

# Tunnel

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



# MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECH AND SLOVAK TUNNELLING COMMITTEE

\*Členské organizace vydavatelského systému „TUNEL“

\*  
**ABP CONSULTING**  
a. s. Praha  
Krátká 8  
100 00 Praha 10

**BANSKE STAVBY**  
ul. SNP 16  
971 71 PRIEVIDZA

**DOPRASTAV**  
Drieňova 27  
826 56 BRATISLAVA

**FEDERÁLNÍ VÝBOR  
PRO ŽIVOTNÍ  
PROSTŘEDÍ**  
Slezská 9  
120 31 PRAHA 2

**IKE**  
Přemyslovská 41  
130 00 PRAHA 3

\*  
**INGSTAV BRNO a. s.**  
Kopečná 20  
657 15 Brno p. p. 115

**INTERPROJEKT**  
Žatecká 2  
110 01 PRAHA 1

**INŽENIERSKÉ STAVBY,  
záv. 07**  
Priemyselná 5  
042 45 KOŠICE

\*  
**METROPROJEKT**  
Pod Slovany 2077  
128 09 PRAHA 2

\*  
**METROSTAV a. s.**  
Dělnická 12  
170 04 PRAHA 7

**PRAGIS**  
Na Vyhlídce  
190 00 PRAHA 9

**PÚDOS PLUS spol. s r. o.**  
Štefanikova 1  
817 58 BRATISLAVA

**RUDNÝ PROJEKT**  
Festivalovo nám. 1  
040 01 Košice

\*  
**SG - GEOTECHNIKA,  
a. s.**  
Geologická 4  
150 00 PRAHA 5

\*  
**SUBTERRA a. s.**  
Bezová 1658  
147 14 PRAHA 4

**SUDOP**  
Olšanská 1a  
130 80 PRAHA 3

**DIAMO s. p.**  
471 27 STRÁŽ  
POD RALSKEM

**ÚSTAV GEOTECHNIKY  
ČSAV**  
V Holešovičkách 41  
182 09 PRAHA 8

\*  
**VODNÍ STAVBY PRAHA a. s.**  
**STAVEBNÍ DIVIZE 05**  
Dobronická 635  
148 27 PRAHA 4

\*  
**VOJENSKÉ STAVBY**  
Revoluční 3  
110 15 PRAHA 1

**VÝSTAVBA KAMENOUHEL-  
NÝCH DOLŮ**  
Vašíčkova 3081  
272 04 KLDNO

**VÚIS**  
Botanická 68a  
602 00 BRNO

**VÚIS**  
Lamačská 8  
817 14 BRATISLAVA

**VVUÚ**  
Pikartská ul.  
716 09 OSTRAVA-  
-Radvanice

**ŽELEZNIČNÍ  
STAVITELSTVÍ, a. s.**  
**DIVIZE-IS**  
Heršpická 1  
639 00 BRNO

**KLOKNERŮV ÚSTAV  
ČVUT**  
Šolínova 7  
166 08 PRAHA 6

**VUT STAVEBNÍ  
FAKULTA**  
Veveř 95  
662 37 BRNO

**VŠB - Katedra geod.  
a podz. stavitelství**  
tř. 17. listopadu  
708 33 OSTRAVA-Poruba

**STAVEBNÍ FAKULTA  
ČVUT**  
Vědecko-technologické  
centrum  
Thákurova 7  
166 29 PRAHA 6

\*  
**PÚDIS a. s.**  
Nad vodovodem 169  
100 00 PRAHA 10

**GEOTEST**  
Šmahova 112  
659 01 BRNO

**STAVEBNÍ FAKULTA  
VŠDS**  
Moyzesova 20  
010 01 ŽILINA

**STAVEBNÍ FAKULTA  
STU**  
Radlinského 11  
813 68 BRATISLAVA

**DOPRAVNĚ INŽENÝRSKÁ  
ORGANIZACE**  
Moravské nám. 9  
657 39 BRNO

**OKD**  
akciová společnost VOKD  
ul. Českobratrská 7  
701 40 Ostrava 1

# Tunel

**Zpravodaj  
Českého a Slovenského tunelářského komitétu  
ITA/AITES**

## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| Úvodník – Ing. Augustin Adámek – ředitel stavební divize<br>a. s. Vodní stavby Praha .....  | 1  |
| Aplikace NRTM při výstavbě „STOKY F“<br>Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc .....  | 3  |
| Použití NRTM na stanici Hloubětín<br>Ing. Jiří Růžička, Ing. Roman Fuksa<br>Ing. Jiří Valeš, Petr Škubánek .....  | 8  |
| Deformácie zemlnového masívu v trase štítovaných štôlní<br>v geologických podmínkách Bratislavy<br>Ing. Martin Bakeš, Doc. František Klepsatel, CSc ..... | 11 |
| Silniční tunel Löwenherz – Ing. Ladislav Štefan .....   | 14 |
| Moderní technologie mikrotuneláže systém Dr. Soltau<br>Ing. Libor Kubíček .....   | 19 |
| Využití podzemí pro bankovní trezory<br>Ing. Pavel Lébr .....   | 22 |
| K problematice využití tunelů<br>v dálniční výstavbě v ČR<br>RNDr. Jaroslav Kaňka, Ing. Karel Nechmač .....   | 24 |
| Podzemní hydrocentrála LIPNO – pozoruhodná<br>tunelářská stavba prvních poválečných let I. část<br>Ing. Josef Zajíc, RNDr. Karel Růžička .....            | 25 |
| Tunel Dr. Milana Hodži na trati Banská Bystrica – Diviaky<br>Ing. Karel Borovský .....  | 28 |

---

Zpravodajství Českého a Slovenského tunelářského komitétu  
tel. ITA/AITES  
Zpravodajství mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES  
Ze světa podzemních staveb

---

## REDAKČNÍ RADA

**Předseda:** Ing. Petr Vozarik – a. s. METROSTAV  
Ing. Jiří Hudek, CSc – PŮDIS, Ing. Miroslav Uhlík a. s. SUBTERRA,  
Ing. Pavel Chadim – a. s. Ingstav, Ing. Otakar Vrba – Stavební geologie,  
Ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby s. p.,  
Ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
PhDr. Jan Barták, DrSc, Ing. Ladislav Pazdera, Ing. Pavel Polák,  
PhDr. Miroslav Kadlec – a. s. METROSTAV

---

## PRO SLUŽEBNÍ POTŘEBU VYDÁVÁ

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

---

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: 87 23 499 (667 93499)  
Ved. redaktor: PhDr. Jan Barták, DrSc  
Grafická úprava: Petr Míšek  
Odborný redaktor: Ing. Miloslav Novotný a Ing. Ladislav Pazdera  
Fotografie: Josef Husák  
Fotografie na obálce: archiv Vodní stavby 05  
V případě zájmu čtenáře redakce poskytne odborný překlad do angličtiny.

---

**Sazba, tisk a tiskařské práce:**  
TURNOVSKÉ TISKÁRNY 511 01 TURNOV, Svobodova 1431  
tel. 0436 - 22131 nebo 21787, fax 22097

---

# Tunnel

**Bulletin of the  
Czech and Slovak Tunneling Committee  
ITA/AITES**

## CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| Editorial – ing. Augustin Adámek – Director of Construction<br>Division 05, Vodní stavby Praha, Inc. ....  | 1  |
| Application of NRTM during the construction of Sewer F<br>prof. ing. Jiří Barták, DrSc. ....   | 3  |
| The use of NRTM at the Hloubětín station<br>ing. Roman Fuksa, ing. Jiří Růžička,<br>ing. Jiří Valeš, Petr Škubánek .....   | 8  |
| Deformation of ground massif in the shield-tunnelled<br>adits line in the geological conditions of Bratislava<br>ing. Martin Bakoš, doc. ing. František Klepsatel. CSc. .... | 11 |
| The Löwenherz road tunnel – ing. Ladislav Štefan .....   | 14 |
| Modern technology of micro-tunneling dr. Soltau<br>ing. Libor Kubíček .....  | 19 |
| Using the underground for bank safes – ing. Pavel Lébr .....   | 22 |
| The problem of using tunnels in motor-way<br>construction in the Czech Republic<br>RNDr. Jaroslav Kaňka, ing. Karel Nechmač .....  | 24 |
| The LIPNO underground hydro electric station – a remarkable<br>tunnel construction of the first after-war years Part I.<br>ing. Josef Zajíc, RNDr. Karel Růžička .....       | 25 |
| The Milan Hodža's tunnel on the Banská Bystrica – Diviaky<br>route<br>ing. Karel Borovský .....  | 28 |

---

News from Czech and Slovak Tunneling Committee ITA/AITES  
News from international tunnelling association ITA/AITES  
From the world of the underground constructions

---

## EDITORIAL STAFF

Chairman: ing. Petr Vožarik – METROSTAV,  
Ing. Jiří Hudek, CSc – PŮDIS, ing. Miroslav Uhlík – SUBTERRA,  
ing. Pavel Chadim – Ingstav, ing. Otakar Vrba – Stavební geologie,  
ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby,  
ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
PhDr. Jan Barták, ing. Ladislav Pazdera, ing. Pavel Polák,  
PhDr. Miroslav Kadlec – METROSTAV

---

## FOR THE SERVICE REQUIREMENTS PUBLISH

Czech and Slovak Tunneling Committee by means of Join-Stock  
Company METROSTAV

---

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, CR, phone (inland): 808 275  
phone (foreign): 809 453 telex: 12 12 21 fax: 876 160, 809 818  
Newsroom phone: 87 23 499 (667 93499)

Editor in chief: PhDr. Jan Barták, DrSc

Graphic: Petr Míšek

Special editor: ing. Miloslav Novotný and ing. Ladislav Pazdera

Pictures: Josef Husák

Cover: archives Vodní stavby 05

In case of reader's interest newsroom will be able to provide special  
translation to English.

---

## TYPE, PRESS AND PRINTER'S WORK:

UNIPRESS s. r. o., TURNOV PRINTING OFFICE, State Enterprise 511  
01 TURNOV, Svobodova 1431  
phone 0436 - 22131; 21787 fax 22097

---



Vážené dámy, vážení pánové!

Pokud pravidelně čtete časopis TUNEL, tak jste již poznali, že název tohoto časopisu je poněkud nepřesný.

Časopis TUNEL se totiž nezabývá pouze dopravními nebo vodo-hospodářskými tunely nebo štolami, ale chce propagovat využití podzemního prostoru pro společenské potřeby v celé šíři možností, které podzemí poskytuje. Proto časopis uveřejňuje také články o podzemních stavbách prováděných z povrchu území hloubením.

Využívání podzemí pro potřeby člověka je staré jako lidstvo samo. Člověk v podzemí nacházel úkryt, prostory pro bydlení, skladování i obranu. Pozdější doba přenesla postupně do podzemí celou škálu činností, tak, jak to rozvíjející se civilizace požadovala. Získávání energie, doprava lidí, zboží a dalších médií všeho druhu, likvidace a ukládání odpadu – to jsou již běžné způsoby využití podzemí.

V poslední době si můžeme stále více uvědomit jeden nový aspekt – podzemí přináší člověku nový prostor a nové materiály a postupy umožňují jeho radikálně náročnější využití. Také naše města budou stále více do podzemí umísťovat nejen parkingy, sklady, energetická centra, ale také obchody, výrobní zařízení, koncertní sály, galerie, knihovny ap. V tomto směru se již ve světě rozvíjí nové zaměření práce architektů – architektura podzemních staveb.

Posláním časopisu TUNEL tedy je tyto možnosti využití podzemí veřejnosti přiblížit.

Ing. Augustin Adámek  
ředitel stavební divize 05  
a. s. VODNÍ STAVBY PRAHA



## **metROSTAU** **FOUNDED IN 1971 HAS BUILT**

- 71,4 km of running tunnels of the Prague Underground
- 19 driven stations
- 22 cut and cover stations
- 2,1 km of a road tunnel
- 21 km of sewage, water supply and other drifts
- water supply project for Prague
- underground reservoirs
- many other industrial and civic buildings

**Offers its services in Czech Republic and abroad.**



**metROSTAU**  
**JOINT STOCK COMPANY**

**DĚLNICKÁ 12, 17 004 PRAGUE 7  
CZECHIA**

**PHONE: 00422-80 82 75, 80 94 53  
TELEX: 12 12 21 FAX: 87 61 60**

# APLIKACE NRTM PŘI VÝSTAVBĚ STOKY F

AUTOR: Prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., KATEDRA GEOTECHNIKY STAVEBNÍ FAKULTY ČVUT PRAHA

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE APPLICATION OF NRTM DURING BUILDING THE CONSTRUCTION F AND LOOKS IN DETAIL INTO MEASURING METHODS AND EXPERIENCE GAINED TO BE UTILISED IN THE NEXT TASKS OF VODNÍ STAVBY – DIVIZE 05.

## 1. ÚVOD

Podrobnosti o začlenění stoky F do současného i budoucího kanalizačního systému, o konstrukci ostění stoky, zajištění její vodotěsnosti a o technologii provádění byly uvedeny v článku autorů ing. Lebra a ing. Chabra „Stoka F jako součást pražského kanalizačního systému“ v č. 4/92 zpravodaje Tunel.

V článku je popsán i vývoj názorů na způsob výstavby štoly. Nutno konstatovat, že tento vývoj byl v konečné fázi ovlivněn především iniciativou vedoucích pracovníků dodavatele stavby (Vodní stavby Praha, stavební divize 05), která vedla ke spolupráci generálního projektanta (Hydroprojekt Praha), dodavatele stavby a realizačního týmu pracoviště podzemních staveb katedry geotechniky FSv. Tento tým vypracoval návrh alternativního řešení výstavby štoly pro stoku F pomocí NRTM.

Jako zásadní dokumenty této progresivní tunelové metody byly řešitelským týmem zpracovány:

- návrh primárního ostění štoly
- posouzení primární výstroje s uvážením reologických vlastností stříkaného betonu,
- projekt průběžného konvergenčního měření,
- projekt rozšířených geotechnických měření v měřicím poli.

V průběhu vlastního tunelování byly prováděny:

- inženýrskogeologické sledování horninového masivu na čelbách,
- geotechnická observační měření (konvergence, kontaktní napětí, napětí v ostění).

## 2. STATICKÉ ŘEŠENÍ

### Vstupní parametry

Vstupní parametry statického výpočtu vyplynuly ze závěrů IG průzkumu, který zastížené horniny charakterizoval v podstatné části jako svrchnoproterozoické (algonkické) břidlice až droby dobré kvality, s možností výskytu dvou výraznějších poruchových pásem.

Pro zdravé horniny z významnějších vstupních parametrů uvedme:

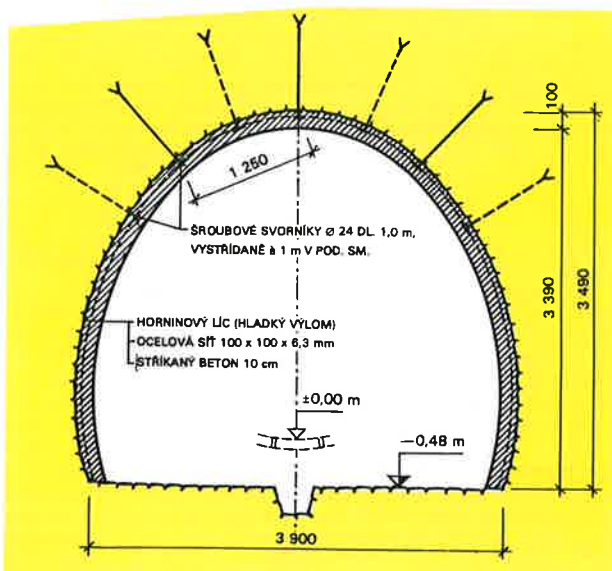
- třída horniny R 2 podle ČSN 73 1001,
- 1. stupeň ražnosti
- index RQD = 75 – 100,
- počet bodů QTS 51–70,
- $\gamma_{hor} = 27 \text{ kN/m}^3$ ,  $E_{def} = 1000\text{--}4500 \text{ MPa}$ ,  $f_p = 5$ ,  $k_{zk} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\nu = 0,1$ .

### Návrh primární výstroje

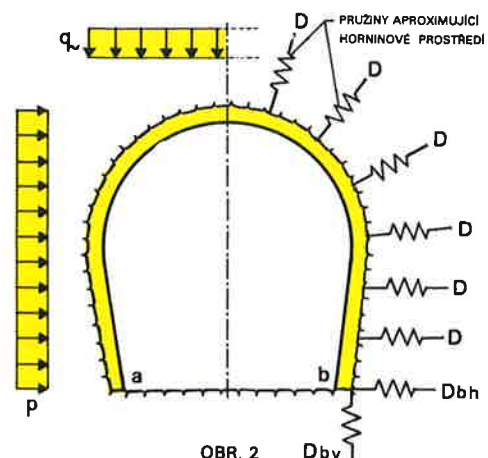
Tloušťka primárního ostění ze stříkaného betonu byla určena podle jednoduchého empirického vzorce (TICHÝ, 1992), který sice není formulován na základě exaktního řešení problematiky, ze spolehlivostního hlediska však postihuje všechny rozhodující činitele. Jeho výstižnost je možno prověřovat na základě výsledků observačních měření realizovaných při NRTM.

$$t_b = \sqrt{\frac{\gamma_n \cdot \psi_c (q_d + q_{hyd})}{\gamma_b \cdot R_{btd}}} \cdot k \cdot a$$

kde  $k$  = součinitel vyjadřující vliv kotev (0,35 bez kotev, 0,30 s kotvami);  $a$  = délka výpočtového prvku (vzdálenosti kotev,  $r/3$  v případě bez kotev, ne však méně než 1 m);  $q_d$  = výpočtová hodnota svislého tlaku horniny,  $q_{hyd}$  = výpočtová hodnota hydrostatického tlaku,  $R_{btd}$  = výpočtová hodnota pevnosti betonu v tahu,  $\gamma_b$  = součinitel podmínek působení betonu (= 1 pro staticky vyztužené ostění, 0,6 pro nevyztužené ostění),  $\gamma_n$  = součinitel účelu (1,1 až 1,25 podle třídy objektu),  $\psi_c$  = součinitel kombinace zatížení.



OBR. 1



OBR. 2

Po dosažení návrhových hodnot dostáváme

$$t_b = 0,3 \cdot 1,25 \sqrt{\frac{1,1 \cdot 0,95 \cdot 40}{0,6 \cdot 900}} = 0,104 \text{ m} \approx 10 \text{ cm}$$

Primární ostění bylo navrženo jako kombinace 10 cm silné vrstvy stříkaného betonu (s jednou sítí 100×100×6,3 při lici výrubu z prováděcích a bezpečnostních důvodů) a šroubových svorníků  $\varnothing$  25 mm, dl. 1,0 m a 1,0 m v podélném směru vystřídáně.

Možné korekce primárního ostění, které by vyplynuly z výsledků konvergenčních měření, se předpokládaly pro případ zesílení osazením třímetrových svorníků, případně využitím TH-výstroje. V místech s prokazatelně příznivými podmínkami bylo předpokládáno zjednodušení primárního výstroje vypuštěním svorníků.

Navržená provizorní výstroj je schematicky uvedena na obr. 1.

### Vnitřní síly a deformace

Vnitřní síly a deformace primárního ostění byly určeny s uvážením reologických vlastností stříkaného betonu pomocí výpočetního programu GEOSTUNL z programové knihovny katedry geotechniky. Program řeší vnitřní síly a deformace ostění polygonální metodou, která aproximuje okolní horninové prostředí vlastnostmi Winklerovských pružin (obr. 2).

Charakteristické průběhy momentů, normálových sil a deformací primárního ostění, určené pro jednotkové zatížení a stříkaný beton B 20 s pevnostmi po 28 dnech  $R_{bd} = 11,5 \text{ MPa}$  a  $R_{bld} = 0,9 \text{ MPa}$ , ukazuje obr. 3a.

Ze znalosti jednotkových vnitřních sil pro zadané intervaly tvrdnutí stříkaného betonu bylo možno pomocí interakčních diagramů ID(t) prostého betonu určit časový průběh spodní meze únosnosti ostění ze stříkaného betonu, tzv. 1. Menclový meze (ZAPLETAL, 1990, 1992). Deformace  $Y_1(t)$  přiřazené k 1. Menclově mezi  $Q_1(t)$  představují limitní hodnoty deformací primárního výstroje ze stříkaného betonu, při nichž poprvé může teoreticky dojít ke ztrátě její únosnosti, nikdy však při hodnotách nižších.

V grafickém vyjádření je limitní deformační křivka celkových deformací zachycena na obr. 3b.

## 3. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ SLEDOVÁNÍ BĚHEM VÝSTAVBY

Inženýrskogeologické sledování během výstavby podzemního díla je pro aplikaci NRTM velmi důležitou činností v komplexu tunelovacích prací.

Jeho cílem je pravidelně snímat obraz čelby při ražbě, dokumentovat petrografickou, strukturně-tektonickou a hydrogeologickou situaci a provádět její inženýrskogeologické vyhodnocení.

Průběžný dozor, umožňující předpovědět pravděpodobné reakce horniny na výlomové práce, vyžaduje hluboké znalosti z inženýrské geologie, znalosti tunelářské a praxi v podzemí.

Inženýrskogeologické posuzování čelby tunelu přestává být při aplikaci NRTM jen součástí průzkumných prací, ale hraje důležitou roli v rozhodování o adaptaci ražby a primárního vystrojení tunelu na konkrétní podmínky.

Při ražbě štoly pro stoku F v Praze-Troji bylo IG sledování pro potřeby NRTM prováděno od července 1991 do září 1992 paralelně s měřicím konvergencí na 2 čelbách – jihovýchodní („suché“) a jihozápadní („mokré“).

### Petrografie

Horniny v dané oblasti patří stáří k nejsvrchnějšímu proterozoiku (algonkiu).

Celý komplex hornin představuje řadu horninových typů, od jílových břidlic přes prachové až k drobovým. Místy je výstižnější některé horniny nazývat drobnými nebo prachovci. Pro přesnější určení by bylo třeba provést mikroskopické studium (kvantifikaci); pro účely tunelovacích prací tento způsob vyhodnocení nebyl nutný.

Dříve nezjištěné, v průzkumných vrtech zřejmě nezastížené, je vulkanickosedimentární souvrství, jehož výchozy se při ražbě objevily v jihozápadní části díla. Jedná se o silně tektonizované (možná synsedimentární) horniny, kde se petlitická sedimentace prolíná s psamitickou, a do které je uložen materiál tufitický. Ten má charakter jednak kyselý (keratofýrový), jednak i bazaltoidní. Míšení vulkanického a sedimentárního materiálu je v různých poměrech. Nejhojněji se vyskytují horniny podobné kvarcítům (pískové zbarvené s viditelnými téměř idiomorfně omezenými živci). Bazické tufy poznamenávají horniny zelenavými odstíny.

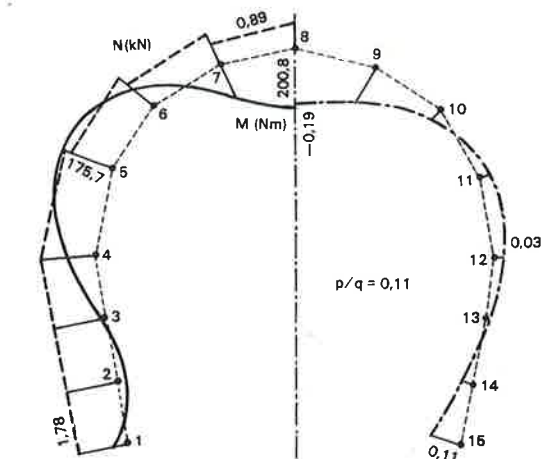
Pravděpodobně sekundární zpracování výše uvedených hornin (tektonizace, alterace) se projevuje v jejich přeměně na jíl, kaolinický jíl a sericit-chloritickou břidlici.

Nepotvrzené jsou polohy buližníků. Některé horniny je připomínají; je však možné, že se jedná pouze o prokřemenělé proterozoické břidlice.

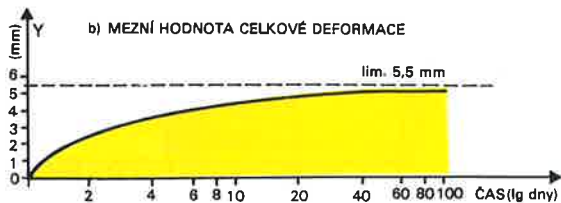
### Tektonika

Algonkické horniny v dané oblasti jsou postiženy tektonickými vlivy v různé míře. Tektonický styl se střídá od monotónního až po místa výrazného zvrásnění a silného zbrídličnatění.

a) VNITŘNÍ SÍLY OD JEDNOTKOVÉHO ZATÍŽENÍ



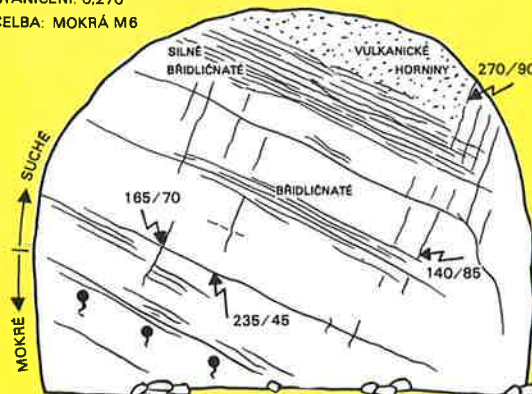
b) MEZNÍ HODNOTA CELKOVÉ DEFORMACE



OBR. 3

DOKUMENTACE ČELBY - SALABKA

DATUM: 27. 1. 92  
STANICENÍ: 0,270  
ČELBA: MOKRÁ M6



HORNINA: POKŘ. BRÍDLICE, KVARCITY, VULKANITY (V NADLOŽI)  
HYDRO: PŘÍTOK 3l/sak PŘI POČVĚ  
TEKTONIKA: PŘEVLÁDÁ FOLIÁČNÍ PUKLINATOST  
POZNÁMKA: VULK. SEDIM. KOMPLEX

OBR. 4



IG průzkum, prováděný před zahájením stavby, nemohl zmapovat dokonale zlomovou tektoniku. Ta je velmi aktivně rozvinuta vzhledem k blízké tektonické hranici proterozoikum – ordovik.

Vlastní dílo je situováno zčásti téměř na této hranici, o čemž svědčí nejen množství dislokačních struktur, ale hlavně projevy mineralizace na dislokačních systémech (sádrovec, kalcit, pyrit).

Puklinové systémy jsou většinou přítomny ve 2 systémech kolmých na foliaci (primární nespojitosti), což ovlivňuje blokovitou dělitelnost hornin.

Některé horninové partie jsou velice intenzivně tektonizovány (prohněteny) popř. mylonitizovány, čímž se mění i jejich fyzikální vlastnosti. Puklinatost je maximálně rozvinuta v křehkých horninách v jihozáp. křídle, kde se nachází kvarcité a prokřemenělé břidlice (či bulžníky).

Strukturnětektonické poměry jsou generálně v zásadě takové, jak je popsal geologický průzkum. V detailech jsou získané poznatky značně rozmanitější. Velmi variabilní jsou jak směry, tak sklony puklin a foliace; na řadě čeleb provedená měření svědčí o ohybových, případně vrásových strukturách. Tento drobnětektonický obraz se nepochybně promítá i do větších struktur.

Příklad geologické dokumentace čelby (tzv. snímek čelby), zachycující pohledově tektonický styl, základní údaje o hornině s doplňujícím vysvětlením a hydrogeoměry, je uveden na obr. 4. Pro každou dokumentovanou čelbu byly zpracovány konturové tektogramy.

### Hydrogeologie

V proterozoických horninách zájmové oblasti existuje pouze dislokační a puklinový oběh podzemní vody. Oba jsou napájeny ze zvodnělé terasy ležící nad raženou štolou. Vodní komunikace jsou závislé na tektonické stavbě – část dislokačních linií (otevřených) je významným vodním kolektorem, uzavřené dislokační linie nikoliv. Mimo dominantní struktury voda komunikuje i puklinovým systémem. O intenzivním fosilním pohybu vody (roztoků) svědčí transport minerálů (sádrovec, kalcit, Fe-oxydy).

Z inženýrskogeologického sledování během provádění štoly pomocí NRTM (tj. od července 1991) vyplynuly následující hydrogeologické poznatky:

- Ve východním křídle štoly (pracovní název „suchá čelba“ není náhodný) zastížená jílovitá a prachovitá břidlice obvykle vlhká, vyjimečně mokrá, pohyb vody se uskutečňoval pouze po puklinovém systému; nebyl zastížen žádný významnější či soustředěný vývěr vody. Místní odkapávání vody z puklin ve výrubu se obvykle v čase minimalizovalo až k zániku.  
Odtok podzemní vody z celého východního křídla nedosahoval 1 l/sec.
- Obdobná situace byla v ekvivalentních horninách jihozápadního křídla štoly („mokrá čelba“).

V tomto úseku se však ve značné míře procházelo partiami prokřemenělých hornin (snad i bulžníků) a hlavně sekvencemi vulkanicko-sedimentárních hornin se změnou tektonického stylu zpracování hornin. Tektonizace hornin je výraznější, typický je blokovitý rozpad a puklinový systém je významným vodním kolektorem (zřejmě důsledek blízkosti zvrásněného bloku ordovických hornin v nadloží).

Horniny s vodními kolektory byly často mokré, z puklin kapala voda, po odstřezech se místně objevovaly soustředěné výrony. Během času se přítoky zmenšovaly. Koncová část jihozápadního úseku (cca 1/4 délky) byla opět téměř suchá. Celkový odtok z jihozápadního úseku činil cca 1–2 l/sec a pocházel hlavně z první poloviny úseku.

Údaje získané hydrogeologickým sledováním během ražeb jsou významným podkladem pro posouzení požadavku dodatečně vzneseného místními orgány, aby byl po dokončení díla obnoven původní režim podzemních vod. S požadavky tohoto typu je však třeba do budoucna počítat trvale a volit vhodné způsoby vystrojování podzemních děl i z tohoto hlediska.

### Zhodnocení podmínek pro tunelování

Podmínky pro ražení v daných poměrech byly na „suché“ i „mokré“ čelbě příznivé. Hornina byla jen mírně tlačivá až netlačivá, v řadě profilů prokázáno stabilní min. po dobu 2–3 dní, čemuž odpovídala délka nevystrojené části tunelu 4,0 až 6,0 m. Ojedinele vznikaly nadvýlomy, které byly vzhledem k nutnému zajištění bezpečnosti práce eliminovány pomocí ocelových sítí a svorníků. Členěný výrub nebyl z hlediska jeho stability nutný.

Ve smyslu klasifikace QTS je možno zařadit výrub s uvedenými vlastnostmi z hlediska podmínek pro ražení do technologické skupiny Ib, která zhruba zahrnuje rozhraní tříd I a II při rakouské klasifikaci NÖT podle Pachera. Základní charakteristika masivu je dle obou klasifikací shodná – podmínky pro ražbu jsou dobré.

