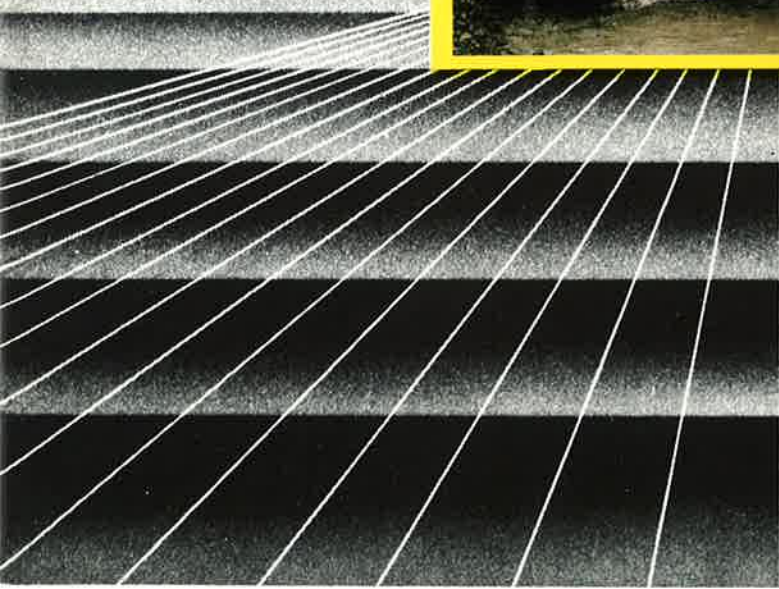


# Tunnel

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 zpravodaje „TUNEL“

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

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

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

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

**VÝSTAVBA  
KAMENOUHELNÝCH  
DOLŮ**  
Vašíčkova 3081  
272 04 KLADNO

**VÚIS**  
Botanická 68a  
602 00 BRNO

**VÚIS**  
Lamačská 8  
817 14 BRATISLAVA

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

**ŽELEZNIČNÍ  
STAVITELSTVÍ, stř. 04-IS**  
Renneská 540  
662 85 BRNO

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

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

**VŠB – Katedra geot.  
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

**STAVEBNÁ 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. Jaroslav Grán . . . . .	str. 1
České a Slovenské tunelové stavby – prof. Ing. Jiří Mencl . . . . .	str. 3
Spojka Nantenbach – Ing. Jiří Brejcha . . . . .	str. 6
Stav geologického výzkumu bezpečného uložení vysoce radioaktivních odpadů v CSFR – RNDr. Jiří Kříž, CSc. . . . .	str. 11
Přivaděč pitné vody Želivka–Praha – 20 let v provozu – Ing. Miroslav Uhlík . . . . .	str. 13
Historie stavby tunelů – Masarykův tunel na železnič- ní trati Prievidza–Handlová–Horná Štubňa Ing. Karel Borovský . . . . .	str. 14
Tunel Mrázovka – Ing. Jaromír Čížek, Ing. Pavel Krásný, Ing. Pavel Mařík . . . . .	str. 16
Integrovaný výpočtový systém pro navrhování a posuzování stability výlomu a výztuže tunelu ražených novou rakouskou tunelovací metodou u nečleněného výrubu – prof. Josef Aldorf, DrSc. . . . .	str. 20
Nové možnosti použití izolačních materiálů v podzemním stavitelství – Veronika Fesslová . . . . .	str. 21
Pružné těsnění tunelů a fólií z PVC – Ing. Heinrich Fenner . . . . .	str. 23
„Nová rakouská“ na stanici Vysočanská – Ing. Václav Soukup . . . . .	str. 25
Ještě k výstavbě stoky F na 1. stavbě NČOV Praha – Ing. Miloslav Novotný . . . . .	str. 26

---

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

---

## REDAKČNÍ RADA

Předseda ing. Jaroslav Grán, a. s. METROSTAV  
Ing. Pavel Mařík – PŮDIS, ing. Lúboš Čižmár – PŮDOS,  
ing. Jaroslav Raclavský – Ingstav Brno, RNDr. Josef Mühldorf –  
Stavební geologie a. s., ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby s. p.,  
ing. Miloslav Novotný – Vodní stavby O5, ing. Miroslav Uhlík –  
Subterra, ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
Petr Podloucký, PhDr. Miroslav Kadlec, ing. Ladislav Pazdera,  
ing. Pavel Polák – a. s. METROSTAV, ing. Otakar Vrba –  
Stavební geologie a. s.

---

## 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: 876 160, 877 495 redakce: 87 23 499  
Ved. redaktor: PhDr. Miroslav Kadlec  
Grafická úprava: Petr Míšek  
Odborný redaktor: Ing. Miloslav Novotný a Ing. Ladislav Pazdera  
Fotografie: Josef Husák  
Fotografie na obálce: archiv Vodní stavby O5

---

## Sazba, tisk a tiskařské práce:

TURNOVSKÉ TISKÁRNĚ  
511 01 TURNOV, Svobodova 1431  
V případě zájmu čtenáře redakce poskytne odborný překlad do  
angličtiny.

---

# Tunnel

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

## CONTENTS

Editorial – Ing. Jaroslav Grán . . . . .	page 1
<b>Czech and Slovak tunnel constructions –</b>	
prof. Ing. Jiří Mencl . . . . .	page 3
Nantenbach joint – Ing. Jiří Brejcha . . . . .	page 6
<b>The state of geological research of safe deposition of highly radioactive waste in CSFR –</b>	
RNDr. Jiří Kříž, CSc. . . . .	page 11
<b>Drinking water supply Želivka – Praha has been in operation for 20 years – Ing. Miroslav Uhlík . . . . .</b>	<b>page 13</b>
<b>The history of tunnel construction – Masaryk's tunnel on the railway line Prievidza – Handlová – Horná Štubňa – Ing. Karel Borovský . . . . .</b>	<b>page 14</b>
<b>Mrázovka tunnel – Ing. Jaromír Čížek, Ing. Pavel Krásný, Ing. Pavel Mařík . . . . .</b>	<b>page 16</b>
<b>Integrated computing system for designing and evaluating stability of output and tunnel bracing of tunnels driven by a new Austrian method with a non-segmented driving – prof. Josef Aldorf, DrSc. . . . .</b>	<b>page 20</b>
<b>New methods of using insulating materials in under- ground engineering – Veronika Fesselová . . . . .</b>	<b>page 21</b>
<b>Flexible tunnel PVC foil insulant – Ing. Heinrich Fenner . . . . .</b>	<b>page 23</b>
<b>"New Austrian" at the Vysočanská station – Ing. Václav Soukup . . . . .</b>	<b>page 25</b>
<b>Something more about construction of the building F on the 1st construction NČOV Praha – Ing. Miloslav Novotný . . . . .</b>	<b>page 26</b>

News from Czech and Slovak Tunnelling Committee  
ITA/AITES . . . . .

News from international tunnelling association ITA/AITES . . . . .  
From the world of the underground constructions . . . . .

## EDITORIAL STAFF

Chairman ing. Jaroslav Grán, METROSTAV  
ing. Pavel Mařík – PŮDIS, ing. Lúboš Čizmar – PŮDOS,  
ing. Jaroslav Raclavský – Ingstav Brno, RNDr. Josef Mühlendorf –  
Stavební Geologie a. s., ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby s. p.,  
ing. Miloslav Novotný – Vodní stavby 05, ing. Miroslav Uhlík –  
Subterra, ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
Petr Podloucký, PhDr. Miroslav Kadlec, ing. Ladislav Pazdera,  
ing. Pavel Polák – METROSTAV, ing. Otakar Vrba –  
Stavební geologie a. s.

## FOR THE SERVICE REQUIREMENTS PUBLISH

Czech and Slovak Tunnelling 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, 877 495  
Newsroom phone: 87 23 499  
Editor in chief: PhDr. Miroslav Kadlec  
Graphic: Petr Míšek  
Special editor: ing. Miloslav Novotný and ing. Ladislav Pazdera  
Pictures: Josef Husák  
Cover: archives Vodní stavby 05

## TYPE, PRESS AND PRINTER'S WORK:

UNIPRESS s. r. o., TURNOV PRINTING OFFICE, State Enterprise  
511 01 TURNOV, Svobodova 1431  
In case of reader's interest newsroom will be able to provide special  
translation to English.



Vážení kolegové a čtenáři,

do nového roku 1993 vstupuje již 24. ročník zpravodaje „TUNEL“ (2. ročník s novým názvem), ale se změnou podstatnou, že ročník 1993 bude mít nový titul „Zpravodaj Českého a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES. Důvod je prostý. Po rozdělení ČSFR došlo k dohodě na posledním zasedání v Košicích, vytvořit dva samostatné komitéty mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES. Od 1. ledna 1993 budou existovat Český a Slovenský tunelářský komitét

ITA/AITES, které se stanou rovněž členy ITA/AITES, ale budou i nadále společně vydávat zpravodaj „TUNEL“.

Čtenář si položí otázku, k čemu asociace slouží. Asociace byla založena s cílem napomáhat při využívání podzemí a rozvoji stavebních technologií při navrhování a provádění podzemních staveb. Tento cíl uskutečňuje výměnou informací, pořádáním veřejných setkání, organizováním a koordinací studií, zobecňováním zkušeností a doporučením vhodných cest rozvoje.

Asociace přijímá z každého státu pouze jednu kolektivní národní společnost. Tato národní společnost musí reprezentovat příslušný stát v obdobné šíři, jako mezinárodní asociace. Její organizace není určena, může být různorodá, a má odpovídat zákonům příslušné země. Může to být společnost individuálních členů, organizace zaměřená na tunelování, anebo to může být výbor, který zastupuje řadu organizací. Mimo kolektivní národní členství přijímá mezinárodní asociace tzv. „přidružené“ členy a to jak organizace tak i fyzické osoby. Asociace udržuje styky s příbuznými nevládními organizacemi, které se zabývají příbuznými technickými problémy (mechanika zemin a hornin, inženýrská geologie, betonové konstrukce atd.) nebo využitím podzemí (silnice, železnice, metro, hydroelektrárny atd). Pochopitelně spolupracuje i s hornictvím, ale jen v oblasti výstavby šachet a dopravních cest, nikoli v oblasti těžby.

Redakční rada „TUNELU“ v letošním roce chce nadále pokračovat v tradici zveřejňování důležitých informací z činnosti národních komitétů, mezinárodní asociace a vytvořit pravidelný tok zajímavých článků, fotografií, faktů pro českou i slovenskou odbornou veřejnost. Snahou bude rovněž zlepšit grafickou úroveň i anglickou anotaci včetně popisků v angličtině. Do nového roku Vám přeji jménem redakční rady mnoho pracovních úspěchů, rodinné pohody a zpravodaji „TUNEL“ co nejvíce článků i příspěvků.

Ing. Jaroslav Grán  
předseda redakční rady

ECOOP Praha výhradní zástupce firem ETERNIT

SAARGUMMI

DÖRKEN

BAUDER

SITA

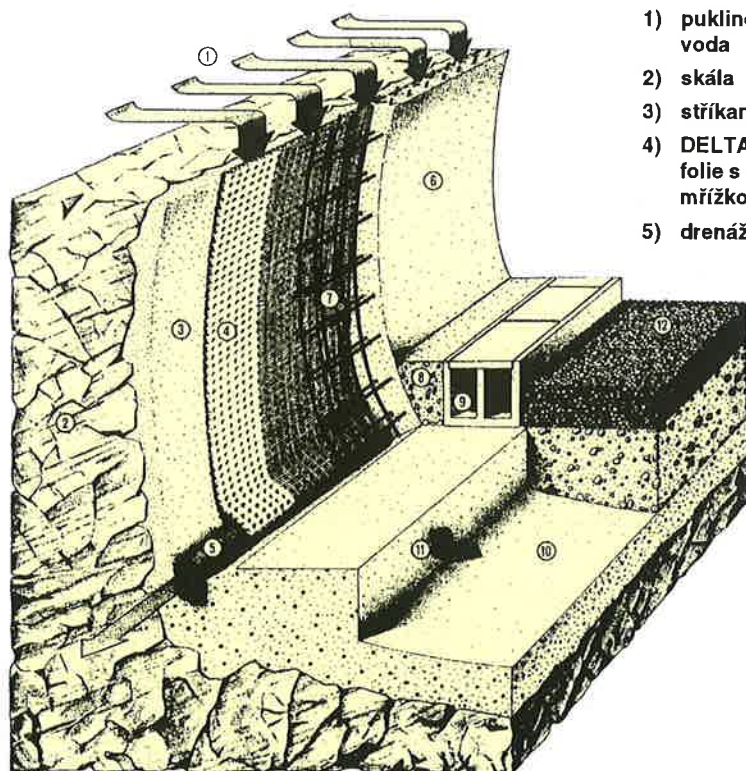
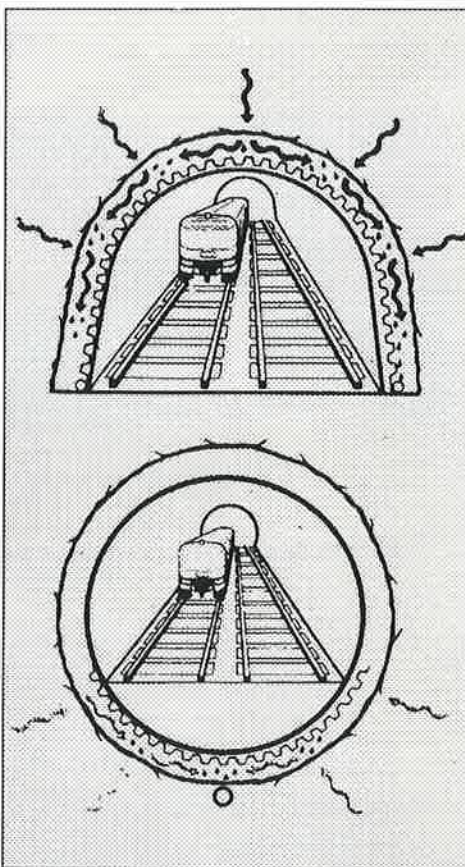
RODECA

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 prosakující voda
- 2) skála
- 3) stříkaný beton
- 4) DELTA-PT, profilovaná folie s navařenou mřížkou
- 5) drenáž
- 6) stříkaný beton vnitřní část
- 7) výztuž vnitřní části
- 8) výplňový beton
- 9) kabelový kanál
- 10) základ
- 11) spojení k páteřní drenážní větvi
- 12) šterkové lože

**DÖRKEN**

## Z další nabídky firmy ECOOP

- systém plochých střech
- systém šikmých střech
- fasádní systémy
- podlahové systémy

ECOOP Praha  
Lyčkovo náměstí 8  
180 00 Praha 8  
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.**

# ČESKÉ A SLOVENSKÉ TUNELOVÉ STAVBY

AUTOR: PROF. JIŘÍ MENCL, AUTORIZOVANÝ INŽENÝR PRO GEOTECHNIKU, BRATISLAVA

**AUTHOR IN HIS ARTICAL DEALS WITH THE HISTORY OF TUNNEL CONSTRUCTIONS IN CZECHOSLOVAKIA FROM THE DRIVING OF THE RAILWAY TUNNELS DURING THE FIRST HALF OF THE 19th CENTURY. HE DESCRIBES USED TECHNOLOGIER, THE MOST SIGNIFICANT TUNNEL STRUCTURES AND THEIR COMPARISON WITH TODAY'S TECHNOLOGIES AND PERFORMANCES.**

Vývoj tunelového stavitelství na našich územích by nás měl zajímat z několika důvodů. Uvedu tři: správný přístup k údržbě a sanacím starých tunelů by měl být založen na představě, jak byly skutečně navrhovány a prováděny; znalost vývoje staveb umožňuje pochopit dlouhodobé vývojové trendy; v životě inženýrů předcházejících generací najdeme pro sebe vzory i poučení.

