemního stavitelství a možnosti účelnějšího vynaložení investic.
- Další přednesené příspěvky představily významné světové projekty podzemního stavitelství:
  - Bázové tunely Lötschberg a Gotthard švýcarského transalpského projektu (prof. K. Kovári),
  - podmořský tunel přes Oresund v Dánsku (Janssen, Lykke, Limbergen),
  - tunely na německých vysokorychlostních železnicích (R. Grüter),
  - podzemní hydroelektrárna Nathpa Jakkri v Himalájích (D. P. Goyal, H. C. Bharadvai).
- Dopolnední úterní jednání bylo věnováno problematice tunelování v zemích a v poloskalních horninách s konkrétními aplikacemi z výstavby metra v Taipei (M. Bretz, Ch. Schulz), v Mnichově (R. Harp, H. Petruschke), v Bilbau (J. Madinaveitia), v Lisabonu (D. Simic Sureda, G. Gittos), v Moskvě (J. Koshelev, N. Makarov, J. Bolenky) a v Leningradě (V. Aleksandrov, N. Kulagin, O. Arefyjev).

Opolední úterní jednání představilo v impozantní šíři problematiku nasazení tunelovacích strojů:

- Použití bentonitového štítu o průměru 14,1 m při ražbě dálničního tunelu pod Tokijskou zátokou (I. Okimoto, K. Imai),
- ražení šachet svíslým vrtáním (R. Robbins),
- inovace a vývoj tunelovacích strojů (M. Herrenknecht),
- nasazení mechanizovaného štítu s třemi řeznými hlavami v Osace (H. Takasaki),
- kombinace mechanizovaného štítování a protlačování (F. Remmer),
- francouzské zkušenosti s mechanizovanými štíty v posledních deseti letech (G. Piqueran, A. Schwenzefer),
- nasazení mechanizovaného štítu o průměru 13,8 m na projektu Kanda (H. Muraki).
- Tunelování ve skalních horninách bylo na pořadu středečního dopoledního jednání a na pořadu byla mj. zajímavá témata:
  - srovnání klasického postupu trhacími pracemi s nasazením TBM na Verreina tunelu ve Švýcarsku (R. Amberg),
  - zkušenosti s tunelováním v horninách ve Švédsku (S. Östfjord),
  - geotechnická kritéria pro nasazení dvojitého mechanizovaného štítu (Z. D. Eisenstein, K. Rössler),
  - výstavba mělkých tunelů v ekologicky exponovaných podmínkách (P. Grassol, L. Brino, S. Pelliza).

Z dalších významných témat posledního dne konference (středa 10. 5. 1995) je vhodné připomenout:

- zkušenosti s čištěním vzduchu v silničních tunelech v Rakousku (prof. K. Pucher),
- velkopokusy ověřující funkci drenážních systémů při havarii tekutých hořavin (D. Lacroix, E. Casale, C. Cwiklinski),

- dílcové ostění pro mělké i hluboké tunely (H. Wagner, A. Schultzer, S. Strohänsli),
- dílcové ostění z drátkobetonu (D. Moysen),
- zkoušky dílců z drátkobetonu v měřítku 1:1 (B. C. Viljoen, J. R. Collins, M. J. Neumann).

Z některých příspěvků budou zpracovány podrobnější informace a publikovány v příštích číslech TUNELU.

Konference byla obsahově velmi kvalitní, organizačně dokonale zvládnuta, včetně technických exkurzí po jejím ukončení. Příští světové kongresy ITA/AITES ve Washingtonu (1996) a Vídni (1997) vysokou odbornou i společenskou úroveň tunelářských konferencí nepochybně potvrdí.

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,  
člen předsednictva Českého komitétu  
ITA/AITES

## PLÁNOVÁNÍ PODZEMÍ

Ve dnech 6.-9. května probíhal ve Stuttgartu „Světový tunelářský kongres“. Jako pracovník odborné skupiny č. 4 „Plánování podzemí“ jsem se zúčastnil jednání tohoto kongresu.

Samostatné zasedání této skupiny probíhalo 7. května 1995. Skupinu tvořili zástupci z celkem 20 zemí, pracovní skupině předsedala pi Annica Nordmarková ze Švédska.

Náplní práce komise v uplynulém období bylo na základě národních zkušeností a poznatků pokusit se formulovat ve vybraných oblastech obecné závěry jako doporučení členským zemím pro jejich činnost při řešení obdobné problematiky.

K vybraným problémům za uplynulé období tj. od zasedání v Káhiře, patřila následující témata:

1. Požár a zásady ochrany před ním
2. Koncepce požární bezpečnosti v tunelech sloužících dopravním účelům
3. Informační systém - geologické a mapové údaje o podzemních prostorách
4. Právní a technické normy pro plánování podzemních staveb
5. Využití zrušených dolů

Příspěvky k jednotlivým tématům - stav národních předpisů, zkušeností apod. sumarizovali pověřeni pracovníci z členských zemí. Na jednání pracovní skupiny ve Stuttgartu pak přednesli dílčí poznatky a závěry.

Téma č. 1 - výsledky sumarizuje Japonsko (dr. Hikoji Iwai) a to na základě formulářů, které byly zaslány na jednotlivé členské země. V současné době jsou k dispozici předpisové materiály japonské a německé, došlé materiály z některých ostatních zemí jsou neúplné a pro dané účely nebyly použitelné. Práce na tomto tématu přecházejí i do dalšího období, čímž má česká strana možnost zaslat i svoje materiály.