Průměrná hodnota QTS určená z IG průzkumu činí cca 63, což je dle Tesařova hodnocení (1989) hranice mezi horninou kvality „špatná“

a „dobrá“. Tato ohodnocení lze pokládat za doložená i výsledky IG sledování: Hornina v řadě profilů byla skutečně špatná (např. s velmi malou pevností či velkou puklinatostí), díky nepříliš velkým rozměrům výrubu však podmínky pro ražbu zůstaly dobré (doba stability okolo 3 dnů – obr. 5).

S využitím diagramu pro stanovení stability horniny v čase (TESAŘ, 1990) vychází doba stability nevystrojeného výrubu při volném rozpětí 5,0 až 6,0 m a indexu QTS = 63 mezi pěti až devíti dny. I tuto hodnotu lze pokládat za doloženou: Blízko jihozápadního portálu štoly byl při ražbě zastížen komplex starých báňských děl neznámého původu. Komplikované seskupení situační i výškové vedlo během ražby štoly k propojení jednotlivých výrubů, takže vznikla nevystrojená komora s rozpětím až 6 m. Se stabilitou této komory nebyly v průběhu vystrojovacích prací výrazné problémy ani při vícedenní časové prodlevě.

Inverzní analýza podmínek ražby a jejich srovnání se skutečností ukazuje velmi dobrou použitelnost Tesařových grafů pro informativní hodnocení míry samonosnosti a doby stability nevystrojeného výrubu.

## 4. PROJEKT A REALIZACE GEOTECHNICKÝCH MĚŘENÍ PŘI APLIKACI NRTM

NRTM je třeba chápat jako tunelovací metodu – koncepci postupu rubání a vystrojování. Ta je determinovaná jak vlastnostmi horninového prostředí, tak vlastnostmi výstroje, zejména však jejich vzájemnou interakcí řízenou (alespoň do jisté míry) observací vybraných deformačních nebo tlakových parametrů. Zjednodušeně možno říci, že NRTM umožňuje ovlivnění horninových tlaků cílevědomým využitím deformací horninového masivu a primární výstroje.

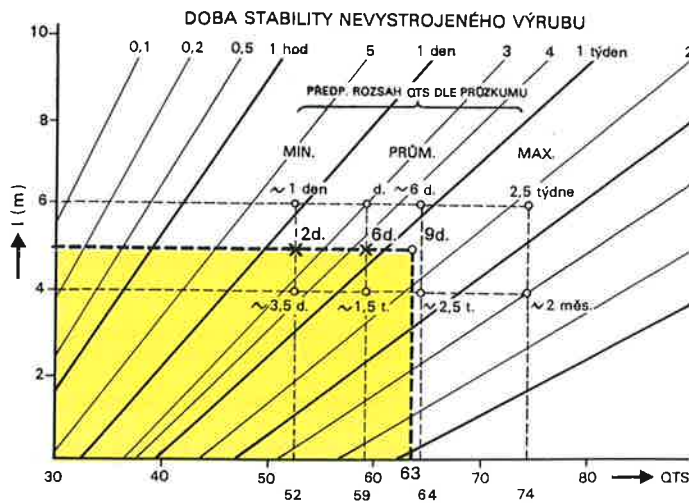
Nezbytnou součástí NRTM je tudíž provádění kontrolních měření, z nichž je pro bezpečnou realizaci podzemního díla nejdůležitější sledování tvarových změn provizorně vystrojeného tunelového profilu. Pro získání dalších poznatků jak o chování horninového masivu, tak o stavu napjatosti výstroje, je nutné konvergenční měření rozšiřovat o:

- měření kontaktních napětí mezi horninou a výstrojí,
- měření napětí ve stříkaném betonu ostění,
- měření předpětí a únosnosti svorníkové výstroje (kotev),
- měření deformace horninového masivu v okolí výrubu pomocí extenzometrů umístěných ve vrtech prováděných z výrubů,
- inclinometrické a extenzometrické měření ve vrtech prováděných z povrchu terénu do okolí výrubu.

Při výstavbě štoly pro stoku F metodou NRTM bylo jako základní observační měření aplikováno měření konvergenční, které je z komplexu měření nejdůležitější. Za součinnosti s dodavatelem stavby byla ve vybraném měřicím poli realizována další observační měření.

### Konvergenční měření

Konvergenční měření má za úkol sledovat tvarové změny provizorně vystrojeného tunelového profilu raženého NRTM a prokázat jejich ustálování v čase a v rozmezí hodnot, daných statickým výpočtem. V případě, že se měřením zjistí vyčerpání přípustných hodnot vertikální nebo horizontální konvergence měřeného profilu, nebo časový průběh signalizující



OBR. 5

neustálený stav deformací, musí se včas zesílit provizorní výstroj, a tím zabránit dalšímu růstu deformací.

Měření konvergence bylo prováděno pásmovým extenzometrem vlastní konstrukce s teoreticky dosažitelnou přesností 0,05 mm.

Netradičně bylo řešeno upínání kloubů extenzometru do příčně vyvrtných děr měřících trnů (svorníků). V průběhu měření bylo toto upínání zdokonaleno vytvořením rychloupínacích kloubů.

Z výsledků měření lze předpokládat, že při důsledném dodržení přesnosti příčných upínacích otvorů lze dosahovat praktické přesnosti měření cca 0,2–0,5 mm (při měřené vzdálenosti do 5 m), která je naprosto postačující. Určitým problémem byla kvalita použitého ocelového pásma. Po jednorocím používání pásma přestalo být čitelné. Proto byly později vyrobené pásmové extenzometry opatřeny kvalitním japonským pásmem.

Pro realizaci konvergenčního měření byl vypracován projekt, který při výstavbě štoly pro stoku F stanovil metodiku měření.

Dle projektu byly stanoveny následující intervaly měření:

1. měření – po odtěžení rubaniny z vytvořeného měřícího profilu
2. měření – po 24 hodinách
3. měření – po 48 hodinách
4. měření – po 1 týdnu
5. měření – po 14 dnech
6. měření – po 1 měsíci
7. měření – po 3 měsících do ustálení (pokud rozdíl měření nepřesáhne 1,0 mm).

Měření bylo prováděno na profilech postupně instalovaných na obou čelbách („suchá“ a „mokrá“ čelba). Ve směru postupu suché čelby bylo postupně instalováno 8 měřících profilů s průměrnou vzdáleností mezi profilem 19 m. Ve směru postupu „mokrá“ čelby bylo instalováno celkem 13 měřících profilů (z toho dva profiley ve směru od zoologické zahrady) s průměrnou vzdáleností mezi profilem 23 m.

Pro vyhodnocování měření byl sestaven jednoduchý program, takže naměřené hodnoty mohly být ihned po získání vloženy do počítače, který výsledky početně i graficky vyhodnotil přímo na stavbě, takže mohlo být případně ihned rozhodnuto o opatřeních zajišťujících bezpečnost výstavby.

Pro každou záměru v měřícím profilu byla stanovena maximální přípustná změna vzdálenosti, jejíž překročení byl zápis v programu signalizoval.

Z měření konvergencí jak na „mokré“ tak na „suché“ čelbě vyplynulo, že maximálních přípustných hodnot nebylo nikdy dosaženo. Hodnoty naměřených konvergencí se pohybovaly mezi 25–85 % těchto hodnot. K rozhodujícím změnám měřených vzdáleností docházelo během prvních 10–15 dnů po osazení profilu. Pozdější částečné oscilování hodnot vyjadřuje prakticky dosaženou přesnost měření. Charakteristický grafický výstup z měřených konvergenčních hodnot je uveden na obr. 6.

Měření bylo celkově prováděno častěji než vyžadoval projekt měření, hlavně v souvislosti s poznatkem IG sledování během tunelování. Celkově mělo být v období od 3. 12. 91 do 6. 10. 92 provedeno 148 měření na 21 profilech. Ve skutečnosti bylo provedeno 203 měření.

Konvergenční měření prováděné při výstavbě štoly pro stoku F jednoznačně splnilo svůj účel: verifikovat dostatečnou únosnost provizorního vstrojení štoly, a tím zajistit bezpečnost při její výstavbě. Ražba i vstrojování štoly, jakož i dlouhodobé působení primárního vstrojení, proběhlo bez mimořádných událostí.

Opatření OBU Kladlo č. 1/92 ze 4. 5. 1992, týkající se posouzení projektu a provádění observačních měření při použití NRTM nezávislým subjektem, zavazuje realizátory měření trvale pracovat na zdokonalování jejich provádění i vyhodnocování.

### Geotechnická měření v měřicím poli

S ohledem na to, že výstavba štoly pro stoku F pomocí NRTM měla v působnosti dodavatele ověřovací charakter, bylo po vstřední dohodě s ním rozhodnuto rozšířit základní konvergenční měření o další geotechnická měření.

Zkušenosti z předchozích měření prokázaly, že je nutné tato měření provádět v měřicím poli o šířce alespoň 4–6 m, přičemž měřicí pole je tvořeno několika měřicími řezy. Vyzovovat seriózní závěry z výsledků měření v jednom měřicím řezu je obtížné.

Soubor měření realizovaných v měřicím poli při výstavbě štoly metodou NRTM tvořilo:

1. konvergenční měření
2. měření kontaktních napětí mezi výrubem a provizorní výstrojí štoly
3. měření příčných povrchových napětí ve stříkaném betonu primárního ostění
4. měření příčných povrchových deformací mezi dvěma pevnými body ve stříkaném betonu primárního ostění.

Měřicí pole bylo tvořeno dvěma měřicími řezy, přičemž v každém měřicím řezu byla instalována 3 měřidla kontaktního napětí, 3 měřidla příčného povrchového napětí a jedna trojice konvergenčních měřících bodů. Kromě toho byly instalovány tři dvojice měřících trnů pro měření příčných povrchových deformací.

### Měření kontaktních napětí na rubu ostění

Účelem měření kontaktního napětí bylo změřit skutečné zatížení ostění ze stříkaného betonu a sledovat jeho časový vývoj.

Oba profiley měřícího pole byly osazeny třemi měřidly. Jedno měřidlo bylo fixováno ve vrcholu štoly, dvě měřidla byla umístěna symetricky do boků štoly přibližně v 1/2 výšky.

Jako měřidla kontaktního napětí byly použity hydraulické tlakové buňky s tenzometrickým převodníkem hydraulického tlaku na elektrický signál (PACOVSKÝ et al., 1991).

Teoreticky určené hodnoty zatížení pro případ ražby štoly ve zdravých algonických břidlicích se pohybují v rozmezí od 1,1 kN/m<sup>2</sup> na bocích štoly do 10 kN/m<sup>2</sup> ve vrcholu klenby štoly.

Nejvyšší naměřené hodnoty kontaktního napětí na stropě štoly se ustálily na 40–45 kPa, na bocích štoly na 10–20 kPa (obr. 7).

Průběh tzv. technologické zatěžovací funkce Z(t), popisující vliv čela výrubu na velikost zatížení výrubu a ostění (ZAPLETAL et al., 1992) lze idealizovat lineárním průběhem. Zatížení ostění se může měřit od poloviny tíhy plného nadloží do zatížení rozvolněnou horninou pod horninovou klenbou, a to v závislosti na vzdálenosti nástřiku ostění od příděl. V daném případě se jedná o interval cca 400 kN/m<sup>2</sup> až 10 kN/m<sup>2</sup>, z čehož je patrné, jak značnou roli na velikost zatížení hraje místo nástřiku ostění vzhledem k čelbě.

Naměřené hodnoty kontaktního napětí činí sice více než dvojnásobek minimálního možného zatížení, avšak pouze cca 10 % maximálního možného zatížení. Lze tedy konstatovat, že příznivý vliv deformací výrubu a ostění na velikost zatížení byl využit velmi racionálně.

K uklidnění měřených hodnot došlo ve většině případů asi po 100 dnech. To je poměrně dlouhá doba s ohledem na zkušenosti z jiných měření, kdy docházelo k uklidnění měřených hodnot cca po 1 měsíci, při vzdálenosti čelby cca 4–5 profilů od výlomu.

### Měření povrchového napětí ve stříkaném betonu

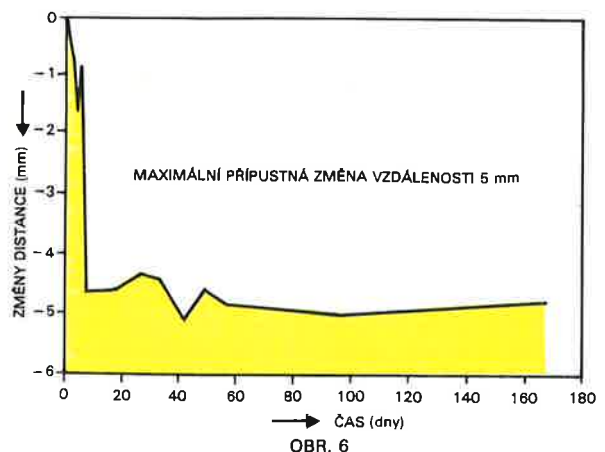
Cílem měření příčného povrchového napětí ve stříkaném betonu ostění bylo v rozsahu měřícího pole určit velikost a časový průběh povrchového napětí při vnitřním líci stříkaného betonu.

V každém měřicím profilu byla instalována tři tenzometrická měřidla napětí. Jedno měřidlo bylo umístěno ve vrcholu štoly a dvě měřidla symetricky v bocích štoly přibližně v 1/2 výšky.

Pro měření byly použity strunové tenzometry vyvinuté Kloknerovým ústavem ČVUT.

Teoretická povrchová napětí by neměla přesáhnout hodnoty +0,90 MPa (vrchol klenby) a -0,77 MPa (v bocích ostění).

Výsledné hodnoty naměřených příčných povrchových napětí ve stříkaném betonu primárního ostění byly zhruba poloviční oproti hodnotám určeným výpočtem (obr. 8). Z této skutečnosti vyplývá, že vnitřní síly ve skutečnosti byly menší velikostí nebo v jiné kombinaci, než vyšlo z teoretického řešení stavu po ukončení tvrdnutí stříkaného betonu. Namáhání betonu v tahu nepřesáhlo hodnotu  $R_{bt}$ , takže využití oblastí tahového porušení v interakčním diagramu nevytuzeného stříkaného betonu je plně oprávněné.



OB. 6

Měření povrchového napětí strunovými tenzometry je při použití trhacích prací nepříznivě ovlivňováno účinkem tlakové vlny po odpalu, jak je patrné i z časového průběhu měření.

### Měření povrchových deformací stříkaného betonu

Měření povrchových deformací pomocí sázecího deformometru nebylo možno vyhodnotit vzhledem k malé přesnosti měření.

Na základě poznatků z tohoto měření bylo vyrobeno nové měřidlo povrchových deformací, schopné měřit změny vzdáleností hrotů umístěných od sebe 50 cm. Vhodnost měřidla bude prověřena na dalších stavbách prováděných metodou NRTM.

## 5. ZÁVĚR

Řada poučných závěrů z výstavby štoly je uvedena v již zmíněném článku pracovníků VS Praha (Tunel 23/4/92).

Z hlediska zpracovatelů statického řešení a realizátorů komplexu geotechnických měření lze výstavbu štoly pro stoku F pomocí NRTM charakterizovat jako technicky dobře zvládnutou v horninových podmínkách dobrých i v poruchových pásmech. Je pravděpodobné, že u výrubového profilu cca 12 m<sup>2</sup> v případě kvalitních hornin a tím vysoké míry samonosnosti horninového masivu, by přechod z klasické výstroje štoly (TH rámy + betonové pažiny) na stříkaný beton a svorníky byl možný i bez aplikace dalších atributů NRTM. Komplex měření však jasně ukázal, že i když podmínky pro ražbu v horších horninách mohou zůstat na relativně dobré úrovni, tlakové a deformační projevy masivu se v čase mění a observační sledování je nezbytné.

Nejnovější statické postupy posuzování bezpečnosti při tunelování pomocí NRTM se snaží modelovat vliv časového vývoje deformací výrubu za současného reologického chování primárního ostění ze stříkaného betonu. Pro úspěšné modelování těchto časově závislých jevů mají poznatky získané z geotechnických měření zásadní význam. Při realizaci dalších měření bude vhodné zvětšit četnost měření v období prvních 28 dnů, kdy únosnost primárního ostění ze stříkaného betonu stále vzrůstá.

Zkušenosti získané aplikací NRTM při výstavbě štoly pro stoku F budou mj. nepochybně využity v dané lokalitě při provádění značně většího raženého přivaděče (A 32 m<sup>2</sup>), na jehož počátečním úseku zahájí Vodní stavby – divize 05 tunelovací práce v nejbližším období.

## LITERATURA

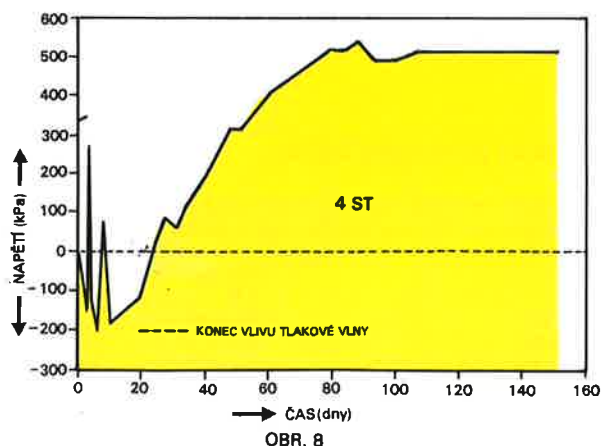
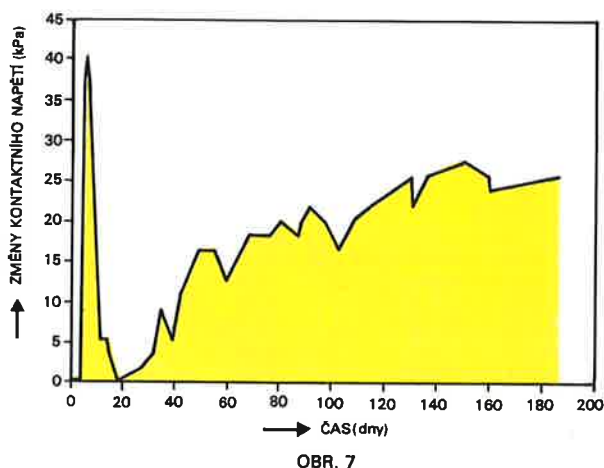
- PACOVSKÝ, J. – BARTÁK, J. BUCEK, M.: Measuring of contact stress between soil and rock mass and engineering structure. Proceedings 3rd Int. Symp. on Field Measurements in Geomechanics, Oslo 1991, p. 61–70.
- TESAŘ, O.: Klasifikace skalních a poloskalních hornin pro podzemní stavby. [Doktorská disertace]. Praha 1989, 170 str.
- TESAŘ, O.: Ražení NATM a inženýrskogeologická problematika. Zpravodaj Metro 21, 1990, č. 2, s. 73–73.
- TICHÝ, M.: Dimenzování primárního ostění NATM. [Odborný posudek]. Praha 1992, 74 str.
- ZAPLETAL, A.: Ke statické Nové rakouské metody. Zpravodaj Metro 2, 1990, č. 2 str. 59–67.
- ZAPLETAL, A. – BUCEK, M. – BARTÁK, J.: Směrnice (+ komentář) pro navrhování ostění budovaných NATM. Zpracováno pro Metrostav. Praha 1992, 49 (+ 83) str.

BÝT DOBRĚ INFORMOVÁN JE POŽADAVEK DOBY  
BÝT DOBRĚ INFORMOVÁN JE PŘEDPOKLAD ÚSPĚCHU  
PROTO JE ROZUMNÉ ČÍST



VDÁVÁ HOSPODÁŘSKÉ VEDENÍ A.S. METROSTAV

Redakce čtrnáctiděníku Metrostav  
Dělnická 12, 170 04 Praha 7  
telefon 87 23 499, fax 87 74 95



# POUŽITÍ NRTM NA STANICI HLOUBĚTÍN

AUTOŘI: Ing. JIŘÍ RŮŽIČKA – METROPROJEKT  
Ing. ROMAN FUKSA, Ing. JIŘÍ VALEŠ a PETR ŠKUBÁNEK – a. s. METROSTAV

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE USE OF THE NEW AUSTRIAN TUNNELLING METHOD AT THE HLOUBĚTÍN STATION, LINE IV. B AND NEW EXPERIENCE OF THE EMPLOYEES OF METROSTAV AND METROPROJEKT.

Stanice Hloubětín je součástí realizované trasy IV. B pražského metra. Je umístěna v prostoru mezi ulicemi Poděbradskou a Mochovskou (obr. č. 1). Její definitivní polohu ovlivnilo situování výstupního vestibulu v této lokalitě, ale také nepříznivé geologické poměry pod ulicí Poděbradskou.

Je to trojlodní pilřová stanice se železobetonovým montovaným ostěním, která byla na pražském metru již několikrát realizována. Od ostatních stanic tohoto typu se liší především svým poměrně nízkým nadložím. To tvoří pokryvná vrstva kvartérních sedimentů mocnosti cca 4–5 m, pod níž jsou zvětralé až navětralé tektonicky silně porušené ordovické břidlice záhořanských vrstev mocnosti 12–14 m. Stanice Hloubětín a navazující traťové tunely směrem na Černý most jsou raženy v nejobtížnějších podmínkách na celé trase IV. B. Z těchto důvodů je ražba staničních tunelů prováděna členěným porubem. U krajních tunelů jsou předstihovým výrubem pilottunely, které svojí velikostí i polohou odpovídají traťovým tunelům. Zároveň umožňují v průběhu výstavby stanice provádět ražbu traťových tunelů směrem na Černý most, protože těžní šachta umístěná v těsné blízkosti ulice Kbelské je napojena na traťový úsek před stanicí Hloubětín.

Pro výstavbu středního staničního tunelu (SST), jehož součástí je i technologická část stanice, byla navržena nová technologie. Je to kombinace nové rakouské tunelovací metody (NRTM) a prstencové metody. V první fázi se razí metodou NRTM kalota tunelu ve tvaru dosti ploché kruhové úseče (obr. č. 2) a potom následuje prohloubení výrubu na celý profil staničního tunelu s okamžitou montáží definitivního ostění prstencovou metodou.

Výhodou použití kaloty místo klasické stropní štoly jako předstihového výrubu je okamžité zajištění prakticky celé klenby výrubu SST provizorním ostěním bez zásahu do její konstrukce při montáži definitivního ostění. Také se výrazně zmenší velikost nezajištěného výrubu při prohlubování na plný profil (o 32 %) a je zvýšena ochrana osádky erektoru při operacích 2. fáze ražby.

Pro ražbu předstihové stropní štoly respektive kaloty středního staničního tunelu se původně předpokládalo použití trhacích prací. Po zkušenostech z ražby traťových tunelů a následně pilottunelů v prostoru stanice (vytváření nadvýlomů při použití trhacích prací) a s přihlédnutím k velké šířce výrubu kaloty SST začal projektant ve spolupráci s dodavatelem hledat nejhodnější technologii pro ražbu kaloty. Byly zvažovány různé návrhy velikosti kaloty, způsob dočasného zajištění výrubu a dostupné prostředky pro rozpojování a odtěžování rubaniny. Po zvážení všech okolností se dodavatel rozhodl pro ražbu důlní frézou ALPINE MINER AM-50.

## Technické parametry kaloty

Kalota byla navržena tak, aby kopírovala líc budoucího staničního tunelu. Vzdálenost líce provizorního ostění klenby kaloty od rubu montovaného ostění je ve vrcholu klenby 150 mm a v patě klenby 100 mm.

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Délka                        | 164 m               |
| Stoupání                     | 3 ‰                 |
| Příčný profil                | 20,4 m <sup>2</sup> |
| Šířka výrubu                 | 8,8 m               |
| Výška výrubu                 | 3,0 m               |
| Poloměr klenby v líci výrubu | 4,85 m              |
| Výška nadloží                | 18–20 m             |

- Konstrukce ostění kaloty byla navržena takto:
- stříkaný beton tl. 150 mm
  - ocelová síť 100/100/6,5 mm (jedna vrstva)
  - ocelový příhradový nosník systém BRETEX (osová vzdálenost 1,1–1,5 m)
  - hydraulicky upínatelný svorník HUS-80 délka 2 m 6 ks na záběr

## Technologie ražby a postup výstavby

Pro ražbu byl navržen beztrhavinový způsob rozpojování horniny frézou AM-50 firmy ALPINE-MINER. Příčný profil byl frézován ze dvou základních stanovišť odkloněním od osy kaloty 5° na každou stranu. Při zhoršených geologických podmínkách bylo použito třetí stanoviště v ose kaloty. Přejezdy frézy mezi stanovišti byly z hlediska délky trvání cyklu nepodstatné.

Odtěžení rubaniny za frézou bylo prováděno hřeblovým dopravníkem umístěným v ose štoly. Tímto dopravníkem se odtěžovalo na vzdálenost maximálně 50 m. Na konci dopravníku vždy byla příčná lichoběžníková rozrážka profilu 4,5 m<sup>2</sup> do souběžného pravého traťového tunelu (později pilottunelu). V ní byl instalován krátký hřeblový dopravník a rubanina byla pouštěna přes násypku do důlních vozů a odvážena k těžní šachtě.

V přilehlém pravém traťovém tunelu byla také instalována stříkáčská souprava pro suchý způsob nástřiku. Přestavovala se dle průběhu ražby k jednotlivým rozrážkám. Pro zavážení směsi pro stříkaný beton byly použity 3 ks zavážecích vozů ZV-01 stříkáčský stroj SSB-41 a dávkovač tekutého urychlovače DU-200. Směs pro stříkání byla připravována na povrchu v míchačím centru a do podzemí byla dopravována vrtem. Pro recepturu směsi SB byl použit cement PC 400 v množství 400 kg/m<sup>3</sup> a jednosložkový tekutý urychlovač tuhnutí TORGANIT L/02 v množství 5 % z váhy cementu. Stříkaný beton byl nanášen ve dvou vrstvách. Nejprve ochranný a vyrovnávací nástřik v tloušťce do 50 mm, potom byly instalovány sítě, kotvy a příhradový nosník. Následovala vrstva stříkaného betonu v tloušťce 150 mm. Pevnost stříkaného betonu byla kontrolována 1× měsíčně. Měřen byl mladý stříkaný beton a beton stárí do dvou dnů a to penetrační jehlou a přístrojem Kaindl-Meyco (vytahování trnů). Výsledky byly zpracovány dle rakouské betonářské směrnice.

Náběhy pevností (měření 09-92):

| čas od nástřiku | pevnost (MPa) |
|-----------------|---------------|
| 6 minut         | 0,290         |
| 1 hodina        | 0,790         |
| 24 hodin        | 7,500         |
| 48 hodin        | 13,500        |
| 28 dní          | 22,680        |

Údaj pevnosti po 28 dnech byl naměřen na odvrtaném jádře průměru 100 mm převedením na krychelnou pevnost.

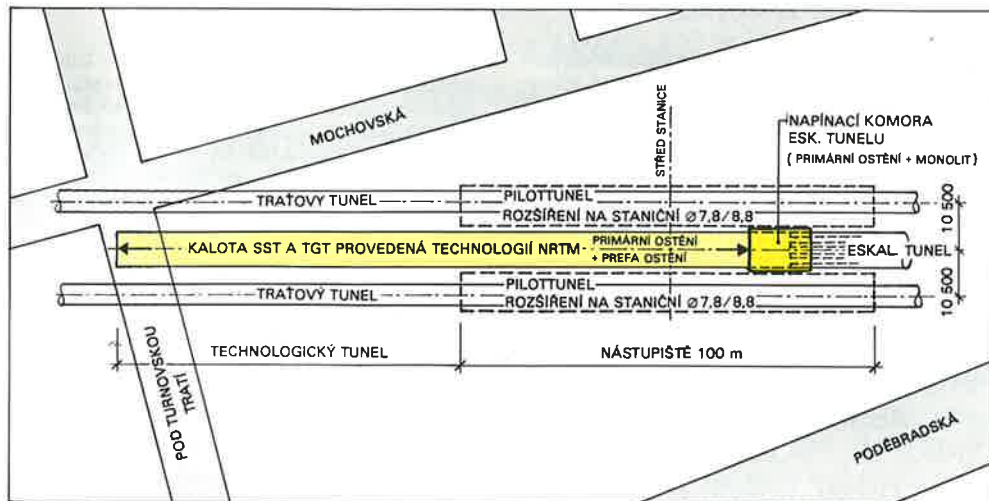
Rychlost ražby se pohybovala v rozmezí 2–3 záběry za den při třísměnném provozu. Délka záběru se pohybovala dle geologických poměrů od 1,1–1,5 m. Časové rozložení operací v jednom cyklu bylo procentuálně rozloženo takto:

|                                     | %       |
|-------------------------------------|---------|
| – frézování + těžba                 | 37,5    |
| – dočištění                         | 6,25    |
| – ochranný a vyrovnávací nástřik SB | 6,25    |
| – síťování, osazení kotev           | 12,5    |
| – osazení rámu                      | 6,25    |
| – stříkaný beton tl. 150 mm         | 18,75   |
| – jiné práce                        | 6,25    |
| – technologická přestávka           | 6,25    |
| – geodetické měření                 | překryv |
| – měření konvergencí                | překryv |

Ražba kaloty začala 17. 8. 1992 a pokračovala v těchto postupech:

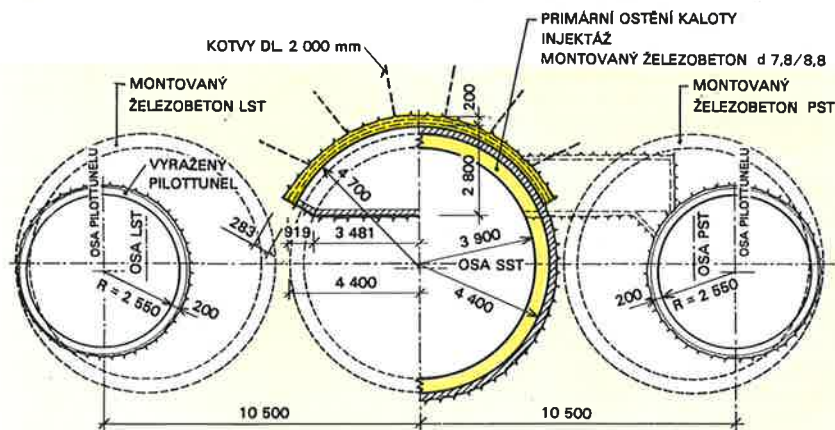
|         |                 |
|---------|-----------------|
| – 08/92 | 20 m            |
| – 09/92 | 40 m            |
| – 10/92 | 40 m            |
| – 11/92 | 60 m            |
| – 12/92 | dokončení ražby |

## SITUACE KALOTY STS A TGT A UPÍNACÍ KOMORY NA ST. HLOUBĚTÍN



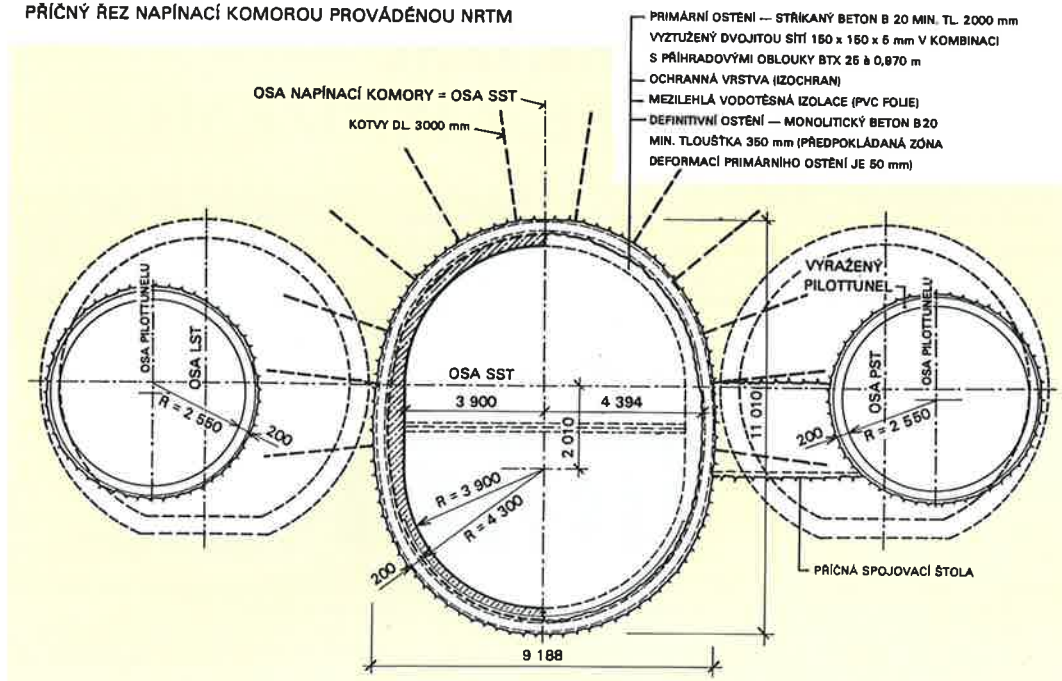
OBR. 1

## PŘÍČNÝ ŘEZ KALOTOU STŘEDNÍHO STANIČNÍHO TUNELU, RAŽENOU NRTM



OBR. 2

## PŘÍČNÝ ŘEZ NAPÍNAČÍ KOMOROU PROVÁDĚNOU NRTM



OBR. 3

### Napínací komora eskalátorového tunelu

V průběhu úspěšné ražby kaloty SST navrhl projektant změnu konstrukce i technologie ražby napínací komory eskalátorů, která přímo navazuje na SST. Ostění z litinových tybinků dosud výhradně používané při výstavbě napínacích komor je nahrazeno dvouplášťovým betonovým ostěním s mezilehlou vodotěsnou izolací (obr. č. 3). Napínací komora s celkovou výškou výrubu 11,01 m, šířkou 9,188 m a délkou 12,75 m má plochu teoretického výrubu 83,52 m<sup>2</sup>. Výrub je zajišťován primárním ostěním ze stříkaného betonu tloušťky 200 mm v kombinaci s hydraulicky upínatelnými svorníky délky 3,0 m (12 ks/m<sup>3</sup>).