## ZAČÁTKY TUNELOVÁNÍ U NÁS

Do prehistorie našich tunelových staveb náležejí díla jako Rudolfova štola pod Letnou pro vedení vody do Královské Obory (Stromovky) v Praze, a dědičné štoly v báňských městech na Slovensku, které dávaly razit celé generace podnikatelů až do nejnižších horizontů rudných dolů, aby se mohly gravitačně odvodnit. Ale prvý skutečný rozmach tunelování ve velkých profilech u nás nastal až se vznikem a rozvojem železnic v minulém století.

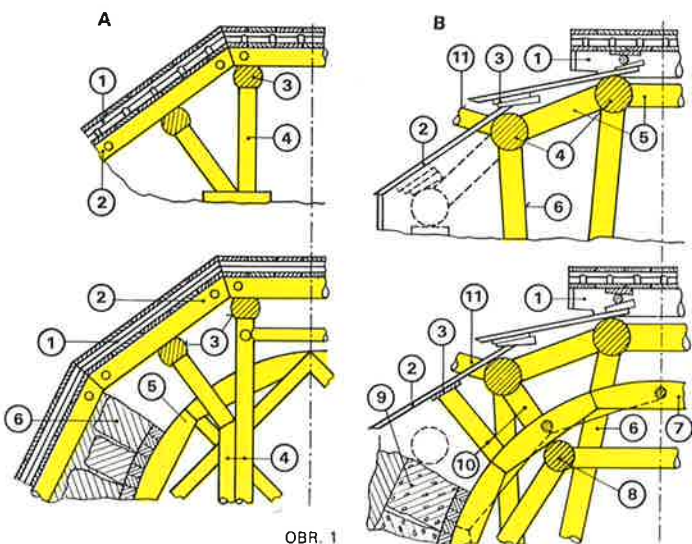
Metoda, kterou byly stavěny naše první železniční tunely, byla poprvé uplatněna na stavbě dráhy Drážďany–Lipsko, v tunelu Oberau (1837–1840). Je důležité si uvědomit, že ji navrhli přízvaní horníci. Ti řešili nový úkol ražení jednokolejného železničního profilu podle jim známého způsobu ražení menšího profilu báňské chodby. Místo lichoběžníkových veřejí, jimiž se tradičně vydřevovaly malé štoly, navrhli dřevěné polygonální oblouky, které nesly podélně uložené pažnice a byly podepřeny další výdřevou. Tunelová výstroj pažnice a byly podepřeny další výdřevou. Tunelová výstroj tohoto uspořádání se obecně označuje jako příčnicková; dnes jako příčnický ovšem spíše slouží ocelové oblouky. Tunel se při tom razí dopředu po záběrech od příčnicku k příčnicku.

Postup s dřevěnými polygonálními oblouky se rozšířil v rakouské monarchii a, i když vznikl v Sasku, začal být označován jako „rakouská tunelovací soustava“. I naše nejstarší tunely byly raženy tímto způsobem. První byl tunel u Třebovic na trati Olomouc–Praha, 510 m dlouhý, postavený v letech 1842–1844. Byl původně dvokolejný a vyzdělali ho s velkými obtížemi ve velmi tlačivých a bobtnavých křídových slínec. Proto ho bylo nutno později víckrát nákladně rekonstruovat. Tento náš první tunel a celá dráha olomoucko-pražská je spojena s činností inženýra Františka Antonína Gerstnera, projektanta naší první (koňské) železnice Budějovice–Linec a ruské první (parní) dráhy Petrohrad–Moskva. Byl to syn profesora Františka Jozefa Gerstnera, jehož roku 1806 založil vůbec první technickou vysokou školu, Polytechnický ústav v Praze.

## RAKOUSKÁ TUNELOVACÍ SOUSTAVA NA NAŠICH TUNELECH

Stejnou metodou, kterou použili u Třebovic, byly potom raženy další naše tunely, např. bratislavský tunel (trať Vídeň–Budapešť) a tunely na trati Brno–Česká Třebová (1843–1849). Později tuto metodu s dřevěnými polygonálními příčnickou začali retrospektivně označovat jako „starou rakouskou tunelovací soustavu“. Když totiž roku 1853 začala stavba rakouské Krasové dráhy s dlouhými tunely, došlo v rakouské monarchii k prvnímu velkému tunelářskému převratu: tunely začali razit po pasech, z více míst otvíraných z předem předražené směrové štoly. To mělo umožnit, aby se pod zemí umístilo více minérů a tím urychlila stavba dlouhých tunelů. Jednotlivé pasy se otvíraly ze směrové a stropní štoly příčně a byly vystrojovány podélníkovou výdřevou. Její příčně uspořádané pažení bylo podepřeno podélními nosníky (dřevěnými podélníky čili longarínami) a ty spočívaly na „plných vazbách“ z dřev, postupně prodlužovaných na prohlubované dno „plného výlomu“. Vhodná délka longarín (s ohledem na přirozenou kuželovitost kulatiny) byla 8 m a proto všechny naše takto stavěné tunely jsou členěny na zpravidla 8 m dlouhé samostatně vyzděné pasy.

Boj za zavedení nové metody byl tvrdý. Stoupenci nové (podélníkové) metody si ji označili názvem „moderní rakouská tu-



Obr. 1 Porovnání starší příčnickové výdřevy (vlevo) a novější podélníkové výdřevy (vpravo) v našich tunelech.

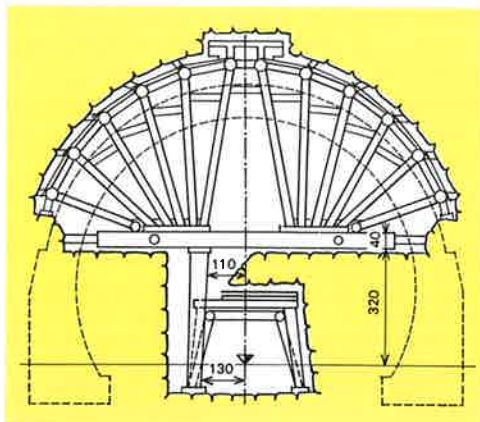
Nahoře: výdřeva při postupném otevírání výrubu, dole: postup při vyzdívání obezdívky po vrstvách. A – příčnicková výdřeva: 1 – pažení, 2 – příčnick, 3 – podvlák, 4 – stojka plné vazby, 5 – zednický ramenát, 6 – zdívo klenby; B – podélníková výdřeva: 1 – podvoj (kapna) stropní štoly, 2 – pažnice, 3 – odstavnice (filata), 4 – podélník (longarína), 5 – rozpěra mezi podélníky, 6 – stojka plné vazby, 7 – zednický ramenát, 8 – zednický podvlák, 9 – zdívo klenby, 10 – stojka pro provizorní odepření o ramenát, 11 – rozpěra mezi výdřevou a hominou.

nelovací soustava" a původní metodě s polygonálními příčnicíky s despektem přisoudili označení „stará rakouská tunelovací soustava“ – a to vše se stalo v polovině minulého století sto let předtím, než vznikla NATM čili Nová rakouská tunelovací metoda. Stará metoda po této porážce zmizela z naší scény a sto let o ní u nás neuslyšíme. Ale nezmezila ze scény světové. Dále ji užíval slavný František Ržiha, jenž vykonstruoval kovové příčnicíky, upravené tak, aby je bylo možno po dokončení obezdívky odejmout. Ty se potom používaly v modifikaci tunelářské firmy Kunz jako tzv. Kunzova výstroj. Viděl jsem ji ještě v padesátých letech na stavbě metra v Budapešti a soudě podle prospěktů se užívá dodnes. Dřevěné polygonální příčnicíky se nejdéle udržely v USA, kde z nich vytvářeli definitivní ostění – můžete je občas vidět ve filmu, díváte-li se jako já na staré westery. Začátkem našeho století ale tyto dřevěné tunely většinou vybetonovali, ovšem bez toho, že by odstranili výdřevu. Potom místo polygonálních dřevěných oblouků začali používat ocelové oblouky z I-profilů se širokými přírubami, aby dobře nesly pažení. Tak ze „staré“ metody vznikla nová americká, „full face driving“, rozšířená po celém světě. Dnes ji ale postupně vytlačí NATM se stříkaným betonem a kotvami.

### OBDOBÍ ŽELEZNIČNÍHO TUNELOVÁNÍ U NÁS

Ale vraťme se na území našich států. Spolu s rakouskou metodou přenesli sem svoje umění italští minéři. Ti razili tehdy slavné alpské tunely, včetně nejdelšího, Simplonského (20 km). Na naše tunely přicházeli ovšem minéři z těch částí Itálie, které ještě držela stará habsburská monarchie. Zůstala po nich u nás, jako i jinde v Evropě, tunelářská terminologie, jako kalota, longariny, (marčavanty marcia avanti, hnané pažení). Tunelářský a železniční boom, který se rozvinul, vedl k tomu, že party dělníků táhly ze stavby na stavbu. Tak vznikli barabové, jejichž jméno pochází ze zkomoleného názvu železničního dělníka (německy Bahnarbeiter). Dobře se uplatnili také čeští inženýři, z nichž František rytíř von Ržiha se stal profesorem železnic a tunelů ve Vídni. Máme z těchto let množství překrásně řešených tunelových tratí, např. v soutěsce Váhu u Strečna anebo na stoupající železniční rampě od Hronské Dúbravy ke Kremnici a v mnohých údolích Čech a Moravy; jsou to významné technické památky ze století páry.

Obr. 2 Výdřeva plného profilu při podélnkové rakouské tunelovací soustavě (Bujanovský tunel). Stavební fáze pro osazování hlavních sloupů pod hlavní příčné prahy.



OBR. 2

Mohutný vývoj tunelového stavitelství byl v této epoše přerušen jen dvakrát. Poprvé to způsobila hospodářská krize, která začala pověstným krachem na vídeňské burze cenných papírů roku 1873. Objem výroby tehdy u nás klesl na třetinu, zhroutil se průmysl a úplně se zastavily veřejné práce. Naši tuneláři ztratili práci a z inženýrů měli štěstí ti, kteří se uchýlili jako přednostové stanic nebo technici na tratích, které předtím stavěli.

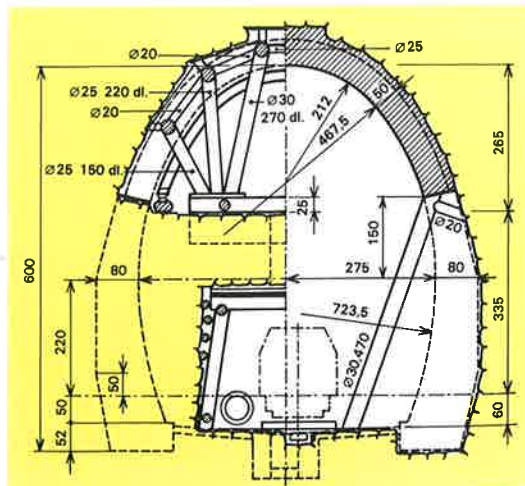
Podruhé se vše zastavilo, když začala první světová válka roku 1914. Tunelářské umění se uplatňovalo jen na jižní (italské) frontě, kde si minéři z rakouské monarchie a z Itálie navzájem podkopávali a vyhazovali do vzduchu opevněné pozice spolu s celými vrcholky alpských hor.

Když vznikla roku 1918 společná republika Čechů a Slováků, trvalo dlouho, než se hospodářství zvedlo z válečného rozvratu. Až po sedmi letech mohla nová republika začít novou velkou inženýrskou stavbu. Byl to tunel pod Polanou (2421 m), postavený v letech 1925 až 1929 na nové trati Nové Město nad Váhom–Veselí na Moravě. Tentokrát sem jako odborníci přišli minéři z Chorvatska. Zůstali již u nás natrvalo. S nimi se potom vyučili slovenští minéři, nejdříve od Myjavy, potom od Červené Skály, Telgártu, Starých Hôr, zo Špania Doliny, tak jak výstavba nových tratí a železničních tunelů postupovala podél Slovenska. Tehdy vznikly dlouhé slovenské tunely, jako Bralský (3 010 m, 1927–1931, trať Horná Štubňa–Handlová), Harmanecký (4 698 m, 1937–1941, Banská Bystrica–Diviaky), Bujanovský (3 410 m, 1951–1955, Košice–Žilina) a Jablonovský (3 120 m, 1951–1954, Turňa nad Bodvou–Rožňava).

Za druhé světové války se tedy aktivita tunelářů nezmenšila, na Slovensku se dokonce i posílila, protože v železniční síti bylo nutno nahradit spoje, přerušené zábořem jižního Slovenska. Za války byly tedy dokončeny tunely na tratích Ban. Bystrica–Diviaky, Prešov–Strážné, vystavěn nový tunel v Tisovci, rozestavěn další tunel pod Dielikom u Tisovce, začaty tunely u Slavošovec, Hniezdneho, Nižných Ružbach, Banskej Štiavnice a silniční tunel pod Hradem v Bratislavě. Některé z rozestavěných tunelů byly později dokončeny, jiné se staly po návratu Slovenska do trianonských hranic zbytečnými. Bylo též nutno rychle opravit tunelové trati zničené při bojích na našem území, zejména u Strečna a u Starých Hôr. Ale i v Čechách a na Moravě se pracovalo, zejména na stavbě tratí Brno–Havlíčkův Brod a na rekonstrukcích starých tunelů.

Můžeme tedy říci, že období železničního tunelování po první světové válce u nás trvalo od roku 1925 až zhruba do 1955. Potom

Obr. 3 Podchycovací (belgická) tunelovací soustava při klasickém uspořádání s podélnkovou výdřevou. Vlevo: výlom kaloty, vpravo: podchycování klenby.



OBR. 3



se výstavba velkých železničních tunelů ukončila, minérské party se rozešly a minéři se uplatnili až na stavbě vodní elektrárny Lipno na Vltavě, kde razili kavernu, šachty a dlouhý odpadní tunel. Tak skončilo období klasických tunelovacích metod, především rakouské metody, na našem území.

## KONSTRUKCE NAŠICH STARÝCH TUNELŮ

Občas bývám dotazován, jak byly naše tunely vyzdívány a jak mohla být výdřeva odstraňována bez zazdění některých částí. Odpověď na tyto otázky záleží na stáří tunelu. Na obr. 1 je schematicky vyznačen postup při staré příčnickové rakouské soustavě (vlevo) a při podélníkové soustavě, které se kdysi říkalo „moderní“ a kterou jsme používali asi do roku 1955. Odtud plyne, že při staré příčnickové soustavě a v tlačivé hornině nebylo možno výdřevu vyjmout nazpět. Jak jsme již uvedli, v USA ji soustavně zabetonovávali do ostění ve všech případech. Ale rakouská soustava s longarínami (na obr. 1 vpravo) měla propracované, i když pracné, řešení. Každý pas se vějířovitě rozšiřoval od stropní štovy na obě strany. Místo pro osazení nové longaríny bylo proti hornině chráněno pažením, jehož poloha byla zabezpečena pákovým účinkem dřevěných klínů. Ty působily přes dřevěnou filatu (odstavnicí), která umožňovala samostatně vyjmout anebo vyměnit kteroukoliv pažinu. Stejně se výdřeva odstraňovala: po vyjmutí longaríny zůstalo místo pro novou vrstvu zdiva v obezdívce a zednické práce byly chráněny pažením díky vyklínování pažnic na opačných koncích.

Uspořádání obezdívek v našich starých tunelech, kromě těch nejstarších, v nichž použili starou rakouskou metodu s příčnicí, odpovídalo výše uvedenému principu:

1. Ostění tunelového pasu vznikalo zděním po 8 m dlouhých vrstvách. Aby vrstva byla hned nosná a bylo možno v případě nouze do ní opřít i výdřevu při vyzdívání, muselo se vyzdívat z kamene. Postupně se šířilo použití betonů, ale to bylo možné jen v operách, a jen tam, kde v hornině nebyly boční tlaky. V klenbách, nebyly-li hornina tlačivá, mohlo být místo kamenného zdiva použito zdivo z betonových kvádrů.