Témata č. 2 - výsledky sumarizuje Německo (dr. Haack, dr. Meyeroltmanns). Na zasedání přednesené materiály byly velice rozsáhlé, práce jsou před dokončením a po jejich vydání (cca 12/95) dostane se do rukou techniků materiál, který na základě řady náročných pokusů a zkoušek bude nepostradatelnou pomůckou při navrhování podzemních (zejména) dopravních staveb.

Téma č. 3 - poznatky jednotlivých zemí v současné době soustředí uje předsedkyně pracovní skupiny. Na zasedání byly předneseny zkušenosti v této oblasti, které má hlavní město Finska Helsinky a dále pak poznatky z Holandska. Česká strana předala informaci o postupu prací na mapování ostravsko-karvinského revíru - práce Ústavu geoniky České akademie věd.

Téma č. 4 - práce jsou obdobně počáteční fází jako téma č. 3. Na zasedání přednesl příspěvek k této problematice švédský člen pracovní skupiny a to o podmínkách stavebního povolení pro podzemní stavby v hlavním městě Švédska Stockholmu.

Téma č. 5 - poznatky z jednotlivých zemí soustředí uje a sumarizuje italský člen pracovní skupiny. Česká strana předala informaci o stavbě podzemního zásobníku zemního plynu kavernového typu Příbram, který projektuje Plynoprojekt a. s.

Do dalšího období práce odborné skupiny „Plánování podzemí“ bylo rozhodnuto omezit počet sledovaných témat a zvýšit aktivitu jednotlivých zemí, zejména pokud se týče předávání poznatků. Jako hlavní náplň práce pro zbytek roku 1995 a rok 1996 bylo přijato téma „Plánovací aspekty podzemních staveb“. Závěry budou předneseny na příštím zasedání, které se uskuteční v roce 1996 ve Washingtonu.

Z dosavadní práce ve skupině č. 4 „Plánování podzemí“ i z průběhu dalšího jednání kongresu vyplývají následující poznatky. Velké země se prezentují především technicky i investičně náročnými stavbami, které udivují technickou odvahou jejich tvůrců a demonstrují ekonomickou sílu. Na druhé straně však existují i problémy, ke kterým mohou výrazně přispět i země malých rozměrů. Jde však o to, zbavit se pocitu druhořadosti a především nebát se veřejně vystoupit a prezentovat i projekty investičně méně rozsáhlé.

Ing. Václav Vales  
Metroprojekt Praha a. s.  
ITA/AITES

člen pracovní skupiny č. 4 „Plánování podzemí“

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

# ZPRÁVA Z PRACOVNÍHO ZASEDÁNÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES, KTERÉ SE KONALO POD ZÁŠTITOU DĚKANA STAVEBNÍ FAKULTY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ DNE 25. KVĚTNA 1995.

### PROGRAM:

1. Prof. Trávníček (VUT Brno) přivítal účastníky zasedání v prostorách Stavební fakulty VUT Brno.
2. Úvodní referát přednesl děkan Stavební fakulty VUT Brno doc. Materna, pojednal o situaci a změnách na Stavební fakultě VUT Brno.
3. Předseda Českého tunelářského komitétu ITA/AITES Ing. Hess poděkoval za přípravu jednání v Brně a poskytl informaci o zasedání Valného shromáždění Mezinárodního tunelářského komitétu ITA/AITES ve Stuttgartu (počet členských států, práce v pracovních skupinách, podíl světové organizace na rozvoji tunelářského stavitelství). Snahou světové organizace ITA/AITES pro budoucí období bude rozšířit členskou základnu a dále rozvinout činnost v pracovních skupinách. Dále Ing. Hess přednesl zprávu o volbách do předsednictva světové organizace pro další období.

President	S. Pelizza	Itálie	do 1998
Vice-president	S. Kuwahara	Japonsko	do 1998
Vice-president	W. De Lathauwer	Belgie	do 1998
	J. P. Godard	Francie	do 1998
	A. Haack	Německo	do 1998
	J. Hess	ČR	do 1998
	A. Assis	Brazílie	do 1998

Dále zdůraznil, že ve vztahu k světové organizaci ITA/AITES je potřeba zvýšit úroveň spolupráce a zajistit činnost našich specialistů v pracovních skupinách. Dále informoval o světových konferencích ITA/AITES v následujících obdobích:

1996 Washington - USA  
1997 Wien - Rakousko  
1998 Sao Paolo - Brazílie

K prezentaci Českého tunelářského komitétu ITA/AITES na konferenci ve Washingtonu 96 předsednictvo vybere referát.

4. Prof. Aldorf provedl vyhodnocení soutěže o nejlepší diplomovou práci v oboru podzemních staveb. Předseda Českého tunelářského komitétu ITA/AITES Ing. Hess v této souvislosti poděkoval přítomným vyhodnoceným za účast ve veřejné studentské soutěži o nejlepší diplomovou práci a předal jim peněžité odměny.
5. Ing. Bělohav přednesl zprávu o hospodaření Českého tunelářského komitétu ITA/AITES. Dále Ing. Bělohav podal informaci o členské základně a stavu placení členských příspěvků a předplatného časopisu T + UST s tím, že neplátcí budou jednotlivě vyrozuměni. Informoval o žádostech o přijetí nových členů do Českého tunelářského komitétu ITA/AITES:
  1. „DORG“ Jeseník - p. Jan Jedlička
  2. ILF Consulting Engineers s. r. o. - Ing. Klement
  3. „Zakládání Group“ a. s. - Ing. Rataj
 Předsednictvo Českého tunelářského komitétu ITA/AITES nenašlo žádné překážky, které by bránily přijetí těchto firem za řádné členy organizace a jednohlasně schválilo jejich přijetí. Ing. Bělohav spolu s PhDr. Bartákem (Metrostav Praha a. s.) podali informaci o stavu vydávání časopisu „TUNEL“.
6. Různé. Vystoupil Ing. Hess a přednesl informaci o domácích akcích:
  - 10.-15. 7. 95 Návštěva Prof. Pelizy v ČR
  - 11.-13. 9. 95 Symposium Ostrava
  - 17.-18. 10. 95 Hornická Příbram
  - 22.-25. 10. 95 Zasedání Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES
 - informoval o tom, že je možné vyslat experty do Saudské Arábie.