Ražba je prováděna ve 3 výškových úrovních (obr. č. 4). Nejdříve byla provedena kalota plynule navazující na kalotu SST. V další etapě byla v prostoru SST vytvořena sestupná rampa ve sklonu 15° a z ní se prováděl výrub střední části profilu. Obě tyto výškové úrovně byly raženy důlní frézou AM-50. V současné době jsou tyto 2 fáze realizovány a po dokončení ražby SST bude již bez důlní frézy vyhloubena spodní část komory.

### Měření deformací horninového masivu

Nedílnou součástí technologie NRTM je měření deformací primárního ostění ze stříkaného betonu i horninového masivu. Provádí se tato měření:

- měření konvergence výrubu
- měření deformací horniny v okolí výrubu
- měření sil v ostění a na kontaktu s horninou

Měření konvergence výrubu bylo v kalotě SST prováděno v 9 měřicích profilech vždy s 5 body v klenbě výrubu. V napínací komoře byly situovány 2 měřicí profily, kde je postupně instalováno vždy 9 měřicích bodů. V komoře se provádí také měření svislé čelní stěny směrem k budoucímu eskalátorovému tunelu.

Měření deformací horniny v okolí výrubu se provádí v 7 svislých vrtech provedených z povrchu. 5 vrtů tvoří jeden příčný profil a 2 vrty jsou umístěny před a za tímto profilem ve vzdálenosti odpovídající přibližně šířce výrubu.

Měření sil v ostění a na kontaktu s horninou se provádí pomocí plochých hydraulických vaků. V profilu, kde je situována pětice vrtů na povrchu, bude instalováno 5 měřicích vaků pro měření sil v ostění ze stříkaného betonu a 5 vaků pro měření sil na kontaktu mezi ostěním a horninou.

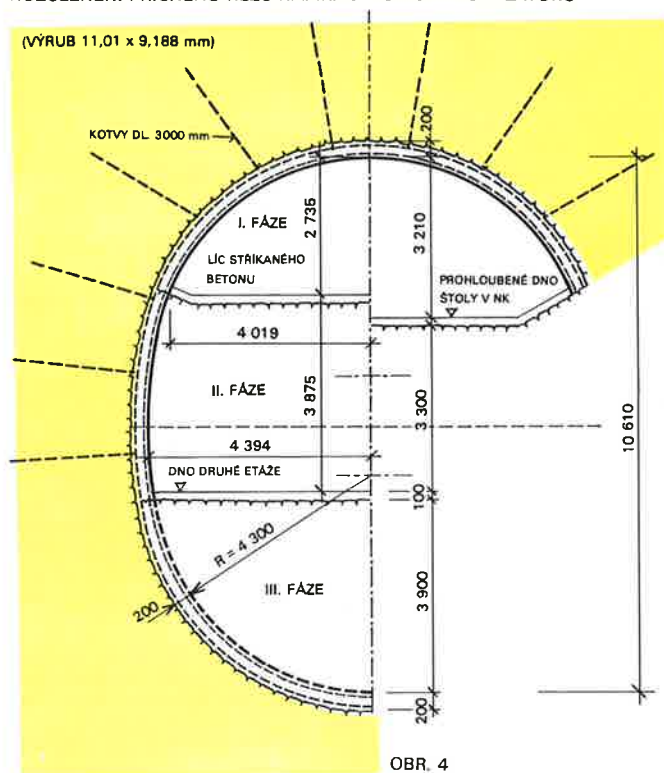
Měření nejsou v současné době ještě ukončena, a proto bychom se chtěli touto velmi zajímavou problematikou zabývat v samostatném článku v některém z následujících čísel tohoto časopisu.

### Závěr

Úspěšná realizace primárního ostění kaloty SST a napínací komory eskalátorů na stanici Hloubětín do značné míry odvisí od zvoleného způsobu rozpojování horniny. Ukázalo se, že v daných geologických podmínkách bylo použítí důlní frézy velmi vhodné. Při tomto „citlivém“ rozpojování nedocházelo k vytváření nadvýtlomů, které zpomalují postup a značně zvyšují spotřebu stříkaného betonu. Zároveň je možno okamžitě reagovat na změnu kvality horniny a upravovat délku záběru.

Na této stavbě jsme měli možnost si v praxi ověřit výhody NRTM, jejíž princip je naší tunelářské veřejnosti znám, ale až praktické použití umožňuje jak dodavateli tak projektantovi získat neocenitelné zkušenosti.

ROZČLENĚNÍ PŘÍČNÉHO ŘEZU NAPÍNACÍ KOMORY ESKALÁTORU



## SERIÓZNÍ INFORMACE Z PODZEMÍ

Nejen z ekologického, ale i z finančního hlediska je a stále bude výhodné umisťovat celou řadu objektů do podzemí. Mimo již známých železničních, silničních a městských dopravních tunelů, vodovodních a kanalizačních štol, jsou ve vyspělých zemích do podzemí umisťovány zejména sklady, garáže, podzemní vodárny, čistírny odpadních vod, elektrárny, továrny, laboratoře, obchodní a administrativní centra, koncertní a divadelní sály, fitcentra, skládky odpadů a další.

Potřebujete-li být v tomto směru průběžně informováni, rozhodnout pozemek, ušetřit finanční náklady při výstavbě a užívání nových objektů, doporučujeme Vám objednat si

ZPRAVODAJ ČESKÉ A SLOVENSKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA/AITES

# Tunel

Čtyřikrát ročně, pokaždé na 32 stranách, celkem za 240,- Kč přináší informace, inspiraci, technické novinky, příklady využívání podzemních prostor velkých měst i chráněných oblastí, zkušeností a názorů projektantů, dodavatelů i uživatelů.

Kontaktní adresa: a. s. Metrostav, Dělnická 12, 170 04 Praha 7  
Objednávky přijímá: Milena Bedřimová, tel. 87 23 469, FAX: 80 98 18

## DEFORMÁCIE ZEMINOVÉHO MASÍVU V TRASE ŠTÍTOVANÝCH ŠTŔLNÍ V GEOLOGICKÝCH PODMIENKACH BRATISLAVY

AUTOŘI: Ing. MARTIN BAKOŠ – Doc. Ing. FRANTIŠEK KLEPSATEL, CSc.,  
STAVEBNÁ FAKULTA STU V BRATISLAVE, KATEDRA GEOTECHNIKY

THE ARTICLE INFORMS ABOUT USING CUTTING-LESS TECHNOLOGY AND DEALS WITH THE PROBLEM OF DEFORMATION OF SHIELD-TUNNELLED MUNICIPAL ADITS' OVERBURDEN. MAIN DISADVANTAGE IN HIGHLY POPULATED AND BUILT-UP CITIES IS THE DEFORMATION OF OVERBURDEN OFTEN REACHING THE VERY TOP OF THE TERRAIN. THE CORE OF THE ARTICLE IS THE FIVE-YEAR MEASUREMENT OF IN SITU SHIELD-TUNNELLED ADIT OVERBURDEN LOAD SETTLEMENT, MEASURING METHODS, MAIN REASONS OF SETTLEMENT AND TABULAR EVALUATION OF MEASUREMENT ON 16 BUILDING SITES IN BRATISLAVA AND ITS SURROUNDING AREA.

### ÚVOD

Medzi najpoužívanejšie metódy výstavby podzemných vedení v mestských podmienkach patria bezvýkopové metódy štítovania a pretláčania. Ich hlavnou prednosťou je, že výstavba minimálne narušuje dopravu po komunikáciách a životné prostredie mesta.

Vybudovaním podzemného diela použitím bezvýkopových technológií sa porušuje kontinuita a rovnovážny stav horninového masívu. Vytvorenie nového rovnovážneho stavu je sprevádzané deformáciami výrubu, v dôsledku ktorých dochádza k sadaniu nadložia. Sadanie nadložia sa pri razení štôlní v nevelkých hĺbkach a v nespevnených sedimentárnych horninách prejaví až na povrchu terénu.

Na predbežné stanovenie veľkosti sadania a šírky zóny poklesu existuje viacero teoretických výpočtových metód, vychádzajúcich z empirických vzťahov a vzorcov, odvodených pre konkrétne geotechnické podmienky. Keďže v najbližších rokoch sa plánuje, a sčasti už i realizuje rozsiahla výstavba podzemných liniových stavieb aj v centrálnej oblasti Bratislavy (metro, obnova podzemných vedení, atď.), zamerali sme sa na našom pracovisku v rokoch 1986–1990 na meranie deformácií nadložia komunálnych štôlní, razených pomocou tunelovacích štítov.

Pri razení komunálnych štôlní technológiou tunelovacích štítov vznikajú za ostiením, ktoré je zložené zo 4, 6 alebo 8 prefabrikovaných segmentov, nadvýlomy veľkosti až niekoľko desiatok milimetrov. Nadvýlom sa vyplní vždy s určitým časovým odstupom, takže výrub za štítom, resp. rezným štítom pri pretláčaní ostáva určitý čas nepodopretý. Táto skutočnosť je hlavnou príčinou sadania nadložia, ktorého veľkosť a časový priebeh ďalej ovplyvňujú:

- fyzikálno-mechanické vlastnosti zeminy v trase štôlne,
- veľkosť a tvar prierezu razenej štôlne,
- hĺbka výrubu pod povrchom terénu,
- poddanosť konštrukcie ostenia,
- rýchlosť razenia a zabezpečenia výrubu,



Obr. 1. Totálne deformácie povrchu – „vykominovanie“

- nerovnomerné rozpájanie a odtaženie rúbainy z čela výrubu,
- zmena hydrogeologického režimu a sufúzia,
- účinky otrasov od dopravy na povrchu a v štôlni,
- mráz a iné vonkajšie vplyvy.

Všetky uvedené faktory sme pri našich meraniach sledovali.

### METODIKA MERANÍ

V roku 1986 bola vypracovaná a po prvých praktických skúsenostiach upresnená metodika meraní, ktorá sa počas piatich rokov používala bez zmeny:

- na vytyppovaných lokalitách sme vytyčili ešte pred začatím vlastného razenia 1 až 3 meračské profily, ktoré sme sa snažili vytyčiť kolmo na smer razenia,
- povrchové meračské body v profile sme stabilizovali zabetónovaním ocelových tyčí dĺžky 600–800 mm so zaobleným koncom. V každom priereze bolo 9 až 15 meračských bodov. Sadanie povrchu sme zisťovali presnou niveláciou oproti dvom pevným bodom, stabilizovaným mimo zóny sadania,
- pokiaľ bola na stavbe výška nadložia väčšia ako cca 3,0 m a vhodné topografické podmienky na povrchu, osadzovali sme pomocou dynamické penetračnej sondy aj hĺbkové meračské body (hĺbka 1,0–1,5 m),
- v priereze situovanom pod meračským profilom na povrchu sme merali tiež priečne deformácie ostenia (obr. 1). Používali sme dištančné meradlo so sadou nádstavcov a s nóniom, umožňujúce merať zmenu prierezu štôlne v rozmedzí 1,2 až 3,5 m s presnosťou na 0,1 mm,
- o priebehu meraní sme vedli presné záznamy, súčasťou ktorých bol podrobný popis výstavby, situačný náčrt, priečný rez a tabelárne a graficky vyhodnotené výsledky,
- na požiadanie kooperujúcich organizácií sme sledovali tiež účinok výplňových a spevňujúcich injektáží na sadanie nadložia pri štítovaní,
- zvláštnu pozornosť sme venovali geometrii tunelovacích štítov a segmentov ostenia. Merali sme ich skutočný tvar a pri segmentoch ostenia sme sledovali dodržiavanie povolených výrobných rozmerových tolerancií.

Naša metodika nám neumožňovala merať horizontálne posuny. Tieto je možná z našich meraní stanoviť, pokiaľ sa prijme literatúrou [1] odporúčaný predpoklad, že výsledné pretvorenia sú radiálne, t.j. kolmé na líc výrubu.

### VÝSLEDKY MERANÍ

V rokoch 1986–1990 sme robili merania na 16 stavbách, na ktorých sme vytyčili a vybudovali celkovo 24 povrchových a 5 hĺbkových meračských profilov. Získané poznatky možno zhrnúť do týchto bodov:

1. Tvar poklesovej kotliny má pri nízkom nadloží výrazne „zvonovitý“ priebeh. Pri razení štôlne pod vysokým nadložím je priebeh poklesovej kotliny plynulejší, bez výrazného prehlbenia v osi štôlne a poklesová kotlina je podstatne širšia (až cca 30 m).

2. Plocha priečneho rezu poklesovej kotliny sa pohybovala väčšinou v rozmedzí 1,0 až 4,1 % (v štyroch prípadoch to bolo viac: 6,2; 9,0; 13,4 a 14,5 %) z plochy priečneho rezu výrubu.

3. Priemerná hodnota sadania bola 40,7 mm. Maximálna nameraná veľkosť sadania nepresiahla spravidla hodnotu 50,0 mm. Výnimkou boli iba prípady, kde veľkosť sadania ovplyvnili vedľajšie a náhodné faktory –

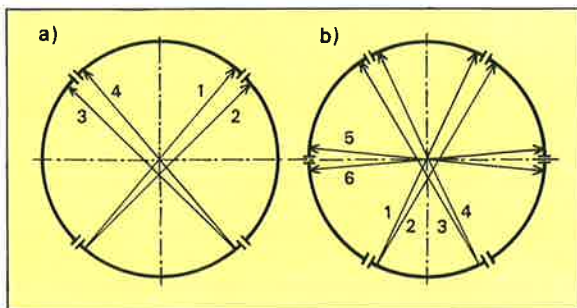
nadmerný odber zeminu a jej vysýpanie z čela výrubu, sufózia, poškodenie meračských bodov, atď.

4. Sadanie v hĺbke 1,0 až 1,5 m prebiehalo súčasne s povrchom terénu.

5. Až 20 % z celkového sadania prebehne v našich hydrogeologických podmienkach skôr, než štít prejde pod meračským profilom. Možno to pripísať nadmernému odberu zeminu z čela výrubu, ako aj celkovému rozvoľnovaniu masívu. Ostatná časť sadania prebehne ihneď za štítom (obr. 2). Platí to jednoznačne pre všetky štóline štítované plytko pod frekventovanými komunikáciami. Pri vysokom nadloží ( $h > 2D$ ) sa dosadenie nadložía spomaľuje. Podstatná časť sadania (60 až 65 %) prebehne za jeden až dva týždne (obr. 3). Vysoké nadložie dosadá až niekoľko mesiacov, a to aj pod frekventovanými komunikáciami.

6. Zainjektovaním nadvýlomu za ostením sa zeminový masív spravidla stabilizoval.

7. Priečne deformácie ostena vzniknú prakticky ihneď, keď prstenec ostena opustí koncovú časť štítu. Deformácie sú väčšie (až 30,0 mm) pri šesť segmentových prstencoch než pri štvorsegmentových, ktoré sú menej tvarovo prispôsobené, teda aj menej staticky výhodné.



OBR. 2

Obr. 2. SCHÉMA MERANIA PRIEČNYCH DEFORMÁCIÍ OSTENIA ŠTÓLNE

- a) na 4 - segmentovom ostení  
b) na 6 - segmentovom ostení

## VÝPOČET SADANIA NADLOŽIA

Z nameraných 24 maximálnych hodnôt sadania nadložía v Bratislave a jej okolí sme odvodili výpočtovú metódu vhodnú na prognózovanie sadania nadložía v geotechnických podmienkach Bratislavy. Na obr. 4 sú zakreslené maximálne namerané hodnoty sadania Symer, a to v závislosti od pomeru  $h/D$ . Krivky, ktoré uvedené závislosť zovšeobecňujú sú svojím tvarom geometricky podobne hyperbole, pričom O sú posunuté v smere osi  $x$  aj  $y$ .

Pre krivku č. 1 platí:

$$y = \frac{1}{x-2} \cdot 0,3 \quad \text{pričom } x = \text{Symer} = S_{y0} \\ y = h/D$$

po dosadení a úprave dostávame

$$\text{Symer} = S_{y0} = \frac{0,4 \cdot D + 2,0 \cdot h}{(h - 0,3 \cdot D) \cdot 100} \quad [\text{m}]$$

Pre krivku č. 2 platí:

$$y = \frac{1}{x-3,7} + 0,8$$

po dosadení a úprave dostávame

$$\text{Symer} = S_{y0} = \frac{3,7 \cdot h - 1,96 \cdot D}{(h - 0,8 \cdot D) \cdot 100} \quad [\text{m}]$$

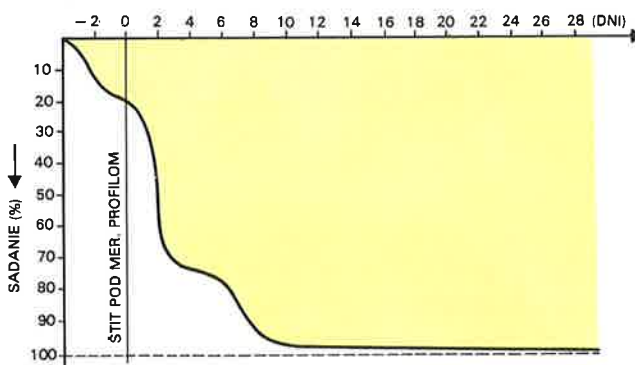
kde  $D$  - priemer výrubu (obr. 6) [m],  
 $h$  - výška nadložía [m].

Funkciu krivky č. 1, tj. krivky so začiatkom súradnicového systému O v bode [20:0,3], je vhodné použiť na prognózovanie maximálneho sadania nízkeho nadložía ( $h < 2D$ ) štítovaných štólin a tunelov. Naopak, krivka č. 2 so začiatkom súradnicového systému O v bode [37:0,8] je vhodná pre stavby s vysokým a veľmi vysokým nadložím ( $h > 2D$ ).

Na základe výpočtov, ktoré uvádzame v tab. 1, je možné jednotlivé porovnané výpočtové metódy z hľadiska ich ďalšieho využitia na prognózovanie a kontrolu sadania nadložía v geotechnických podmienkach Bratislavy, zhodnotiť nasledovne:

- na prognózovanie deformácií nadložía štítovaných štólin a tunelov v geologických podmienkach Bratislavy (v prevažnej miere fluviaľne a eolické kvartérne sedimenty a antropogénne sedimenty) odporúčame použiť výpočtovú metódu numericky odvodenú z nameraných a spracovaných maximálnych hodnôt sadania. Tým, že výpočtová metóda je odvodená priamo z meraní, zahrňujúcich v sebe vplyv kvality štítovania, špecifické geotechnické podmienky razenia a čiastočne aj vplyv ďalších

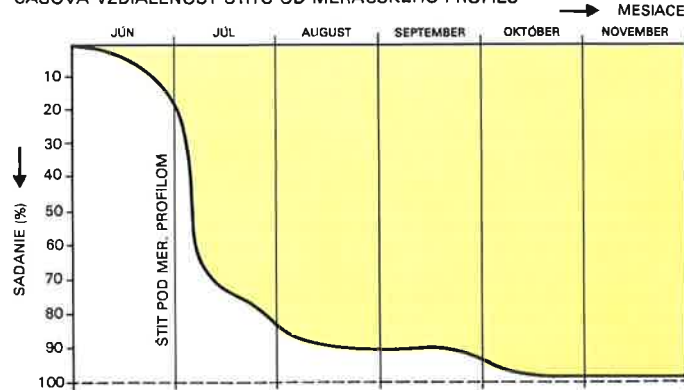
ČASOVÁ VZDIALENOSŤ ŠTÍTU OD MERAČSKÉHO PROFILU



OBR. 3

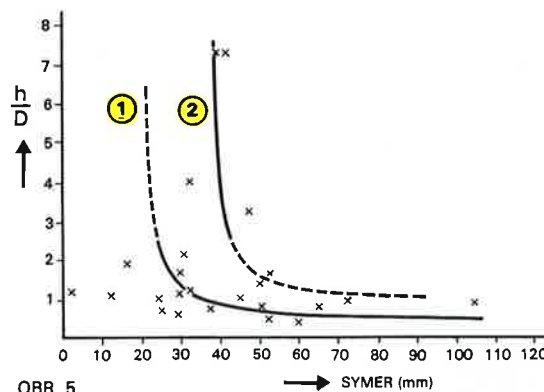
Obr. 3. ČASOVÝ PRIEBEH SADANIA NÍZKEHO NADLOŽIA (výška nadložía 2,95 m, štít priemeru 3,05 m) pod frekventovanou železničnou traťou.

ČASOVÁ VZDIALENOSŤ ŠTÍTU OD MERAČSKÉHO PROFILU



OBR. 4

Obr. 4. ČASOVÝ PRIEBEH SADANIA VYSOKÉHO NADLOŽIA (výška nadložía 18,98 m, štít priemeru 2,56 m) pod frekventovanou železničnou traťou a cestnou komunikáciou.



OBR. 5

Obr. 5. ZÁVISLOSŤ MAXIMÁLNYCH NAMERANÝCH HODNÔT SADANIA SYMER OD POMERU  $h/D$  PRI ŠTÍTOVANÍ V BRATISLAVE A JEJ OKOLÍ.

náhodných faktorov, najkomplexnejšie a najpresnejšie rieši danú problematiku, či už pre nízke alebo vysoké nadložie. Preto sa dajú pomerne jednoduché vzťahy a pomocou nich získané výsledky sadania považovať za najvýstižnejšie,

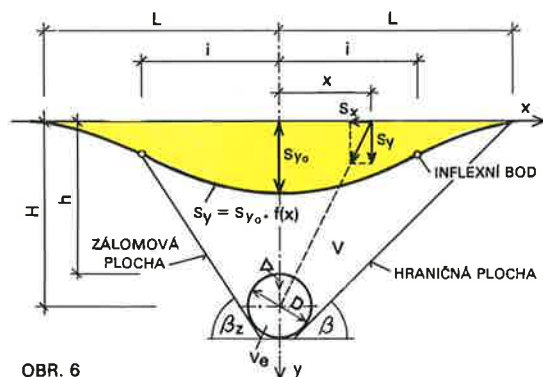
- z metód, bežne používaných vo svete, je najjednoduchšou a vychádzajúcou z tab. 1 pre dané geotechnické podmienky aj jeden z najpresnejších Steinfeldov vzorec, a to hlavne pre prognózovanie deformácií nízkeho ( $h < 2D$ ) a veľmi nízkeho ( $h \leq D$ ) nadložía. Naopak, pre podzemné líniové stavby, štítované pod vysokým nadložím ( $h > 2D$ ), tento vzorec neodporúčame používať,
- pre štóline s veľmi vysokým nadložím ( $h > 2D$ ) odporúčame použiť Széchyho výpočtovú metódu. Tá sa v našich podmienkach nehodí na prognózovanie deformácií nízkeho nadložía (vychádzajú príliš veľké) - nadložie traťových tunelov metra v Budapešti je podstatne vyššie,