2. Podle předpisu našich dráh se jednalo (kromě nejtěžších typů obezdívek, které se téměř nepoužívaly) o lomové kamenné zdivo. Ale ve skutečnosti se požadovalo zdivo řádkové, z kamenů v líci obdélníkových, které se k hornině dozdívalo lomovým zdívkem z nepravidelných kamenů. Tato snaha o pěkný vzhled měla nepředvídaný následek: napětí od normálové prstencové síly  $N$  se koncentrovala k líci ostění, protože tam bylo lepší a tedy tužší zdivo. V tlacích tedy i dobře dimenzovaná, ale záměrně v líci příliš dobře provedená obezdívka křehce praskala.

3. Postup stavby ostění po jednotlivých vrstvách pod ochranou dřevěného pažení umožňoval ukládat na rub vyzdívané klenby rubovou izolaci. Zpravidla byla z přesahovaných a navařovaných asfaltových desek s rozměry 800/600/10 mm, litých z asfaltové živice s nerostnou moučkou a azbestovými vlákny. Nadvýlom k hornině (několik dm, aby dosáhl izolátér, se plnil porézním betonem, kterým probíhaly drenážní trubky pro gravitační odvedení podzemní vody. Drény se na úrovni klenbových patek sváděly do svislých průduchů, vnechaných ve vzdálenostech 50 až 200 cm (podle zvodnění horniny) ve zdivu opěr při horině.

4. Za války byly asfaltové kryty postupně nahrazovány 10 cm silnou vrstvou nepropustného betonu (s německým Tricosalem). Tyto vrstvy byly křehké a tedy popraskaly, když se při postupném vyzdívání a izolování po vrstvách pod nimi zákonitě deformovala obezdívka, uložená na deformující se dřevěné skruži. Proto je např. netěsný tunel pod Hradem v Bratislavě.

5. Zásadní chybou bylo, že investor objednával izolace jen pro ty pasy, které se ve výlomu jevíly jako mokré. Později se drenáže za obezdívkami zanesly (většinou pro nedostatečnou údržbu) a voda se přestěhovala do původně suchých míst.

6. Hlavní příčinou nynějšího zlého stavu mnohých starších tunelů je ztráta vodotěsnosti. Škody vyvolané vodou jsou v železničních a silničních tunelech zmnohonásobeny účinkem mrazu na mokré zdivo.

7. Náprava by měla vycházet ze znalostí složitých odvodňovacích systémů, skrytých za obezdívkami, ze znalostí provedených izolací, z množství přítoků, z tloušťky nadvýlomů a z poznání geologie každého pasu. To vše bylo precízně zjišťováno, vyměřováno a vykresleno pro každý tunelový pas a nakonec uloženo v centrálních úřadech železniční správy. Avšak slovenský archiv v Bratislavě byl po obsazení roku 1949 svěřen pracovníkům vysoce kádrově spolehlivým, ale s nízkou úrovní IQ. Jak jinak by mohli archiv zničit jako pozůstatek kapitalistického zřízení?

## KLASICKÉ TUNELOVACÍ METODY Z HLEDISKA TECHNOLOGIE

Pokusíme-li se porovnat stavbu našich tunelů rakouskou tunelovací soustavou s nynějšími technologiemi tunelování, dojdeme asi k těmto závěrům:

1. Průměrné rychlosti tunelování nebyly před sto lety nižší než dnešní, ale byl k tomu potřebný asi 10krát větší počet pracovníků.
2. Počet smrtelných úrazů byl, podle přibližných výpočtů, asi jeden na kilometr tunelu. Dnes je to ai 10krát méně.

3. Méně úrazů bylo ve vápencích a jiných houževnatých horninách. Nejhorší byly křehké, i když pevnější, žuly a krystalické břidlice. Největší zdravotní škody vznikly v Bujanovském tunelu, do kterého minéři přišli po dlouhém období ražení v měkkých vápencích a jiných sedimentárních horninách. V křemitých krystalických břidlicích bujanovského tunelu odmítali minéři vrtat s vodním výplachem (tehdy se všude vrtalo z ruky) a vypínali ho přes přísné zákazy dozoru. To potom vyřadilo mnoho zkušených minérů nejdříve z práce (pro silikózu) a potom ze života (pro rakovinu). I tato zkušenost by nás měla přesvědčit o tom, jak je důležité zavádět vrtací vozy.

4. Postupy byly neobyčejně pracné a spotřebovalo se obrovské množství kalutiny a řeziva. Na jeden tunel padl celý les (obr. 2). To zpočátku nevdalo, ale po roce 1945 se to stalo ekonomicky neúnosným. Odpomoc se hledala nejdříve v nasazení podchycovací (belgické) metody. Ta poskytuje pod hotovou klenbou prostor pro nasazení velkých strojů a zároveň šetří dřevem (obr. 3).

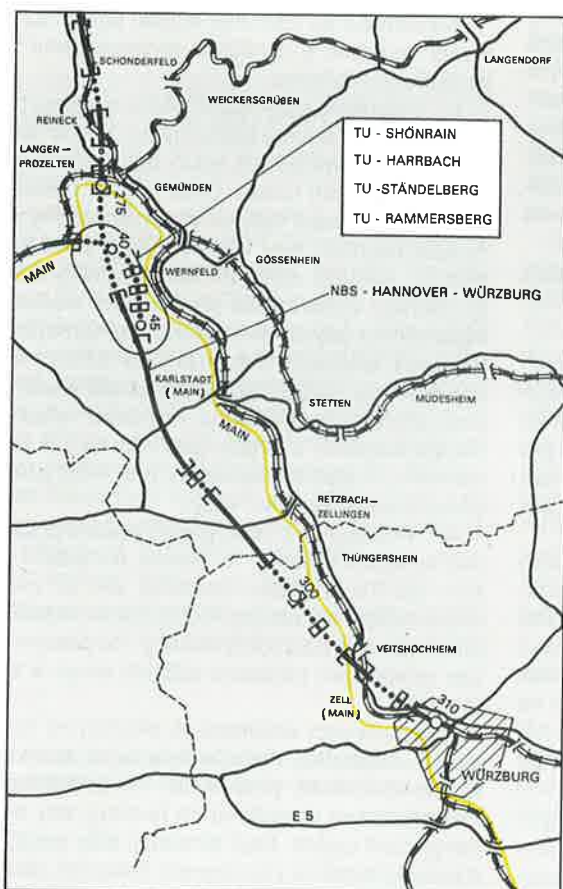
Podchycovací soustava se předtím na našich železničních tunelech nepoužila, protože železniční správa používala rubovou izolaci obezdívek proti vodě. Při podchycovací soustavě však třeba dozdívat obezdívku do horniny, aby byla při podchycování dostatečně upjata. Naši tuneláři ji tedy nasazovali jen v zahraničí (Gaducký tunel na transiranské železnici, dlouhý 2 880 m, stavěný v letech 1932–1935) anebo na stavbách mimo naši železniční správu (obtokový tunel vodního díla Slapy, 1949–1951). Aby se jí podařilo prosadit na železničních tunelech u nás, bylo tedy nutno změnit izolační systém. Proto byly zavedeny mezilehlé izolace, nejdříve na tunelu v Chuchli (1949–1955). Původně se při tom používal izolační povlak z natavovaných asfaltových pásů, ale velký požár při natavování v Ťahanovském tunelu u Košic si vynutil přechod k fóliím z měkčeného PVC. To by nás již ale zavedlo k metodám současnosti. Závěrem této exkurze do historie tunelů a tunelářů bych rád uvedl, že po skončení železniční éry, kterou jsem zde popisoval, se zejména na Slovensku hodně minérských part rozešlo. Když se po určité prodlevě začala chystat přečerpací vodní elektrárna Černý Váh a její podzemní část, bylo nutno přizvat na pomoc hornickou organizaci. V tom období se našla v městském podzemním stavebnictví i pracovní příležitost i pro horníky, kteří museli opustit uranové doly. Tak se obnovila přátelská symbióza tunelářů s horníky, začatá, jak jsem uvedl na začátku tohoto výkladu, před 150 lety.

# SPOJKA NANTENBACH

AUTOR: ing. JIŘÍ BREJCHA, ILF-ČESKOSLOVENSKO spol. s r. o.

## CONNECTING LINE NANTENBACH

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE CONNECTING LINE NANTENBACH IN NORTHERN BAVARIA ON THE RAILWAY-ROUTE WÜRZBURG – FRANKFURT a.M. THE OBJECTIVE OF THE ARTICLE IS TO DEAL WITH GAINED EXPERIENCE FROM THE CONSTRUCTION SITE THAT ARE CHARACTERIZED NOT ONLY BY THE USED TECHNOLOGY, BUT ALSO BY THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE DURING CONSTRUCTION.



Nově budovaná spojka Nantenbach má za úkol propojit železniční trať Neubautecke (NSB) Hannover – Würzburg s trať Würzburg – Aschaffenburg – Frankfurt. Obě tratě jsou provozovány Německými spolkovými drahami (Deutsche Bundesbahn – DB). Nantenbach leží v severním Bavorsku, v kraji Main-Spesart, poblíž měst Karlstadt a Gemünden (obr. č. 1). Nově budovanou spojku tvoří mostní objekt přes řeku Mohan (Main) a čtyři po sobě následující tunely – Schönrain, Harrbach, Ständelberg a Rammersberg.

Následující příspěvek se týká pouze uvedených tunelů, které pro výběrové řízení připravila, projektuje a dozoruje inženýrská kancelář ILF (Ingenieurgesellschaft Lässer – Feizlmayr) Innsbruck – Mnichov. V době vzniku tohoto příspěvku v tunelech probíhají práce v rozsahu od ražeb až po betonáže definitivních vnitřních konstrukcí.

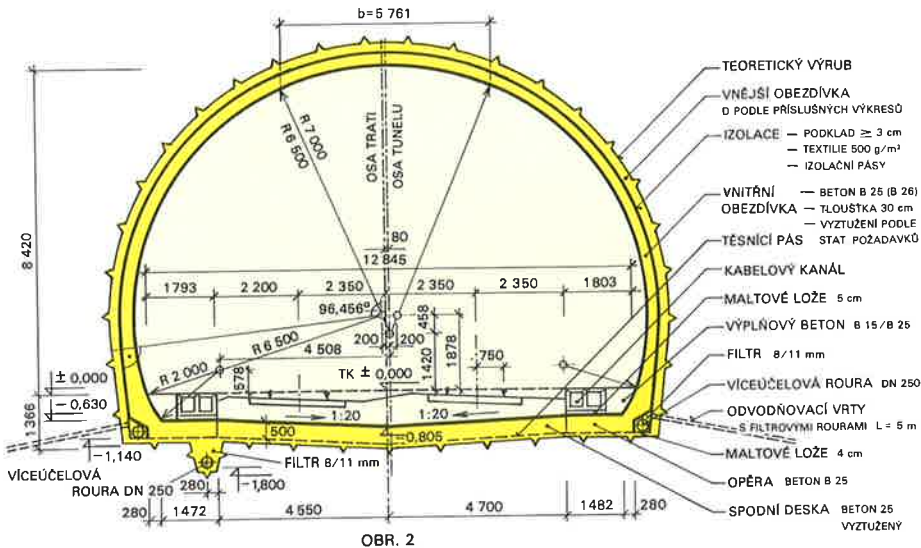
Cílem příspěvku je reprodukovat poznatky získané přímo na stavbě, které charakterizují nejen použitou technologii výstavby, ale i celkovou organizační strukturu při výstavbě.

K uvedeným firmám sdruženým do pracovních společenství přistupuje ještě celá řada dalších subdodavatelů. Ti na základě smluvních vztahů provádějí pro společenství různé subdodávky, jako např.: přeprava vytěženého materiálu z meziskládky na staveništi na definitivní deponii, vodotěsné

Pro ucelnější přehled uvádím jen některé vybrané základní údaje:

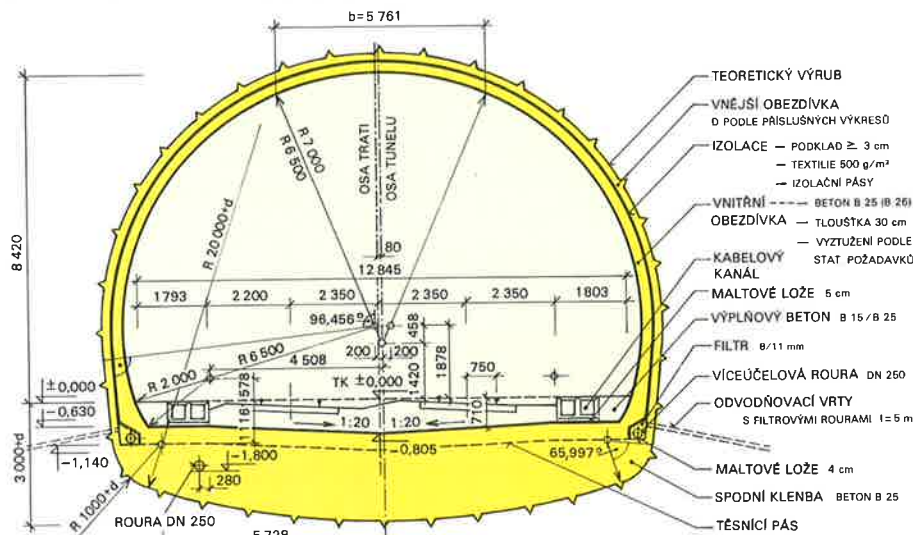
Tunel	Schönrain	Harrbach	Ständelberg	Rammersberg
Investor	DB	DB	DB	DB
Stavební dozor (v objednávce DB)	ILF	ILF	ILF	ILF
zprac. projekt. dokumentace	ILF	ILF	ILF	ILF
dodavatel (resp. prac. společenství)	Stuag, Züblin, PORR, WTB, ALLBAU	AST, Riepl, Hinteregger	AST, Riepl, Hinteregger, Teerbau	Tiefbau, Östu,
Ražená délka mezi portály	3 909,4 m	487,0 m	579,0 m	1 322,0 m
Celková doba výstavby	32 měs.	20 měs.	22 měs.	20 měs.
Nabídková cena	84,9 mil. DM	29,9 mil. DM	28,5 mil. DM	

PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM SE SPODNÍ DESKOU



OBR. 2

PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM SE SPODNÍ KLENBOU



OBR. 3

izolace, armovací a betonářské práce, dopravu betonové směsi apod.

### NÁVRHOVÉ PARAMETRY, KONSTRUKCE A METODA VÝSTAVBY

Spojka Nantenbach bude v budoucnu začleněna do sítě tratí systémů Inter City Express (ICE) a Euro City (Express (ECE)). Z tohoto důvodu jsou tunely vyprojektovány na návrhové parametry stanovené pro všechny budované trati expresních vlaků. Pro celkovou orientaci uvádím jen některé nejzákladnější údaje:

- nejvyšší rychlost 350 km/hod.
- max. podélný sklon 12,5 %
- min. poloměr směrového oblouku 7000 m
- vzdálenost os kolejí 4,70 m

Především hodnota nejvyšší rychlosti klade vysoké nároky na stavební tolerance definitivních konstrukcí.

Tunely jsou navrženy jako dvoukolejné. Jejich konstrukce jsou v podstatě velmi podobné a vyskytují se ve dvou základních variantách: buď se spodní železobetonovou deskou (obr. č. 2), nebo s klenbou z prostého betonu (obr. č. 3). Plocha teoretického výrubu ve variantě s deskou je cca 129 m<sup>2</sup> a s klenbou cca 154 m<sup>2</sup>. V závislosti na navržené metodě výstavby je ostění dvouvrstvé s mezilehlou vodotěsnou izolací. Vnější vrstva je vytvářena nánášením vyztuženého stříkaného betonu na výrub. Stříkaný beton je vždy vyztužen nejméně jednou vrstvou ocelové sítě a pomocnými oblouky. Vnitřní obehzdvka je z monolitického betonu, prováděného pomocí pojízdného bednění. Jako vodotěsné izolace je používáno vícevrstevných pásů z PVC tloušťky 2 mm. Jednotlivé pásy jsou mezi sebou vzájemně po obvodě tepelně svařovány dvojitým svarem se vzduchovým kanálkem, který (každý) je podrobován tlakové těsnostní zkoušce. V oblasti opěr je izolace navařována na gumové podélné těsnící pásy. Jako mechanická ochrana vodotěsné izolace a drenážní

vrstvy je používána geotextilie plošné hmotnosti 500 g/m<sup>2</sup>. Tato geotextilie je přištelována na upravený povrch stříkaného betonu pomocí speciálních terčů. Na tyto terčíky jsou izolační pásy tepelně přivařovány. Při provádění izolačních prací a zejména při jejich kontrole je jim věnována ze strany stavebního dozoru mimořádná pozornost.