- podal informaci o jednání v Javorníku 22.-24. 5. 1995, ocenil přínos Subterra Praha a. s. k organizaci mítinku.
- inicioval vytvoření skupiny „TUNELY v silničním stavitelství“ v rámci ITA/AITES a doporučil pověřit jejím řízením Ing. Smolika (Subterra Praha a. s.).
- informoval o normalizační subkomisi pro silniční stavitelství (o které informovala Ing. Zuzana Červenková na jednání v Javorníku) a bylo rozhodnuto, že spojení s touto komisí zajistí METROPROJEKT Praha a. s. (Ing. Pěnka).

Kontakt: SILMOS Praha s. r. o.,

Ing. Zuzana Červenková

Nad Rokoskou 150, 182 00 Praha 8 - Libeň

tel. 688 04 86-7, fax: 688 49 53

Ing. Svoboda (Metroprojekt Praha a. s.) informoval o činnosti svých pracovníků v pracovní skupině č. 4 „Plánování podzemí“.

Ing. Novotný (Vodní stavby Praha a. s.) poděkoval Ing. Hessovi za jeho osobní přínos tunelářství v naší zemi a jeho zvolení do exekutivy ITA/AITES označil za významný úspěch Českého tunelářského komitétu ITA/AITES.

Prof. Aldorf podal informaci o zasedání Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES.

Ing. Raclavský (Chytil a Raclavský s. r. o.) podal informaci o konferenci o bezvýkopových technologiích 11.-13. 6. 95 v areálu „Vltava“ - Vodní stavby Praha a. s. Ing. Vrba (SG GEOTECHNIKA a. s.) poukázal na nevyvážený stav ve financování časopisu „TUNEL“, který v současné době finančně podporuje pouze 9 členů ITA/AITES, apeloval na ostatní členy ITA/AITES k podpoře vydavatelského systému a účasti v něm.

7. Územní plánování podzemí (Ing. Smolík - Subterra Praha a. s.). Přednáška se neuskutečnila z důvodu omluvené absence přednášejících.
8. Práce tunelářské sekce Silniční společnosti. Prof. Barták (ČVUT Praha) podal obsáhlou informaci o práci skupiny tunelářských odborníků z METROPROJEKTU Praha a. s., Subterra Praha a. s. a ČVUT v tunelářské sekci Silniční společnosti. Zdůraznil, že prvotním úkolem sekce je napomoci sblížení názorů silničních a tunelářských odborníků. Činnost sekce byla obnovena na přelomu roku 94/95. Byl vypracován program, v jehož rámci se již uskutečnily akce: Javorník - setkání silničních a tunelářských specialistů Lyon - odborná exkurze Sekce zajistila prezentaci Českého tunelářského komitétu ITA/AITES v časopisu „Silniční obzor“ a připravila příspěvky s tunelářskou tematikou na konferenci ROADWARE (27.-29. 6. 95 v Praze).
9. Obnova technických sítí v historickém jádru Brna. Ing. Vank (vedoucí odboru technických sítí Magistrátu města Brna) přednesl příspěvek s odbornou tematikou.
10. Ing. Hess uzavřel oficiální část programu pracovního zasedání Českého tunelářského komitétu ITA/AITES. Ocenil aktivní přístup k jednání všech účastníků zasedání. Informoval členskou základnu o záměru uspořádat předčasné volby do orgánů předsednictva Českého tunelářského komitétu ITA/AITES. Vyzval všechny členy k účasti na sestavení kandidátky s tím, že volby by se měly uskutečnit na řádné Valné hromadě komitétu v 10/95.
11. Diskuse. Ing. Svoboda (Metroprojekt Praha a. s.) Ing. Drábek (AD Servis TERRABOR a. s.) Ing. Dvořák Prof. Ing. Barták, DrSc. (ČVUT - fakulta stavební) Prof. Ing. Trávníček, CSc. (VUT Brno)
12. Dopolnední zasedání ukončil Prof. Trávníček z VUT Brno. Odpoledne následovala exkurze, zaměřená na obnovu technických sítí v historickém jádru města Brna. Předsednictvo Českého tunelářského komitétu ITA/AITES děkuje vedení INGSTAV Brno (Ing. Blažkovi), Subterra a. s. divize Tišnov a Prof. Ing. Trávníčkovi, CSc. (Ústav geotechniky Stavební fakulta VUT Brno) za přípravu pracovního zasedání Českého tunelářského komitétu ITA/AITES a milé prostředí.