Vypočítané hodnoty maximálnych sadaní nadložja, širok poklesových kotlín s horizontálnych posunov v nadložji štítovaných štôlní Tab. 1

| č.      | $S_{ym}$ [mm] | $S_{Briggs}$ [mm/iden] | $v_s$ [m <sup>3</sup> ] | $v$ [m <sup>3</sup> ] | $S_{Goldreich}$ [mm/iden] | $S_{Steinfeld}$ [mm] | $P$ [kNm <sup>-2</sup> ] | $S_{Herzog}$ [mm] | $S_{Demeško - Chodoš}$ [mm] | $S_{Szechy}$ [mm] | $S_{O'Reilly New}$ [mm] | $S_{Bakoš}$ [mm] | $S_{Limanov}$ [mm] | $L$ [mm] | $L_{hor}$ [m] | $L$ z geometrie [m] | $L$ z geometrie [m] | $L_{Herzog}$ [m] | $L_{Demeško - Chodoš}$ [m] | $L_{O'Reilly New}$ [m] | $s_x$ [mm] |
|---------|---------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|--------------------|----------|---------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------------------|------------|
| 1       | 24,5          | 2,9                    | 0,154                   | 30,456                | 2,4                       | 53,2                 | 109,774                  | 5,6               | 169,0                       | 736,2             | 51,3                    | 34,6             | 1,5                | 8,748    | 3,5           | 4,366               | 11,612              | 5,360            | 4,366                      | 3,603                  | 8,0        |
| 2       | 50,5          | 2,4                    | 0,105                   | 15,283                | 2,0                       | 21,7                 | 83,650                   | 25,5              | 81,1                        | 656,5             | 17,1                    | 44,1             | 7,4                | 5,731    | 6,0           | 3,179               | 8,502               | 3,982            | 3,179                      | 7,356                  | 25,9       |
| 3       | 37,5          | 2,4                    | 0,105                   | 16,406                | 2,0                       | 21,0                 | 86,658                   | 25,9              | 78,2                        | 604,8             | 16,6                    | 40,8             | 7,3                | 6,102    | 6,0           | 3,848               | 7,106               | 4,055            | 3,272                      | 7,575                  | 13,4       |
| 4       | 25,0          | 2,4                    | 0,105                   | 16,739                | 2,0                       | 20,9                 | 87,543                   | 26,1              | 77,0                        | 590,0             | 16,5                    | 40,0             | 7,2                | 6,210    | 5,0           | 3,299               | 8,908               | 4,076            | 3,299                      | 7,640                  | 10,1       |
| 5       | 12,0          | 2,4                    | 0,131                   | 22,223                | 1,9                       | 18,5                 | 101,349                  | 27,9              | 88,1                        | 425,1             | 18,3                    | 32,5             | 6,8                | 7,874    | 5,0           | 3,722               | 10,344              | 4,407            | 3,722                      | 8,646                  | 4,2        |
| 6       | 30,0          | 2,9                    | 0,154                   | 36,239                | 2,4                       | 49,2                 | 93,208                   | 29,4              | 157,5                       | 612,0             | 44,8                    | 31,3             | 8,5                | 10,056   | 5,0           | 4,709               | 12,730              | 5,646            | 4,709                      | 4,123                  | 7,7        |
| 7       | 29,0          | 2,9                    | 0,116                   | 21,261                | 2,4                       | 61,7                 | 63,116                   | 23,1              | 192,3                       | 1087,5            | 51,7                    | 49,5             | 9,6                | 6,407    | 4,5           | 3,767               | 9,663               | 4,861            | 3,767                      | 2,695                  | 12,9       |
| 8       | 51,5          | 2,4                    | 0,079                   | 12,438                | 2,0                       | 40,7                 | 47,145                   | 39,3              | 139,7                       | 931,0             | 48,3                    | 61,5             | 9,9                | 4,726    | 4,0           | 2,935               | 7,674               | 3,791            | 2,935                      | 1,963                  | 19,5       |
| 9       | 60,5          | 2,4                    | 1,079                   | 12,438                | 2,0                       | 38,2                 | 47,145                   | 39,3              | 129,0                       | 917,0             | 48,3                    | 61,5             | 9,9                | 4,726    | 4,5           | 2,935               | 7,674               | 3,791            | 2,935                      | 1,963                  | 20,4       |
| 10      | 65,0          | 2,9                    | 0,169                   | 23,509                | 2,3                       | 50,1                 | 105,020                  | 5,2               | 171,0                       | 786,1             | 63,2                    | 38,8             | 1,4                | 7,743    | 6,0           | 3,939               | 11,435              | 4,653            | 3,939                      | 3,208                  | 24,1       |
| 11      | 16,0          | 2,8                    | 1,293                   | 60,120                | 2,4                       | 37,4                 | 161,298                  | 32,3              | 124,3                       | 357,3             | 27,1                    | 26,3             | 8,3                | 14,702   | 13,0          | 5,955               | 16,789              | 6,635            | 5,955                      | 12,996                 | 8,1        |
| 12      | 45,0          | 2,4                    | 3,132                   | 21,915                | 1,9                       | 18,7                 | 84,991                   | 20,1              | 69,1                        | 447,6             | 51,1                    | 33,1             | 6,0                | 7,663    | 6,5           | 3,695               | 10,062              | 4,444            | 3,695                      | 3,097                  | 17,5       |
| 13      | 50,0          | 2,4                    | 3,184                   | 33,710                | 2,0                       | 19,5                 | 111,170                  | 24,9              | 67,0                        | 341,2             | 22,3                    | 28,5             | 10,9               | 9,916    | 5,5           | 4,453               | 11,463              | 5,425            | 4,453                      | 9,910                  | 13,7       |
| 14      | 47,3          | 2,3                    | 0,528                   | 107,576               | 2,2                       | 12,1                 | 176,832                  | 42,0              | 38,5                        | 132,0             | 79,4                    | 41,0             | 8,0                | 19,477   | 9,0           | 7,660               | 18,164              | 9,502            | 7,660                      | 7,952                  | 17,4       |
| 15      | 41,0          | 2,2                    | 0,736                   | 368,858               | 2,4                       | 7,1                  | 376,713                  | 35,6              | 22,9                        | 44,0              | 52,8                    | 38,5             | 7,5                | 40,463   | 15,0          | 14,190              | 34,887              | 16,699           | 14,190                     | 16,730                 | 12,3       |
| 16      | 39,0          | 2,2                    | 0,736                   | 367,885               | 2,4                       | 6,0                  | 392,392                  | 37,1              | 19,5                        | 41,0              | 52,9                    | 38,5             | 7,9                | 40,405   | 15,0          | 14,171              | 34,839              | 16,678           | 14,171                     | 16,705                 | 13,3       |
| 17      | 31,0          | 2,8                    | 0,539                   | 96,292                | 2,6                       | 38,2                 | 179,046                  | 43,4              | 107,2                       | 349,3             | 45,3                    | 44,0             | 12,7               | 16,742   | 13,0          | 7,282               | 16,282              | 9,532            | 7,282                      | 14,286                 | 9,1        |
| 18      | 32,0          | 2,7                    | 0,770                   | 216,693               | 2,7                       | 21,3                 | 281,721                  | 48,0              | 62,3                        | 151,3             | 43,1                    | 40,1             | 12,4               | 27,957   | 17,0          | 10,918              | 24,994              | 13,572           | 10,818                     | 21,445                 | 14,1       |
| 19      | 30,0          | 2,4                    | 0,134                   | 34,099                | 2,0                       | 15,3                 | 106,323                  | 19,3              | 56,1                        | 270,0             | 50,7                    | 27,5             | 3,5                | 10,782   | 3,3           | 4,517               | 12,796              | 5,109            | 4,517                      | 4,357                  | 8,6        |
| 20      | 31,0          | 2,8                    | 0,129                   | 36,104                | 2,3                       | 26,5                 | 120,593                  | 32,1              | 92,0                        | 489,5             | 43,1                    | 30,9             | 8,3                | 10,123   | 5,0           | 4,695               | 12,724              | 5,606            | 4,695                      | 4,144                  | 7,2        |
| 21      | 52,0          | 2,8                    | 0,261                   | 50,899                | 2,3                       | 24,2                 | 139,468                  | 49,7              | 83,1                        | 341,0             | 58,4                    | 27,2             | 7,9                | 13,125   | 9,0           | 5,499               | 15,340              | 6,276            | 5,499                      | 5,362                  | 11,7       |
| 22      | 72,0          | 2,9                    | 0,149                   | 29,660                | 2,3                       | 30,9                 | 101,343                  | 43,1              | 107,0                       | 619,3             | 50,3                    | 34,5             | 8,5                | 8,649    | 7,0           | 4,307               | 11,461              | 5,283            | 4,307                      | 3,556                  | 14,9       |
| 23*     | 104,0         | 2,9                    | 0,149                   | 28,777                | 2,3                       | 26,5                 | 78,593                   | 33,6              | 94,0                        | 617,0             | 51,5                    | 35,2             | 8,5                | 8,437    | 4,0           | 4,351               | 11,281              | 5,237            | 4,251                      | 3,472                  | 28,0       |
| 24*     | 1,5           | 2,8                    | 0,187                   | 34,308                | 2,3                       | 24,5                 | 117,268                  | 47,6              | 87,4                        | 505,0             | 56,3                    | 31,7             | 8,3                | 9,725    | -             | 4,589               | 12,381              | 5,518            | 4,589                      | 3,985                  | -          |
| PRIEMER | 39,61         | 2,58                   | 0,266                   | 74,127                | 2,22                      | 28,75                | 138,9545                 | 30,70             | 96,01                       | 496,6             | 13,3                    | 38,40            | 7,79               | 13,106   | 7,72          | 5,634               | 14,338              | 6,792            | 5,6075                     | 7,696                  | 13,4       |

\* Tieto hodnoty neboli zarátané do aritmetických priemerov a štatistického vyhodnotenia

 $v_s$  - odhadnutý objem poklesovej kotliny $v$  - odhadnutý objem zeminy, ktorá sa pri poklese dostáva do pohybu $p$  - zvislý tlak zeminy $s_x$  - horizontálny posun vypočítaný z nameraných hodnôt sadania

OBR. 6

Obr. 6. PARAMETRE POKLESOVEJ KOTLINY

- aby mohla byť Herzogova výpočtová metóda využitá v etape projektovania, je potrebné uvažovať s priemernými až minimálnymi normovými hodnotami  $E_{del}$  (ak nemáme k dispozícii presné údaje z inžiniersko-geologického prieskumu), prípadne s konštantným zväčšením vypočítaných hodnôt maximálneho sadania o cca 30 %,
- presnosť metódy O'Reillyho a Newa je limitovaná geologickými podmienkami v trase razenia a percentuálnym odhadom objemu poklesovej kotliny z objemu vyrúbanej horniny. Preto použitie tejto metódy odporúčame iba v miestach s jednoznačne určenými geologickými podmienkami - najvhodnejšie sú nesúdržné zeminy,
- ďalšie výpočtové metódy a vzorce v geotechnických podmienkach Bratislavy neodporúčame používať. Či už sú to vzorce Briggsa a Goldreicha, prípadne metóda Demeška a Chodoša, výhodná pre úplne odlišné geologické podmienky, alebo Limanovova výpočtová metóda vhodná do tuhoplastických flov, príťažných nadložných vrstiev kypných „piesčistých štrkov“. V týchto prípadoch vychádzajú hodnoty maximálneho sadania väčšinou príliš malé - najmä pri štítovaní pod frekventovanými cestnými a železničnými komunikáciami pod hranicou bezpečnosti (výnimkou sú iba hodnoty maximálneho sadania nízkeho nadložja vypočítané metódou Demeška a Chodoša).

Šírku poklesovej kotliny  $2L$  možno približne určiť z viacerých vzťahov, ktoré boli odvodené jednotlivými autormi v rámci výpočtových metód, určených na prognózovanie sadania nadložja. Z ich porovnania jasne vyplýva, že na výpočet maximálnej teoretickej šírky poklesovej kotliny je vhodné v geologických podmienkach Bratislavy použiť vzťah:

$$L = \frac{D}{2 \cdot \sin(45^\circ - \varphi/2)} + H \cdot \cotg(45^\circ - \varphi/2)$$

kde  $D$  ako pri (2 a 3), $H$  - hĺbka osi tunela pod povrchom terénu [m], $\varphi$  - uhol vnútorného trenia [°].

Pre výpočet skutočnej šírky odporúčame postupovať v súlade s [5]. Pre krivku popisujúcu tvar poklesovej kotliny odporúčame použiť funkciu  $f(x)$  podľa R. B. Pecka:

$$f(x) = e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \quad (6)$$

kde  $x$  je vzdialenosť bodu, v ktorom počítame sadanie, od zvislej osi výrubu [m], $i$  - vzdialenosť inflexného bodu od osi tunela [m];

$$i = 0,4 \cdot L \quad (7)$$

## ZÁVER

Záverom je možné konštatovať, že uvedená novonavrhnutá výpočtová metóda sa dá použiť nielen v Bratislave a jej okolí, ale aj v ďalších mestách s podobnými geologickými podmienkami, samozrejme pri dodržaní rovnakej, prípadne podobnej technológie razenia.

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] ÁBRAHÁM, K.: Metrô kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982.
- [2] BAKOŠ, M.: Deformácie zeminového masívu v trase štítovaných štôlní v geologických podmienkach Bratislavy. KDP na Stavebnej fakulte STU, Bratislava 1992.
- [3] BAKOŠ, M. - KLEPSATEL, F.: Deformácie zeminového masívu v trase štítovaných štôlní v Bratislave a jej okolí. Inžinierske stavby č. 11/1991, str. 401-404.
- [4] DEMEŠKO, E. A. - CHODOŠ, V. A.: Bezosadočnaja prochodka kollektorov. Vodospobnženije i tehnika sanitarna N°9 1962, str. 15-20.
- [5] HERZOG, M.: Die Setzungsmulde über seicht liegenden Tunneln. Die Bautechnik N° 11/1985, S. 375-377.
- [6] O'REILLY, M. P. - NEW, B. M.: Settlements above tunnels in the United Kingdom - their magnitude and prediction. Proc. Conference "Tunneling '82", Ed. M. P. Jones IMM London 1982, pp. 137-181.
- [7] SZÉCHY, K.: Tunnelbau. Springer - Verlag, Wien 1969.

# SILNIČNÍ TUNEL LÖWENHERZ

AUTOR: Ing. LADISLAV ŠTEFAN, SUBTERRA a. s. PRAHA

THE ARTICLE INFORMS ABOUT A CARRIAGE-WAY BY-PASS OF THE CITIES ANNWEILER AND RINNTHAL IN GERMANY WITH FOUR TUNNELS ON THE LINE.  
THE CONSTRUCTION OF THE LÖWENHERZ TUNNEL USING THE NRTM METHOD IS CARRIED OUT BY SUBTERRA, INC.

## ÚVOD

Silniční tunel Löwenherz je součástí v současné době budovaného silničního obchvatu měst Annweiler a Rinnthal ve spolkové zemi Rýnsko-Falc v Německu. Na jmenovaném tunelu Subterra a. s. provedla před několika měsíci vylomové a zajišťovací práce. Získání této zakázky umožnilo firmě blíže poznat tunelové stavitelství v Německu a také se seznámit s koncepčním přístupem investora a projektanta k řešení dopravní infrastruktury při důsledné snaze o ochranu životního prostředí. Následující příspěvek se týká koncepce řešení celého díla a dále tunelu Löwenherz.

## OBCHVAT ANNWEILER – RINNTHAL NA SILNICI B 10

Silnice B 10 je hlavním dopravním tahem ve směru východ – západ napříč Falckým lesem mezi městy Landau Pirmasens. Falcký les je chráněná pískovcová pahorkatina, využívaná jako rekreační oblast Porýní.

Stávající silnice je vedena dnem sevřeného údolí Queichtal a prochází centry měst Annweiler, Rinnthal a dalších obcí. Dopravní prognóza odhaduje zatížení silnice B 10 v tomto úseku v roce 2005 na 25 000 vozů za den s výrazným podílem nákladní dopravy.

Investor stavby, Silniční správa země Rýnsko-Falc proto postupně zajišťuje po jednotlivých stavebních etapách projekt a realizaci velkorysého silničního obchvatu, vedeného ve stráni údolí nad zástavbou.

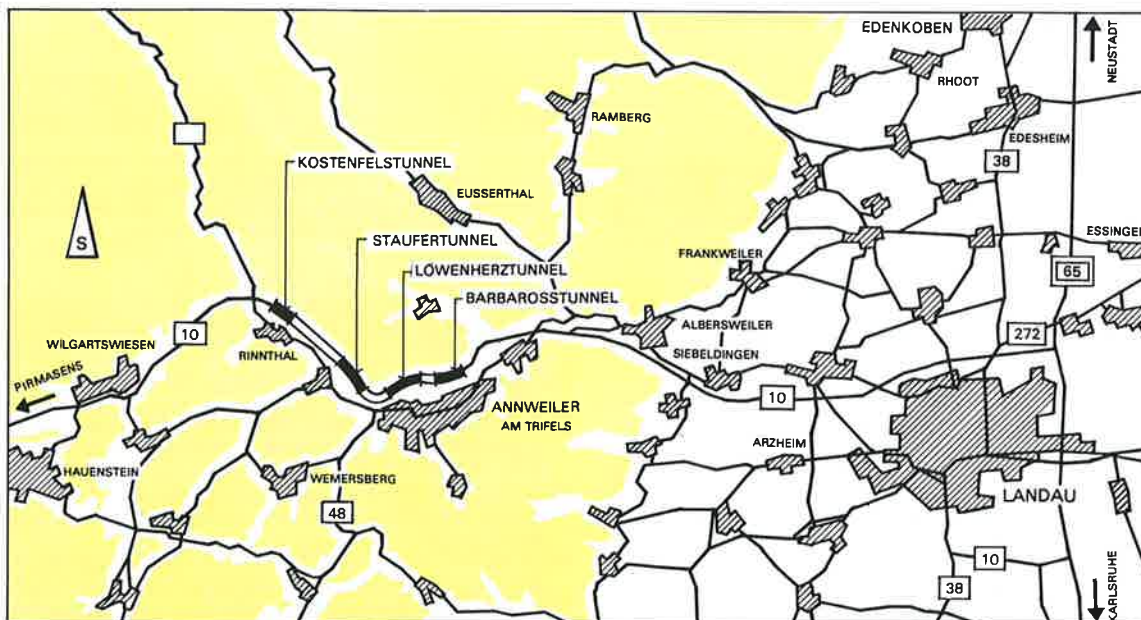
Obchvat celkové délky 9,1 km je navržen s jedním jízdním pruhem v každém směru.

Vzhledem k členitosti terénu, snaze o důslednou ochranu vzhledu krajiny a ochranu sídel před dopravním hlukem jsou na trase (náhradou místo výrazných zářezů do svahů a příčných hřbetů) navrženy čtyři tunely s navazujícími galeriemi. Tunely jsou navrženy i v úsecích s velmi nízkým nadloží řádově v metrech. Galerie jsou úseky silnice prováděné v otevřeném svahovém zářezu, dodatečně zakryté betonovou tunelovou konstrukcí s okny do údolí, zpětně zasypané a osázené zelení. Světlý profil tunelů a galerií je jednotný a pro dané parametry silnice typový.

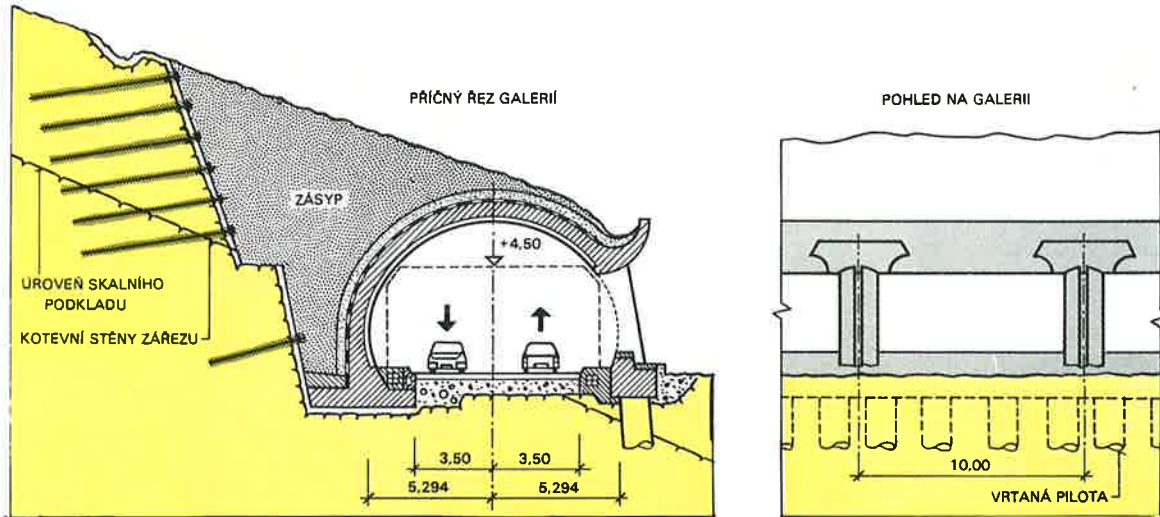
Nezbytné opěrné stěny v blízkosti portálů tunelů nebo galerií a vlastní portály budou obloženy přírodním pískovcem jako typickým stavebním materiálem Falckého lesa pro vytvoření přirozeného spojení stavebního díla s krajinou.

Součástí obchvatu je několik mostů, křižovatek a protihlukových stěn. Základní parametry obchvatu:

|   |             |                   |       |
|---|-------------|-------------------|-------|
| Celková délka:                                      | 9,14 km     |                   |       |
| Barbarosstunnel:                                    | 790 m       | m z toho galerie: | 174 m |
| Löwenherztunnel:                                    | 900 m       | m z toho galerie: | 495 m |
| Staufertunnel:                                      | 1 038 m     |                   |       |
| Kostenfelstunnel:                                   | 320 m       |                   |       |
| Délka trasy pod povrchem území:                     | 3 048 m     |                   |       |
| Podíl podpovrchové trasy na celkové délce obchvatu: | 33 %        |                   |       |
| Cena:   | 220 mil. DM |                   |       |
| Doba realizace:                                     | 1987–1996.  |                   |       |



OBR. 1 PŘEHLEDNÁ SITUACE



OBR. 2 PŘÍČNÝ ŘEZ A POHLED NA GALERII



Pohled na vyraženou část kaloty



Výlom spodní lávky



Portál v plném profilu

## TUNEL LÖWENHERZ

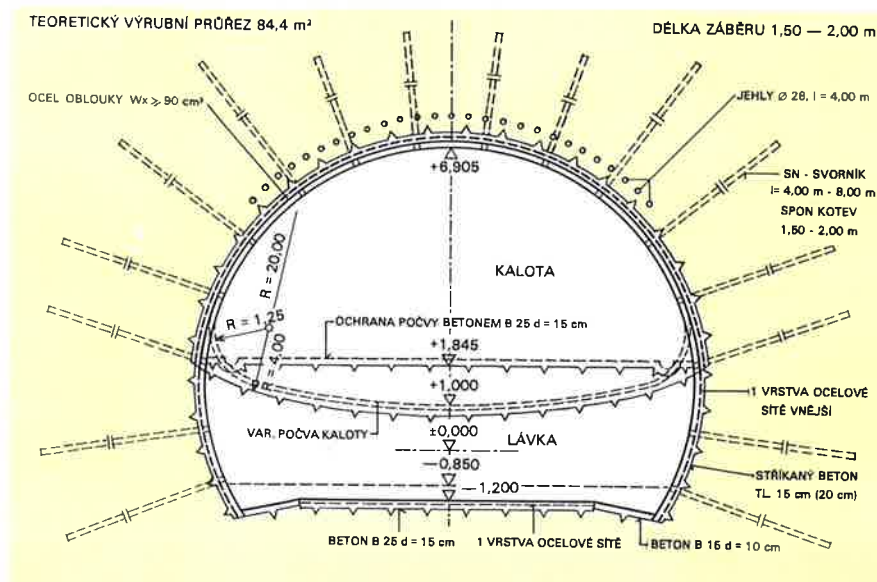
Tunel Löwenherz tvoří vlastní obchvat města Annweiler am Trifels. Celková délka tunelu je 899,5 m, z čehož západní část v délce 495 m se stavebně provádí jako otevřená galerie. V uzavřeném průřezu tunelu zůstává 405 m, z toho 377 m již bylo provedeno jako tunel ražený.

Jednotný jízdní profil je navržen s jedním jízdním pruhem šířky 3,75 m v každém směru a má na každé straně 1 m širokou zvýšenou nouzovou pěší cestu.

Asi ve středu tunelu je navržen oboustranný nouzový výklenek. Technické a zásobovací zařízení pro provoz tunelu se předpokládají mezi tunely Löwenherz a Barbarossa v provozní budově společně pro oba tunely. Větrání tunelu je nucené pomocí tří dvojic axiálních ventilátorů, umístěných v klenbě tunelu. Nosná konstrukce tunelu je tvořena dvouplášňovou obzdvívkou s mezilehlou hydroizolací. Vnější plášť provizorní obzdvívky je řešen variantně pro různé geotechnické typy hornin.

Stavební úsek tunelu Löwenherz provádí firma Leonhard Moll, Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. Subterra a. s. byla jejím poddodavatelem na provedení výlomu a provizorního zajištění výrubu ražené části tunelu v délce 377 m. Svoji dodávku provedla v požadované kvalitě od září 1992 do dubna 1993.

PŘÍČNÝ ŘEZ PRIMÁRNÍM OSTĚNÍM, TYP B

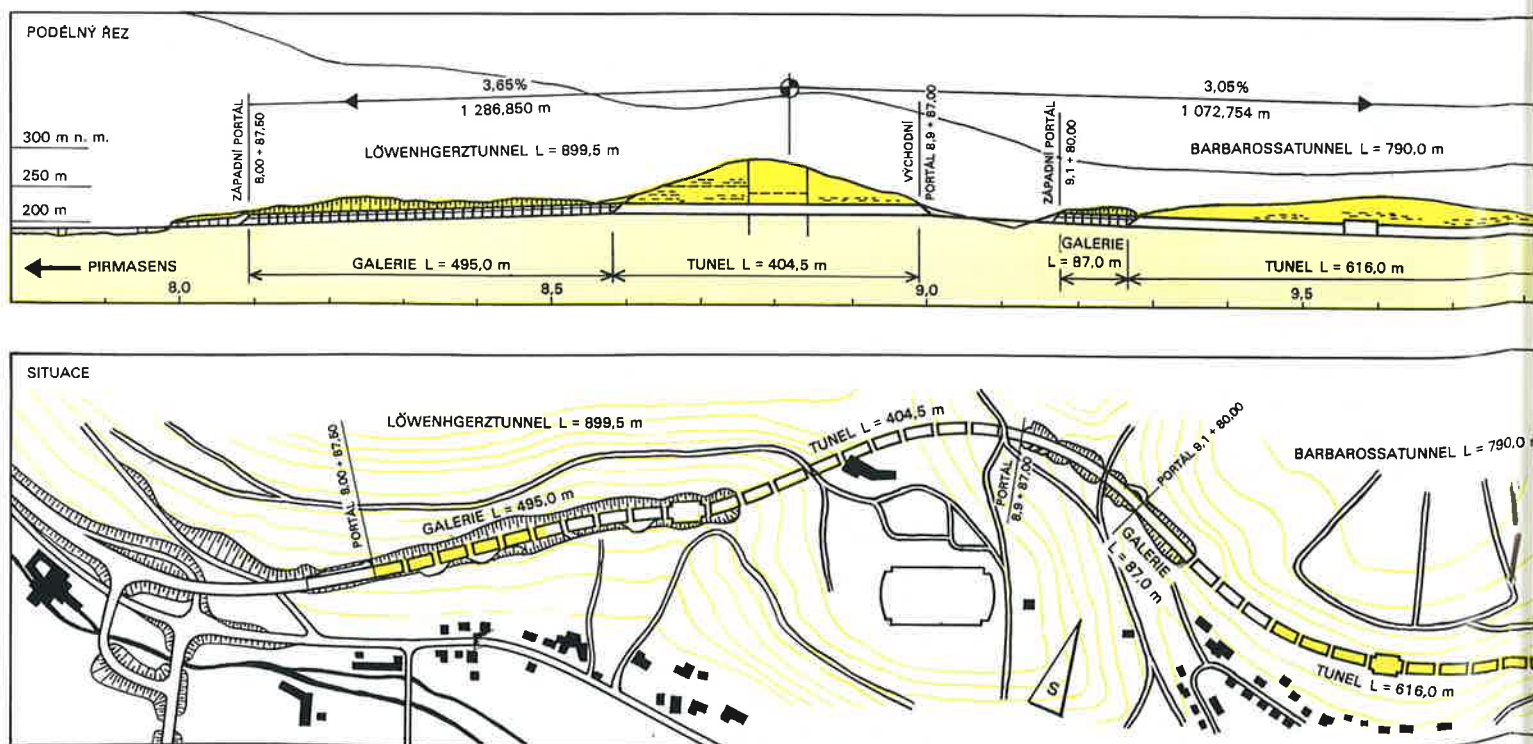


OBR. 3

## GEOLOGIE

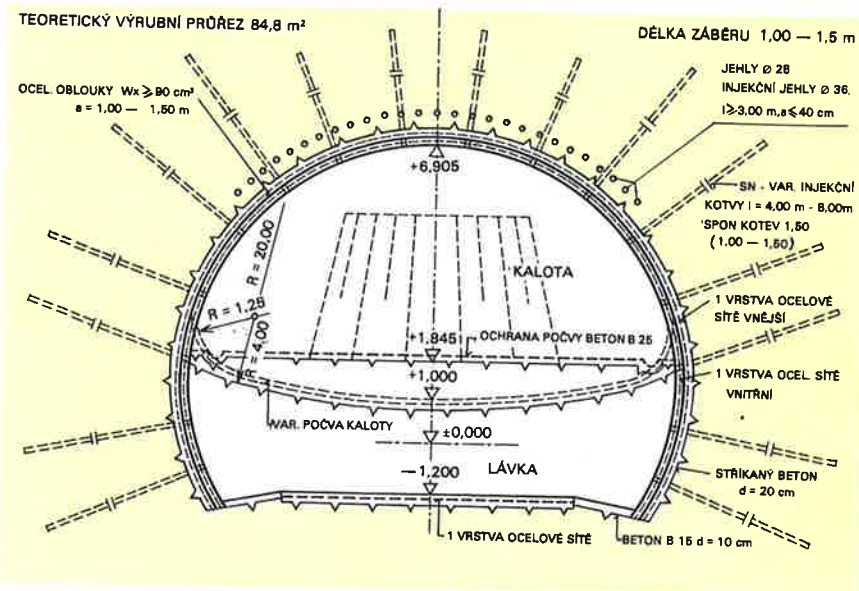
Ražená část Löwenherztunelu podchází příčný hřeben s nadložími až 50 m, což je výrazně vyšší mocnost než u ostatních tunelů popisovaného obchvatu.

Tunel je veden formacemi červených pískovců a dolomitů spodního permu. Tato formace se vyznačuje relativně střídavou sedimentací, která může sahát od hrubozrnných až jemnozrnných pískovců do jílovců. Inženýrsko geologickým průzkumem byly předpovězeny 2 tektonické poruchy. Ražbou byl však zastižen zdravý a relativně suchý pískovec, který pouze v portálových úsecích vykazoval vyšší stupeň zvětrání.



OBR. 5

## PŘÍČNÝ ŘEZ PRIMÁRNÍM OSTĚNÍM, TYP C1



OBR. 4

V portálových úsecích byla stabilita klenby jištěna jehlami. Rozsah provizorních konstrukcí vyplývá z připojených obrázků.

Ražený profil byl rozčleněn po výšce na kalotu a lávku. Vzhledem k malé délce tunelu a požadavku časové koordinace s pracemi na východním portálu byla nejprve vyražena kalota v celé délce a následně teprve dolní lávka.

Rozpojování horniny bylo prováděno v závislosti na pevnosti horniny především trhací prací s řízeným výlomem nebo rypadlem. Vrtání bylo prováděno vrtacím vozem se 2 lafetami, další manipulace s rubaninou byla prováděna kolovými mechanismy.

S postupem ražby bylo pravidelně prováděno konvergenční měření, které prokázalo spolehlivost navržené provizorní výztuže.

Stavební dozor investora ve spolupráci s geologem pravidelně po každém záběru rozhodoval o stanovení typu provizorní výztuže a dalším postupu. Byla prováděna

průběžná geologická dokumentace.

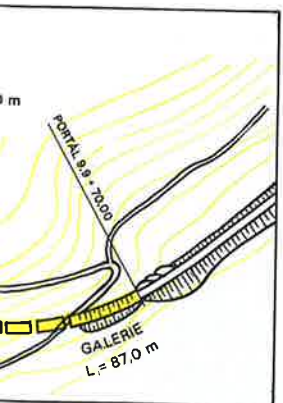
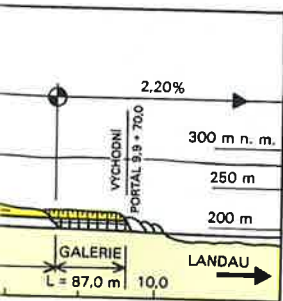
Za zmínku stojí i vztah investora s hlavním dodavatelem k veřejnosti. Při slavnostní prorážce kaloty tunelu byla přímo v tunelu uspořádána veselice pro veřejnost spojená s možnou prohlídkou celého tunelu. Této příležitosti seznámit se se stavbou bylo občanů všeho věku řádně využito.

## TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

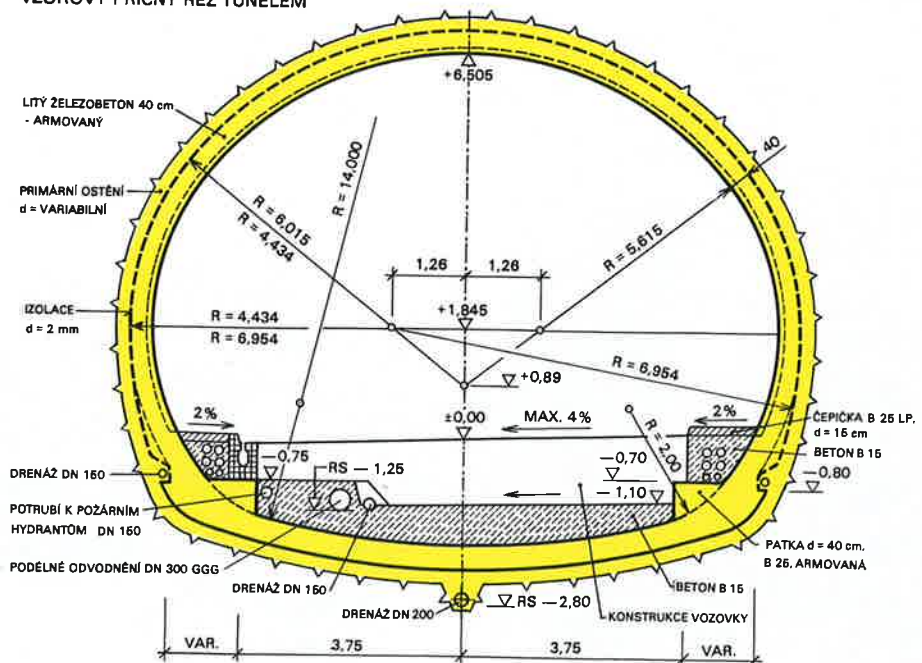
Ražba byla prováděna na jednu čelbu ze západního portálu.