Tunely nejsou vybaveny žádným nuceným větracím systémem.

Z inženýrskogeologického hlediska jsou uvedené tunely raženy v prostředí navětralých až nevětralých lasturnatých vápenců a červenohnědého pískovce. V těchto podmínkách se poměrně často vyskytují zóny porušení a zejména v prostředí pískovců se vyskytují také lokální výrony vody s vydatností až 10 l/sec.

Metoda výstavby je pro všechny tunely navržena stejná a je založena na podpírání výrubu vyztuženým stříkaným betonem, pomocnými oblouky a horninovými kotvami. V případě potřeby je v závislosti na chování okolní horniny urychleně vestavována spodní klenba. Tyto výstavbové prostředky přejímají síly vznikající v důsledku přerazování napětí v hornině.

S postupem ražby je prováděna podrobná geologická dokumentace a geotechnická měření. Výsledky těchto prací slouží ke zjištění chování horniny a posouzení stavu bezpečnosti jak jednotlivých stavebních stádií, tak i konečného stavu. Jsou proto součástí použité metody, protože jak výrub, tak i postup výstavby jsou navrženy podle chování horniny. Vnitřní ostění je vestavováno ve velkém odstupu. Na základě statických vyšetřování, výsledků geotechnických měření a geologických poměrů je určeno, zda je vnitřní ostění vyztuženo či nikoliv.

Jelikož se domnívám, že zásady takovéto metody jsou naší odborné veřejnosti dávno známé, bude větší část tohoto příspěvku věnována jiným otázkám, především vedení stavby a s tím souvisejícím činnostem.

### POZNÁMKY K PROJEKTOVÉ DOKUMENTACI

Projektovou dokumentaci pro zadání stavby včetně smluvních částí a prováděcí dokumentaci pro všechny tunely zpracovávala inženýrská kancelář ILF. U prováděcí dokumentace byly předem zpracovány části nutné k zahájení staveb a další části jsou zpracovány v jejím průběhu. Dokumentace je zpracována zcela za pomoci výpočetní a automatizované grafické techniky. Věcně je velmi obsáhlá a podrobným rozpracováním důležitých detailů svědčí o velikých zkušenostech s projekcí staveb budovaných navrženou technologií.

Za zvláštní pozornost stojí klasifikační systém tříd ražnosti (v souladu s příslušnou

DIN 18312(88), který jednoznačně určuje kritéria ražby. Toto je vytvořeno zvláště pro kalotu, opěří a dno tunelu. V návaznosti na tyto třídy projekt stanovuje odpovídající opatření a výstavbové prostředky pro zajištění výrubu v přesně definovaném a tím i kalkulatelném rozmezí té které třídy (např. tloušťku stříkaného betonu vnějšího ostění, druhy a délky horninových kotev, použití ocelových výstuží, ... atd.). V praxi na stavbě to znamená, že potvrzením projektem předpokládané třídy ražnosti je určeno v podstatě vše potřebné pro ražbu.

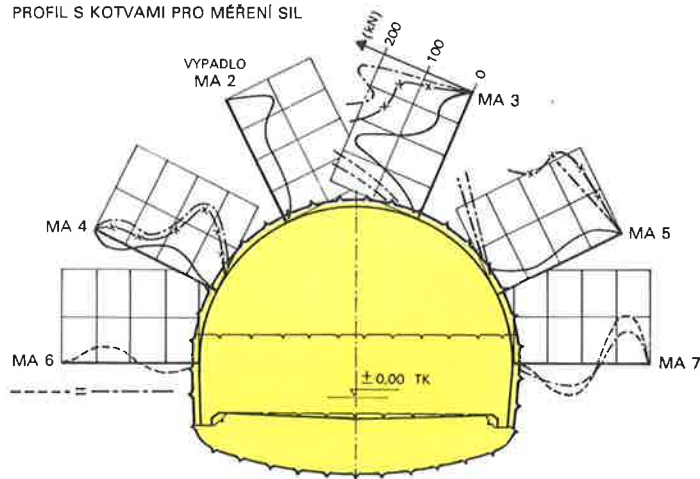
Tak jako u všech větších staveb v SRN je nutno ke statickým výpočtům prováděcím projektů dodat též protokol o přezkoumání stavu bezpečnosti, který vydává nezávislá osoba nebo organizace se statutem zkušebního inženýra. Tento inženýr vydává nejen protokol, ale je i povinován k periodickým kontrolám během výstavby.

Činností úzce související s projektováním je i vypracování podkladů smlouvy o dodávce stavby. Smlouva patří mezi nejdůležitější dokumenty, ke kterým se účastníci stavby nesčíslněkrát vrací. Pro názornost lze uvést, že smlouva o dodávce tunelu Rammersberg včetně jejích nedílných součástí, technických a doplňujících podmínek, obsahuje 648 stran textu. Koncipování takové smlouvy není jen obrazem technických schopností inženýrské kanceláře, ale také i zkušeností, neboť ve smlouvě jsou do podrobností rozpracovány především takové detaily, které již v minulosti znamenaly, nebo by mohly znamenat nejednoznačnosti a rozpory.

## VEDENÍ STAVBY

Investorem tunelů jsou Německé spolkové dráhy (DB). Protože se však jedná o technicky velice náročná díla, objednaly si nejen zpracování projektu, ale i veškerou inženýrskou činnost u specializované inženýrské kanceláře ILF. Inženýrská činnost začíná zpracováním zadávací dokumentace a pokračuje výběrem dodavatele podle všeobecně platného zadávacího řádu. Při zkoumání nabídek dodavatelů, respektive dodavatelských společností rozhodují nejen kritéria cenová, časová, ale i jejich serióznost. Na „trhu“ dodavatelských organizací existuje omezený počet firem, které se mimo jiné velice pozorně navzájem sledují a tak není možné zadat zakázku relativně slabému dodavateli „jen tak ze známosti“. Právě v důsledku trhu dodávek vznikají pracovní společnosti proto, aby vůbec byla konkurenceschopná. Toto vše směřuje k vysoké profesionalitě a specializaci dodávek, což ve svém konečném důsledku vede především k výborným časům, vysoké kvalitě a nízkým cenám.

PROFIL S KOTVAMI PRO MĚŘENÍ SIL

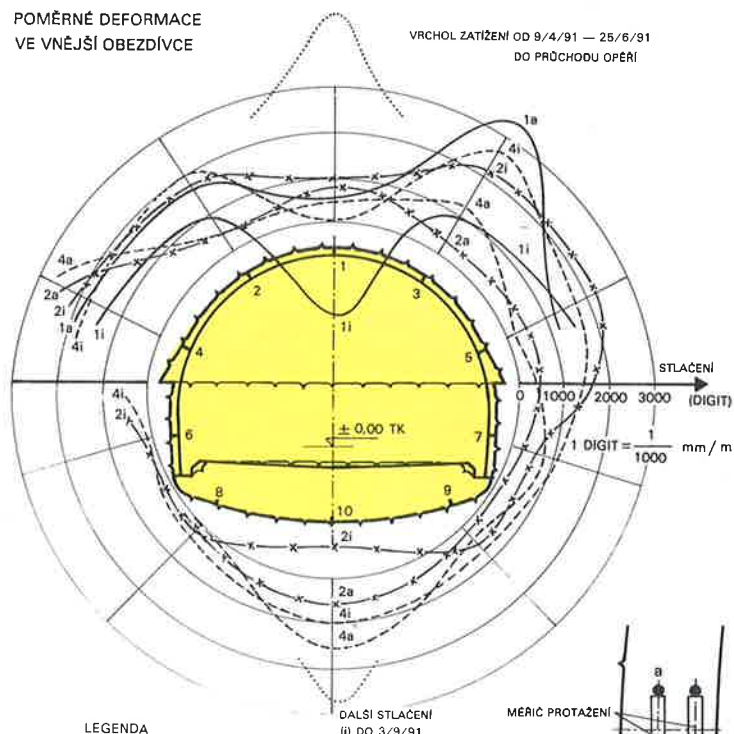


LEGENDA

- |             |  |
|-------------|--|
| 1 — 1a — 1i | 23. 03. 91 10 DNI PO ZABUDOVÁNÍ V KALOTĚ                       |
| 2 — 2a — 2i | 26. 27. 06. 91 1 DEN PO PRŮCHODU OPĚŘÍ                         |
| 3 — 3a — 3i | 22. 25. 07. 91 UZAVŘENÍ PRSTENCE STŘÍKANÉHO BETONU 20. 6. 1991 |
| 4 — 4a — 4i | 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7                                    |

OBR. 4

POMĚRNÉ DEFORMACE VE VNĚJŠÍ OBEZDÍVCE



LEGENDA

- |             |  |
|-------------|--|
| 1 — 1a — 1i | 23. 03. 91 10 DNI PO ZABUDOVÁNÍ V KALOTĚ                       |
| 2 — 2a — 2i | 26. 27. 06. 91 1 DEN PO PRŮCHODU OPĚŘÍ                         |
| 3 — 3a — 3i | 22. 25. 07. 91 UZAVŘENÍ PRSTENCE STŘÍKANÉHO BETONU 20. 6. 1991 |
| 4 — 4a — 4i | 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7                                    |

OBR. 5

Dále inženýrská kancelář přejímá úlohu zástupce investora a je objednateli odpovědná nejen za technickou kvalitu, ale i za dodržení časových a finančních limitů výstavby. DB si pak ponechává pouze dozorčí a koordinační funkci po celou stavbu (NBS).

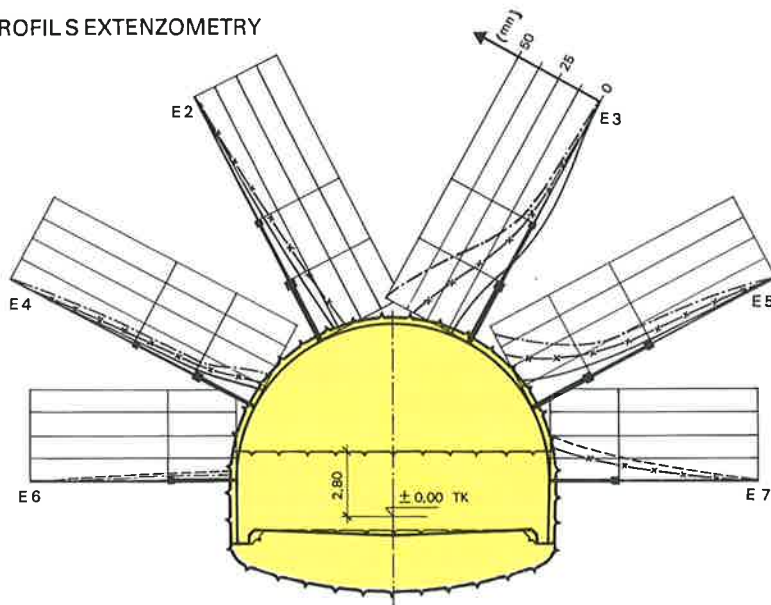
Investor vynakládá podstatnou část nákladů na realizaci a činnosti s ní přímo spojené. Logicky z toho vyplývá, jak velká pozornost je v podmínkách výstavby v SRN věnována realizaci, neboť to je prostor, ve

kterém se může mnoho ušetřit nebo také prohodit.

K dosažení relativně stejného cíle, hotového fungujícího stavebního díla, vede mnoho cest, které ale pro investora mohou znamenat různé výše nákladů.

Nejméně na takové profesionální úrovni jako jsou dodavatelské organizace musí být i investor, v daném případě jeho zástupce, aby si při vedení stavby mohl zachovávat dostatečný nadhled. Podle dlouhodobých statistik ILF činí rozdíl celkových

## PROFILS EXTENZOMETRY



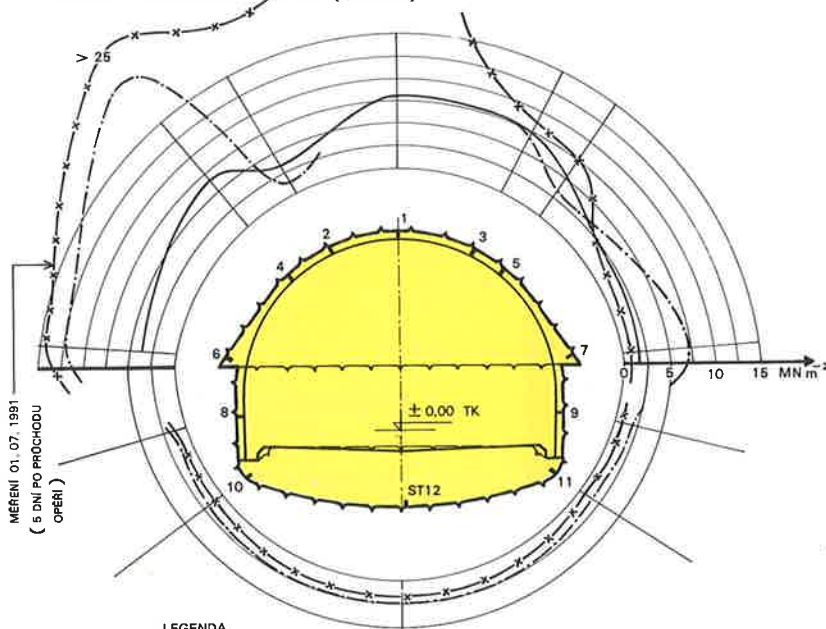
## LEGENDA

1 — 1a — 1i	23. 03. 91 10 DNÍ PO ZABUDOVÁNÍ V KALOTĚ
2 — 2a — 2i	26. 27. 06. 91 1 DEN PO PRŮCHODU OPĚŘÍ
3 — 3a — 3i	22. 25. 07. 91 UZAVŘENÍ PRSTENCE STRÍKANÉHO BETONU 20. 8. 1991
4 — 4a — 4i	11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

OBR. 6

## NAPĚTÍ NA VNĚJŠÍ OBEZDÍVCE

&gt;&gt; 25 (VYPADLO)



## LEGENDA

1 — 1a — 1i	23. 03. 91 10 DNÍ PO ZABUDOVÁNÍ V KALOTĚ
2 — 2a — 2i	26. 27. 06. 91 1 DEN PO PRŮCHODU OPĚŘÍ
3 — 3a — 3i	22. 25. 07. 91 UZAVŘENÍ PRSTENCE STRÍKANÉHO BETONU 20. 8. 1991
4 — 4a — 4i	11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

OBR. 7

nákladů na porovnatelné stavby realizované jednak se stavebním dozorem (tak jak jej provádí ILF) a jednak bez něj až 40 %. Jeho hlavní úkoly při vedení stavby lze velmi zhruba charakterizovat následujícími činnostmi:

a) řídí a podrobně dokumentuje průběh stavby – inženýrská kancelář má na každém staveništi stálý dozor, který nejen dbá na to, aby prováděné práce byly v souladu s projektem a smlouvou, ale i protokolárně dokumentuje veškeré rozhodující činnosti,

kteřé se na stavbě dějí a vše co by mohlo mít vliv na technickou kvalitu a financování stavby. Přitom je vedení inženýrské kanceláře prostřednictvím těchto dozorů průběžně informováno. Tato ucelená dokumentace není samoučelná, ale umožňuje zpětně prakticky přesně analyzovat potřebné údaje v případě nastalých technických nebo finančních problémů či sporů.

b) provádí průběžnou geologickou a hydrogeologickou dokumentaci – o funkci

této dokumentace bylo již řečeno v kapitole o stavební metodě.

c) provádí geotechnické měření – tato měření jsou v souladu s projektem.