## Z JEDNÁNÍ O TUNELU

Jak je patrné z výše uvedené zprávy, na pracovním zasedání Českého tunelářského komitétu ITA/AITES dne 25. 5. 1995 v Brně se jednalo o jeho odborném časopisu, tedy o Tunelu, jmenovitě pak o zajištění jeho dalšího vycházení v příštím roce. Vedoucí redaktor navrhl, aby se všech 52 členských organizací podílelo, úměrně svým finančním možnostem a odbornému zaměření, na jeho vydavatelském systému. Doposud je časopis, který tak či onak slouží všem tunelářským a stavebním organizacím, financován pouze devíti členy vydavatelského systému. Apel na stavovskou kolegialitu nezapadl, k návrhu se připojil Ing. Otakar Vrba z SG Geotechnika a někteří další účastníci, jimž leží další osudy našeho odborného časopisu na srdci.

Jednání vyústilo ve výzvu Rozšířme vydavatelský systém TUNEL, který byl všem účastníkům zasedání zaslán jako příloha k zápisu. Naše čtenáře s ním seznamujeme v definitivní podobě a v plném znění.

Sluší se dodat, že od května do září t. r. (do uzávěrky čísla) se již počet členů našeho vydavatelského systému rozšířil z 9 na 13. Doufáme, že další se připojí po publikované výzvě a projeví tak stavovskou solidari-tu.

## ROZŠÍŘME VYDAVATELSKÝ SYSTÉM TUNEL!

Vážení kolegové,

v zájmu zkvalitnění spolupráce při vydávání tiskového orgánu Českého tunelářského komitétu a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES „TUNEL“ chceme, počínaje rokem 1996, výrazně zlepšit výměnu informací mezi organizacemi komitétu, posílit jejich dobré jméno, akviziční činnost v tuzemsku i v zahraničí a dále zintenzívnit kontakty s mezinárodní tunelářskou asociací ITA/AITES.

V souvislosti s tím **vyzýváme každou z členských organizací České a Slovenské tunelářské komitétu, aby - pokud tak ještě neučinila - se stala i členem vydavatelského systému Tunel.** Využijte laskavě některé z následujících možností spoluúčasti:

### ALTERNATIVA A:

Organizace je zastoupena v redakční radě a je plnoprávným spoluvydavatelem časopisu TUNEL s hlasem rozhodujícím. Do vydavatelského systému vkládá ročně v půlročních splátkách 70 000,- Kč. Z toho titulu má právo bezplatně minimálně na 2 strany red. plochy, inzertní avizo v každém čísle a 50 ks výtisků pro vlastní distribuci.

### ALTERNATIVA B:

Organizace je zastoupena členem v redakční radě a je spoluvydavatelem časopisu TUNEL s hlasem poradním. Do vydavatelského systému vkládá ročně v půlročních splátkách celkem 50 000,- Kč. Z toho titulu má právo bezplatně minimálně na 1 stranu red. plochy, inzertní avizo v každém čísle a 25 výtisků pro vlastní distribuci.

### ALTERNATIVA C:

Organizace je spoluvydavatelem časopisu TUNEL bez přímé účasti v redakční radě. Do vydavatelského systému vkládá ročně v jednorázové splátce 30 000,- Kč. Z toho titulu má právo na inzertní avizo v každém čísle a 15 ks výtisků pro vlastní distribuci.

### ALTERNATIVA D:

Je určena pro nonprofitní organizace, které vkládají do systému ročně v jednorázové splátce 2000,- Kč, event. pro jednotlivce (soukromé osoby), které vkládají do systému 1000,- Kč. Systém jim zabezpečí autorickou spoluúčast na tvorbě a realizaci TUNELu i další služby a 5 ks výtisků (event. 2 kusy výtisků) od každého čísla (rozdíl mezi příspěvkem a skutečnými náklady je dotován z prostředků vydavatelského systému).

*Zapojením do vydavatelského systému získáte vedle účasti na tvorbě a realizaci odborného časopisu a gratis čísel i další služby spojené s jeho vydáváním (bibliografie publikovaných studií a článků, možnost tisku separátů, rozšířených tematických čísel, reklamy a inserce).*

*Nezastíráme, že nás k nabídce rozšíření vydavatelského systému vede, podobně jako jiné odborné časopisy, i potřeba vyrovnat se s dramaticky narůstajícími výrobními náklady. Doposud se o ně dělíme s nemnoha organizacemi, které jsou členy vydavatelského systému (v časopise jsou označeny hvězdičkou) a které přebírají stále rostoucí finanční závazky za jeho vydávání.*

*Poněvadž však časopis slouží všem organizacím, soustředěným v Českém tunelářském komitétu ITA/AITES, považujeme za kolegiální společně se podílet i na nákladech s tím spojených - úměrně možnostem a zaměření jednotlivých organizací.*

*Ubezpečujeme Vás, že jsme k tomuto opatření přistoupili po zralé úvaze a po vyčerpání předcházejících možností. Věříme, že je přijmete a umožníte tak další úspěšnou existenci časopisu, který je předmětem našeho společného zájmu.*

Dr. Jan Barták, DrSc.,  
ved. redaktor časopisu TUNEL

## VYHODNOCENÍ SOUTĚŽE O NEJLEPŠÍ DIPLOMOVOU PRÁCI V OBORU PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

Český tunelářský komitét ITA/AITES vyhlásil na jaře 1994 III. ročník soutěže o nejlepší diplomovou práci v oboru Podzemního stavitelství. Soutěž byla vyhlášena v časopise Tunel a s podmínkami soutěže byly seznámeny všechny zúčastněné vysoké školy.