Provizorní zajištění stability výrubu bylo projektantem předepsáno pomocí zásad NRTM. Bylo stanoveno celkem 5 typů profilů provizorní obezdvíky včetně rozmezí délky záběru při zastižení různé kvality horninového prostředí. Vzhledem k relativně dobrým podmínkám v trase tunelu investor rozhodl provést pouze 2. a 3. typ zajišťujících konstrukcí (profil B a profil C1) s raženou plochou cca 85 m<sup>2</sup>.

Provizorní obezdvíka byla tvořena kombinací stříkaného betonu s jednou nebo dvěma sítěmi, svorníky a skruženými ocelovými rámy.



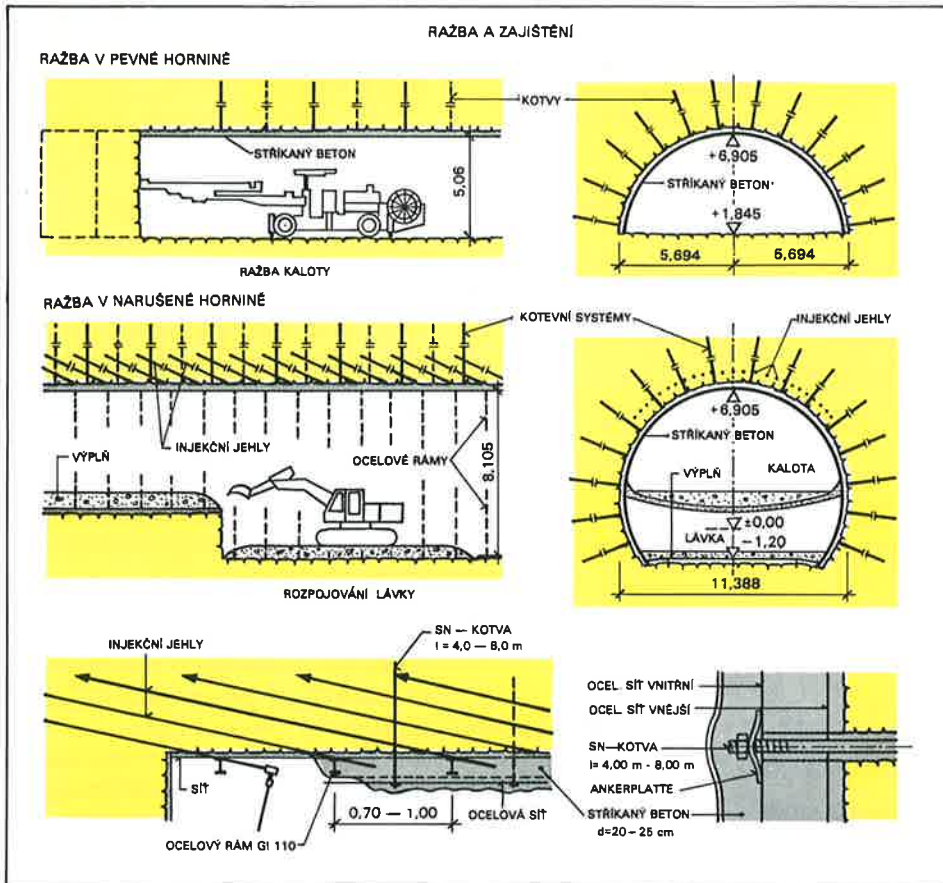
## VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM



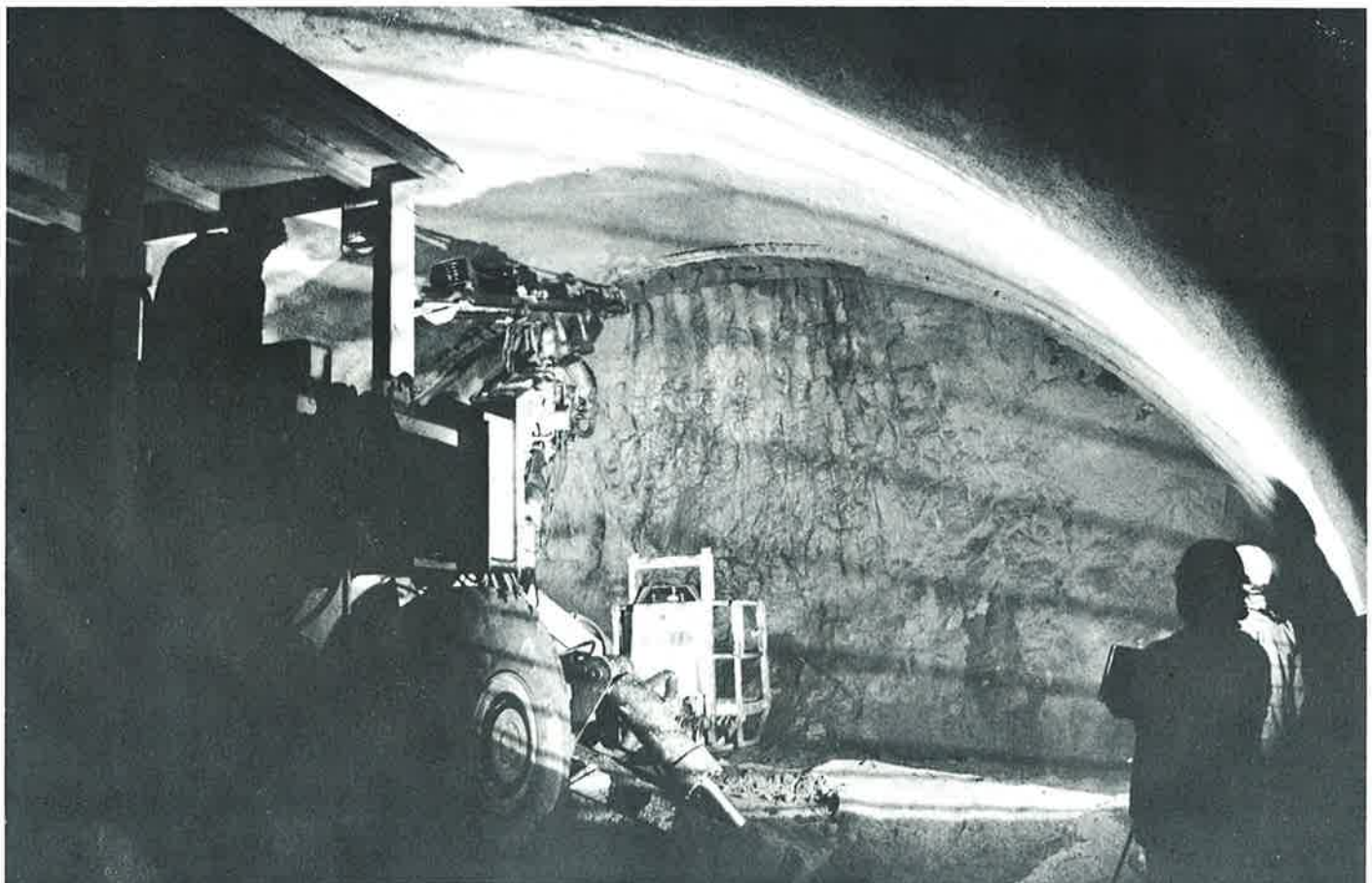
OBR. 6

Příčný řez

## TECHNOLOGIE VÝSTAVBY TUNELU NRTM

**ZÁVĚR**

Věřím, že v ne příliš dlouhé době i v naší republice nastane investiční rozvoj v oboru velkoprofilových tunelů a že výstavbou dopravních tunelů povede řešení dopravní infrastruktury (obdobně jako na uvedeném příkladě) k ochraně krajiny, přírody a lidských sídel.



Vrtací práce v kalotě

# MODERNÍ TECHNOLOGIE MIKROTUNELÁŽE SYSTÉM DR. SOLTAU

AUTOR: Ing. LIBOR KUBÍČEK, INGSTAV BRNO, a. s.

**THE ARTICLE INFORMS ABOUT IMPLEMENTING NEW TECHNOLOGIES OF INGSTAV. INC. IN THE AREA OF MICRO-TUNNELLING ACCORDING TO DR. SOLTAU'S SYSTEM AND THE FIRST EXPERIENCE IN THE AREA OF THE CZECH REPUBLIC.**

Stále vzrůstající počet lidí v městských aglomeracích přináší nové nároky na rozšiřování, budování a rekonstrukce inženýrských sítí. Stále více se prosazuje nutnost při budování nebo rekonstrukci kanalizací, vodovodů nebo plynovodů (jakož i pokládky kabelů) co nejvíce zmírnit negativní účinky klasické stavební činnosti v otevřeném výkopu.

Z tohoto důvodu se dnes nejvíce prosazují nové technologie, které řeší položení nových inženýrských sítí pomocí mikrotuneláže v uzavřené stavební konstrukci.

Jednou z těchto nových technologií je i mikrotunnelling systémem Dr. SOLTAU, který provádí Ingstav Brno, a. s.

Tato nová technologie kladení potrubí bez výkopu rýh je založena na principu protlačování potrubí, které zůstává zabudované v zemině jako médiové potrubí, popř. jako chránička. Bezvýkopové ražení může probíhat jak nad, tak i pod hladinou podzemní vody. Při správné volbě razicí říditelné hlavy lze tento systém použít do všech tříd zemin i hornin. Jako protlačovací potrubí lze použít trubky železobetonové, keramické, polymerbetonové, speciálních plastů nebo litinové. Touto technologií lze v současné době provádět protlaky potrubí o DN 100–2200 mm. Pro uvedený rozmezí je vyvinuta řada speciálních razicích strojů – RVS 100 AS, RVS 250 AS, RVS 300 AS, RVS 400 AS, RVS 600 AS.

Pro budování kanalizačních domovních přípojek o průměrech DN 100 – 250 mm se používá stroj RVS 35.

Ingstav Brno a. s. vlastní v současné době zařízení RVS 250 AS. Tento stroj je schopný se prosadit i v nejhustší městské zástavbě při budování nových kanalizačních popř. vodovodních řádů. Jako protlačovací troubu lze užít všechny uvedené typy o světlostech DN 400 – 800 mm (v České republice se k dnešnímu dni vyrábějí železobetonové trouby, ostatní typy je nutné řešit dodávkou ze zahraničí).

## Technický popis stroje:

Protlačecí zařízení je vedeno systémem přesného, automatického řízení, které je umístěno na konstrukci razicí hlavy. Ta má v přední části řezný disk, který provádí rozrušení horniny. Ta je pomocí šneků vytěžena do startovací šachty, kde je umístěno tlačné zařízení, které je schopno vyvinout tlak až 350 barů. V řídicí hlavě je zabudována cílová tabule, na kterou dopadá paprsek laseru, jehož zdroj je pevně umístěn ve startovací

šachtě – nezávisle na tlačící stanici. Tato cílová tabule vyhodnotí dopad paprsku a dá impuls do řídicího počítače, který je zabudován v technologickém kontejneru na povrchu u startovací šachty. Počítač dává zpětně přes cílovou tabuli příkazy všem řídicím orgánům v řídicí hlavě. Pro dosažení cíle protlaku je řídicí hlava vybavena kloubem, který je ovládán třemi hydraulickými válci (pro regulaci směrové a výškové odchylky) s ploutví, která zabraňuje pootočení řídicí hlavy.

Konstrukce hlavy je odvislá od materiálu zatlačených trub i od materiálů, v kterých je protlačení prováděno. Pro ražbu v jílech, hlíně a písčících zeminách se používají hlavy s řezným diskem a šnekovou dopravou materiálů. V kamenitých horninách je vhodné nasadit hlavu, kde je za řezacím diskem umístěn rotující drtič s vlastním hydraulickým pohonem (doprava vytěženého materiálu se provádí šneky poháněnými z tlačící stanice). Do skály se používá speciální řezný disk, vybavený dláty a speciálními, otočnými majzly, které drtí horninu na přídí na jemný prášek. V těchto těžkých podmínkách je vhodné použít pro dopravu vytěženého materiálu způsob vyplachování. Na před se vhná pod tlakovou pumpou voda, která se promíchá s rozdrčeným materiálem a je vytěžena sacím potrubím do usazovacího kontejneru. I v těch nejtvrdějších skalních horninách lze zatlačit potrubí na délku až 4 m za pracovní směnu. Výkony v ostatních materiálech se pohybují od 10ti do 20ti m za den. Záleží na kvalitě horniny a délce protlaku. Výkony v hlinitých a jílovitých horninách lze úspěšně zvyšovat vhnáním tlakové vody na před s rozmělněním. Při větších zatlačovaných délkách lze použít mazání bentonitovou injektáží. Max. délka protlaků u RVS 250, kterou vlastní Ingstav Brno, a. s., činí 120 m a u RVS 300 až 150 m z jedné startovací šachty; pokud zde není lom ve směrovém vedení, lze razit do obou protilehlých stran do vzdálenosti 100 m.

Startovací šachty jsou buď obdélníkové, nebo kruhové. Rozměry jsou odvislé od použitého zařízení. Pro zařízení RVS 250 je potřebný rozměr šachty 4,5×3,0 m pro zatlačení trub DN 400 až 800 mm a délce 2,0 m. V startovací šachtě je umístěna tlačná stanice, vybavená opěrnou deskou, která se opírá o vybetonované opěrné bloky a která musí přenést tlak až 350 barů.

Tlačná stanice se skládá z opěrné desky, tlačného mostu s hydraulickým pohonem šneků a hydraulickými válci a vodicími sanicemi pro hydraulický most. Všechna hydraulická zařízení jsou napojena na technologický kontejner, v kterém je hydraulický agregát s dieslovým pohonem.



Kontejnerová souprava SOLTAU na staveništi v Ostravě.

### Technologický postup provádění:

Skládá se zásadně ze 3 etap:

- I – příprava staveniště
- II – zatlačení řídicí hlavy a mediových trub
- III – demontáž zařízení.

V první etapě se přistaví technologický kontejner k startovací šachtě. V čelní části je umístěno řídicí stanoviště (= Velín), kde jsou všechny ovládací funkce a kde je počítačem prováděno vyhodnocování průběhu ražby. Tlačná stanice se spustí do šachty a urovná do směru a sklonu protlaku. Součástí zařízení je kozový jeřáb, kterým se provádí svislá doprava v šachtě. Po vyrovnání tlačné stanice napojíme hydraulické kontejnery prostřednictvím kabelů, vybudujeme opěrné betonové bloky a usadíme zdroje laserového paprsku.

V druhé etapě se po zatlačení hlavy postupně zatlačejí mediové trouby. Do mediové trouby se vkládají ocelové trouby se šneky pro dopravu vytěženého materiálu a s ochrannými trubkami (po obvodu) pro kabely zásobovacího vedení do řídicí hlavy. V třetí etapě se po dosažení cílové šachty odpojí hlava od ocelových trub které se zatáhnou do startovací šachty. Tlačící stanice se odpojí od technologického kontejneru a vyjme se ze startovací šachty.

Při budování kanalizačních řádů je nutno provést napojení okolních objektů na tento řád. Toto se provádí hvězdicovitým způsobem z již vybudovaných startovacích a cílových (popř. později dobudovaných mezi-lehlých) šachet zařízením RVS 35.

Min. velikost šachty pro toto zařízení o průměru 2 m. Protlačecí zařízení RVS 35 pro budování domovních přípojek do max. vzdálenosti 35 m je založena na principu videooptického řízení. Po usazení stroje se protlačí nejprve pilotový vrt, který je na přídí vybaven klínovou hlavou a světelným zdrojem sloužícím pro navádění klínu pomocí teodolitu umístěného v startovací šachtě. Po zatlačení pilotu v celé délce se nasadí rozšiřovací těžební trouba se šneky.

Zemina je podávána šneky do startovací šachty a do cílové šachty se vytlačí piloty. Za dopravní těžební trouby se zatlačí mediové potrubí. Těžební trouby jsou opět vytlačeny do cílové šachtě o průměru 1 m.

Všechny šachty a šachtíčky slouží po skončení protlačecích prací jako výstupní šachty na dodaném řádu.

### Závěr:

Technologie mikrotunelování syst. „SOLTAU“ je v současné době nejdokonalější metodou kladení potrubí – malých a středních profilů – bez výkopu rýh na světě. Svoji širokou použitelností, velkou výkonností a dokonalou mechanizací a automatizací se dokáže v našich podmínkách široce prosadit. Nahrávají tomu i současné přísné ekologické požadavky, které omezují tvrdé a necitlivé zásahy do životního prostředí vč. nepříznivých estetických a hlukových vlivů, které tradiční stavební postupy s sebou přinášejí.

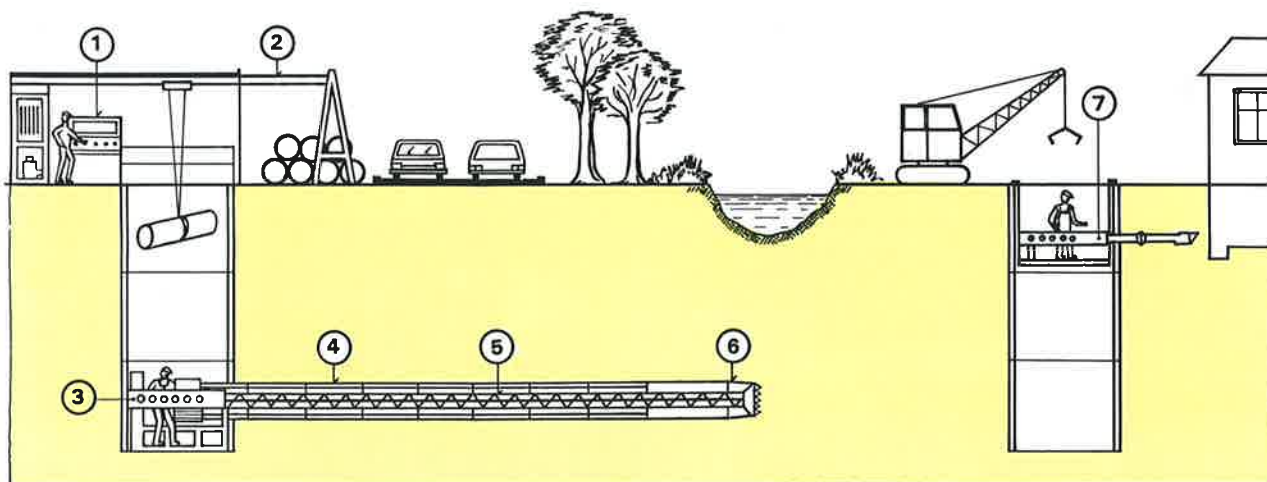
Oproti tradičním stavebním postupům v otevřené stavební konstrukci, má naše řešení nesporné výhody:

- minimální narušení povrchů komunikací, čímž odpadá jejich zpětná rekonstrukce po zabudování trubních řádů
- minimální narušení dopravy ve městech, neboť odpadají převozy vykopaného materiálu a odklony městské dopravy
- dochází k zredukování nutných přeložek podzemního vedení
- nevyžaduje se snižování spodních vod v době výstavby
- vylučují se jakékoliv škody na okolních budovách

Obr. 1 – SCHÉMA PROVÁDĚNÍ PROTĚKŮ

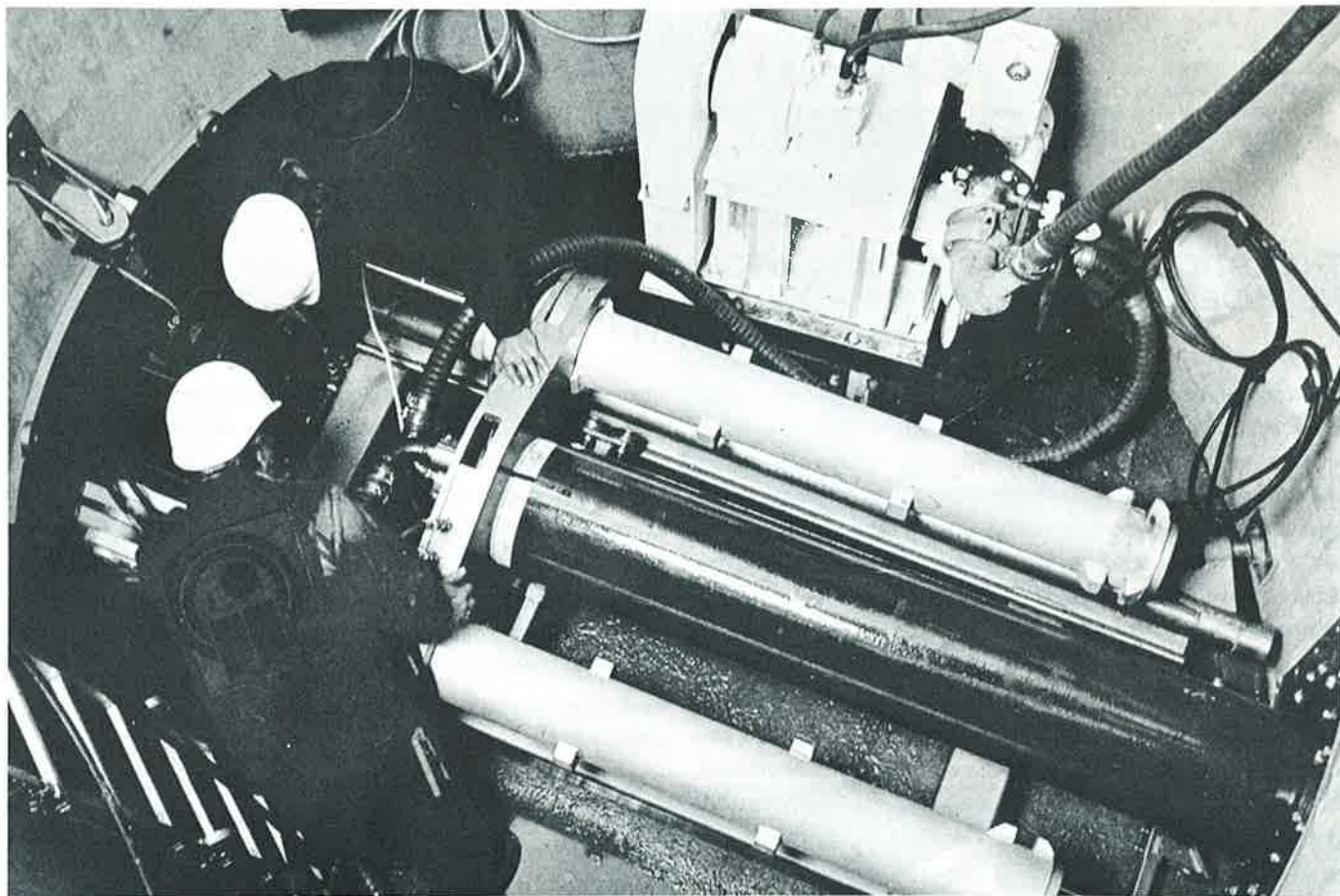
- 1 – kontejner s řídicím počítačovým panelem a zdrojem energie
- 2 – výsuvná jeřábová dráha
- 3 – zatlačecí stanice
- 4 – mediové trouby
- 5 – těžební trouby s odtěžovacími šneky
- 6 – řídicí hlava
- 7 – zařízení RVS 35 pro provádění domovních přípojek

Obr. 1 – SCHÉMA PROVÁDĚNÍ PROTĚKŮ



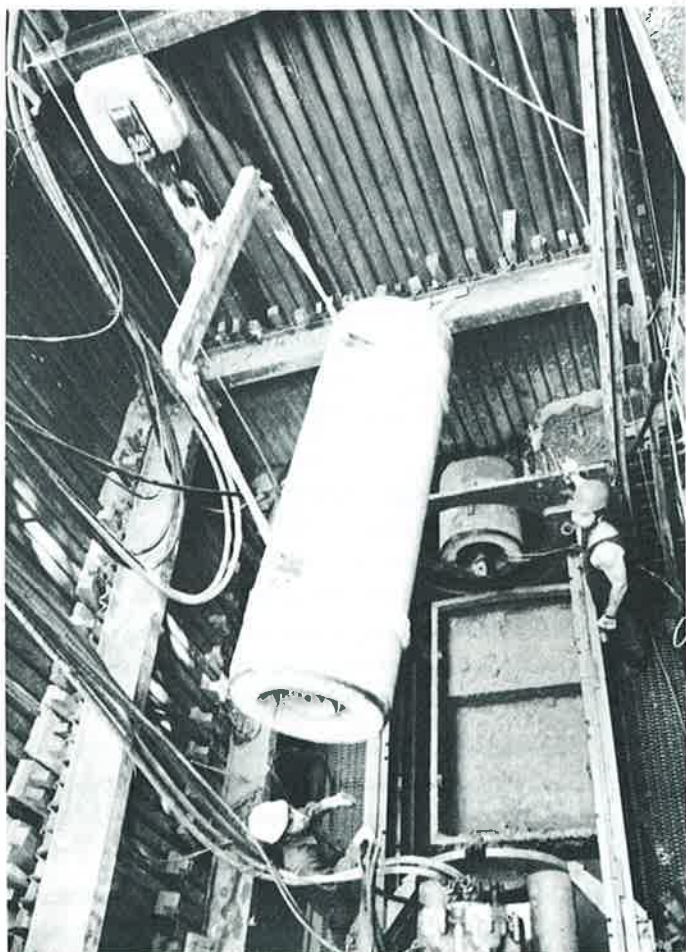
OBR. 1





Razicí souprava RVS-35.

Spouštění železobetonové protlačecí roury.



BÝT DOBRĚ INFORMOVÁN JE POŽADAVEK DOBY  
BÝT DOBRĚ INFORMOVÁN JE PŘEDPOKLAD ÚSPĚCHU

PROTO JE ROZUMNÉ ČÍST

**METROSTAV**

ČTRNÁCTIDENÍK AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI METROSTAV

VYDÁVÁ HOSPODÁŘSKÉ VEDENÍ A.S. METROSTAV

Redakce čtrnáctidenku Metrostav  
Dělnická 12, 170 04 Praha 7  
telefon 87 23 499, fax 87 74 95

# VYUŽITÍ PODZEMÍ PRO BANKOVNÍ TREZORY

AUTOR: Ing. PAVEL LÉBR, VODNÍ STAVBY PRAHA, a. s. DIVIZE 05

*THE ARTICLE PRESENTS SPECIFIC INFORMATION ABOUT THE POSSIBILITY OF USING THE UNDERGROUND FOR DEPOSITING BANK SAFES IN THE CZECH REPUBLIC AND THE FIRST RESULTS OF VODNÍ STAVBY – DIVIZE 05 IN PRAGUE.*

Využití podzemí pro výstavbu bankovních trezorů v České republice se stalo ve větší míře aktuální teprve v posledních letech. V minulých desetiletích se hospodářská aktivita ve státě odbyvala převážně v bezhotovostním styku, takže československé finanční instituce v podstatě vystačily s trezory, postavenými v poněkud vzdálenější minulosti. V novém ekonomickém klimatu však vzniklo velké množství peněžních ústavů, které si stavějí nové provozní budovy nebo adaptují objekty postavené pro úplně jiné účely – a všechny potřebují trezory.

Podzemí se využívá jak z dispozičních, tak i z bezpečnostních důvodů. Standardní bankovní trezor má vnitřní podlahovou plochu většinou v rozmezí 100–250 m<sup>2</sup>. Související komunikační prostory, instalace, obvodový bezpečnostní koridor a masivní stěny si v součtu vyžadají přibližně stejnou plochu. Umístění trezoru do nejcentrálnějšího přízemí nebo dalšího nadzemního podlaží proto stěží přichází v úvahu. A to i bez ohledu na související statické problémy.

Umístění a výstavba trezorů v hlubokém podzemí novostaveb nedělá zpravidla potíže. Vestavba do adaptovaných objektů je podstatně obtížnější. Představuje výrazný zásah do spodní stavby, často spojený s hloubením pod úroveň stávající základové spáry. Není bez zajímavosti, že kromě předvídatelných problémů se spodní vodou a stabilitou objektu se někdy setkáváme i s podstatně nižší kvalitou práce našich předchůdců, než jak si představujeme živnostenskou solidnost první republiky nebo dob časově ještě vzdálenějších.

Požadavky na vlastní konstrukci trezorů jsou velmi přísné, mj. i proto, že peněžní ústavy své trezory pojišťují proti vloupání. Tuzemská kritéria pro stavbu pojišťovaných trezorů teprve vznikají, takže se používají převážně zahraniční normativy. Bezpečnostní výztuž do stěn nejkvalitnějších a certifikovaných trezorů se dováží, protože návrh vlastní konstrukce, její odzkoušení v zahraniční zkušebně a udělení certifikačního štítku o stupni odolnosti jsou zdoluhavé, technicky náročné a především nesmírně drahé.

Stavbu základní železobetonové konstrukce včetně montáže bezpečnostní a statické výztuže zajišťují tuzemské stavební firmy. Stavební divize 05 Vodních staveb Praha, a. s., spolupracuje v této oblasti od roku 1992 s a. s. Invest Consult se sídlem v Praze, která kromě všech ocelových prvků trezorů zajišťuje i jejich vnitřní vybavení.

Pro stavební firmu je železobetonový certifikovaný trezor do značné míry riziková zakázka. Kromě krátkých termínů pod tvrdou penalizací, složitých kooperačních vazeb se zhotovitelem stavby a potíží s prací v prostorově sevřeném podzemí to je především dodržení pevnostních parametrů betonu. Eventuelní opravy nebo dokonce demolice nepodařené dodávky jsou jen těžko představitelné.

Pro trezory budované divizí 05 Vodních staveb Praha, a. s., je předepsán beton B55 podle DIN 1045. Vzhledem k odchylkám německých a našich normových systémů to znamená, že libovolný průměr pevností

v tlaku ze třech odběrů na kostkách 150 mm musí být minimálně 63 MPa a žádný vzorek nesmí mít menší pevnost než 58 MPa. Vezmeme-li v úvahu výrobní vlivy, normou povolené tolerance dávkovacích zařízení, statistické odchylky vlastností kameniva a cementu, je nutné ke splnění tohoto požadavku dosahovat při průkazných zkouškách pevnosti v tlaku téměř 70 MPa.

Divize 05 dosud postavila 12 trezorů na různých místech republiky. Zkušenosti z výroby potvrzují velký vliv vlastností kameniva na požadované špičkové pevnosti. Ověřili jsme si, že z kameniva některých lokalit, která se běžně používají v Praze a ve středních Čechách, tento beton vyrobit nelze.