Pro každý tunel jsou předem stanoveny hlavní měřičské profily, ve kterých jsou zjišťovány potřebné údaje. V těchto profilech jsou měřeny deformace a napětí v hornině v okolí výrubu, napětí na styku horniny s vnějším ostěním a napětí v ostěních. V případě nastalé potřeby se mohou velmi pružně provádět další doplňková měření. O funkci těchto měření bylo také již řečeno v rámci stavební metody. Podle smlouvy je totiž dodavatel sám povinen si na základě vyhodnocených měření odhadnout rezervu výrubu pro deformace vnějšího ostění tak, aby v žádném případě nedošlo k průniku deformovaného ostění s požadovaným teoretickým světlým profilem.

Součástí geotechnických měření je také geodetické sledování – jak známo, u uvedené zvolené metody výstavby jde o neustálou hru vztahu napětí a deformací v čase. Tyto deformace jsou komplexně sledovány geodetickým měřením konvergenčních bodů (celkem pět kusů v rovině příčného řezu) osazovaných při ražbě. Podle všeobecně známých časových přírůstků deformací je zřejmé, jaká náročnost na koordinaci prací je nutná, aby nulová měření byla prováděna v co nejkratší době po zabudování měřičských bodů. Všechny body v tunelu jsou periodicky zaměřovány. V tomto geodetickém systému a v jeho vyhodnocování spočívá lidský faktor, který bývá nejčastějším zdrojem chyb, pouze v zaměřování theodolitu na odrazné terčíky. Jinak je vše prováděno pomocí registrů a počítačových programů. Výsledkem těchto měření jsou souřadnice bodů v daném čase určených s přesností do jednoho milimetru. Vyhodnocení výsledků se provádí zase automatizovaným způsobem a vydává se v různých grafických formách či závislostech.

d) provádí geodetická měření – hlavním cílem této činnosti je kontrola geodetické služby dodavatele. Předmětem je především neustálá kontrola základní geodetické sítě, hlavních vytyčovacíh bodů. Patří sem také poslední kontrola ustavení bednicího vozu před zahájením betonáže bloku a proměřování tvaru vnitřního ostění. Vyhodnocování měření je obdobné jako v předešlém odstavci.

e) kontroluje fakturaci dodavatele – k této činnosti ještě přistupuje sjednávání a doporučení ke schválení veškerých dodatkových cen. Téma financování stavby by si zasloužovalo buď samostatný příspěvek, nebo je lze jednoduše charakterizovat: je to velmi tvrdý boj pro každého účastníka výstavby od zadávacího řízení až po konečnou bilanci stavby.

Příklad průběžně prováděné technické dokumentace a jejího vyhodnocení je znázorněn na obr. 4 až 9.

## ZÁVĚR

V tomto příspěvku jsme se pokusil zachytit činnosti, které jsou nejvíce charakteristické pro způsob výstavby popsáných tunelů danou metodou. Ještě jednou bych chtěl zdůraznit, že rozhodující není jen volba metody samotné, ale i pružnost celého systému vedení stavby, ve kterém stavební metoda dokáže využívat svých předností.

Pro příklad zkusme porovnat časy výstavby srovnatelných částí obdobných staveb, (ražené části mezi portály tunelu Rammersberg a Strahovského tunelu u jedné ražené roury). Oba tunely jsou stavěny v obdobných geologických podmínkách. Delší ražený úsek Strahovského tunelu se zhruba vyrovná s větší plochou výrubu v příčném řezu tunelu Rammersberg. Jediný rozdíl je v tom, že Rammersberg je ražen v relativně volném terénu a Strahovský tunel v městském prostředí. Pro odhad časového průběhu výstavby Strahovského tunelu byl použit Zpravodaj Metro 01/1989 a informace

publikované v tisku – MF ze dne 12. 2. 1992. (Začátek – zahájení ražby opěrných tunelů 10/1985, předpokládaný konec ražeb – odhadem 06/1992.)

Srovnání časů také asi částečně vysvětluje výše finančních nákladů v obou případech.

Nastíněnou strukturu kolem státem fi-

Tunel	plocha výrubu	ražená dl. mezi portály	doba výstavby (ražba až po def. ostění)
Strahov – jedna roura	125 m <sup>2</sup>	1546,0 m	81 měsíc
Rammersberg	129 m <sup>2</sup> (147 m <sup>2</sup> – klenba)	1322,0 m	16 měsíců

Kratší dobu výstavby (samozřejmě s určitou korekcí na městské podmínky) je možno chápat z hlediska potřeb města jako měřítko nutného času na výstavbu jedné ze základních částí Strahovského tunelu přímo ovlivňující celkovou dobu výstavby, která je nutná k tomu, aby dílo mohlo být uvedeno do provozu a sloužit svému účelu. Zanedbatelná není ani doba zátěže životního prostředí v okolí stavby po dobu její realizace.

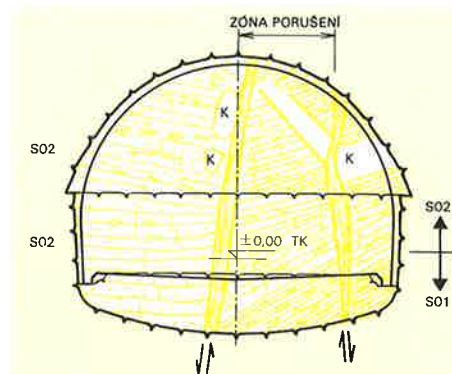
nancovaných staveb v SRN lze chápat poněkud obecněji. Pro zakázky tohoto druhu jsou vytvořena pevná pravidla zadávání a účinný kontrolní systém. Je nutno mít stále na zřeteli, že v SRN, v podmínkách skutečného trhu, musí všichni účastníci výstavby o svou zakázku tvrdě bojovat. Tyto zdánlivě jednoduché zásady a jejich dodržování jsou základem vysoké efektivity a nesporně dobrých technické a funkční úrovně staveb v SRN.

**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 OBDOBŇÝCH REALIT PŘÍSLUŠNÉHO 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 POZEMKU, ZAJISTÍME JEJÍ PROJEDNÁNÍ S KOMPETENTNÍMI ORGÁNY MĚSTA, PŘÍPADNĚ PODNÍME 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 60

## GEOLOGIE

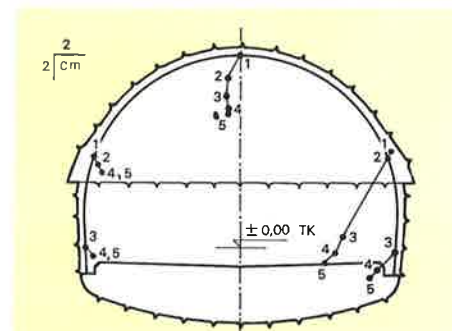


STATIGRAFIE: DESKOVÝ PÍSKOVEC S02  
BŘIDLICE S01

LITOLOGIE: S02: DESKOVÉ ODLUČITELNÝ PÍSKOVEC  
ZÓNA PORUŠENÍ: HARRBAŠSKÝ PŘÍKOPOVÝ ZLOM

OBR. 8

## PROFIL S BODY PRO MĚŘENÍ DEFORMACÍ



1 -- 14/03/91 2 -- 23/03/91 3 -- 27/06/91 4 -- 27/07/91 5 -- 11/08/91

## LEGENDA

1a -- 1i 23. 03. 91 10 DNÍ PO ZABUDOVÁNÍ V KALOTĚ  
2 -- 2a -- 2i 26. 27. 06. 91 1 DEN PO PŘÍCHODU OPĚŘÍ  
3 -- 3a -- 3i 22. 25. 07. 91 UZAVŘENÍ PŘÍSTĚNICE STÁIKANÉHO BETONU 20. 8. 1991  
4 -- 4a -- 4i 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

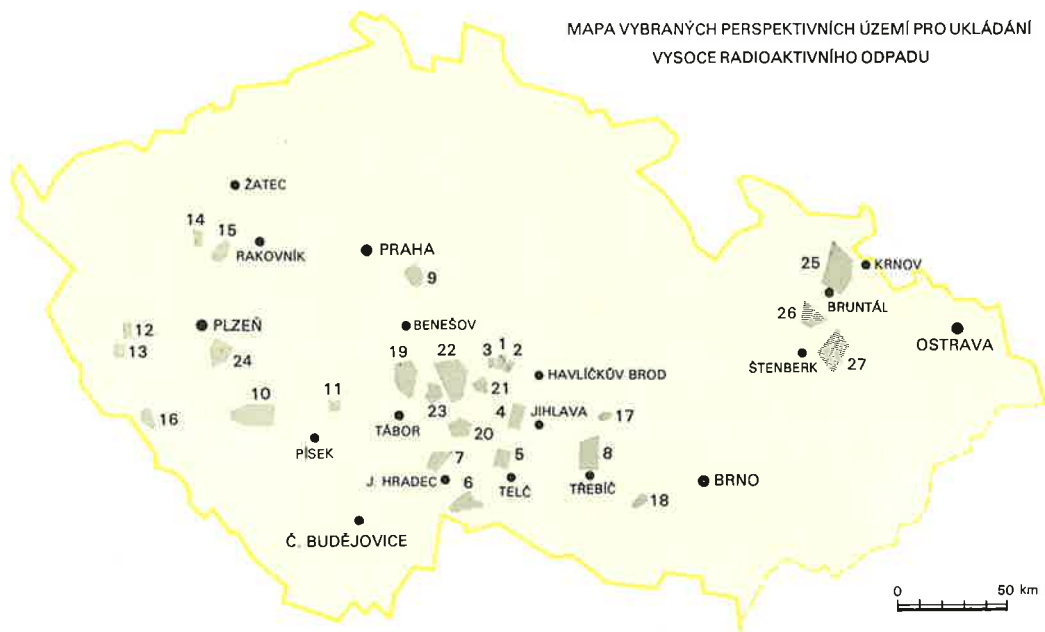
OBR. 9

# STAV GEOLOGICKÉHO VÝZKUMU BEZPEČNÉHO ULOŽENÍ VYSOCE RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ V ČSFR

AUTOR: RNDr. JIŘÍ KRÍŽ, CSc., ČESKÝ GEOLOGICKÝ ÚSTAV, PRAHA

## STATE OF THE GEOLOGICAL RESEARCH OF SAFE DISPOSAL FOR HIGH LEVEL WASTE IN CZECHOSLOVAKIA

THE ARTICLE GIVES A REPORT ON THE PRESENT STATE OF THE CZECH  
GEOLOGICAL SURVEY RESEARCH PROJECT "SAFE FINAL DISPOSAL FOR HIGH LEVEL  
WASTE FROM NUCLEAR POWER STATIONS IN CZECHOSLOVAKIA"



Výzkum zahájil již v roce 1990 z iniciativy Ministerstva životního prostředí České republiky (MŽP ČR) Český geologický ústav (ČGÚ), pověřený státní geologickou službou. MŽP ČR uvolnilo pro rok 1991 na tento výzkumný úkol částku 1,4 milionu Kčs na pokrytí nezbytných kooperací a na rozběh mezinárodní spolupráce.

Základní filozofií při zahájení geologického výzkumu bezpečného uložení vyhořelého paliva a vysoce aktivního odpadu z jaderných elektráren (VAO) v České republice (ČR) byl záměr neprotahovat zbytečně více než 15letý skluz ČSFR ve výzkumu této problematiky za vyspělým světem. Hlavním cílem bylo připravit nezbytné podklady pro další etapy výzkumu uskutečněním rešerší I. etapy výběru perspektivních oblastí v ČR pro situování konečného úložiště. Nikoliv vedlejším cílem bylo seznámit se hlouběji s filozofií konečného uložení (VAO) a přispět k řešení problematiky v ČSFR z pohledu současného poznání geologie Českého masívu vytvořením podkladů nezbytných pro další plánování geologického výzkumu konečného úložiště. Důležitým krokem bylo navázání spolupráce s vyspělými zeměmi, kde se problematika již dlouho řeší a odkud můžeme získávat potřebné know-how.

V průběhu roku 1991 byla zpracována rozsáhlá, převážně rešeršní studie, jejímž cílem bylo vybrat výhradně z geologického hlediska perspektivní oblasti pro konečné úložiště VAO. Na sestavení podkladů se podílel široký tým specialistů z ČGÚ, z Geofyziky s. p. Brno, závod Praha, z Geofyzikálního ústavu ČSAV, z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a z Projektového ústavu dopravních a inženýrských staveb s. p. Na základě podkladových studií a kritérií tektonických, hydrogeologických, geofyzikálních, seismicity a recentních pohybů pak vybral tým pracovníků z ČGÚ celkem 27 perspektivních geologických oblastí na území Čech a Moravy. Z toho v centrálním moldanubickém plutonu 8 oblastí, ve středočeském plutonu 3 oblasti, v západních Čechách v masívech magmatických hornin 5 oblastí, na západní Moravě v masívech magmatických hornin 2 oblasti, v pararulách moldanubika 5 oblastí, v západočeském proterozoiku 1 oblast a na severní Moravě v břidlicích a drobách 3 oblasti.

Součástí studie je rešerše týkající se možnosti využití československých bentonitů. Ukazuje, že v ČSFR je nedostatek Na typů bentonitů, které jsou využitelné pro vytváření umělých bariér v trvalém úložišti. Další výzkum vlastností Ca a Mg typů bentonitů,

kterých máme velké zásoby, by mohl při našich zkušenostech s jejich natřifikací znamenat jejich využití a případný vývoz.

Celá studie byla počátkem roku 1992 podrobena úspěšné interní oponentuře a během roku 1992 bude po doplnění zejména některých dalších geofyzikálních údajů připravena k důkladné veřejné oponentuře, která proběhne počátkem roku 1993.

Ještě v roce 1991 schválila vláda ČSFR „Zásady státní energetické politiky“ svým usnesením č. 828/1991. V rámci tohoto usnesení je stanovena základní koncepce konce palivového cyklu československých jaderných elektráren konstatováním že: „...bude nutno vybudovat podzemní trvalé úložiště vysoce aktivních odpadů, resp. vyhořelého paliva. Kapacita tohoto úložiště by měla být dimenzována jako centrální definitivní úložiště těchto materiálů pro celou ČSFR. Průzkumné práce k vyhledávání lokality pro toto úložiště je nezbytné zahájit v roce 1992.“

Tím, že se ČGÚ díky iniciativě a finanční podpoře MŽP ČR dostal do značného předstihu v rámci ČSFR, mohl v roce 1992 pokračovat v ČR výzkum zahájením rešeršní části druhé etapy výzkumu, jejímž cílem je výběr studijních lokalit a jejich výzkum nedestruktivními i destruktivními metodami geologického výzkumu. Na základě politicko-ekonomických a ekologických hledisek byly z původních 27 oblastí vybrány 3 studijní lokality, které budou sloužit pro základní geologický výzkum vybraného horninového prostředí. Dvě území budovaná granity jsou situována v oblasti centrálního moldanubického plutonu a jedno území, budované pararulami je situováno v oblasti moldanubika. Další území budované granity a sienity bylo doporučeno jako tzv. geologický analog pro studium pohybu přirozené radioaktivity horninovým prostředím.