K 30. 8. 1994 byly do soutěže přihlášeny celkem 4 práce:

1. ČVUT Praha, katedra geotechniky, práce:  
Ing. Věra Lauermanová: Variantní řešení trasy dálnice D8 v oblasti Lovosice-Řehlovice.  
Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
2. VUT Brno, Ústav geotechniky:  
Ing. Alan Heltzel: Výstavba podchodu pod železniční tratí.  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladislav Horák, CSc.
3. VUT Brno, Ústav geotechniky:  
Ing. Jana Pryčková: Sekundární kolektor v Brně.  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladislav Horák, CSc.
4. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, katedra hornické geotechniky a podzemního stavitelství:  
Ing. Jiří Ščučka: Zhodnocení metodik pro stanovení základních parametrů odstřelů při ražení podzemních děl.  
Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jiří Horký, CSc.

Všechny předložené práce splnily požadovaná kritéria pro zařazení do soutěže.

Komise pro zhodnocení diplomových prací a výběr pořadí těchto prací ve složení:

Prof. Ing. Aldorf, DrSc. - předseda  
Prof. Barták  
Prof. Trávníček  
Prof. Exner  
Ing. Horák, CSc.  
Ing. Kos, CSc.

Doc. Klepsatel - STÚ Bratislava (přizván jako host) se sešla dne 8. 2. 1995 na VUT v Brně při příležitosti setkání kateder geotechniky z České a Slovenské republiky a vyhodnotila předložené diplomové práce v tomto pořadí:

1. místo Ing. Věra Lauermanová - ČVUT Praha
2. místo Ing. Alan Heltzel - VUT Brno
3. místo Ing. Jiří Ščučka - VŠB-TU Ostrava

Vyhodnocené práce řeší velmi aktuální problémy podzemního stavitelství, mají vesměs výbornou inženýrskou úroveň i formální a grafické zpracování. Výsledky řešení jsou použitelné v praxi pro projektové řešení, nebo optimalizaci pracovních a technologických operací.

Diplomová práce Ing. Věry Lauermanové, řešící problém návrhu tunelových úseků na trase dálnice D8, obsahuje zejména velmi podrobné a pečlivě zpracované statické řešení pro účely optimalizace návrhu tunelového ostění. Tato část diplomové práce může být přímo využita v projektovém řešení.

Práce Ing. Alana Heltzla má naprosto vyrovnanou inženýrskou úroveň ve všech bodech osnovy. Obsahuje jak podrobné geotechnické zhodnocení, tak statický výpočet a řešení technologického provedení podchodu. Představuje kvalitní studii pro další stupeň projektového řešení.

Práce Ing. Jiřího Ščučky hodnotí stávající metodiky výpočtů spotřeby trhavin pro rozpojování při ražení podzemních děl a tyto výsledky srovnává s metodikou vycházející z hodnocení vlivu rázových vln na rozpojování při různém uspořádání vývrtovejích sítí. Výsledkem řešení je programový systém pro návrh základních parametrů odstřelů přímo využitelných v praxi.

Komise doporučuje Českému tunelářskému komitétu ITA/AITES, aby práce v navrženém pořadí byly odměněny podle podmínek soutěže. Doporučuje rovněž, aby byl opět vyhlášen IV. ročník této soutěže pro rok 1995, protože soutěž, jak konstatovali shodně všichni členové komise, zvyšuje motivaci diplomantů a přispívá ke zvýšení úrovně diplomových prací na všech zúčastněných školách a katedrách.

Brno 8. 2. 1995

Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.,  
předseda komise

## REDAKČNÍ RADA ČASOPISU TUNEL ZASEDALA V LYONU

LYON je krásné město ve střední Francii, mající s Prahou mnoho společných, nebo velmi podobných rysů. Řeší také stejné problémy a zdá se, že úspěšně. Proto bylo po dohodě s Českým tunelářským komitétem zvoleno jako místo, kde se může nejen uskutečnit zasedání, ale kde se její členové mohou dozvědět celou řadu cenných informací. Aby jejich dopad byl bezprostřední, byli pozváni také zástupci pražského Magistrátu, Silniční společnosti a celé řady dalších organizací, majících k řešení pražské dopravy co říci. Zda „semínko padlo na úrodnou půdu“, ukáže budoucnost.

Rozsah exkurzí byl mimořádně velký. Původní program, který měl v náplni stavbu silničního okruhu a návštěvu metra se díky mimořádnému pochopení francouzské strany, jmenovitě obchodního ředitele SEMALY (Dopravní podnik města Lyonu), pana Boucheta, ale i pracovníků celé řady dalších organizací, rozšířil ještě o návštěvu podzemních garáží a nového mezinárodního letiště, spojeného se stanicí TGV. Poznatků a materiálů, které jsme v průběhu těchto exkurzí získali, je tolik, že by vystačily určitě na více než jedno celé číslo TUNELU. Jsme přesvědčeni, že jejich postupné zveřejňování obohatí jak náš časopis, tak jeho čtenáře.

V průběhu vlastního zasedání redakční rady, které se uskutečnilo v odpoledních hodinách dne 16. června, byly řešeny kromě běžných záležitostí i některé citlivější otázky, které bylo nutno nastolit ve spojitosti s prudkým růstem nákladů na vydávání časopisu a současnou snahou zachovat jeho rozsah i kvalitu. Redakční rada se dohodla na některých opatřeních, s nimiž budou všichni členové Komitétu seznámeni a věří, že budou přijata s pochopením a akceptována. Jsme přesvědčeni, že ve světle očekávaného rozvoje podzemního stavitelství ve světě i u nás (jak nás o tom přesvědčil i Lyon), bude náš časopis hrát stále důležitější úlohu, a že tedy jeho úroveň a možná i rozsah by měly spíše stoupat, nežli klesat.