Ze souboru našich laboratorních a provozních výsledků dále vyplývá, že vlastnosti špičkových cementů z jednotlivých cementáren se vzájemně liší. Přitom vlastnosti cementů z různých dodávek každé jednotlivé cementárny jsou poměrně vyrovnané. Jsme si vědomi, že četnost zkoušek není ještě statisticky reprezentativní, ale výsledky průkazných a kontrolních zkoušek s tímto naším zjištěním velmi přesně korespondují.

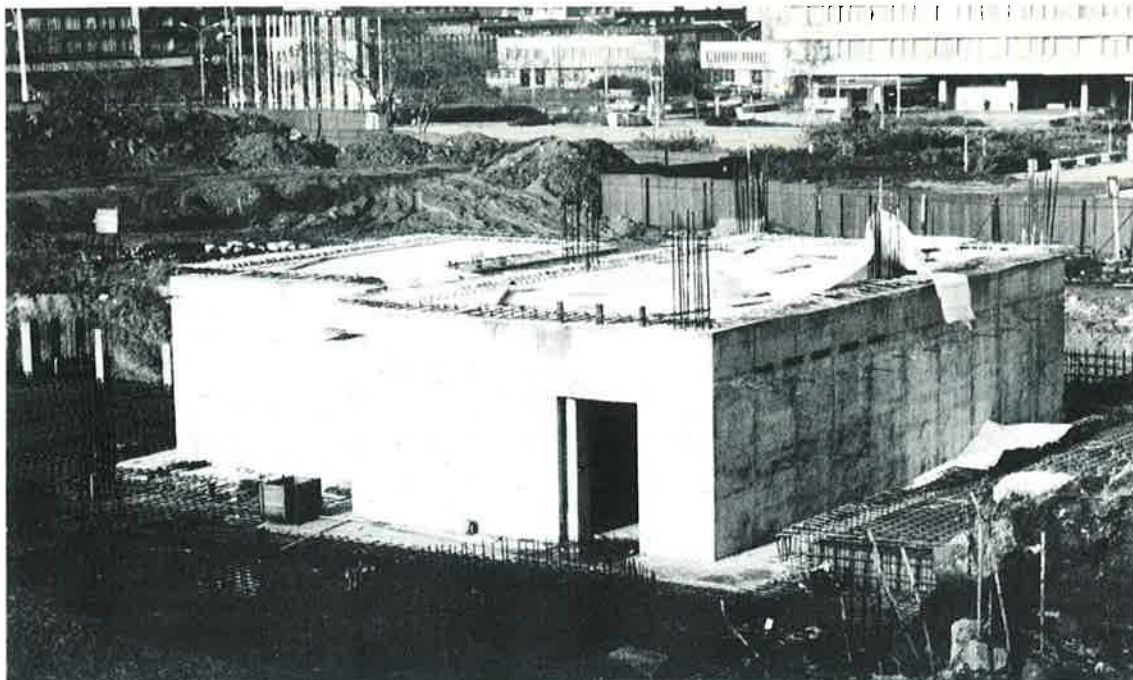
Bez zajímavosti nejsou ani porovnávací zkoušky doporučeného německého cementu s ekvivalentními tuzemskými cementy. Podle našich výsledků není mezi nimi prokazatelný rozdíl.

Pracnější než sestavení základní receptury na beton B55 bylo vypracování technologického postupu pro betonáž a to hlavně těch, které se budují v podzemí adaptovaných a rekonstruovaných budov. Doba zpracovatelnosti základní betonové směsi bez přísad je přibližně půl hodiny od namíchání a to při konzistenci nepoužitelné pro čerpání. Vhodným výběrem přísad a jejich dávkování jsme nakonec prodloužili zpracovatelnost betonové směsi na dobu delší než 80 minut při konzistenci charakterizované sednutím kužele podle Abramse 20–23 cm. Tyto hodnoty byly dosahovány v celém rozmezí teplot vzduchu od několika °C do 32 °C.

Jakkoli náročná je technologie betonářských prací, rozhodující problémy při využití podzemí pro bankovní trezory je nutné vyřešit v projekci a při zvládnutí adaptace podzemí pro tento účel. Tím spíše, že vestavba trezoru je zpravidla součástí většího stavebního zásahu do existujícího objektu. Na příklad při přestavbě starších budov na objekt České obchodní banky v Praze jsou společně s bankovním trezorem umístěny do podzemí i garáže. Strop trezoru tvoří z konstrukčního hlediska jejich podlahu.

Obtížnost projektového řešení vestaveb trezorů je ještě akcentována tím, že je třeba vytvořit dopravní cestu pro několikátunové trezorové dveře, většinou bez stavební dokumentace adaptovaného objektu.

Podle našeho názoru je přes všechny problémy využívání podzemí pro velké peněžní trezory účelné, zvláště v kombinaci s podzemními garážemi. Většina peněžních ústavů se nachází v nejživějších částech intravilánu, kde problémy s parkováním jsou již letitým problémem.



Obr. č. 1  
Pohled na trezor,  
který bude umístěn  
v II. suterénu  
nové budovy  
v centru Mostu.



Obr. č. 2  
Trezor Brno Koblížná –  
přívod betonové směsi  
výřezem ve stropě.

**TIME  
IS MONEY  
METROSTAV**

CENY POZEMKŮ V CENTRECH EVROPSKÝCH MĚST  
NEUSTÁLE STOUPAJÍ. STEJNĚ TAK TOMU JE  
A BUDE ZEJMÉNA V PRAZE, PLZNI A BRATISLAVĚ.  
V PŘÍPADĚ, ŽE JSTE MAJITELI OBDOBNÝCH REALIT PŘÍSLUŠNĚHO  
ROZSAHU, JE ČAS KVALIFIKOVANĚ POSODIT JEJICH MOŽNÉ  
ZHODNOCENÍ. NAPŘÍKLAD VÝSTAVBOU  
OBJEKTŮ UMÍSTĚNÝCH DO PODZEMÍ PRO TOLIK POTŘEBNÉ SKLADY,  
GARÁŽE, VÝROBNÍ NEBO OBCHODNÍ PROSTORY, VÝSTAVNÍ  
A SPOLEČENSKÁ CENTRA,  
SPECIÁLNÍ PROVOZY A PODOBNĚ.  
NA ZÁKLADĚ SERIOZNÍ DOHODY VÁM ZPRACUJEME  
PROJEKTOVOU STUDII DALŠÍHO MOŽNÉHO VYUŽITÍ VAŠEHO POZEM-  
KU, ZAJISTÍME JEJÍ PROJEDNÁNÍ S KOMPETENTNÍMI ORGÁNY MĚSTA,  
PŘÍPADNĚ PODNÍTÍME KE SPOLUPRÁCI DALŠÍ INVESTORY.  
DOHODNUTÝ OBJEKT POSTAVÍME TZV. NA KLÍČ,  
V DOHODNUTÉM TERMÍNU, NEBOŤ I PRO NÁS PLATÍ ANGLICKÉ RČENÍ  
„ČAS JSOU PENÍZE“.

METROSTAV, akciová společnost  
Dělnická 12, 170 04 Praha 7, telefon: 87 61 12; fax: 87 61 80

## K PROBLEMATICE VYUŽITÍ TUNELŮ V DÁLNIČNÍ VÝSTAVBĚ V ČR

AUTOŘI: RNDr. JAROSLAV KAŇKA – Ing. KAREL NECHMAČ, ŘEDITELSTVÍ DÁLNIC PRAHA

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE PROSPECTS OF MOTOR-WAY TUNNELS  
CONSTRUCTION IN THE AREA OF THE CZECH REPUBLIC.

Přesto, že v roce 1993 bude dáno do užívání dalších 24,0 km dálnice a celkový rozsah provozovaných dálničních úseků v ČR dosáhne již 386 km, nemáme v trase dálnice dosud žádný tunel.

Nutno poznamenat, že se již několikrát zvažovaly alternativy vedení dálnice v tunelu, ale konečné řešení vždy upřednostnilo její vedení na povrchu.

Velice vážně se o budování dálničního tunelu jednalo v roce 1969 na stavbě D1 Mirošovice – Šternov a sice v prostoru Šmejalka – most Hvězdovnice přes Sázavu. V tomto území, náhradou za hluboký zářez (38 bm) u Lensedel, byl vypracován na úrovni studie návrh tunelu se dvěma troubami. V lednu 1969 Ředitelství dálnic zhodnotilo variantu zářezovou i tunelovou a ministerstvu dopravy doporučilo k realizaci tunel. V listopadu 1969 ministerstvo dopravy v souvislosti s výběrem tří variant tzv. severního vedení trasy rozhodlo o realizaci varianty zářezové.

Realizace zářezu u Lensedel se v průběhu výstavby stala poměrně obtížným problémem. V téměř 38 m hlubokém zářezu a v délce 500 m bylo nutno vytěžit více než půl milionu m<sup>3</sup> skály v rozličných geologických formacích, převážně v granodioritu. Celkové náklady dosahovaly v těchto partiích 40 mil. Kč/km.

Přesto, že jsme si již navykli na lensedelský zářez, působí jeho široké rozevření nezacelitelnou ránu v krajině mezi Senohraby a řekou Sázavou.

Na trase dálnice D5 v bezprostřední blízkosti Plzně se v současné době rozhoduje o nejhodnějším vedení dálnice opět mezi několika variantami. V jedné z nich tzv. KU na úseku 0510 Ejovice – Nýřany je mezi obcemi Černice a Bručná navržen tunel o délce 650 bm.

Vedení dálnice v tunelu bylo zvoleno proto, aby se maximálně ochránila přilehlá oblast předměstských čtvrtí Plzně před nepříznivými vlivy provozu na dálnici. Pro tunelovou alternativu bylo zpracováno několik variant nivelet. Byla uvažována i varianta s hlouběji položenou niveletou, a menším podélným sklonem a s jiným typem přilehlé křižovatky. Tato varianta umožňovala navrhnout dvě tunelové trouby, každou se dvěma jízdními pruhy. Nakonec byla po dohodě s investorem a specialisty vybrána niveleta vedoucí nejbliže povrchu, neboť ražení tunelu geologické podmínky neumožňují, respektive umožňují pouze s velkými riziky a nákladnými technologiemi. Předběžný inženýrsko-geologický průzkum vylučuje vytvoření přirozené horninové klenby i při nejhlubším rozumném vedení nivelety z důvodu velkého tektonického porušení celého masivu. Hluboká varianta by rovněž značně zhoršila hydrologické poměry celého přilehlého území.

S největší pravděpodobností bude definitivní rozhodnutí o vedení dálnice v okolí Plzně směřovat na oddálení trasy dálnice jižním směrem.

Vážným uchazečem o vedení dálnice pod povrchem se může stát přechod dálniční trasy D8 některými partiemi středohoří a posléze hraniční oblastí do SRN.

Od roku 1990 se rozpracovává alternativní řešení úseku 0805 Lovosice – Řehlovice, kterým musí dálnice D8 přejít masiv východního okraje krajinné oblasti České středohoří bez reálné možnosti oblast obejít. V předchozích úvahách (od roku 1980) byl preferován nejhodnějším přechod po úbočí svahu masivu nad Prackovicemi. Trasa se ukázala jako nebezpečná z hlediska fosilních sesuvů s kritickým místem právě nad lomem Prackovice. Zájem projektantů se proto posunul do prostor hor Kletečná – Kukačka a jako ekonomicky nejhodnějším se ukazuje sedlo pod horou Kletečná. Základním problémem tohoto postupu je výškový výstup z obou stran tj. od Velemína a od Řehlovic.

Investor Ředitelství dálnic Praha zadal proto v roce 1991 posouzení a vyhodnocení variant tunelového přechodu v VPU DECO Praha. Řešení je opět alternativní, v každé variantě jsou navrženy dva souběžné jednosměrné tunely. Zvažuje se dvoupruhový tunel a jeden pruh nouzový a nebo tunely třípruhové. Délky jednotlivých tunelů se pohybují v rozmezích 400 m a 420 m. Ražba tunelů by měla probíhat v navětralých až zdravých bazaltech v hloubce 7–32 m pod terémem.

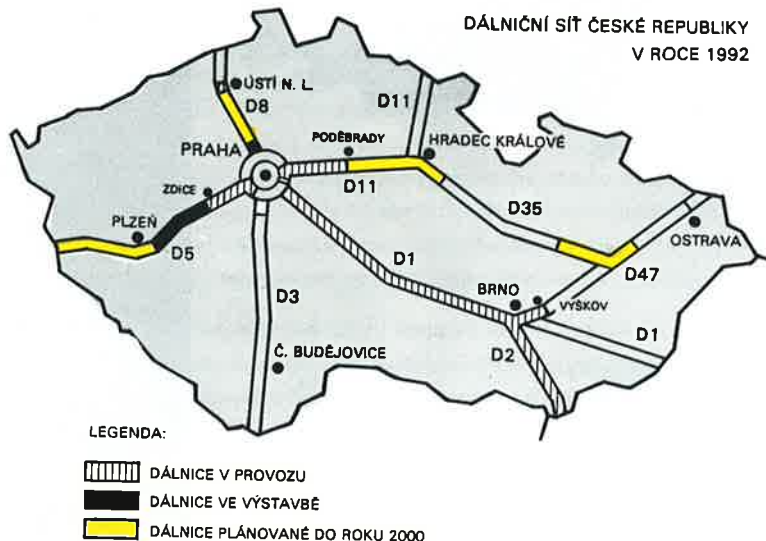
Jako nosná technologie výstavby se má použít Nová rakouská tunelovací metoda, která je snad už českými stavebními firmami zvládnuta. Z pohledu investora ovšem se pořád zdá, že nebyla zvládnuta tržní cena stavebních prací této metody a tunelových technologií jako celek.

Obecně lze charakterizovat nákladnost dálniční výstavby v extravilánu 85 mil. Kč/km, v příměstské oblasti až 110 mil. Kč/km. Pro třípruhový dálniční tunel (cca 90 m<sup>2</sup> plochy) se nabídky dodavatelů pohybují nad 500 tis. Kč/bm.

Bude zřejmě třeba ještě nemálo vykonat pro přiblížení potřeb obou účastníků výstavby dálnice v zájmu uplatnění dálničních tunelů na území České republiky. Nezbyvá nám již mnoho času, poněvadž od roku 1995 by jejich uplatnění mohlo být aktuální. Není ovšem vyjasněna řada problémů jak na úseku provozním u správce těchto objektů, tak mezi investory a příštími zhotoviteli díla.

V září letošního roku se má uskutečnit kolokvium odborníků pod názvem – Dálniční tunely v podmínkách současného tržního prostředí v ČR, které organizuje pobočka Silniční společnosti ŘD Praha.

Snad přinese do celé problematiky nové podnětné skutečnosti.



## PODZEMNÍ HYDROCENTRÁLA LIPNO POZORUHODNÁ TUNELÁŘSKÁ STAVBA PRVNÍCH POVÁLEČNÝCH LET AUTOŘI: Ing. JOSEF ZAJÍC, CSc. – RNDr. KAREL RŮŽIČKA

THE ARTICLE INFORMS ABOUT A NOTICEABLE TUNNEL CONSTRUCTION IN THE FIRST AFTER-WAR YEARS – THE LIPNO UNDERGROUND HYDROELECTRIC POWER STATION. PART I.

IN THE SOUTHERN PART OF THE CZECH REPUBLIC ON THE VLTAVA RIVER A NOTICEABLE WATERWORK WAS BUILT DURING THE FIRST AFTER-WAR YEARS WITH AN UNDERGROUND HYDROELECTRIC POWER STATION RANKING AT THAT TIME TO THE LARGEST ONES IN THE WORLD. THE OTHER PARTS OF THE WATERWORK ARE NO LESS REMARKABLE. THEY PROVE THE HIGH TECHNICAL AND EXPERT LEVEL OF CZECH ENGINEERS AND TUNNEL SPECIALISTS OF THAT TIME. THE PART I. INFORMS ABOUT THE PREPARATION OF THE WATERWORK, EXCAVATION AND ENSURING VERTICAL INLET SHAFTS, VALVE AND BALANCING CHAMBERS AND AN OBLIQUE TUNNEL.

### ÚVOD

Dnes již mezi našimi aktivními pracovníky není mnoho těch, kteří se před téměř 40ti lety podíleli na přípravě a výstavbě vodního díla na horní Vltavě u Lipna. Zvláště rozsah navržených a úspěšně provedených podzemních prací svědčí o vysoké odborné úrovni tehdejších projektantů a inženýrů. Vždyť podzemní kaverna a šířce výlomu až 30 m patřila tehdy ke čtyřem největším na světě. Přitom to byla naše první a na dlouhá léta jediná podzemní hydrocentrála, která dodnes spolehlivě dodává ve špičce svých 120 MW do elektrické sítě. Na stavbě byla tehdy použita u nás poprvé i řada nových, dnes již ovšem u tunelářských staveb zcela samozřejmých technologií, jako např. vrtného vozu při ražbě šikmého tunelu, zajištění vysokých stěn hlavní kaverny ocelovými kotvami, pumpovaného betonu pro obezdívky a další. Nebude jistě bez zajímavosti si tuto stavbu znovu přiblížit.

### STAVEBNÍ ZÁMĚR

Ploché údolí horního toku Vltavy s malým spádem končí v místě dnešní hráze Lipno I a v dalším úseku prudce klesá kolem Loučovické hory a Čertovy stěny v peřejích a zákrutech k Vyššímu Brodu (obr. 1). Na úseku 3,5 km vzdušnou čarou (asi 10 km po řece) je výškový rozdíl 140 m. Tyto přírodní katarakty v údolí Vltavy, vzniklé v důsledku geologických procesů, lákaly již dávno k využití. Na řece vznikala drobná vodní díla na využití vodní energie pro místní průmysl. Příprava velkého vodního díla byla

zahájena po skončení druhé světové války. Mělo nejen nahradit, ale mnohonásobně předčít výkon několika starších děl mezi Lipnem a Vyšším Brodem (obr. 2). Postupně bylo maximální vzdutí v projektech stanoveno až na kótu 726 m n. m. při výšce hráze 25 m nad dnem řeky a obsahu nádrže, zasahující od Lipna až k Želnavě, 360 milionů m<sup>3</sup>. Definitivnímu určení přehradního místa v profilu C předcházelo rozsáhlé geotechnické vyšetření přilehlého úseku údolí řeky (obr. 3). Stavba vodního díla byla zahájena v roce 1952, a to výlomy pro gravitační bloky hráze Lipno I a ražením směrové štolý odpadního tunelu od Vyššího Brodu. V období nejintenzivnějších prací tu bylo zaměstnáno na 2000 lidí. První soustrojí elektrárny bylo uvedeno do provozu v červnu 1959. Na horní Vltavě se vytvořilo velké umělé jezero o ploše téměř 50 km<sup>2</sup>.

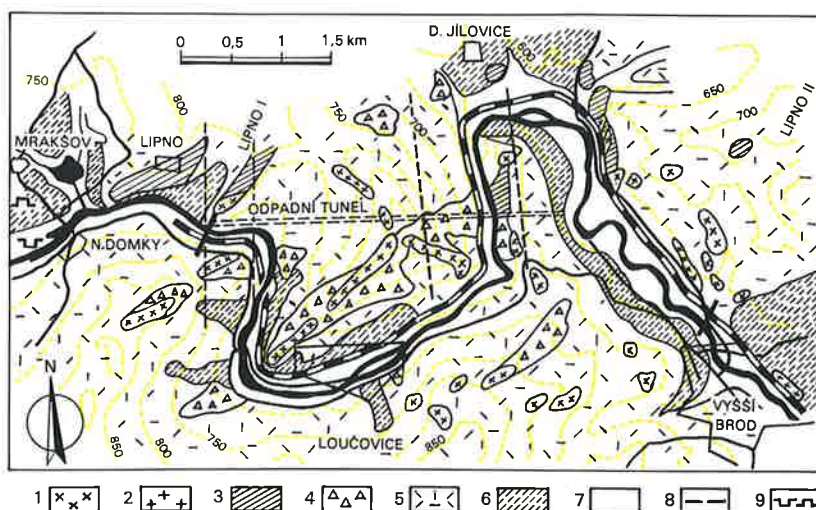
### GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

Geotechnický průzkum v období přípravy vodního díla měl řešit především tyto úkoly: a) užší volbu přehradního místa u Lipna, b) geologické poměry zátopného území budoucí nádrže, c) posouzení geologických podmínek pro alternativní návrhy energetických objektů pro využití vodní síly pod přehradou.

Při posuzování povrchového a podzemního využití vodní energie z přehrady a celého spádového úseku Vltavy mezi Lipnem a Vyšším Brodem byly geologické poměry rozhodujícím činitelem. Rozsáhlé pokryvy balvanitých a hlinitokamenitých sutí proměnlivé mocnosti na svazích a poměrně kvalitní hornina ve větších hloubkách pod povrchem vedly k doporučení podzemní elektrárny. Byl zvolen tzv. švédský typ využití se svislou přírodní šachtou, podzemní hydrocentrálou přímo pod přehradou



Pohled na část povodní stěny komory uzavěrů.



OBR. 1

Obr. 1. Geologická mapa údolí Vltavy mezi Lipnem a Vyšším Brodem. (Vysvětlivky viz obrázek)

a odpadním tunelem o volné hladině, vyústí ujcím až na konci spádového úseku do vyrovnávací nádrže (viz obr. 2.)

Do prostoru svislého vrty a podzemní hydrocentrály byly provedeny tři průzkumné jádrové vrty  $V_0 - V_{000}$  (viz obr. 3), které zastihly v celém rozsahu více či méně rozpukanou, převážně však čerstvou žulu eisgarnského typu. Dvě až tři polohy, výrazně tektonicky porušené, s navětralou až zvětralou horninou v šířce max. 1 m, nebyly pokládány za rozhodující překážku pro výlom a stabilitu navržených podzemních prostor. Orientaci a povahu těchto poruch se nepodařilo z vrtů bezpečně stanovit. Umístění podzemních objektů v masivu muselo však být v té době projektem již pevně stanoveno.

V trase odpadního tunelu byl orientačně zmapován terén a zhodnoceno několik kopaných sond ve svahových pokryvech a jádrový vrt v místech výrazné terénní deprese v údolí Vltavy pod Čertovou stěnou. Tunel měl sice procházet územím členitého styku žulového masivu s rulovým pláštěm, podle kvality horniny na povrchu a v sondách se však počítalo s obezděním tunelu jen v posledním asi 300 m úseku u vyústění do koryta Vltavy.

## VÝSTAVBA PODZEMNÍCH OBJEKTŮ

Podzemní prostory pro využití vodní energie byly svým rozsahem, závažností i problematikou hlavním úsekem výstavby vodního díla. Podle projektu je voda z hlavní nádrže odváděna dvěma svislými šachtami do podzemí, do hloubky 160 m, kde se přivody lomí v pravém úhlu a přes komoru uzávěrů ústí do strojovny se dvěma Francisovými turbinami v hlavní kaverně (obr. 4). Od nich se voda odvádí dvěma rozšířenými odpady s funkcí vyrovnávacích komor do odpadního tunelu o volné hladině, vyústí ujcím do vyrovnávací nádrže Lipno II u Vyššího Brodu. Podzemní elektrárna je komunikačně spojena s povrchem šikmým tunelem o spádu přibližně 45° (obr. 5). Protože o způsobu energetického využití bylo blíženo teprve po definitivním určení přehradního místa, byl průzkum podzemí omezen časově i finančně na minimum. Nezbyvalo tedy, než řešit stabilitní poměry v podzemí až podle vyšetření směrových štol nebo i plných výlomů. Práce byly zahájeny v roce 1953 hloubením dvou svislých přívaděčů na Lipně.

**Přívodní šachty.** Šachty mají průměr výlomu 6 m, vzájemnou osovou vzdálenost 18 m a směřují svisle do hloubky 160 m pod povrch terénu (viz obr. 4). Pro posouzení geotechnických poměrů v prostoru, jímž měl výlom projít, byl k dispozici hlubinný jádrový vrt  $V_0$ , provedený podle předpokladu svisle (ve skutečnosti však, jak bylo později zjištěno, se stranovou odchylkou 9,40 m k JZ v hloubce 160 m), a započatý odkryv na povrchu terénu pro postavení běžných věží nad šachtami.

Plný výlom obou šacht byl prováděn s výškovým odstupem 20 až 25 m, aby poměry stability nebyly vzájemně zhoršovány účinkem odstřelů. Výrub byl zajišťován vždy po úsecích průměrně 10 m obezdívkou z klínových betonových tvárnic, opřeny z dola o železobetonový věnec, zapuštěný do skály (viz obr. 4). Za tvárnice byl dusán výplňový beton. Přítok puklinové vody do šacht činil u každé kolem 2 l/sec, převážně z vrchních částí skalního podkladu (do hloubky asi 40 m). Očekávaný tektonický zlom, zjištěný v průzkumném vrtu, prolal obě šachty, přičemž u jv. šachty právě v místě dolního zalomení. Mokrá, jílovitá výplň poruchy způsobovala snadné vyjíždění uvolněných skalních bloků a výlom zde musel být s nejvyšším urychlením zaklenut.

Z obou svislých šacht bylo během jejich výlomu vytěženo zprvu ručně, později zavěšeným klepetovým nakladačem o obsahu 0,3 m<sup>3</sup> a vytaženo v okovech na povrch 12 500 m<sup>3</sup> rozpojené horniny. Průměrný denní postup výlomu byl 35 cm. Pro bezpečné přenašení vnitřních tlaků v šachtách a pro zabránění ztrátám tlakové vody trhlinami v betonu byly šachty po

dokončení opatřeny svařovanými pancéřovými prstenci. Byly bezpečně dimenzovány na plný přetlak vody. Prostor mezi pancéřem a tvárnici byl vyplněn betonem, do něhož byly ocelové prstence zakotveny.

Z tlakových šacht byly po dosažení úrovně podzemních prostor raženy 2 vodorovné směrové štolky směrem k budoucí hydrocentrále. Prošly místem komory kulových uzávěrů a v prostoru hlavní kaverny strojovny se spojily se směrovou štolou, přicházející od šikmého tunelu. V místě odpadů (vyrovnávacích komor) pak pokračovaly k východu a po spojení sledovaly dále trasu odpadního tunelu směrem k Vyššímu Brodu. Z těchto směrových štol byla teprve blíž poznána strukturální stavba masivu v místě hlavních podzemních výlomů. Žula byla v některých úsecích hustě rozpukána a zvláště prostorem hlavní kaverny probíhalo výrazné poruchové pásmo s navětralými až podrcenými skalními lavicemi a s jílovitými výplněmi spar. Procházel diagonálně kavernou ve směru S-J s příkrým sklonem k Z a ohrožovalo stabilitu klenby i vysokých skalních stěn plného výlomu kaverny. Protože dispozice podzemních objektů nebylo již možno měnit, bylo rozhodnuto na doporučení tehdejších našich tunelářských expertů (V. Mencl, A. Mikulášek, J. Sedláček, F. Zitta) provést nejprve plné výlomky a trvalou výztuž všech menších objektů v okolí strojovny a stabilizovat v předstihu železobetonovou portálovou zdí povodní stěnu hlavní kaverny, zvláště ohroženou tektonickou poruchou a oslabenou otvory odpadů. Postupně byly tak provedeny plné výlomky komory kulových uzávěrů, šikmého tunelu, rýhy pro portálovou zeď a odpadních vyrovnávacích komor.

**Komora uzávěrů.** Již podle výsledků vyšetření směrových štol bylo patrné, že umístění této komory v žulovém masivu vychází výhodně. Hornina byla rozvolněna zlomovou linií, protínající tlačné šachty a souběžným širším poruchovým pásmem procházejícím prostorem hlavní kaverny byla jen velmi málo porušena. Masivní čerstvou horninou prostupovaly jen řídké pukliny severojižního směru. Plný výlom komory byl 6×37×11 m byl rozvržen do dvou etap: výlom a zajištění stropu a výlom spodní části kaverny. Na základě zjištěných příznivých geologických poměrů byl dán souhlas k plnému výlomu v celém rozsahu postupně i obou etap bez současného zajištění. Pouze výraznější skupina puklin uvedeného směru s příkrým úklonem do výlomu ve střední části povodní stěny byla opatřena několika krátkými svorníky, kotvenými ve vrtu pomocí klínu a rozštěpu a přitaženými k povrchu skalních lavic matkou (obr. 6). Po dokončení plného výlomu byla kaverna opatřena definitivním betonovou obezdívkou.

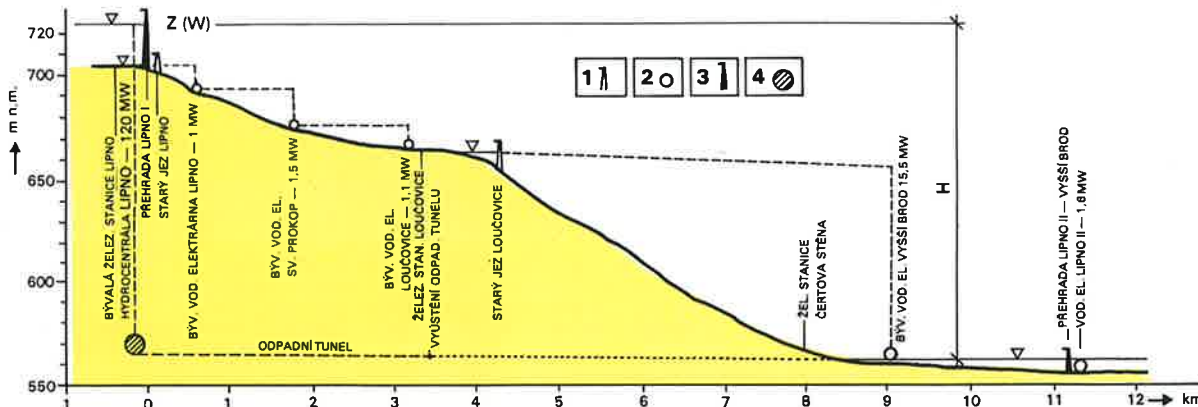
**Šikmý tunel.** Byl navržen jako komunikační cesta do podzemní hydrocentrály v době jejího provozu. Plný výlom měl podkovovitý profil o max. šířce 9,8 m, výšce 10,6 m a podélný sklon 44,5° od vodorovné (viz obr. 5).

Vhodně zvolený profil i rozměr výlomu nevzbuzovaly v daných geologických poměrech obavy o stabilitu, i když šikmý tunel tohoto rozměru byl u nás ojedinělý. Nejprve se razila směrová štola v dolní části profilu na celou délku 212 m s průměrným postupem 63 cm/den. Pak následoval plný výlom plochy 77 m<sup>2</sup>, zajišťovaný po pasech zprvu 6, pak až 12 m dlouhými ocelovými ramenaty z válcovaných profilů č. 16, osazovanými po 1,25 m. Za ně se zasouvaly betonové prefabrikované pažiny o tloušťce 5 cm. Prostor mezi nimi a skalou se vyplnil betonem. Poslední, 15. pas šikmého tunelu při vyústění do kaverny strojovny se provedl v předstihu před jejím výlomu pod ochranou pomocné betonové klenby a se zakotvenými bočními stěnami (obr. 7).