Výzkum je v tomto roce zatím pokrýván pouze z rozpočtu MŽP ČR v rámci výzkumných prací ČGÚ. V tomto roce proběhla jednání o grant Federálního ministerstva hospodářství, který byl přiznán na projekt hlubinného úložiště VAO, který vypracovalo koordinační pracoviště Ústavu jaderného výzkumu v Řeži. V rámci tohoto projektu se ČGÚ stal hlavním řešitelem geologického výzkumu jako resortní ústav MŽP ČR pověřený výkonem státní geologické služby. Projekt ÚJV v Řeži určuje na léta 1992 a 1993 10 dílčích kroků, z nichž 4, dotýkající se geologického výzkumu jsou realizovány v ČGÚ. Tyto kroky se týkají návrhu funkčních kritérií geologických aspektů hostitelského prostředí hlubinného úložiště (vyřešení do 28. února 1993), metodiky geologicko-průzkumných prací navazujících průzkumných etap (vyřešení do 30. června 1993), dokončení 1. etapy průzkumu realizovaného v roce 1991 dopracováním geofyzikální rešerše a provedením veřejné oponentury počátkem roku 1993 a zahájení 2. etapy geologického průzkumu pro výběr vhodné lokality k bezpečnému uložení VAO v ČR. Jeden dílčí krok se týká uskutečnění 1. etapy geologického výzkumu výběrem perspektivních oblastí na Slovensku a jeho realizátorem je Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislavě. Ostatní zbývající kroky se týkají především projektu vývoje hlubinného úložiště VAO, vzorového projektu úložiště, metodiky provádění technicko-ekonomického rozboru systémů trvalého zneškodnění VAO a citlivostní analýzy navrženého postupu, projektu zajištění jakosti průzkumných, výzkumných a vývojových činností a projektu zapojení veřejnosti do procesu zneškodňování VAO.

Od roku 1993 by podle usnesení federální vlády měl být vytvářen finanční fond z části ceny elektřiny, který by pokrýval

všechny náklady na projekt výzkumu a vývoje hlubinného úložiště VAO. Období roku 1992 je překryto finančními prostředky z grantu Federálního ministerstva hospodářství ve výši 2,9 miliónu Kčs na celý projekt výzkumu a vývoje hlubinného úložiště a finančními prostředky přidělenými jednotlivým řešitelům ze státního rozpočtu ve výši 2,12 miliónu Kčs. Vlastní geologický výzkum na studijních lokalitách, opírající se o terénní a vrtné práce bude vyžadovat nesrovnatelně vyšší finanční náklady a proto bude moci být zahájen až na něj budou vytvořeny a uvolněny dostatečné prostředky. Minimální náklady se budou pohybovat v desítkách miliónů Kčs ročně.

Velice důležitou součástí celého komplexu geologického výzkumu konečného úložiště je zahraniční spolupráce. V uplynulých letech jsme navázali spolupráci se Švédskem, Finskem, Švýcarskem a Francií. Zvláště úzká spolupráce se vyvinula se Švédskou společností SKB, s kterou jsme uzavřeli dohodu o dlouhodobé spolupráci v roce 1991 a s Finským geologickým ústavem, s kterým ČGÚ již řadu let úzce spolupracuje. Švédská strana nám posoudila metodický projekt výzkumu studijních lokalit a doporučila nám řadu úprav podle svých zkušeností. Na pozvání Švédské SKB a Finského geologického ústavu jsme se seznámili s celkovou metodikou geologického výzkumu na studijních lokalitách, s provozem jaderných elektráren, podzemních úložišť nízké a středně radioaktivního odpadu, a ve Švédsku s centrálním mokřým skladem vyhořelého paliva. Do budoucna nám nabízí SKB pomoc při výchově specialistů pro speciální hydrogeologický výzkum. Finský geologický ústav nám nabízí kromě jiného spolupráci při používání speciálních hydrogeologických technik výzkumu a rovněž vyškolení dvou specialistů v roce 1993. V příštím roce se chceme dále prakticky seznámit s výsledky výzkumů švýcarské společnosti NAGRA a prohloubit spolupráci s Kanadou, Francií a s USA. MŽP ČR uvolnilo v roce 1991 finanční prostředky na spolupráci se Švédskou společností SKB ve výši 0,37 miliónu Kčs. Pro rok 1993 počítáme s obdobným uvolněním finančních prostředků, které jsou s geologickým výzkumem hlubinného úložiště VAO 15–20 let před námi.

Závěrem je možno konstatovat, že výzkum ČGÚ spojený s konečným hlubinným úložištěm VAO postoupil od roku 1990 o další kus dopředu. Přestože MŽP ČR pokrývá v současnosti svým rozpočtem již i část terénního výzkumu 2. etapy, hlavní rozběh tohoto výzkumu čeká až na vytváření finančního fondu z kterého bude možno výzkum plně financovat. V ČGÚ je připraven již sehraný základní tým odborníků, který společně s dalšími specialisty z České akademie věd, Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, z geofyzikálních a dalších pracovišť je připraven řešit výzkumné úkoly dalších etap geologického výzkumu konečného hlubinného úložiště VAO z našich jaderných elektráren.



# PŘIVADĚČ PITNÉ VODY ŽELIVKA – PRAHA – 20 LET V PROVOZU

AUTOR: ING. MIROSLAV UHLÍK, SUBTERRA A. S. PRAHA

**THE AUTHOR OF THE ARTICLE GIVES AN ACCOUNT  
OF THE HISTORY OF BUILDING THE WATER SUPPLY PIPING FROM ŽELIVKA TO PRAGUE  
THAT HAD STARTED 20 YEARS AGO.**

V ložském roce uplynulo 20 let od okamžiku, kdy byl uveden do provozu přivaděč pitné vody ze Želivky do Prahy. Stavbu provedl n. p. Podzemní inženýrské stavby, dnešní a. s. SUBTERRA se svými poddodavateli v období od listopadu 1965 do dubna 1972.

Jde o ojedinělé dílo podzemního stavitelství, o čemž svědčí několik následujících údajů:

- délka trasy 51 916 m
- z toho ražená štola 51 131 m
- celkový objem vylomené horniny 534 tis. m<sup>3</sup>
- maximální dosažený postup v ražbě na jedné čelbě činil přes 330 bm štoly za jeden měsíc
- do podzemí bylo uloženo přes 250 tis. m<sup>3</sup> betonu
- maximální dosažený výkon v betonáži definitivní obezdívky na jedné štole činil 666 bm za měsíc

Celý štolový přivaděč má obsah 284 039 m<sup>3</sup>. Pojme 284 039 000 litrů upravené vody. Při odběru 6 m<sup>3</sup>/s se vyprázdní za 13 hodin.

Charakteristický profil štoly byl zvolen kruhový o průměru 264 cm na základě geologického, hydraulického a statického řešení. Definitivní obezdívka byla navržena betonová v převážné většině trasy tloušťky 20 cm, bez armatury, vyhovující dovolenému namáhání od vnitřního tlaku 6–8 kg/cm<sup>2</sup>.

Objekty na trase přivaděče tvoří jednak úseky na přechodech přes vodoteče s uzavěrovými komorami u shybek pod Blanicí a Sázkou a jednak vyrovnávací komory pro snížení tlaku od rázu. Pro ně bylo využito těžních šachet, větracích komínů a úpadnic.

Trasa přivaděče byla směrově situována převážně v přímce mezi úpravou vody u Švihova a vodojemem Jesenice. Místní odchylky od směru a lomy vznikly přizpůsobením konfiguraci terénu, zvolením nejvýhodnějších přechodů přes údolí vodotečí a průchodu nejvhodnějšími geologickými útvary. Výškově byl přívod navržen tak, aby při zachování podmínky gravitační dopravy vody do Prahy a podmínek optimálních pro ražení bylo zachováno co největší množství vody, které připřerušení dodávky doteče do Prahy, a aby při normálním provozu byl zajištěn přetlak v celém průběhu štoly.

Z hydraulického hlediska byl navržen tlakový přivaděč, jehož maximální kapacita se předpokládala 6 m<sup>3</sup>/s. Při provozních zkouškách bylo prokázáno, že se dosáhlo projektovaných parametrů, v některých směrech i příznivějších. Byly též zjištěny dva krátké úseky štoly v místech největších tlaků vody s nepříznivými geologickými poměry, které si vyžádaly dodatečné zabezpečení vodotěsností vložení ocelového pancíře.

Závažným problémem při uzavírání hospodářské smlouvy na dodávku stavby byla garance dodavatele za maximální přípustné ztráty vody v celé délce přivaděče. Dospělo se k dohodě, že dodavatel garantoval přípustnou ztrátu vody 1 l/s na km štoly, tj. celkem 50 l/s. Měření se prokázalo, že skutečné ztráty vody této hodnoty nedosáhly a pohybovaly se kolem 36 l/s celkem. Tento stav do dnešních dnů trvá.

Projektant věnoval hodně úsilí při návrhu revize štoly, která se uvažovala po jednom roce provozu a dále asi po pěti letech pravidelně. Za tím účelem byly dokonce navrženy a vyrobeny mechanismy, jako např. mobilní souprava vybavená injektážním zařízením, elektrickými vrtačkami a dalším zařízením, poháněná akumulacním elektrickým pohonem a dále soupravy na revizi shybek. V praxi se však nepoužily, protože Pražské vodárny, jako provozovatel přivaděče, organizují dílčí revize bez újmy na zásobování Prahy vodou. Technickým garantem těchto revizí je Vodoхозяйský rozvoj a výstavba, a. s. SUBTERRA přijala závazek stálého dodavatele potřebných stavebních zásahů.

Za uplynulé dvacetileté období byl nejzávažnější zásah proveden na úseku štoly pod obcí Pětihosty, kde byl po zkušebním provozu vložen pancíř. Revize prokázala deformaci pancíře na jeho konci, takže po pečlivé přípravě se překročilo k vyříznutí deformované části a vyvezení na povrch. Žádná další opatření nebyla nutná. Opravu provedly pracovníci dnešní a. s. SUBTERRA ve vymezeném čase, takže ani v tomto případě nebylo ovlivněno zásobování Prahy vodou. Žádný další podobný problém se dosud nevyskytl.

Zkušenosti s provozem tlakového přivaděče pitné vody ze Želivky do Prahy, na němž je závislá zhruba polovina spotřebitelů vody v Praze, jsou vcelu pozitivní. Ukazuje se, že ražená štola s betonovou obezdívkou vyhovuje požadavkům na vodotěsnost a dlouhodobý bezporuchový provoz. Rovněž kvalita upravené vody není ovlivněna konstrukčními materiály. Ve své době představoval projekt odvážné řešení, protože podzemní stavitelství u nás bylo v hlubokém útlumu. Od té doby však tento obor se rozvinul i zde a projekty, které následovaly, již využívaly nejmodernějších technologií jako je např. beztrhavé ražení plno-profilovými razicími stroji. Přesto neškodí se čas od času vracet k starším stavbám, protože výkony na nich mnohdy překvapují i dnešní odborníky. Přivaděč pitné vody ze Želivky do Prahy je toho dokladem.

# HISTORIE STAVBY TUNELŮ

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

THE AUTHOR INFORMS ABOUT THE SERIES OF TUNNEL CONSTRUCTIONS THAT HAVE THE NAMES OF THE FOUNDERS OF OUR REPUBLIC – T. G. MASARYK, Dr. EDVARD BENEŠ, GENERAL MILAN R. ŠTEFÁNIK AND Dr. MILAN HODŽA

Ve 2. čísle Zpravodaje Tunel, ročník 23/1992 byly uvedeny zajímavé údaje z historie a prognostického odhadu výstavby tunelů. Chtěl bych navázat na toto téma a pravidelně od ročníku 1993 uveřejňovat zajímavé poznatky, zkušenosti a fakta z historie výstavby tunelů na území Československé republiky a později i tunelů v zahraničí. Zejména je skromná snaha probudit v této pro naše národy složité době zájem o historii našich zemí, předků v nám blízkém oboru výstavby podzemních staveb.

Záměrem je v první řadě uvést historické materiály, související s budováním našeho státu, podaří-li se zajistit materiály i skutečnosti mnohem staršího data.

Symbolicky začínáme uvádět tento historický seriál o tunelech, jež nesou jména zakladatelů naší republiky v roce 1918

- T. G. Masaryka (tunel pod Bralou)
- Dr. Edvarda Beneše (tunel čremošnian-ský)
- Generála Milana R. Štefánika (tunel pod Polanou)
- Dr. Milana Hodži (B. Bystrica - Diviaky)

## MASARYKŮV TUNEL NA ŽELEZNIČNÍ TRATI PRIEVIDZA - HANDLOVÁ - HORNÁ ŠTUBŇA

V roce 1918 vznikla po dlouhé zahraniční i domácí činnosti českých i slovenských politiků za výrazného přispění světových velmocí rozbitím Rakouska-Uherska Československá republika. Moment, celým národem tehdy oslavován (zejména bouráním pomníků a soch) se v dnešní době jeví ve zcela jiném světle, kdy snahy politiků směřují znovu k vytvoření silného politického celku ve střední Evropě. Vznikem Československa, připojením východních částí (Horních Uher a Podkarpatské Rusi) k historickým zemím koruny české započal dlouhý proces budování republiky. České země byly tradiční

průmyslovou oblastí Rakouska-Uherska, s rozvinutým průmyslem, zemědělstvím i dopravou. Naproti tomu východní části republiky byly kulturně i hospodářsky zůstaly zemědělské země. Jedním z prvních kroků vlády bylo zahájení programu vyrovnávání zemí ve všech oblastech života. Důležitou roli hrálo vybudování komunikačních sítí – silnic a železnic.

Slovensko se svým geografickým utvářením se podstatně liší od zemí na západ. Je odděleno severojižním obloukem Karpat od Moravy, řeky směřují do Dunaje, takže komunikační podmínky byly značně znesnadněny. Navíc, na začátku 20. století směřovala tehdejší železniční síť pavučinovitě do center Rakouska-Uherska, Pešti a Vídně. Dosavadní Košicko-Bohumínskou dráhu, vedenou severem Slovenska bylo nutno doplnit o střední dráhu, vedenou Pohorním do Košic. Trasa byla směrově dána městy Brno - Zvolen - Košice. Do roku 1932 byly vybudovány následující úseky této transversály:

Bánovce - Vajany	20 km	35 mil. Kčs
Zvolen - Krupina	33 km	72 mil. Kčs
Veselí n/M - Nové Město	67 km	250 mil. Kčs
Handlová - Horná Štubňa	19 km	150 mil. Kčs (20. 12. 1931)

Na trati Handlová - Horná Štubňa bylo vybudováno od roku 1913 celkem 6 tunelů:

Handlovský	136,60 m	1913
Štubňanský	646 m	1930
Pod Bralou (TGM)	3010,80 m	1931
Pekelský	304 m	1931
Hajnický	103 m	1930
Pstruharský	380 m	1931
Celkem	4580,40 m tunelů.	

Z porovnání výše uvedených stavebních nákladů lze vysledovat obtížnost vedení trasy, na které je mimo tunelů (6), 3 viadukty, most, 4 nadjezdy, 25 silničních podchodů a 29 jiných objektů. Nejvýznamnější tehdejší inženýrskou stavbou v republice

byl tunel pod horským hřbetem Bral, dlouhý 3010,80 m, v roce dokončení 1931 – nejdelší tunel v Československu. 7. března 1930 v den 80. narozenin prezidenta Osoboditele byl slavnostně pojmenován na **Tunel prezidenta Masaryka**.

Stavba byla provedena konsorciem českých inženýrů Kruliše, Jáchymka a Schwarze. Zahájení stavby bylo 18. října 1927, dokončena uvedením do provozu 20.12. 1931, tedy celkem za 50,5 měsíců (postup 60 m hotové tunelové roury za měsíc).

Stavba byla zahájena ražením spodní směrové štoly ze 2 protilehlých portálů. 13. července 1931 byla stavba tunelu proražena. Výšková odchylka činila 27 mm, směrová 22 mm, což svědčí o svědomité práci měřičů. Osa štoly byla oproti projektované kratší o 24 cm.

Pro stavbu byly vybudovány 2 lanové a svážné dráhy od míst kamenolomů, 5,7 km úzkorozchodné dráhy a z Handlové vlečka se železniční rampou.

Razičské práce v tunelu probíhaly ve 3 směnném provozu. Pro vrtání byly použity pneumatické vrtačky systému Flotmann.