Zbývá dodat, že výjezdní zasedání organizačně zabezpečil, k všeobecné spokojenosti, Metroprojekt Praha, a. s., jmenovitě její ředitel Ing. Jiří Svoboda v úzké spolupráci s Ing. Georgijem Romancovem a dalšími pracovníky, kterým patří náš upřímný dík.

Redakce + red. rada časopisu Tunel

## ZPRAVODAJSTVÍ SLOVENSKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

Dňa 30. 6. 1995 sa v Bratislave uskutočnilo Valné zhromaždenie Slovenského komitétu ITA/AITES. Zúčastnili sa ho zástupcovia 15 členských organizácií a 2 individuálni členovia. Najdôležitejším bodom programu Valného zhromaždenia boli voľby predsedníctva a revíznej komisie Komitétu na štvorročné funkčné obdobie.

Za členov predsedníctva Komitétu boli zvolení:

Ing. Juraj Keleši	Doprastav, a. s., Bratislava
Ing. Pavol Kusý, CSc.	Prvá slovenská tunelárska a. s., Bratislava
Doc. Ing. Ivan Kubik, CSc.	VŠDS Žilina
Doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc.	STU Bratislava
Ing. Jozef Frankovský	Banské stavby, a. s., Prievidza

Do funkcie predsedu Komitétu bol opätovne zvolený Ing. Juraj Keleši, podpredsedami Komitétu sa stali Ing. Kusý, CSc. a Doc. Ing. Ratkovský, CSc.

Okrem hodnotenia práce Slovenského tunelárskeho komitétu za obdobie svojej existencie po rozdelení pôvodného československého Komitétu, ktoré vyznelo vcelku pozitívne, najväčšia pozornosť sa koncentrovala na problematiku výstavby diaľničných tunelov, ako súčasť dobudovania diaľničných ťahov na území Slovenska.

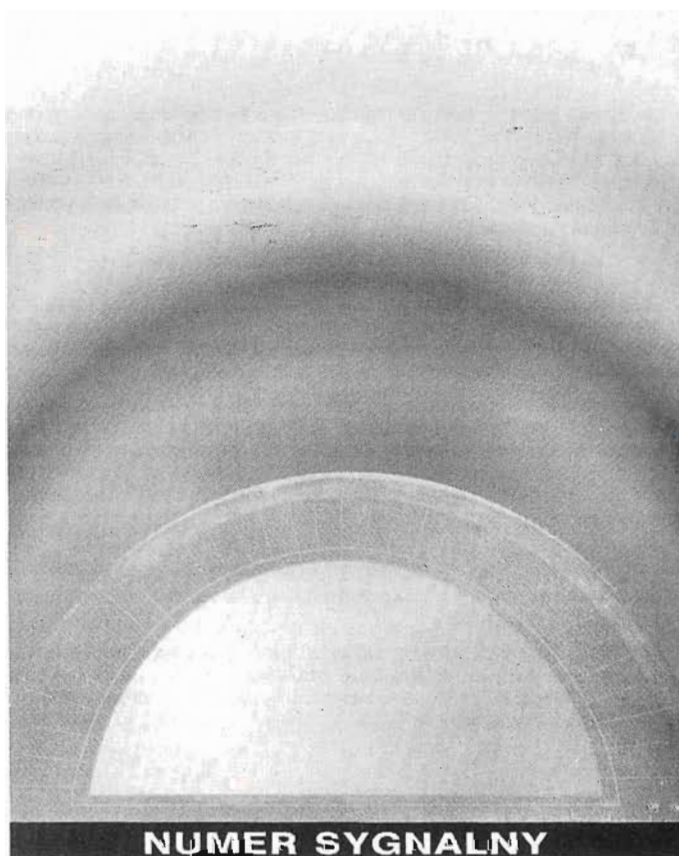
Najbližšou pripravovanou akciou Komitétu je usporiadanie konferencie s medzinárodnou účasťou „Tunelmi k zlepšeniu životného prostredia“. Konferencia sa uskutoční v Poprade, v dňoch 23.-25. 10. 1995. Záujemcovia o účasť sa môžu prihlásiť na adrese:

Ing. Jana Koniarová  
Stavebná fakulta STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava  
tel. & fax: 07/325 642

Ing. Miroslav Frankovský  
Prvá slovenská tunelárska a. s.

1'95

BUDOWNICTWO  
GÓRNICZE  
TUNELOWE  
KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



NUMER SYGNALNY

Laskavostí prof. Ing. Josefa Aldorfa, DrSc., získala naše redakce signální výtisk nového odborného čtvrtletníku „Budownictwo górnice i tunelowe“.

Pro zájemce uvádíme základní údaje:

Vydavatel: Wiadomosci górnice, sp. z. o. o.  
Ve spolupráci s kat. Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni Politechniki Ślaskiej w Gliwicach  
Adresa redakce: POLSKO  
40-039 Katowice, ul. Powstańców 30 (PAWK SA), pok. 77, tel. 157-22-31,  
ev. 157-20-89, fax 155-54-53,  
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 2 (Pol. Śl.), tel. 37-12-38, fax 37-12-38  
Hlavní redaktor: prof. Dr. hab. ing. A. Karbownik  
Cena za 1 výtisk 25 Zł, ev. 10 \$ (do zahraničí)



## METROPROJEKT PRAHA

akciová společnost

Zajišťujeme veškerou předprojektovou, projektovou i prováděcí dokumentaci, autorský dozor a inženýrskou činnost ve všech oblastech inženýrských, dopravních i pozemních staveb, ekologických staveb, technologických zařízení, mobilních strojů, zařízení a řídicích systémů.