Při plném výlomu šikmého tunelu nedošlo po celou dobu k žádné komplikaci kromě náhodného ucpání směrové štolky, která sloužila k odtěžování výlomového materiálu. Byla uvolněna odspodu pomocí odstřelů.

**Vyrovnávací komory odpadů.** Směrové štolky po průchodu prostorem hlavní kaverny se razily dál v ose dvou odpadních otvorů. Tyto odpady pro vodu odtékající od turbin měly též funkci vyrovnávacích komor a svými rozměry nepříznivě ovlivňovaly stabilitu samotné hlavní kaverny.

Obr. 2 PODÉLNÝ PROFIL DNA VLTAVY OD LIPNA K VYŠŠÍMU BRODU



OBR. 2

Měly světlou šířku výlomu 10 m, výšku 11,8 m a mezi nimi zůstal skalní pilř o šířce jen 8 m. Podle již uvedené zásady bylo nutno je zajistit před zahájením plných výlomů hlavní kaverny. Nejprve ovšem byla v samostatné rýze provedena na obvodu pozdější kaverny stabilizační portálová zeď (obr. 8), pak postupně výlom a obezdívky jedné i druhé vyrovnávací komory, s nimiž byla portálová zeď armaturou propojena.

Hornina v prostoru vyrovnávacích komor byla dobré kvality. Výlom byl proveden rakouskou tunelovací metodou s pinou výdřevou. Trvalou výztuž komor tvoří železobetonová obezdívka o tloušťce 1 m. Spára mezi skalou a betonem a rovněž vlastní hornina byly proinjektovány vrty do hloubky 2 m.

Obr. 3. Situace údolí Vltavy v místě vodního díla.

V, Š, Z – průzkumné vrty, šachtice a zářezy ve zkoumaných přehradních profilech,  $V_0$ – $V_{\infty}$  – průzkumné vrty do prostoru podzemních objektů, E – průzkumné geoelektrické sondy, pro určení vrstevnic skalního podloží, silně čárkovaně vyznačen styk žuly a ruly, slabě čárkovaně podzemní objekty hydrocentrál, plnou čarou vrstevnice terénu a povrchové objekty přehrad.

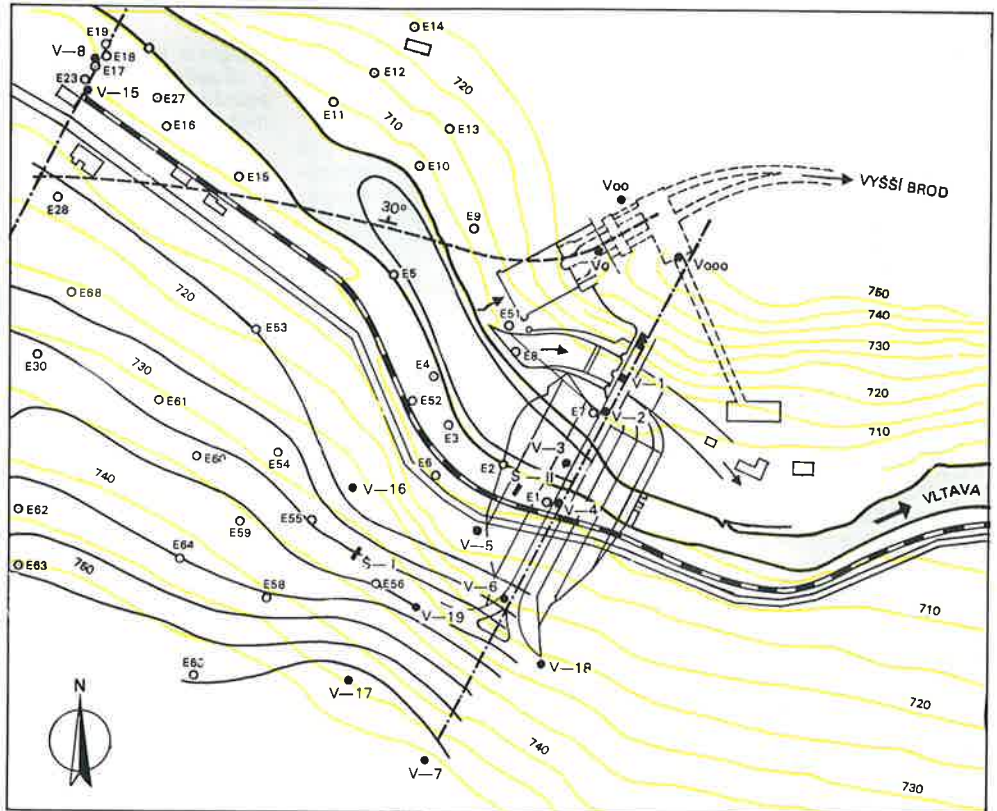


Poslední pas šikmého tunelu při vyústění do hlavní kaverny.

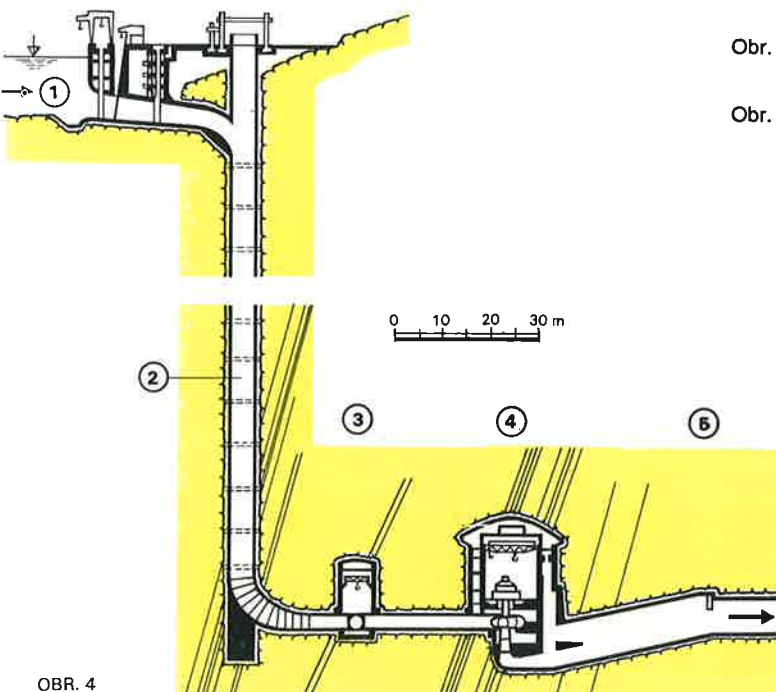


Pohled na portálovou zeď po odkrytí výlomem horní části hlavní kaverny.

SITUACE ÚDOLÍ VLTAVY V MÍSTĚ VODNÍHO DÍLA U LIPNA



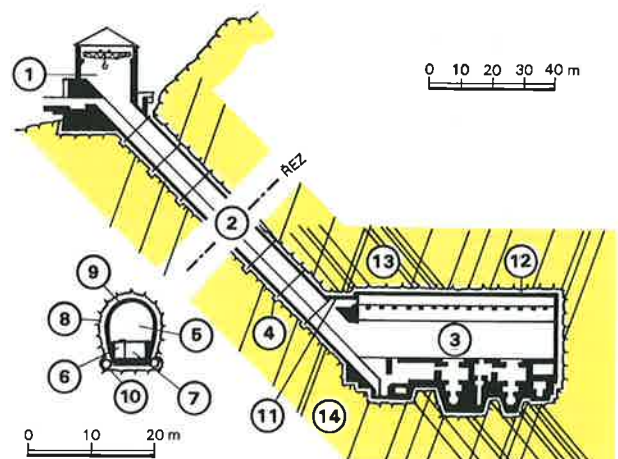
OBR. 3



OBR. 4

Obr. 4. Podélný řez vtokem a podzemními objekty hydrocentrál s vyznačenými zlomy a hlavními puklinami v žule.

Obr. 5. Schematický podélný řez šikmým tunelem a hlavní kavernou.



OBR. 5

# TUNEL Dr. MILANA HODŽI NA TRATI BANSKÁ BYSTRICA – DIVIAKY

AUTOR: Ing. KAREL BOROVSÝ, a. s. METROSTAV

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE HISTORY OF BUILDING RAILWAY TUNNELS,  
ESPECIALLY THE TUNNELS BY Dr. MILAN HODŽA ON THE ROUTE  
BANSKÁ BYSTRICA – DIVIAKY

## Úvod

Po kapitolách o tunelech prezidenta T. G. Masaryka a Milana Rastislava Štefánika pokračujeme v historických reminiscencích o československých tunelech – TUNELEM Dr. MILANA HODŽI. Jak bylo zvykem komunistických přestavovatelů světa po roce 1948, všechno předchozí změnit, zničit – zmizel i název tunelu Dr. Milana Hodži. Namísto tohoto pojmenování dostal nové příjmení – Japonský I. a Japonský II. (zřejmě už tehdy pohlíželo Slovensko k zemi vycházejícího slunce, toto mu však vyšlo až 1. ledna 1993). Abychom částečně napravili skutečnost zmizení názvu tunelu z našich vědomí, několik slov o Dr. Milanu Hodžovi.

Socialistická Malá československá encyklopedie charakterizuje Dr. Milana Hodžu výstižně jednou větou na úvod – slovenský buržoazní politik, novinář a publicista. Takže tento buržoazní politik se narodil 1. února 1878 v Súčanoch u Turč. svatého Martina v rodině evangelického kněze a spisovatele. V roce 1905 byl zvolen do uherského parlamentu, kde vystupoval jako stoupencem československé vzájemnosti (s Čechy budme jednotní, s ostatními Slovanmi svorní! – jaká krásná myšlenka vzájemného soužití!).

V roce 1906 vytvořil v parlamentu s poslanci uherských Rumunů, s Jihoslovany a maďarskými demokratický národní klub, který byl v podstatě základem myšlenky Malé dohody. Za 1. světové války byl M. Hodža přidělen k vojenské cenzuře. V roce 1918 byl promován ve Vídni na doktora filosofie. Byl spoluvůdcem Slovenské národní rady a její deklarace z 30. listopadu 1918, kterou se Slováci přihlásili k jednotnému československému státu.

Od roku 1920 byl členem poslanecké sněmovny, v období 1919 až 1920 členem vlády jako ministr pro sjednocení zákonodárství. V letech 1922 až 1926 ministr zemědělství, 1926 až 29 ministr školství a 1932 až 35 opět ministr zemědělství. Od 5. 11. 1935 byl jako první Slovák v československé republice jmenován předsedou vlády. V roce 1939 odešel po Mnichovu jako emigrant do Francie, kde založil Slovenskou národní radu. V roce 1941 odešel do USA, kde 17. 6. 1944 zemřel.

Trochu jsme odbočili od problematiky výstavby tunelu, ale i znalosti související patří ke všeobecnému rozhledu technika. Totiž již v roce 1928 Dr. Hodža upozorňoval a prosazoval spojení Banské Bystrice a Diviaků železniční drahou. Stavba tohoto významného inženýrského díla byla zahájena 28. září 1936 prvním záběrem směrové štoly od bystrického portálu vrcholového tunelu. Zahájení stavby dodala významnosti přítomnost prezidenta republiky Dr. Edvarda Beneše, ministra železnic Rudolfa Bechyně, ministra spravedlnosti Dr. Dérera a dalších činitelů veřejného života 1. republiky.

K zadání hlavních stavebních prací za 338 milionů Kčs došlo koncem června 1937. Na dráze Banská Bystrica – Diviakky je v současné době 22 tunelů, které byly nejnákladnějšími objekty stavby.

Tunel, umístěný v údolí potoka Bystrice byl se svolením československé vlády pojmenován **Tunel Dr. Milana Hodži**.

## Situování tunelu

Trasa tunelu je vedena údolím potoka Bystrice, zařiznutého hluboko do terénu. Tunel je veden v točce ve stoupání, vjezdový portál od Banské Bystrice je 30 m nad potokem, v místě křížení po 1 140 m je potok již v niveleté trasy. Potok podchází drážní těleso.

Tunelová trasa je rozdělena na 2 větve:

- východní (bystrická) délky 1 140 m
- západní (diviacká) délky 760 m

Otevřené místo tvoří přirozené větrací zařízení.

## Geologické poměry

Geologický průzkum trasy zajišťovala Ústřední stavební správa ministerstva železnic, která byla pověřena vrchním vedením stavby. Celá trasa

železnice je vedena složitými geologickými poměry. Území se nachází v oblasti rozhraní Nízkých Tater, Velké Fatry a Kremnického pohorí, postiženého v druhohorách silnými tektonickými pohyby. Konečnými formami těchto pohybů jsou spodní a svrchní subatranský příkrov.

Tunel je veden v horninách spodního subatranského příkrovu, v souvrstvích světlých vápenců a slínů, náležejících do spodnokřídového neokonu. Souvrství tvoří celistvé slinité, slabě lavicovité vápence a tenké deskovité až břidličnaté vápence a slíny. Vrstvy těchto hornin jsou téměř nepropustné. Jsou netlačivé a při ražbě tunelu se nevyskytly větší problémy z titulu geologických poměrů.

## Tunelový průřez

V době výstavby hlavních tratí ČSR se navrhovaly a prováděly typy objektů, shodných s typy bývalých rakouských drah. Průřez tunelu Dr. M. Hodži (viz obr.) je odchýlný. Profil je zvětšen z důvodů obtížného větrání při vedení trasy v točce. Tunelová stoka z důvodů malých přítoků vody byla provedena ve zmenšených rozměrech.

Prostor mezi obezdívkou a horninou sloužil pro zhotovení konstrukce izolace.

Byly provedeny dva typy izolační konstrukce:

- betonové desky s vlnitými ocelovými plechy
- povlak z asfaltových litých desek

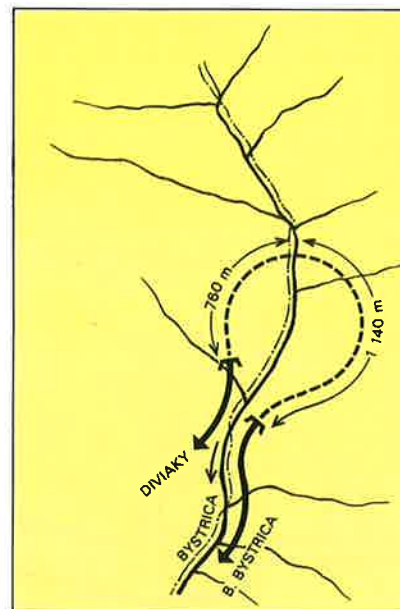
Izolace byla provedena jen v místech výskytu podzemní vody. Opěry tunelu jsou betonové, klenba zděná z kamenných kvádrů (slabě tlakový typ obezdívky).

## Ražba tunelu

8. března 1937 byla od směru Banská Bystrica zahájena ražba spodní směrové štoly. Do zadání hlavních stavebních prací bylo vyraženo 350 m štoly. 1. září 1937 byla zahájena ražba z místa křížení tunelové trasy s potokem Bystrica ve dvou směrech:

- k Banské Bystrici úpadně
- k Diviakům dovrchně

SITUACE TUNELU Dr. M. HODŽI





25. listopadu 1937 byla zaražena štola od diviackého portálu, úpadně. Pracovalo se tehdy na 4 čelbách. Ve spodní směrové štoli byla umístěna drážka rozchodu 600 mm, větrací lutny a potrubí na stlačený vzduch. Ve dně štoly byla zřízena provizorní dřevěná odvodňovací strouha.

Po 180 m byly vyraženy zálomy, ze kterých se provádělo rozšíření tunelu na definitivní profil – 22 – 8 m pásů.

Trhací práce byly prováděny dynamitem, iniciovaným doutnáky. Rozměry směrové štoly jsou zřejmé z obr. Záběr 1,80 m, spotřeba dynamitu na tento záběr byla 17 kg (0,80 kg na 1 m<sup>3</sup> výrubu).

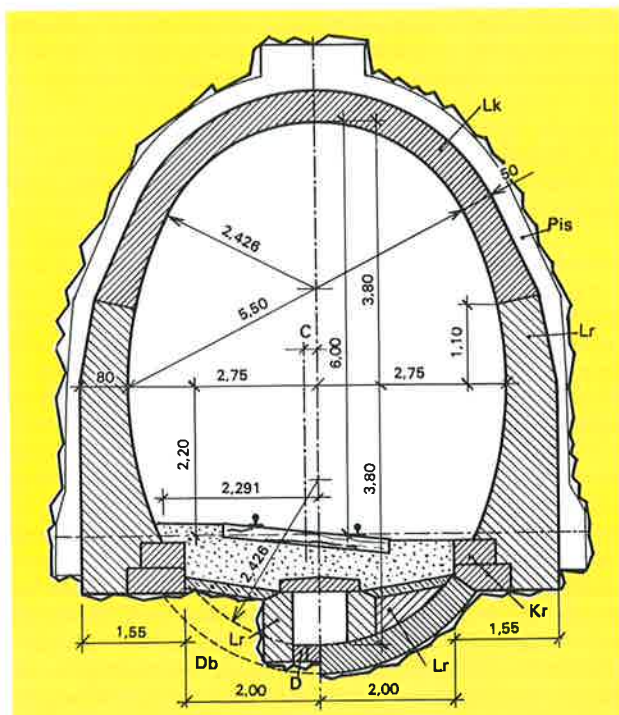
Podnikatel hlavních stavebních prací byl civilní inženýr ing. B. Hlava z Prahy.

Stavba tunelu byla ukončena v roce 1939. Za 2 roky bylo postaveno 1 900 m železničního tunelu. Výkon na tehdejší dobu s přihlednutím na morfologii trasy a stav techniky jistě i dnes obdivuhodný. Průměrný měsíční výkon byl cca 80 m.

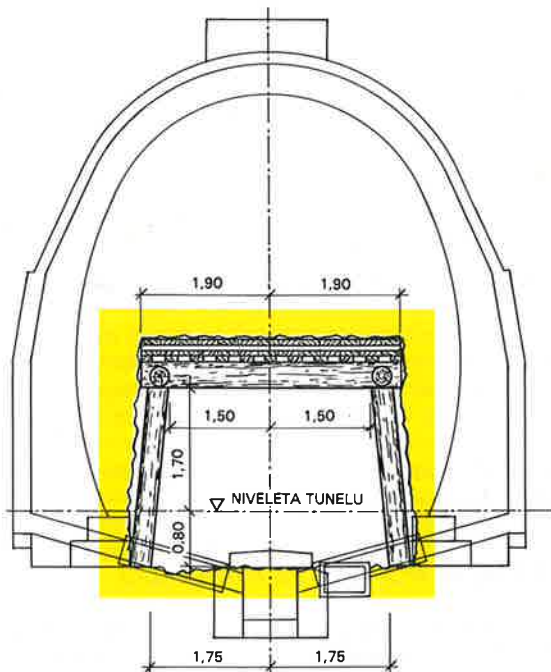
1. Situace tunelové trasy
2. Průřez spodní štoly
3. Konstrukce slabě tlakového typu průřezu

Pozn.: Podklady byly čerpány z fondů knihovny NTM v Praze

#### SLABĚ TLAKOVÉ TYPY



PRŮŘEZ SPODNÍ ŠTOLY



## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO A SLOVENSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

Na pozvání Slovenského komitétu ITA/AITES se uskutečnilo ve dnech 22.–23. června 1993 II. zasedání Českého komitétu ITA/AITES. V úvodu zasedání všichni účastníci minutou ticha vzpomněli na ing. Jaroslava Grána, který v březnu 1993 nečekaně opustil řady českých a slovenských tunelářů. Předseda Českého komitétu ITA/AITES ing. Jindřich Hess pak představil nového sekretáře JUDr. Rychlého a nového předsedu redakční rady zpravodaje TUNELU ing. Vozarika. V další části pak ing. Hess informoval o činnosti předsednictva Českého komitétu od posledního únorového zasedání, které projednalo udělení cen a stanovení finanční částky na soutěž studentů. Vysvětlil situaci a znovuzlegalizování Českého tunelářského komitétu u příslušných institucí jako jsou ministerstvo vnitra, zahraničních věcí a příslušné rezortní ministerstvo. Konstatoval, že na posledním zasedání mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES v Amsterdamu byl Český tunelářský komitét přijat za řádného člena obdobně jako Slovenský tunelářský komitét.

Nový sekretář JUDr. Rychlý informoval o finanční situaci k 22. 6. 1993, kdy má komitét na svém účtu částku 166 454,- Kč. Vyzval některé členy, aby doplatili členské příspěvky, které nebyly dosud zaplacené. Zasedání v Prievidzi se zúčastnilo celkem 30 účastníků z 19 členských organizací.

Předseda ing. Hess dále informoval o zasedání mezinárodní tunelářské asociace, kterého se zúčastnilo celkem 8 zástupců Českého komitétu m. j. Subterra, Vodní stavby Praha a Metrostav. Na tomto zasedání byly přijaty jako členské organizace – Chorvatsko, Slovensko, Rumunsko a Česká republika. Další zasedání se uskuteční v roce 1994 v Káhiře, v roce 1995 ve Stuttgartu a v roce 1996 ve Washingtonu. JUDr. Rychlý dále informoval o možnosti stáže pro manažery stavebních firem cca 15 osob ve Francii v roce 1994 prostřednictvím francouzského velvyslanectví v Praze. Podmínkou je znalost anglického jazyka a znalost problematiky řízení stavebního podniku.

Dále se hovořilo o práci pracovních skupin v rámci Českého tunelářského komitétu obdobně jak to probíhá u mezinárodní tunelářské asociace. Ing. Novotný z Vodních staveb Praha přislíbil na podzim v Praze zorganizovat setkání a seminář k problematice mikrotunelování a hydroizolaci v České republice.

Předseda ing. Hess navrhl zorganizovat v roce 1994 uspořádání konference „Podzemní stavby 1994“ a na základě diskuze byla jmenována 15 členná komise, které pod vedením ing. Vozarika v září 1993 zahájí přípravnou činnost včetně staňování tématických skupin pro jednání konference.

Prof. Aldorf sdělil, že je vyhlášena soutěž pro studenty jako to bylo v loňském roce a byla stanovena částka 20 000,- Kč s tím, že soutěž bude vyhodnocena koncem srpna. Oficiální vyhlášení proběhne na podzimním zasedání Českého tunelářského komitétu ITA/AITES: Příští zasedání se bude konat v říjnu 1993.

### Společné zasedání Českého a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES Prievidza 22.–23. června 1993.

V úvodu společného zasedání předseda Slovenského komitétu p. ing. Keléši z Doprastavu informoval všechny účastníky, že Slovenský výbor má nyní 18 členů a 5 členný výbor, jehož členy jsou prof. Ratkovský, ing. Brtáň, ing. Tóth a ing. Kusý. Dále vystoupil ředitel Banských staveb Prievidza p. ing. Schindler, který seznámil přítomné s historií a činností podniku. Oba komitétu se vzájemně informovaly o své činnosti v oblasti staveb na Slovensku a českých zemích, např. o výstavbě tunelu v Branisku, výstavbě dálnic na Slovensku a stavu situace výstavby metra v Bratislavě. Slovenský výbor přispěje částkou 8 000,- Sk na ceny studentské soutěže. Ing. Keléši přislíbil účast slovenských organizací ve vydavatelském systému zpravodaje TUNEL v roce 1994 a nadále poskytování článků ještě v tomto ročníku. Předseda Českého tunelářského komitétu ing. Hess informoval o přípravách konference „Podzemní stavby 1994“. V závěru vedení Banských staveb Prievidza pozvalo účastníky na exkurzi výstavby vodního díla Turček, kde mj. jsou budovány dva tunely o délce 350 m.

Společné zasedání tunelářských odborníků znovu potvrdilo, že odborníky z oboru podzemních staveb nemůže rozdělít ani státoprávní nebo geografické rozdělení. Další společné zasedání uspořádá v roce 1994 Český tunelářský komitét.

## ZPRAVODAJSTVÍ MEZINÁRODNÍ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA/AITES

Mezinárodní tunelářský kongres s názvem "Options for tunneling" pořádaný holandskou asociací Klvl (Královský Institut inženýrů) se stal současně hostitelem 19. zasedání tunelářské asociace ITA/AITES pro rok 1993.

Kongresová zasedání včetně zasedání komitétu proběhla ve dnech 17.-22. 4. 1993 v Amsterdamu. Účast cca 600 odborníků ze 40 zemí (jen z Japonska bylo 30 delegátů) svědčilo o mimořádné události v tomto perspektivním oboru stavební činnosti. Naši republiku zastupovalo 7 odborníků z firem Subterra, Vodní stavby, Metrostav, v čele s předsedou české organizace Ing. Hessem.

Pracovní zasedání exekutivy ITA/AITES předcházelo vlastní tunelářské konferenci a bylo zahájeno již 17. 4. 1993 a pokračovalo v dalších dvou dnech. Na zasedání byli mimo jiné zvoleni noví členové výkonného výboru a určeno hostitelské město zasedání ITA/AITES pro r. 1996, jímž se po uvážlivé volbě stalo hlavní město USA Washington. Také po dva dny probíhalo sezení pracovních skupin.

Organizátoři tunelářského kongresu chtěli celému tunelářskému světu ukázat, že Holandsko je v plánování, výstavbě i využívání podzemních prostor jednou z předních zemí na světě. Vždyť v současné době jsou ve stavbě 4 velké tunelové stavby (dvě stavby mohli účastníci navštívit) a další rozvojové programy ukazují realnost a perspektivu tohoto stavebního oboru v této zemi.

Program kongresového jednání byl rozčleněn do 4 dnů včetně závěrečné půldenní exkurze. Organizátoři rozdělili přednášky i diskuse vedle úvodních referátů do dalších čtyř námětových směrů.

Rozsahem převažující to byl okruh nazvaný "Soft ground tunnelling", naplněný převážně příspěvky holandských odborníků. Většina přednášek se týkala specifických technologií a staveb tunelů prováděných a dovezených k dokonalosti v nizozemské pobřežní oblasti. Jednalo se o tunelech prováděných naplavováním nebo metodou "cut and cover". Tento námětový okruh vlastně vyjadřoval úvodní přání organizátorů předat vlastní zkušenosti světu.

Druhým námětovým okruhem nazvaným "Rock tunnels" zase se naopak prezentoval ostatní tunelářský svět.

Referáty byly rozděleny do dvou podskupin, na ražení tunelů TBM a na ostatní konvenční ražení. Celý tunelářský svět se představoval jak zkušenostmi ze stávajících významných staveb Chanel Tunnel, Vodní přivaděče v Lesotu, na Kypru, v Norsku, v Indii nebo dopravní tunely v Japonsku, tak návrhy a projekty perspektivních velkostaveb typu další Gothardský tunel, pokračováním thajvanských železničních tunelů, tunelového monstra urychlovače částic v Dallasu, či dopravního Somport tunelu v Pyrenejích a další perspektivu při výstavbě.

Další námětovou skupinou byl „Výzkum a vývoj“. Do této oblasti byly zařazeny referáty zabývající se modelováním technologických procesů, vyhodnocováním a testováním výběru metod, návrhy nových strojů resp. štítového komplexu pro ražbu staničních tunelů metra v Tokiu, monitorováním koroze v beton. obezdvce aj. V této skupině byl přednesen zajímavý referát z Francie, zabývající se optimalizací ceny dálničních tunelů.

Závěrečná námětová skupina se nazývala „Financování a rizika v tunelování“. Zvláště o tuto skupinu byl ze strany českých odborníků výjimečný zájem. Referáty odborníků z Anglie, USA, Japonska, Belgie vystihovaly situace ve vlastních zemích, ale závěry a základní pravidla se jeví velmi podobné. Zvláště tato skupina referátů by se mohla přiblížit našim odborníkům samostatným článkem v příštím čísle Tunelu.

Po slavnostním zakončení panem Glerumem, předsedou tunelářské divize Klvl a prezidentem ITA/AITES panem Eisensteinem, s popřáním zduaru dalšímu kongresu v r. 1994 v Cairu, kongres skončil.

Účastníci odcestovali speciálním vlakem na velmi zajímavou exkursi. Holandský hostitelé nabídli tunely velmi typické pro tuto zemi, po- nožené nebo prováděné technologií cut and cover, a to na stanici příměstské dopravy v Amsterdamu a tunely metra na letiště Shipol v Amsterdamu.

### Nový výkonný výbor ITA/AITES

|                               |                      |              |
|-------------------------------|----------------------|--------------|
| Z. Eisenstein – Kanada        | President            | do roku 1995 |
| Am Muir Wood – Velká Británie | Čestný president     | do roku 1995 |
| CJ Kirkland – Velká Británie  | Bývalý president     | do roku 1995 |
| JF Bougard – Francie          | Bývalý vicepresident | do roku 1995 |
| R. Robbins – U. S. A.         | Vicepresident        | do roku 1995 |
| M. Serrano – Španělsko        | Vicepresident        | do roku 1995 |
| S Pelizza – Itálie            |                      | do roku 1996 |
| S. Kuwahara – Japonsko        |                      | do roku 1996 |
| H. Duddeck – SRN              |                      | do roku 1995 |
| W. De Lathauwer – Belgie      |                      | do roku 1995 |
| E. Abdel Salam – Egypt        |                      | do roku 1994 |
| C. Berenguier – Francie       | Generální tajemník   | do roku 1996 |

Ing. Petr Vožarik

### NOVĚ VYDANÉ PUBLIKACE

Ze široké publikační činnosti známého holandského nakladatelství A. A. Balkema, P. O. Box 1675, Rotterdam v roce 1992 je účelné naši tunelářskou veřejnost upozornit alespoň na následující tři geotechnické tituly. Celkový přehled vydavatelského programu za léta 1990-92 zašle nakladatelství na vyžádání zdarma a je též k dispozici v redakci.

#### Z. T. Bieniawski: **DESIGN METHODOLOGY IN ROCK ENGINEERING – Theory, Education and Practice.**

Světověznámý odborník v oboru geotechniky, v současné době profesor pennsylvánské univerzity v USA, předkládá první obsáhlé zpracování metodiky navrhování u stavebních a důlních děl všeobecně a následně se zaměřením na práce ve skalních horninách. Vychází ze základní zkušenosti dloholetého praktika, že dobrý projektant potřebuje nejen kvalitní technické znalosti, ale také poznatky o vhodném postupu a způsobu jejich použití – tedy správné "know how", neboli „jak na to“. Tato nová disciplína – metodologie navrhování – je dnes uznávána ve většině odborných odvětví jako rozhodující předpoklad pro úspěšné vytvoření jak nového výrobku, tak i nového podzemního díla.