Trhací práce se prováděly dynamitem.

Geologické poměry byly velmi složité, zejména v různorodosti procházených hornin. Tunel byl ražen dolomity, tlačivými hlinitými břidlicemi, andezity a andezitovými tufy, třetihorního stáří. Tunel byl ražen upravenou rakouskou metodou.

Tato vznikla v roce 1837 na stavbě tunelu u Oberau na dráze Drážďany - Lipsko – v Sasku. Její aplikace se nato začala používat v Rakousku na stavbě alpských tunelů a začala se potom nazývat rakouská metoda.

Začíná se ražením spodní směrové štoly, z této se přechází zálohem ke stropní (horní štole). Z této se do stran razí kalota. Pracovalo se po pasech (výška kaloty se dělila na stupně). Po vyražení celé kaloty se vyrazil část mezi stropní a dolní směrovou štolou, následuje výlom opěr a tím celého profilu. Vyztužovalo se dřevem.

Obezdvíčka se provádí od základů do závěru klenby. Pracuje se plynule po pasech délky obvykle 8 m.

Práce na ražbě tunelu prezidenta Masaryka ztěžovaly silné přítoky podzemní vody (v říjnu 1929 až 204 l/s). Ze stavby bylo celkem odvedeno 9 milionů m<sup>3</sup> vody. V těchto podmínkách, v záplavě vody a bahna pracovali tuneláři – za což jim patří obdiv. Tunelové pasy jsou 8 m dlouhé, obezdívka byla provedena z lomového kamene na cementovou maltu, betonem v suché hornině a těžkou kvádrouvou obezdívkou v úsecích tlačivých hornin.

Objemy provedených prací:

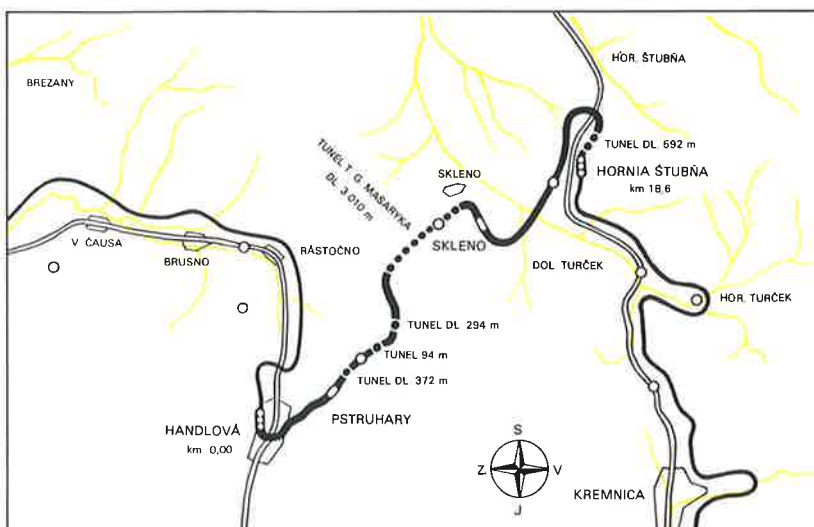
zemní práce (m <sup>3</sup> )	683 000
výlom tunelu (m <sup>3</sup> )	211 000
max. počet razičů	1 200
pracovníků na dráze	3 600
cena tunelu (mil. Kčs)	57

Je zajímavé, že 2/3 stavebního nákladu tvořily mzdy, což bylo důležité pro okolní chudý kraj v době hospodářské krize. Tyto finanční prostředky pozvedly tehdy životní úroveň kraje a lidu.

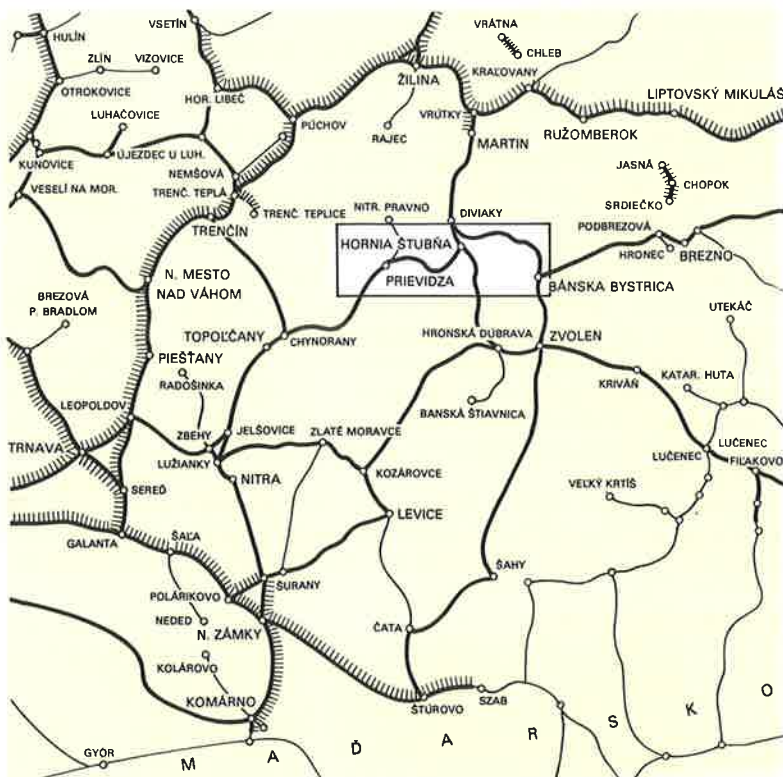
Dokončením trati v roce 1932 vzniknul mimo jiné i předpoklad úspěšného rozvoje hnědouhelných dolů v Handlové.

Tunel TGM zůstal nejdelším v ČSR do roku 1939, kdy byl dokončen 4697 m dlouhý tunel čremošianský (tunel Dr. Edvarda Beneše) na trati Banská Bystrica - Diviaky.

SITUACE DRÁHY



1



2



č. 1. – Železniční mapa úseků  
č. 2. – Nádvoří před portálem tunelu  
(lept. A. Alexe)

# TUNEL MRÁZOVKA

AUTOŘI: ING. JAROMÍR ČÍŽEK, ING. PAVEL KRÁSNÝ, ING. PAVEL MAŘÍK, PÚDIS PRAHA a. s.

**THE DEVELOPMENT OF THE COMMUNICATION SYSTEM IN PRAGUE.  
CITY CIRCUIT IN THE AREA OF SMÍCHOV.  
TECHNICAL PARAMETERS OF THE MRÁZKOVKA TUNNEL. ENGINEERING  
AND GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE LINE. DRIVING TECHNOLOGY DESIGN.  
TUNNEL EQUIPMENT.**

## ÚVOD

Koncepce výkonných komunikačních tahů, tvořících základ komunikačních systémů v Praze prochází dlouhodobým vývojem, při kterém je posuzováno mnoho rozhodujících hledisek.

Ve směrném územním plánu hlavního města Prahy, schváleném vládním usnesením z roku 1973 bylo zakotveno řešení nazývané „Základní komunikační systém“. Podle této schválené koncepce, která sestávala ze tří okružních komunikací a na ně navazující řady radiál probíhala postupná výstavba až do roku 1989.

V oblasti Smíchova byl podle tohoto systému, jako součást středního dopravního okruhu postaven a uveden do provozu Barrandovský most a rozestavěn Strahovský tunel. Spojnice těchto dvou významných staveb měla být vedena od jihu k severu nejprve v úrovni Strakonické ulice, dále přemostěním jižního zhlaví nádraží Praha-Smíchov do Radlické ulice a po uliční úrovni s podjezdem Ostrovského ulice do ulice Kováků k jižnímu portálu Strahovského tunelu.

Toto schválené řešení bylo v letech 1989–91 podrobeno řadě expertních posudků, jejichž výsledkem byla nová koncepce „Hlavní uliční síť“. Pro prostor Smíchova byl kromě jiných sta-

noven cíl nalézt vedení trasy městského okruhu, které by lépe vyhovovalo požadavkům urbanistické přestavby.

Původní návrh svým vedením v uliční úrovni nepříznivě rozděloval cenné území a jen s problémy vyhovoval přísným hygienickým předpisům.

Výsledek nových návrhů byl posouzen rozhodujícími městskými orgány. Usnesením Rady zastupitelstva magistrátního úřadu hlavního města Prahy z května 1992 byla stabilizována trasa v pokračování Strahovského tunelu směrem jižním. Úsek, který bezprostředně navazuje na soubor staveb Strahovského tunelu je pracovním názvem tunel Mrázovka.

## HLAVNÍ ULIČNÍ SÍŤ NA SMÍCHOVĚ

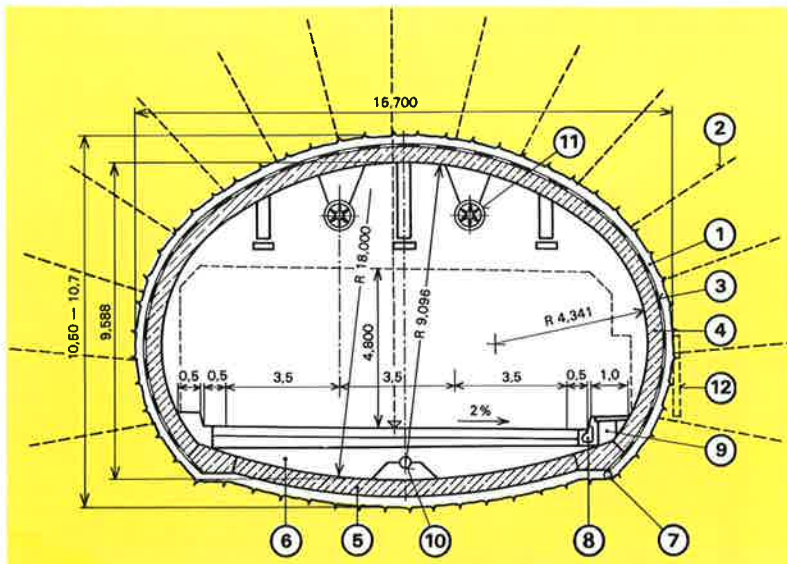
Nejdůležitějšími články řešení hlavní uliční sítě na Smíchově (dále HUS) jsou:

- Soubor staveb Zlíčov–Radlická
- Soubor staveb Radlická–Strahovský tunel
- Soubor staveb Strahovského tunelu

Soubor staveb Strahovského tunelu je v současné době v realizaci. Rozhodující 1. stavba, tj. dvě tunelové trouby (západní a střední) by měly být uvedeny do provozu v roce 1995, 3. stavba

Obr. 3 Příčný řez raženým tunelem

PŘÍČNÝ ŘEZ RAŽENÝM TUNELEM



1 PRIMERNÍ OSTĚNÍ ZE STRÁKANÉHO BETONU TL. 15 AŽ 20 cm

2 HYDRAULICKY UPIANÉ SVORNÍKY DÉLKY 4,0 M

3 IZOLACE

4 VNITŘNÍ MONOLITICKÉ ŽELEZOBETONOVÉ OSTĚNÍ B 20, TL. 35 AŽ 40 cm

5 SPODNÍ MONOLITICKÁ KLENBA B 20

6 VÝPLŮVÝ BETON B 20

7 PODÉLNÁ DRENÁŽ

8 ODVODNĚNÍ VOZOVKY

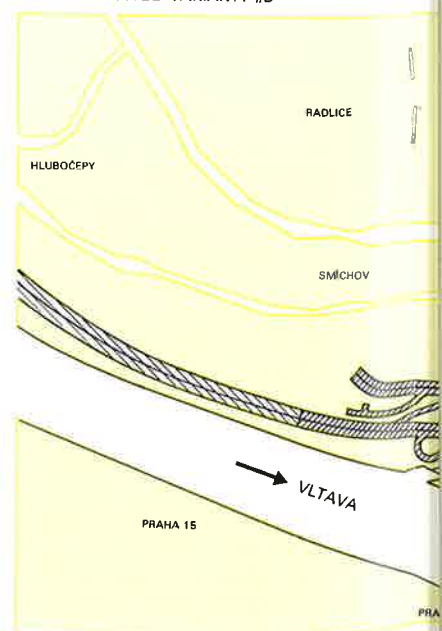
9 KANÁL PRO INŽENÝRSKÉ SÍŤE

10 HLAVNÍ ODVODŇOVACÍ ŘAD TUNELU

11 PROUDOVÉ VENTILÁTORY PRO PODÉLNÉ VĚTRÁNÍ

12 ROZŠÍŘENÍ VÝRUBU PRO VÝLENKY TECHNOLOGICKÉHO VYBAVENÍ

SITUACE STAVEB VARIANTY „B“



souboru staveb ST (mimoúrovňová křižovatka v prostoru Plzeňská – Kartouzská) je ve fázi přípravy. Rovněž tato stavba by měla být uvedena do provozu v roce 1995.

Optimální řešení by bylo, aby v době zprovoznění Strahovského tunelu byl provozuschopný i navazující úsek městského okruhu směrem jižním k Radlické ulici. To znamená nutnost co nejdříve zahájení prací na souboru staveb Radlická – Strahovský tunel a to 0. stavby a 1. stavby tohoto souboru (tunelu Mrázovka). Jedině toto řešení plně vyhovuje dopravním požadavkům.

Základní údaje o tunelu Mrázovka jsou uvedeny v následujícím článku.

Dopravní zátěže, které byly podkladem řešení koordinační studie HUS na Smíchově, byly převzaty z údajů ÚDI a jsou patrné z tabulky (obr. č. 4).

V koordinační studii komunikací HUS na Smíchově (PÚDIS 09/92, HIP Ing. Krásný) byla tunelová trasa zpracována ve dvou variantách:

- ve variantě „A“ (tzv. dlouhé) vede tunel Mrázovka od severního portálu u ulice Mrázovka až k jižnímu portálu u hranice se souborem staveb Zlíchov – Radlická,
- ve variantě „B“ (tzv. krátké) vede tunel Mrázovka od severního portálu u ulice Mrázovka po jižní portál u ulice Radlická je navržen další krátký hloubený tunel v kolejišti ČSD.

V současné době zpracovávaná dokumentace sleduje příznivější variantu „B“ a o této variantě bude také psáno v další části článku.

## ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Jedná se o:

- hlavní tunely na MO (tzv. tunel Mrázovka a tunel v kolejišti ČSD),
- tunely na komunikacích výtoňské spojky.

## TUNEL MRÁZOVKA

Sestává ze dvou tunelových trub:

- západní tunelové trouby (ZTT),
- východní tunelové trouby (VTT).

Každá tunelová trouba je navržena pro tři dopravní pruhy (2 průjezdní jízdní pruhy a 1 odpojovací či připojovací pruh).

	ZTT	VZT
– délka severního hloubeného úseku	32,0 m	32,0 m
– délka raženého úseku	624,0 m	577,0 m
– délka jižního hloubeného úseku	87,0 m	82,0 m
– hloubené úseky celkem	119,0 m	114,0 m
– tunelová trouba celkem	743,0 m	691,0 m

Příčné uspořádání:

- třípruhový tunel: šířka vozovky mezi obrubníky  
 $3 \times 3,50 + 2 \times 0,50 = 11,50$  m
- dvoupruhový tunel: šířka vozovky mezi obrubníky  
 $2 \times 3,50 + 2 \times 0,50 = 8,0$  m
- jednopruhový tunel (výtoňská spojka): mezi obrubníky  
 $3,5 + 2,5 = 6,0$  m.

Podjízdna výška (respektive výška průjezdného profilu) je uvažována 4,80 m, rezerva pro opravu vozovky 0,1 m.

Obrubníky jsou navrženy zvýšené o výšce 0,40 m.

Příčné klopení vozovek je 2,0 %.

V tunelech je navržen pravostranný služební chodník o minimální šířce 0,75 m.

## INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE TUNELU

Obě trouby, tzn. západní i východní, mají obdobné inženýrsko-geologické a hydrogeologické podmínky. Ražené úseky ZTT i VTT budou raženy v ordovickém skalním podloží, kde se střídají jílovité břidlice a křemence souvrství libeňského s flyšovým vývojem souvrství letenského.