PRAŽSKÉ METRO má nyní přes 40 km provozovaných tras, což představuje téměř 150 km štol a tunelů vyprojektovaných našimi pracovníky a realizovaných za naší účasti a pod naším dozorem.

Je to absolutně největší soubor úspěšně realizovaných podzemních staveb, které byly u naší akciové společnosti komplexně vyprojektovány. Naši projektanti drží krok se světovou špičkou jak v teorii, tak i v praxi.

**METROPROJEKT PRAHA a. s.**  
**JE ZÁRUKOU PRO KAŽDÉHO INVESTORA**  
**VŠECH SLOŽITÝCH PODZEMNÍCH STAVEB**

Kontaktní spojení:

Ing. Jiří Svoboda, ředitel a předseda představenstva a. s., tel.: 02/24229734, fax: 02/24240051

Ing. Jiří Pokorný, technický a obchodní náměstek, tel./fax: 02/24240025

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

**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**

**PODZEMNÍ  
INŽENÝRSKÉ  
STAVBY**

**UNDERGROUND  
CIVIL  
ENGINEERING**

**SUBTERRA a. s.**

**Bezová 1658**

**147 14 Praha 4**

**Telefon 02/460379**

**Telefax 02/466179**

**OTVÍRÁME  
NOVÝ  
PROSTOR**

PODZEMNÍ INŽENÝRSKÉ A DŮLNÍ STAVBY, STAVBY VODOHOSPODÁRSKÉ, PRŮMYSLOVÉ, DOPRAVNÍ, BYTOVÉ A EKOLOGICKÉ. VÝSTAVBA TUNELŮ, ŠTOL A JAM, MĚSTSKÝCH KOLEKTORŮ, VODNÍCH PŘIVADĚČŮ, KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ, KAVEREN. REKONSTRUKCE TUNELŮ, KANALIZACÍ A STAVEBNÍCH OBJEKTŮ. LIKVIDACE NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ A BUDOVÁNÍ SKLÁDEK. PROJEKTOVÁ A INŽENÝRSKÁ ČINNOST, SLUŽBY MĚŘIČSKÉ A LABORATORNÍ. STROJÍRENSKÁ VÝROBA A SERVIS PRO STROJE A ZAŘÍZENÍ, PŮJČOVNA STROJŮ A ZAŘÍZENÍ. SLUŽBY PŘEPRAVNÍ A ZÁSOBOVACÍ. CESTOVNÍ KANCELÁŘ A HOTEL BARBORA V PRAZE-ZBRASLAVI.





SG GEOTECHNIKA, a. s.  
Geologická 4, 152 00 Praha 5

Tel. 02/581 8440, 581 8040, 581 8490  
Fax: 02/581 7995, 581 8040, 582 8590

# Stavební geologie GEOTECHNIKA a. s.

*NABÍZÍME, ZAJIŠŤUJEME, REALIZUJEME*

- Průzkumné práce
- Konzultace a odborné porady
- Technický dozor investora
- Geotechnický monitoring
- Speciální polní zkoušky a měření
- Znaleckou činnost

*V CELÉM ROZSAHU DISCIPLÍN*

- Geotechnika
- Inženýrská geologie
- Zakládání staveb
- Ochrana životního prostředí
- Geomechanika
- Hydrogeologie
- Geofyzika
- Inženýrská seismologie

Pro všechny druhy staveb, zejména pro stavby geotechnické (podzemní stavby a tunely, zářezy, násypy, zemní konstrukce, skládky) a geotechnické konstrukční prvky staveb (základy, piloty, speciální zakládání)

Povšimněte si laskavě změn v telefonních číslech!

## PŘIHLÁŠKA ZA ČLENA VYDAVATELSKÉHO SYSTÉMU TUNEL

v kategorii (A, B, C, D) .....

Přesný název organizace .....

IČO .....

Odpovědný pracovník  
(jméno, příjmení, funkce) .....

Telefon .....

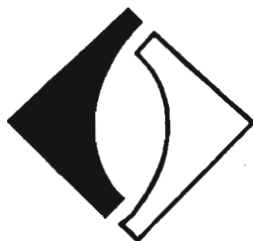
Adresa .....

Bankovní spojení .....

.....  
datum

.....  
podpis (event. razítko)

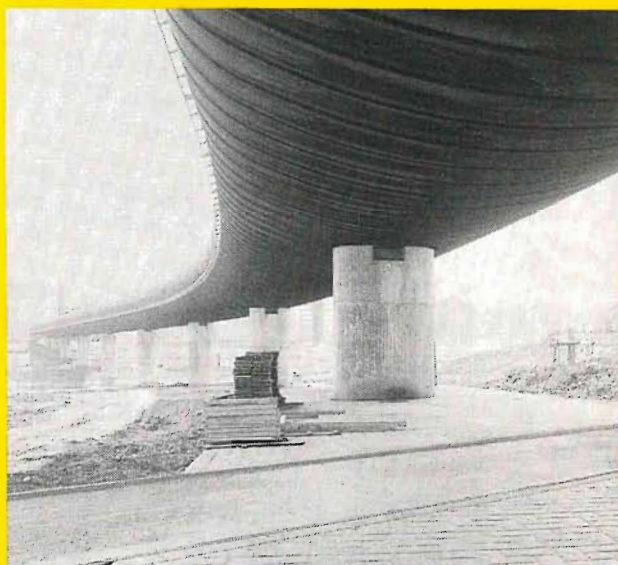
Přihlášky zašlete laskavě do 15. 12. 1995 na adresu:  
Metrostav a. s., pí Kubešková, Dělnická 12, 170 04 Praha 7 - Holešovice