Kniha začíná zhodnocením současného stavu a trendu při projekční a soutěžní aktivitě v ekonomicky nejvyspělejších státech světa a umožňuje nahlédnout do způsobů, jak se obecně postupuje při zpracování návrhu. Následuje rozbor předpokladů tvůrčího myšlení při projekční činnosti a možnosti aplikace novátorských metod. Třetí kapitola obsahuje inženýrský přístup ke způsobům navrhování (design engineering). Je doložen přehledem všech současných teorií a metod inženýrského projektování včetně grafických výstupů. Teprve od čtvrté kapitoly soustředí autor pozornost přímo na přípravu stavebních a důlních děl ve skalních horninách. Nejprve vymezením teoretických předpokladů, pak způsobem výchovy mladých pracovníků na vysokých školách a konečně v nejob- sáhlejší šesté kapitole rozbohem vhodných projekčních postupů pro jednotlivé druhy inženýrských děl, jako jsou tunely, podzemní kaverny, ale i otvírky uhelných a rudných dolů, podzemní uložité radioaktivních odpadů a skalní svahy. Jsou uvedeny názory různých odborníků a praktická řešení několika typických případů. Další schematicky vyjádřené postupy použité při projektování v tomto oboru autorem i jinými známými experty jsou obsaženy v Dodatku. Poslední kapitola je věnována možnostem dalšího vývoje a růstu schopností projektanta. Knihu uzavírá obsáhlý seznam odborné literatury.

S touto unikátní publikací v rozsahu 198 stran by se měli seznámit nejen projektanti velkých inženýrských děl ve skalních horninách, ale i ti, kteří chtějí do procesu přípravy a projektování vnést nové, progresivní prvky, vypracované na vědecké bázi a podepřené zkušenostmi světových kapacit.

Kniha je dodávána i v levnějším, brožovaném (paperback) provedení za 52 US dolarů, vázaná (hardback) za 90 dolarů.

### TOWARDS NEW WORLDS IN TUNNELING

Třídílný sborník mezinárodního tunelářského kongresu, pořádaného ve dnech 16. až 20. května 1992 v mexickém Acapulcu je na 1300 stránkách

neobyčejně bohatým zdrojem informací z tohoto oboru. První dva svazky sborníku podávají ve 136 referátech široký přehled současného stavu podzemního stavitelství na konci tohoto století. Třetí svazek, obsahující referáty a diskuzní příspěvky z technických sekcí kongresu, bude vydán teprve letos v dubnu.

Kongres měl pět tematických okruhů: 1. Volba tunelovací metody, 2. Projekční příprava, 3. Provádění stavby, 4. Speciální práce a 5. Údržba a opravy. Převážná část příspěvků ve sborníku se týká projektů a staveb z oblasti mezinárodní, vnitrozemské a městské podpovrchové dopravy, výstavby podzemních středisek a využití podzemních prostor ke skladovému účelům, především energetických zdrojů. Rozhodnutí pro podzemní variantu jednotlivých řešení je většinou založeno na rozboru dopadů projektovaného díla na životní prostředí, které vycházejí při umístění objektu pod povrchem obvykle nejpříznivěji. Přitom je z publikovaných materiálů zřejmé, že současná úroveň technologických postupů i strojního vybavení umožňuje realizovat úspěšně takřka libovolná podzemní díla ve všech typech horninového prostředí.

Pozoruhodná je v řadě příspěvků uvedená účinná spolupráce mezi akademickým výzkumem, technologickým vývojem u provádějících firem a veřejným i soukromým managementem, která dokázala vhodně využít podzemí při respektování všech veřejných i soukromých zájmů. Zcela nové přístupy a řešení ukazují některé návrhy k téměř úplné automatizaci podzemních prací řízených na dálku s povrchu, stejně jako použití strojů a postupů původně vymyšlených pro práce na povrchu Měsíce a jiných nebeských těles. Sborník je možno stručně charakterizovat jako soubor vysoce kvalitních technických informací o dynamickém vývoji podzemního stavitelství, který otevírá tomuto oboru nové obzory do 21. století.

Cena za všechny tři svazky sborníku byla stanovena na 165 dolarů s tím, že třetí svazek bude dodán objednateli ihned po vyjítí.

## MICROTUNNELLING

je sborník 2. mezinárodního symposia, pořádaného v dubnu 1992 v Mnichově v rámci mezinárodní výstavy BAUMA 92, o provádění tunelovacích prací velmi malých průměrů.

Jak se shodují experti bude značná část stavební činnosti v nejbližší budoucnosti soustředěna právě na pokládání nových inženýrských sítí a obnovování nebo odstraňování starých. Vzhledem k velkým ekonomickým a ekologickým nevýhodám při hloubení rýh s povrchu nebo při ražbě tunelů běžných profilů v městské zástavbě uplatňuje se stále častěji použití technologie mikrotunelování s dálkově ovládanými nástroji malých rozměrů pro vytvoření podpovrchových tras o průměru od jedné do několika desítek centimetrů, a to buď protlačováním nebo ražením. Pracuje se převážně ve všech typech zemin, ale i výskyt souvislejších poloh pevných hornin přestává být pro tuto metodu nepřekonatelnou překážkou. Délky dosahované z jedné startovací šachtice se stále zvětšují a při tom přesností konkurují mikrotunelování již dnes směřovaným vrtům. Sborník obsahuje vedle úvodního přehledu současného stavu metody 14 referátů dotýkajících se téměř celé problematiky tohoto nového technického oboru. Z jejich obsahu je možno stručně uvést tato řešení: Použití upraveného malého razicího stroje s dálkovým ovládním místo horizontálních vrtů pro zmrazovací trubky při ražbě tunelu. Použití mikrotunelovací techniky při dálkovém vodotěsném napojení nových stavebních objektů na stávající kanalizační kolektory. Protlačování silnostěnných trubek ve velmi různorodém horninovém prostředí morén. Příčiny selhání řízených „krtek“ a srovnání s technologií protlačování kanalizačních trub větších průměrů pomocí hustého výplachu. Využití metody mikrotunelování pro zajištění budov proti sedání. Zkušenosti s ražbou na plnou čelbu pro kanalizační řady maloprofilovým strojem Herrenknecht v Anglii a v Německu a strojem Soltau ve Švýcarsku. Možnosti směrově ovládní protlačovaných trubek zařízením na čele kolony. Přehled současné nabídky a schopností mikrotunelovacích strojů velmi malých průměrů firmy Tracto-Technik. Ekonomika mikrotunelování a důležitost pečlivé přípravy prací.

Sborník má 89 stran textu včetně kvalitních obrázků a byl vydán jak v angličtině, tak i němčině a francouzštině za jednotnou cenu 42 dolarů.

Ing. Josef Zajíc, CSc.

**Poznámka:** Případní zájemci se mohou obrátit na redakci, která zajistí zprostředkování nákupu.

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

### NORSKÉ PODMOŘSKÉ TUNELOVÁNÍ

#### Úvod

Tunelování pod dnem řek, jezer nebo dokonce pod hladinou moře přináší mnoho specifických aspektů a zajímavostí. Proto přinášíme zkrácený překlad článku Arilda Palmströma z Norského geotechnického institutu v Oslo o podmořském tunelování.

Podmořské tunely jsou ty, které vedou pod mořským nebo jezerním dnem a geologické prostředí je ukryto pod vodou. Jsou více ovlivněny změnami geologie a riziky než ostatní tunely, protože geologické znalosti jsou omezené a je zde těsná blízkost velkého množství vody.

#### Historie

První podmořský silniční tunel v Norsku byl postaven v roce 1982. Od té doby bylo podmořských tunelů vyraženo více než 45 km (viz tab. 1). Podíváme-li se zpět na dřívější tunelové stavby v Norsku, je zde mnoho tunelů pro vodní elektrárny, které vedou pod řekami nebo jezery. Specialitou norského tunelářství jsou odběry z nádrží provedené podvodní prorážkou, jejich počet je větší než 500 a 70 z nich bylo provedeno po roce 1980. Celková délka podvodních tunelů postavených v Norsku během posledních 75 let není známa. Odhaduje se na 80 km. Nejhlubší podmořský tunel v Norsku byl postaven v roce 1974. Má 50-ti metrový skalní kryt a jeho nejhlubší bod je 253 m pod mořskou hladinou.

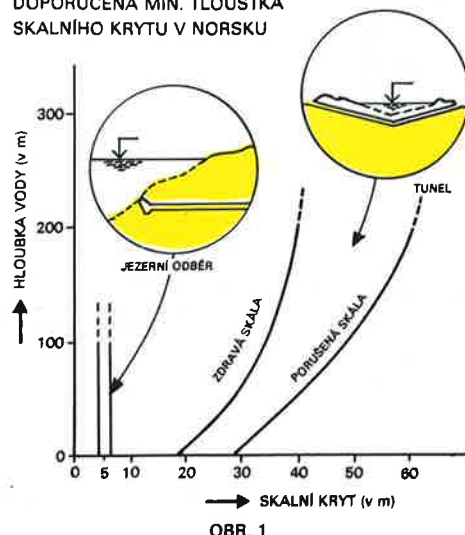
#### Zkušenosti

Všechny podmořské tunely v Norsku byly raženy pomocí trhavín. Podvodní prorážky (jezerní odběry) byly prováděny odstředivým závěrečným skalním zátky s výjimkou poslední prorážky v Kalsto, kde konečný otvor vznikl rozšířením vrtu.

Vedení podmořských tunelů je určeno geologickými a topografickými podmínkami stejně jako maximálně přístupným sklonem tunelu. Minimální bezpečná vzdálenost mezi stropem tunelu a povrchem skály na dně moře, nazývaná skalní kryt, je rozhodující hodnotou pro umístění podmořských tunelů. Obr. 1 ukazuje minimální skalní kryty používané v podmořském tunelování v Norsku.

Od začátku provádění jezerních odběrů pomocí podvodních tunelů v roce 1905 byl zde nepřetržitý vývoj a mnoho zlepšení se objevilo v posledních 10 až 15 letech přiměřeně s nárůstem podmořského tunelování. Mnohé z těchto zlepšení se týká geofyzikálních polních průzkumných technik reprezentovaných měření seismických odrazů a akustickým profilováním. Výsledky těchto polních měření jsou zásadní pro plánování trasy tunelu. Mapa mořského dna ziskávaná z akustického profilování obsahuje rozmístění a mocnost nepevných sedimentů. Seismická měření dávají další informace o kvalitě skalního masivu a přesnější poloze skalního povrchu.

DOPORUČENÁ MIN. TLOUŠTKA  
SKALNÍHO KRYTU V NORSKU



OBR. 1

Vývoj v přístrojovém vybavení se odráží také v rychlejší provádění polních měření a současně ve snižování nákladů, které nyní pro podmořské tunely činí 2,5 až 7 % celkových stavebních nákladů (viz obr. 2). Nová a nadějná geofyzikální metoda je zemní radar.

Výčet užití pokrokových polních průzkumných metod má u podmořského tunelování speciální význam pro plánování a provádění ražby. Následující bezpečnostní hodnoty, důležité pro bezpečnou stavbu tunelu jsou dnes běžné u podmořském tunelování:

- systematické 20 až 30 m dlouhé průzkumné vrty prováděné před čelbu tunelu
  - delší průzkumné jádrové vrty prováděné tehdy, když se očekává horší kvalita skalního masivu
  - vysokotlaká injektáž vodonosných zón nebo porušeného skalního masivu, pokud byly zastíženy průzkumnými vrty
  - vysoká kapacita čerpadel pro případ neočekávaného průvalu vody
  - vysoká kapacita pro provádění stříkaného betonu s rozptýlenou výztuží ihned po odstělu pro podepření masivu s nedostatečnou stabilitou.
- Všechna tato opatření snižují možnost problémů v důsledku neočekávaných horninových podmínek.

Průběžná výměna zkušeností a těsná spolupráce mezi inženýrskými geology, projektanty a dodavateli je klíčem k mnoha zlepšením a úspěšným stavbám. Rychlost tunelování má za následek snižování nákladů (viz obr. 3).

### Současné a budoucí podmořské tunelové projekty.

Byla zpracována řada studií v posledních 10 letech pro možné podmořské tunely, mezi kterými je 60 km tunelů z pevniny na některá bližší naftové pole a 45 km železničních tunelů pod hlubokými fjordy.

Ze současně rozestavěných (srpen 91) podmořských tunelů lze jmenovat následující:

- Rennfast, dvouprúdový silniční tunel délky 5,7 a 4,3 km s nehlubším místem 220 a 130 m pod hladinou moře
- Krifast, 5,2 km dlouhý silniční tunel s nehlubším místem 130 m pod hladinou
- Tromsoysund, 3,8 km silniční tunel (102 m pod hladinou)
- Troll, 3,8 km dlouhý pobřežní přístupový tunel pro naftové a plynové potrubí. Nejhlubší bod bude 260 m pod hladinou a zde bude provedena prorážka do mořského dna.

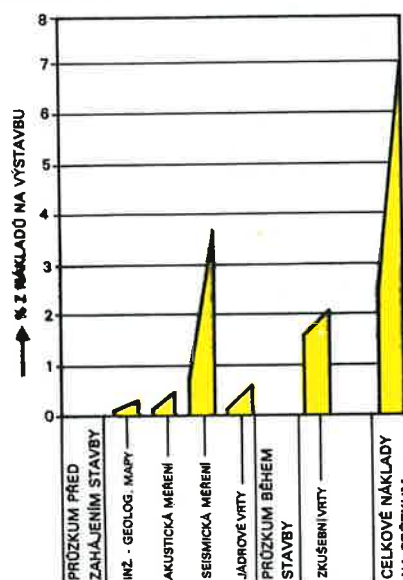
V přicházejících letech bude vysoká aktivita v projektování a realizaci podmořských tunelů v Norsku.

Podle publikace Norweigau  
Subsae Tuneling (1992)  
Zpracoval: Ing. Novotný

Tabl. 1. Podmořské tunelové stavby v Norsku po roce 1980

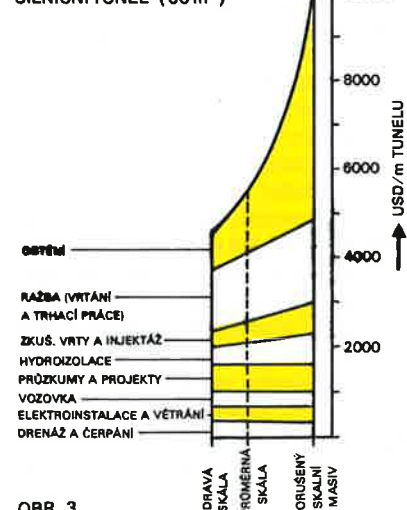
| Tunel        | rok  | délka  | nejhlubší brod | příčný profil     | skála              |
|--------------|------|--------|----------------|-------------------|--------------------|
| Slemmestad   | 1980 | 1,0 km | - 93 m         | 10 m <sup>2</sup> | jílovec, vápenec   |
| Vardö        | 1982 | 2,6 km | - 88 m         | 46 m <sup>2</sup> | břidlice, pískovec |
| Kårstø       | 1983 | 0,4 km | - 58 m         | 20 m <sup>2</sup> | tylit              |
| Karmsundet   | 1984 | 4,7 km | -180 m         | 26 m <sup>2</sup> | rula, tylit        |
| Fördesfjord  | 1984 | 3,4 km | -160 m         | 26 m <sup>2</sup> | rula               |
| Förlandfjord | 1984 | 3,9 km | -170 m         | 26 m <sup>2</sup> | rula, tylit        |
| Ellingsøy    | 1987 | 3,5 km | -140 m         | 68 m <sup>2</sup> | rula               |
| Valderøy     | 1987 | 4,2 km | -137 m         | 68 m <sup>2</sup> | rula               |
| Hjartøy      | 1987 | 2,3 km | -110 m         | 26 m <sup>2</sup> | rula               |
| Kvaisund     | 1988 | 1,5 km | - 56 m         | 43 m <sup>2</sup> | rula               |
| Godøy        | 1989 | 3,8 km | -153 m         | 48 m <sup>2</sup> | rula               |
| Flekkerøy    | 1989 | 2,3 km | -101 m         | 46 m <sup>2</sup> | rula               |
| Hvaler       | 1989 | 3,8 km | -120 m         | 45 m <sup>2</sup> | rula               |
| Nappstraumen | 1990 | 1,8 km | - 60 m         | 55 m <sup>2</sup> | rula               |
| Mausundet    | 1990 | 2,3 km | - 93 m         | 43 m <sup>2</sup> | rula               |
| Fannefjord   | 1990 | 2,7 km | -100 m         | 43 m <sup>2</sup> | rula               |
| IVAR, Jaeren | 1991 | 1,9 km | - 80 m         | 20 m <sup>2</sup> | tylit              |
| Kalstø       | 1991 | 1,2 km | -100 m         | 38 m <sup>2</sup> | ?                  |

PŘÍBLIŽNÉ ROZDĚLENÍ INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ



OBR. 2

PŘÍBLIŽNÉ ROZDĚLENÍ NÁKLADŮ NA DVOUPROUDOVÝ PODMOŘSKÝ SILNIČNÍ TUNEL (50 m<sup>2</sup>)



OBR. 3

STAVEBNÍ GEOLOGIE



GEOTECHNIKA a. s.

NEJVĚTŠÍ ODBORNÁ FIRMA S NEJDELŠÍ TRADICÍ A NEJROZSAHLEJŠÍMI ZKUŠENOSTMI V ČR  
V OBORECH INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE A GEOTECHNIKA

**NABÍZÍME, ZAJIŠŤUJEME, REALIZUJEME**

- PRŮZKUMNÉ PRÁCE ● PROJEKTOVÁNÍ ● MĚŘENÍ A MONITORING ● SPECIELNÍ POLNÍ ZKOUŠKY
- KONZULTACE A ODBORNÉ PORADY ●

**V CELÉM ROZSAHU DISCIPLIN**

- GEOTECHNIKA ● INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE ● ZAKLÁDÁNÍ STAVEB ● INŽENÝRSKÁ SEISMOLOGIE ● MECHANIKA ZEMIN ● MECHANIKA HORNIN ● HYDROGEOLOGIE ● GEOFYZIKA
- pro všechny stavby nové, rekonstrukce a opravy staveb a pro všechny úlohy, související s ochranou životního prostředí.

**JSME PŘIPRAVENI VÁM POMOCI, PORADIT, REALIZOVAT PRO VÁS UVEDENÉ ČINNOSTI, PRŮZKUM, PROJEKCI, CONSULTING, ZNALECKOU ČINNOST:**

- pro všechny druhy podzemních staveb (stoly, tunely, kolektory, sklady, zásobníky, garáže), včetně návrhů ostění a technologie ražby a odpovídajícího geotechnického monitoringu
- pro všechny stavby pozemní, občanské, průmyslové, energetické, dopravní a vodohospodářské, včetně návrhů založení objektů
- pro všechny stavby zemní a geotechnické (zářezy, násypy, výkopy, stavební jámy), včetně stabilitního řešení, návrhu zajištění stability a potřebného monitoringu
- pro geotechnické úlohy při ukládání odpadu do horninového prostředí a úlohy při ochraně životního prostředí
- řešení jakýchkoliv speciálních a mimořádných geotechnických úloh

NAŠIM CÍLEM JE HÁJIT VAŠE EKONOMICKÉ ZÁJMY POMOCÍ KOMPLEXNOSTI, VYSOKÉ KVALITY A ODBORNÉ ÚROVNĚ NAŠICH PRACÍ

NAŠI ODBORNÍCI VÁM POMOHOU NALÉZT OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ VAŠICH ÚLOH A PROBLÉMŮ

OČEKÁVÁME VAŠI NÁVŠTĚVU, NA VÝZVU PŘIJEDEME NA VAŠÍ STAVBU  
PRVNÍ KONZULTACI A PORADU POSKYTUJEME ZDARMA

Informace:  
S. G. GEOTECHNIKA a. s.  
Geologická 4  
152 00 Praha 5 - Barrandov

  
Ing. Alexandr Rozypal, CSc.  
ředitel

Telefony  
02-590 688, 590 691, 590 692  
590 709, 798 0161 (ústř.)  
Fax: 590 689, 590 710



**PÚDIS**

**DOVOLUJEME SI VÁS SEZNÁMIT S ODBORNÝM ZAMĚŘENÍM NAŠÍ FIRMY A NAVRHNOUT VÁM VZÁJEMNĚ VÝHODNOU OBCHODNÍ A TECHNICKOU SPOLUPRÁCI.**

**JSME PŘIPRAVENI KONZULTOVAT VAŠE PLÁNY, PROGRAMY ČI PROBLÉMY A PO VZÁJEMNĚ DOHODĚ JE PROFESIONÁLNĚ ZABEZPEČIT.**

Nabízíme vám zejména projekty městských dopravních systémů, projekty městských automobilových komunikací, projekty tramvajových a trolejbusových tratí, stanic metra, vozoven, měničů, napájecích kabelových a trolejových sítí, projekty mostů pro automobilovou a tramvajovou dopravu, podchody a lávky pro pěší, projekty dopravních a speciálních tunelů, projekty garáží, podzemních a pozemních objektů, městských zón klidu, podzemních inženýrských sítí. Nabízíme rovněž inženýrsko-geologické, hydrogeologické a geotechnické průzkumy, geologické mapování, průzkumy kvality životního prostředí, včetně návrhů ochranných opatření, stavebně technické průzkumy pro modernizaci bytového fondu, geodetické průzkumy, výtčování a sledování staveb, digitální technické mapy a programy pro automatizaci projektování.

Výsledky naší práce je možno hodnotit v České republice a Slovenské republice, ale i v některých zemích Evropy, Asie, Afriky a Ameriky.

Věříme, že ani vás v případě vašeho zájmu neklameme.

Další informace vám poskytneme na dále uvedených adresách:

**Vedení firmy PÚDIS Praha**

Nad vodovodem 169, 100 00 Praha 1, telefon 776 645, FAX 770 656

**Středisko projektování dopravních staveb a inženýrských sítí**

Nad vodovodem 169, 100 00 Praha 10, telefon 77 52 53, FAX 77 66 43

**Středisko projektování mostních a dopravních staveb a inženýrských sítí**

Legerova 69, 112 70 Praha 1, telefon 236 78 59

**Středisko inženýrsko-geologického průzkumu, geotechnických prací a průzkumu životního prostředí**

Vocářova 3, 180 00 Praha 8, telefon 821 496, FAX 68 37 19 1

**Středisko projektování tunelových, podzemních a pozemních staveb**

Nad vodovodem 169, 100 00 Praha 10, telefon 77 85 42



UNDERGROUND  
CIVIL ENGINEERING  
BEZOVÁ 1658  
147 14 PRAHA 4  
CZECH REPUBLIC  
PODZEMNÍ  
INŽENÝRSKÉ STAVBY  
TELEPHONE (02)4781 111  
TELEFAX 466 179  
TELEX 122529-VIS

RAŽENÁ LINOVÁ  
PODZEMNÍ DÍLA  
KANALIZAČNÍ SBĚRAČE  
ODVODŇOVACÍ STOLY A JÁMY  
VODNÍ PRIVADĚČE  
MĚSTSKÉ KOLEKTORY  
ŠTOLY PRO DÁLKOVÉ HORKOVODY  
SILNIČNÍ A ŽELEZNIČNÍ TUNELY  
ŠIKMÉ PRIVADĚČE A CHODBY  
VĚTRACÍ A DOPRAVNÍ ŠACHTY  
KAVERNÝ - PODZEMNÍ HALOVÉ  
PROSTORY  
PODZEMNÍ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD  
SKLADY EKOLOGICKY  
NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ  
CHLADÍRENSKÉ SKLADY  
ZÁSOBNÍKY PLYNU A ROPY

VŠE, CO NABÍZÍME,  
JSME UŽ  
POSTAVILI...

**SUBTERRA A.S.**  
**SUBTERRA A.S.**  
**SUBTERRA A.S.**  
**SUBTERRA A.S.**  
**SUBTERRA A.S.**  
**SUBTERRA A.S.**

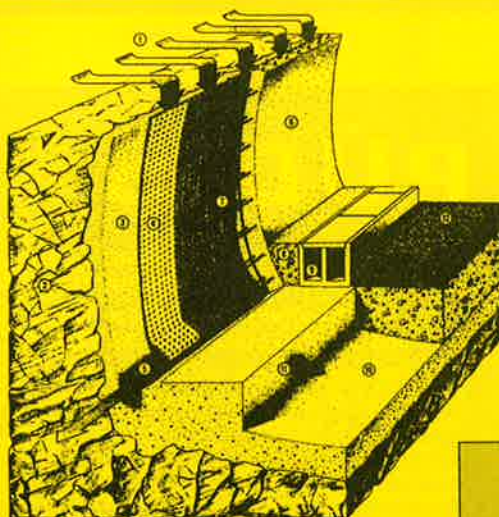
ECOOP Praha výhradní zástupce firem ETERNIT  
SAARGUMMI  
DÖRKEN  
BAUDER  
SITA  
RODECA  
BOSTIK



## PROFILOVANÉ FOLIE DELTA z polyetylenu vysoké hustoty

- drenážní folie pro inženýrské stavby s vysokou únosností v tlaku a velkou drenážní kapacitou
- drenážní a ochranné folie základů (místo izolační přizdívky)
- sanování tunelů a vlhkých stěn pomocí folie DELTA-PT

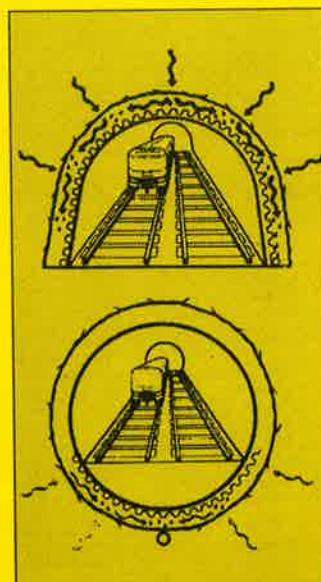
- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1) puklinová a proesakující voda                   | 6) stříkaný beton vnitřní část       |
| 2) skála   | 7) výztuž vnitřní části              |
| 3) stříkaný beton                                  | 8) výplňový beton                    |
| 4) DELTA-PT, profilovaná folie s navázanou mřížkou | 9) kabelový kanál                    |
| 5) drenáž  | 10) základ                           |
|  | 11) spojení k páteřní drenážní větvi |
|  | 12) štěrkové lože                    |



**DÖRKEN**

### Z další nabídky firmy ECOOP

- systém plochých střeš
- systém šikmých střeš
- fasádní systémy
- podlahové systémy



ECOOP Praha

Tel.: 02/84 17 135  
FAX: 02/42 84 305

Technické podklady a zajištění odborných konzultací problémových případů s našimi techniky, odborné semináře a školení.

**ECOOP ... jsou místa, kde se vyplatí jistota.**

# VODNÍ STAVBY PRAHA

**AKCIOVÁ SPOLEČNOST  
STAVEBNÍ DIVIZE 05 PRAHA  
DOBRONICKÁ 635, PRAHA-LIBUŠ, 148 27**

## NABÍZÍ

Protlačování železobetonových trub DIN 1700 mm soupravou PS 1700 pro kanalizace i kolektory.

•  
Horizontální beranění ocelových trub DIN 100 až 800 mm soupravami Titan a Gigant.

•  
Propichování zařízením Grundomat DIN 130 mm se zatahováním ocelových nebo plastových trub do DIN 110 mm.

•  
Protlačování železobetonových trub DIN 1700 do délky 100 m a s použitím mezistanice až do délky 150 m s odchylkou do  $\pm 50$  mm od projektované osy.

•  
Horizontální beranění v délkách do 40 m v závislosti na průměru beraněného potrubí a na geologických podmínkách s přesností  $\pm 50$  mm od projektované osy.

•  
Propichování do délky 20 až 25 m.

**MÁME KVALIFIKACI I ZKUŠENOST  
A  
VYJDEME VSTRČÍC VAŠIM POŽADAVKŮM**

**VODNÍ STAVBY PRAHA**

**OBRAŤTE SE KDYKOLIV NA**

**VODNÍ STAVBY PRAHA**

STAVEBNÍ DIVIZE 05,  
DOBRONICKÁ 635, PRAHA 4-LIBUŠ, PSČ 148 27  
TEL. (02) 471 4484 FAX (02) 4713254

# VODNÍ STAVBY PRAHA

akciová společnost Stavební divize 05 Praha

VÁM ZAJISTÍ VODOHOSPODÁŘSKÉ A INŽENÝRSKÉ STAVBY  
OD PRŮZKUMNÝCH PRACÍ A PROJEKTU AŽ KE KOLAUDACI

## STAVÍME

Vodovodní rozvody • vodojemy • čerpací stanice • kanalizační stoky • retenční dešťové zdrže •  
čistírny odpadních vod • přečerpávací stanice • skládky komunálních i prům. odpadů • jezy •  
malé vodní elektrárny • přečerpávací elektrárny • haly • garáže • podzemní parkinky •

## POUŽÍVÁME A NABÍZÍME TECHNOLOGIE PRO VÝSTAVBU ŠTOL

- V JAKÝCHKOLIV GEOTECHNICKÝCH PODMÍNKÁCH (S POUŽ. TRHAVIN I BEZTRHAVINOVÁ RAŽBA STROJEM DOSCO)
- PROTLAKY ŽEL. BETONOVÝCH I OCELOVÝCH CHRÁNIČEK V ŠÍROKÉ ŠKÁLE PROFILŮ  $\varnothing$  800–1700–2200 MM
- PROPICHOVÁNÍ S CHRÁNIČKOU  $\varnothing$  11 CM (PRO PŘÍPOJKY, KABELY APOD.)
- KANALIZAČNÍ ZDIVO STOK, VČETNĚ SPOJNÝCH KOMOR, DEŠŤOVÝCH ODD. A POD.
- ZVLÁŠTNÍ VODOTĚSNÉ PŘEVODNÍKY STOK S HYDROIZOLACÍ SIKÁ
- SANAČNÍ PRÁCE A DODATEČNÉ UTĚŠŇOVÁNÍ NÁDRŽÍ A VODOJEMŮ
- CERTIFIKOVANÉ BANKOVNÍ TREZORY ZE SPECIÁLNÍCH VYSOKOPEVNOSTNÍCH BETONŮ
- VODOTĚSNÉ BETONY
- ZAJISTÍME KOMPLETNÍ DODÁVKU STAVBY NA KLÍČ PODLE POŽADAVKŮ ZÁKAZNÍKA

MÁME KVALIFIKACI I ZKUŠENOST  
A  
VYJDEME VSTRČÍ VAŠIM POŽADAVKŮM

VODNÍ STAVBY PRAHA

Obraťte se kdykoliv na  
VODNÍ STAVBY PRAHA  
Stavební divize 05

Dobronická 635, Praha 4-Libuš, PSČ 148 27  
Tel. (02) 471 4484 Fax (02) 4713254