# **Inženýring**

## **DOPRAVNÍCH STAVEB**

**a.s.**



## **INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB AKCIOVÁ SPOLEČNOST**

**ZAJIŠŤUJE VEŠKERÉ ČINNOSTI NUTNÉ K PŘÍPRAVĚ A REALIZACI STAVEB**  
INŽENÝRSKÁ ČINNOST VE STAVEBNICTVÍ  
PROJEKTOVÁ ČINNOST V INVESTIČNÍ VÝSTAVBĚ  
GEODETICKÉ, TOPOGRAFICKÉ A KARTOGRAFICKÉ PRÁCE, VČ. ČINNOSTI  
ODPOVĚDNÝCH GEODETŮ  
PROVÁDĚNÍ STAVEB  
PORADENSKÁ A KONZULTAČNÍ ČINNOST V OBLASTI STAVEBNICTVÍ A ROZVOJE  
DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ  
SPRÁVA A PRONÁJEM NEMOVITOSTÍ

**ZKUŠENÝ PARTNER – ZÁRUKA KVALITY**

Na Moráni 3  
128 00 PRAHA 2

tel. 02/291 714, 294 603  
fax 02/292 769

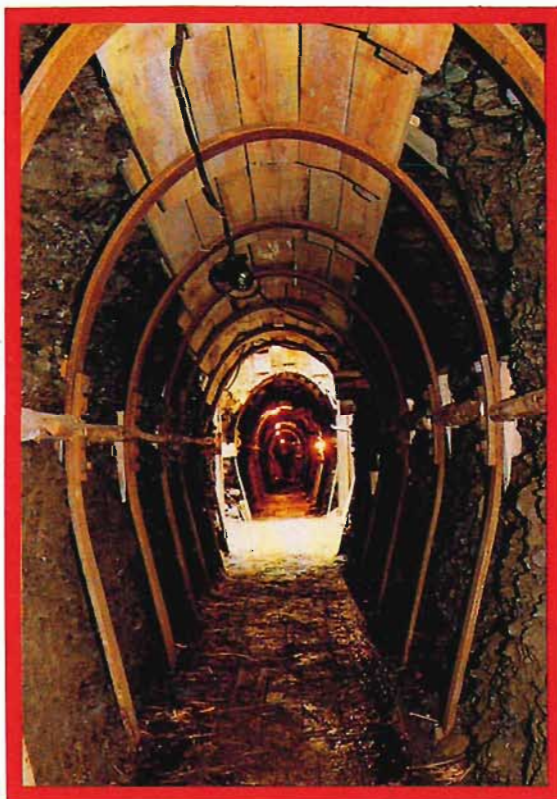
AKCIOVÁ SPOLEČNOST

# METROSTAV

## DIVIZE 1

OBLAST PŘELOŽKY SÍTÍ

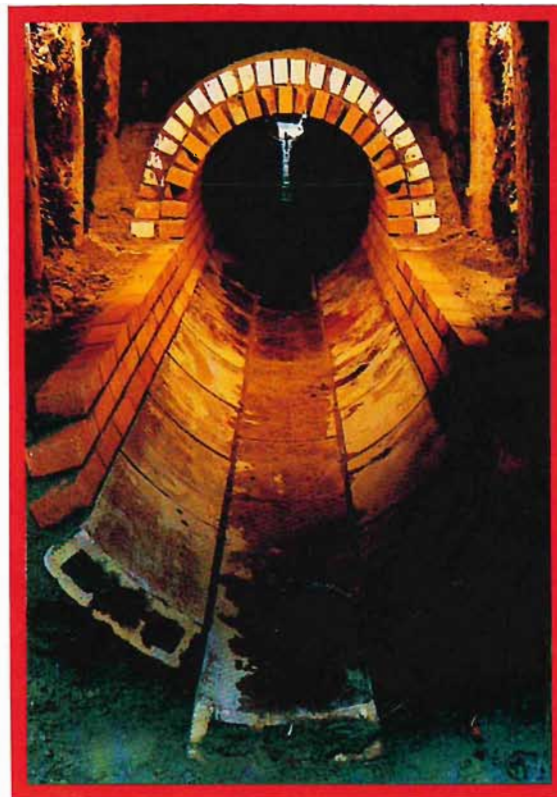
# NABÍZÍME



VÝSTAVBU ŠTOL A TUNELŮ  
VE VŠECH GEOLOGICKÝCH  
PODMÍNKÁCH

VÝSTAVBU KOLEKTORŮ

KANALIZAČNÍ SOUSTAVY  
NA ODVEDENÍ SPLAŠKOVÝCH  
A DEŠŤOVÝCH VOD



POKLÁDKU POTRUBNÍCH  
SYSTÉMŮ - BETONOVÝCH  
- KERAMICKÝCH  
- PLASTOVÝCH

STOKY ZDĚNÉ - VEJČITÉ  
A KRUHOVÉ

VYZDÍVKY SPOJNÝCH  
A ODLEHČOVACÍCH KOMOR,  
ODDĚLOVAČŮ SPLAŠKOVÝCH  
VOD A SPADIŠŤ

**METROSTAV** a. s. DIVIZE 1

Radlická 3, 150 00 Praha 5 - Smíchov  
Tel. 54 82 77, 54 23 45, fax 53 14 32