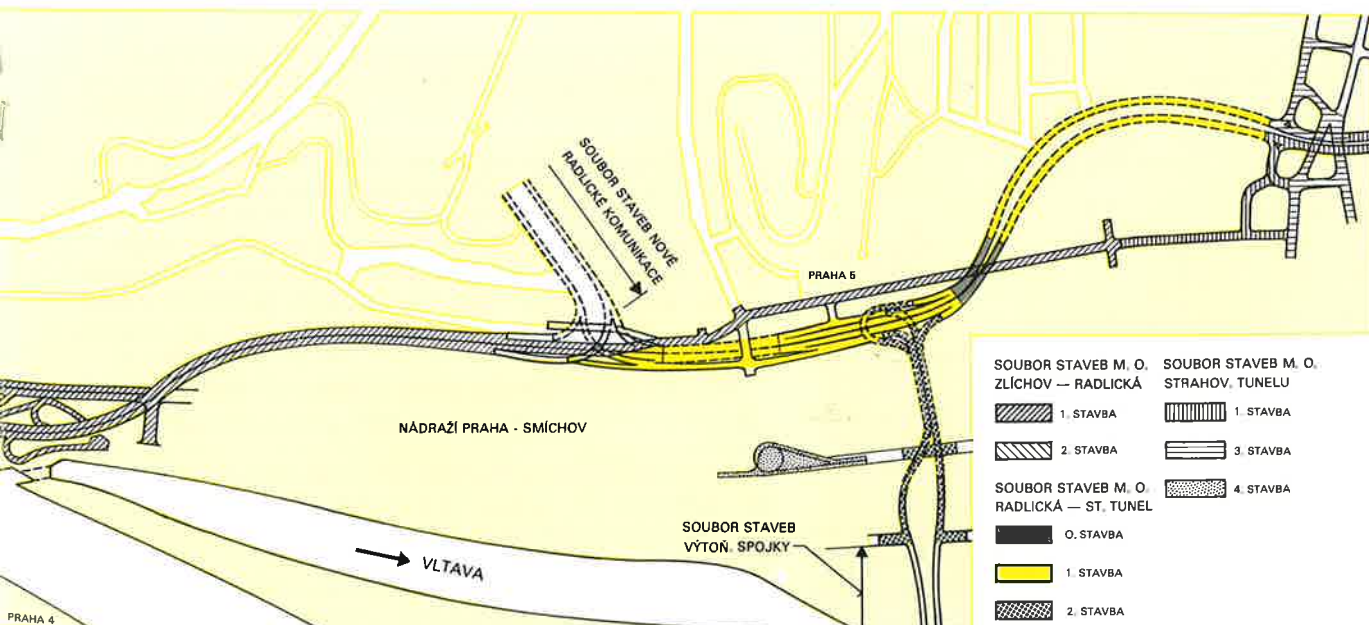
Libeňské souvrství je tvořeno jílovitými břidlicemi, které v části trasy jsou postiženy zvětrávacími procesy a pravděpodobně i tektonickými vlivy.

Charakteristickým znakem flyšového vývoje je střídání poloh křemenných pískovců a jílovitých břidlic o mocnosti do 25 cm.

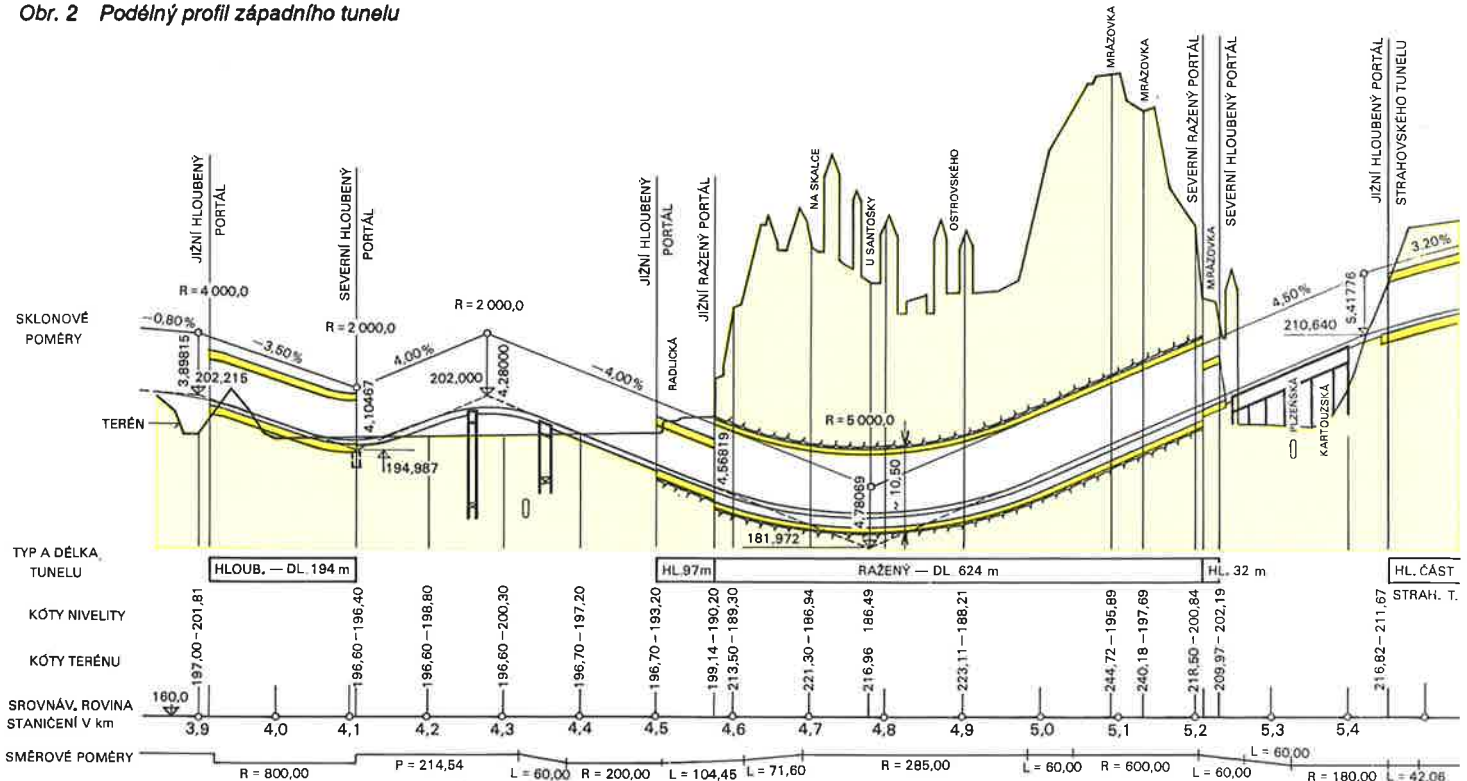
Nejméně příznivé inženýrsko-geologické podmínky budou u obou ražených portálů a v prostoru erozní rýhy.

Závěr inženýrsko-geologického posouzení pro tunely Mrázovka (PÚDIS 06/92) konstatuje, že ražba obou tunelů (ZTT i VTT) je technicky možná při použití nové rakouské tunelovací metody (dále NRTM), ale s členěním výrubu na více částí.

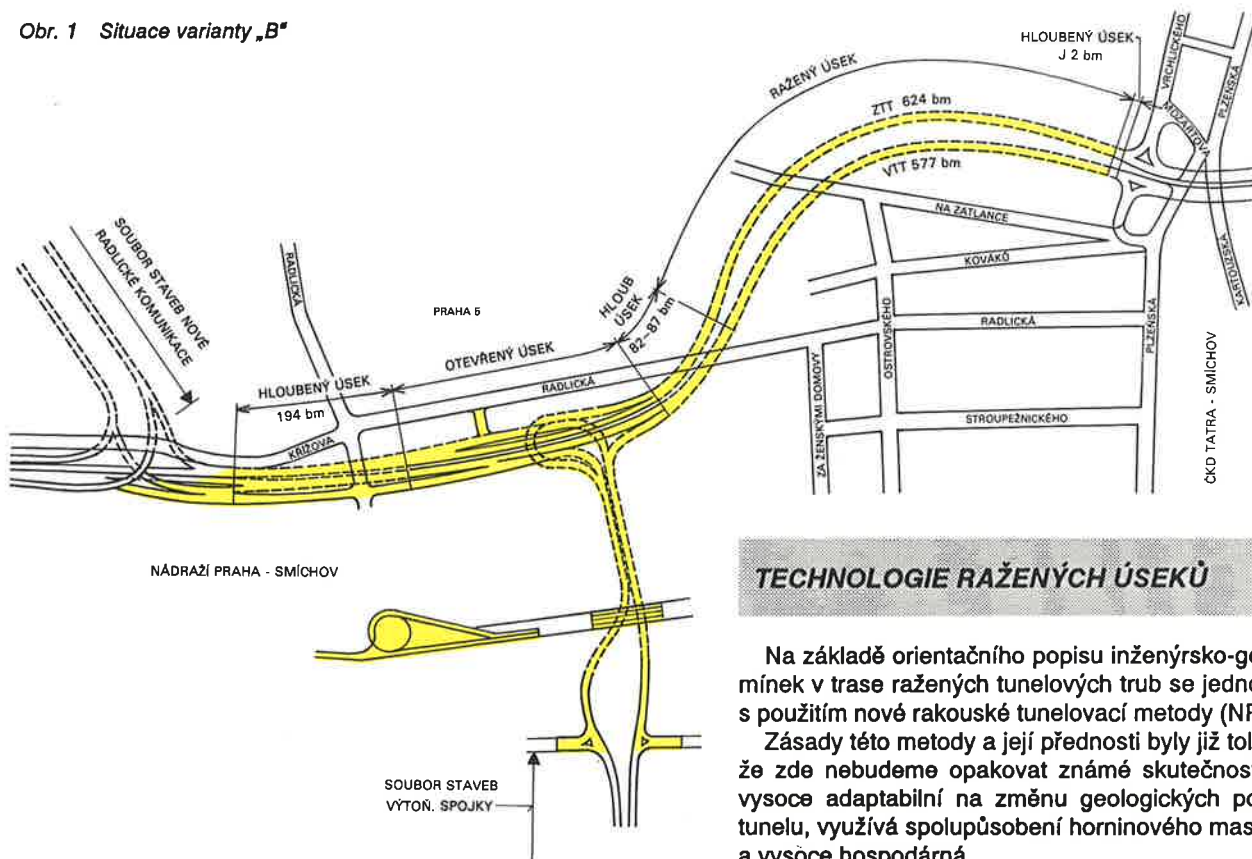
Hladina podzemní vody se kromě úseku erozní rýhy vyskytuje v horninách skalního podloží a v těchto úsecích budou přítoky do výrubu minimální (desetiny až setiny litru za sekundu z jednoho zdroje).



Obr. 2 Podélný profil západního tunelu



Obr. 1 Situace varianty „B“



### TECHNOLOGIE RAŽENÝCH ÚSEKŮ

Na základě orientačního popisu inženýrsko-geologických podmínek v trase ražených tunelových trub se jednoznačně uvažuje s použitím nové rakouské tunelovací metody (NRTM).

Zásady této metody a její přednosti byly již tolikrát uveřejněny, že zde nebudeme opakovat známé skutečnosti. Je to metoda vysoce adaptabilní na změnu geologických podmínek v trase tunelu, využívá spolupůsobení horninového masivu, je bezpečná a vysoce hospodárná.

Při ražbě se předpokládá členění výrubu na několik částí (minimálně na výrub kaloty, prostoru opěří, jádra a výrub pro spodní klenbu).

Primární ostění ze stříkaného betonu se předpokládá v tloušťce 0,15–0,20 m, stříkaný beton bude vyztužen ocelovými svařovanými sítěmi a obloukovými příhradovými výtužnými prvky. Pro kotvení a zajištění spolupůsobení s horninovým masivem se uvažuje s použitím hydraulických svorníků o délce cca 4–6 m.

Po ustálení deformací výrubu se provede vnitřní izolační plášť

V místech pod erosi rýhou lze očekávat zvýšené přítoky a je to i oblast možných zvýšených deformací horninového masivu.

V trase hloubených tunelů lze očekávat fluvialní sedimenty s pokryvem navážek.

Fluvialní sedimenty jsou tvořené písky a písčitymi šterky. Navážky převládají kamenitohlinité a kamenitopísčité, tzn. většinou písčité hlíny se šterkem. Šterkovou frakci tvoří úlomky betonu, cihel, opuky a křemenců.

a vnitřní definitivní ostění o tloušťce 0,35 až 0,4 m, betonované na pojízdném bedněni.

Celková teoretická plocha výrubu je 139,9 m<sup>2</sup> (viz obr. 3). Dimenzování bude upřesněno podle výsledků podrobného IGP, podle kterých bude horninové prostředí v trase začleněno do příslušných technologických tříd a pro každou třídu bude navrženo rozčlenění čelby a konstrukce ostění.

Vzhledem k obtížným inženýrsko-geologickým podmínkám v trase tunelu se uvažuje v přípravné dokumentaci v celé délce ražených úseků se spodní klenbou. U obou ražených portálů se předpokládá zřízení ochranného deštníku z mikropilot délky cca 40,0 m.

V nejobtížnějším místě, tj. pod erozní rýhou, lze po upřesnění znalostí o horninovém masivu na základě podrobného IGP navrhnout další opatření (např. předražení ochranných mikropilot, zpevnění masivu injektáží apod.).

Vzhledem k podélnému profilu trasy tunelu je nejnižší místo tunelu v raženém úseku. Proto je nutno počítat v blízkosti tohoto nejnižšího místa se zřízením podzemní čerpací stanice s potřebnou retenční jímkou.

### TECHNOLOGIE HLOUBENÝCH ÚSEKŮ

Severní a jižní hloubený úsek se bude provádět ve stavební jámě zajištěné podzemními nebo pilotovými stěnami, které budou kotveny drátovými kotvami. Konstrukce hloubených úseků bude monolitická železobetonová, po celém obvodu izolovaná.

### VYBAVENÍ TUNELU

Obdobně jako ve Strahovském tunelu bude provoz zajištěn technologickým vybavením na vysokém evropském standardu a provoz bude řízen centrálním počítačem, umístěným ve velínu na Strahově. Řízení dopravy v obou tunelech a navazujících úsecích bude koordinováno.

Pro osvětlení budou v adaptačních úsecích použita asymetrická svítidla podle nejnovějších zkušeností, která přináší proti dříve používaným systémům osvětlení výraznou úsporu elektrické energie. K dosažení optimálního účinku bude intenzita osvětlení v adaptačních úsecích regulována v několika stupních ve vazbě na vnější podmínky.

Větrání tunelu bude podélné, v každé troubě ve směru jízdy vozidel, což umožňuje využití pístového účinku a vede k minimální spotřebě el. energie. S ohledem na zástavbu o obou portálů není možno znečištěný vzduch vypouštět portály. Větrací vzduch bude před portály jímán odsávací strojovnou a vypouštěn do výdechových objektů, které budou situovány a dimenzovány tak, aby vyhovovaly předpisům a požadavkům. Vhodnost řešení je prokázána rozptylovou studií.

### ZÁVĚR

Tunel Mrázovka jako součást souboru staveb Radlická – Strahovský tunel výrazně zlepší dopravní poměry na Smíchově a současně vytvoří podmínky pro připravované urbanistické záležitosti.

Je proto nezbytné, aby výstavba tunelu MRÁZOVKA, který je nejnáročnějším dílem celého úseku, byla zahájena co nejdříve.

Obr. 4 Tabulka návrhových dopravních zátěží

Rok	Zátěž v tisících vozidel/den		
	celkem	z toho nákladních	z toho těžkých nákl.
2000	49,3	3,5	1,8
2030	50,5	3,7	1,3

## VODNÍ STAVBY

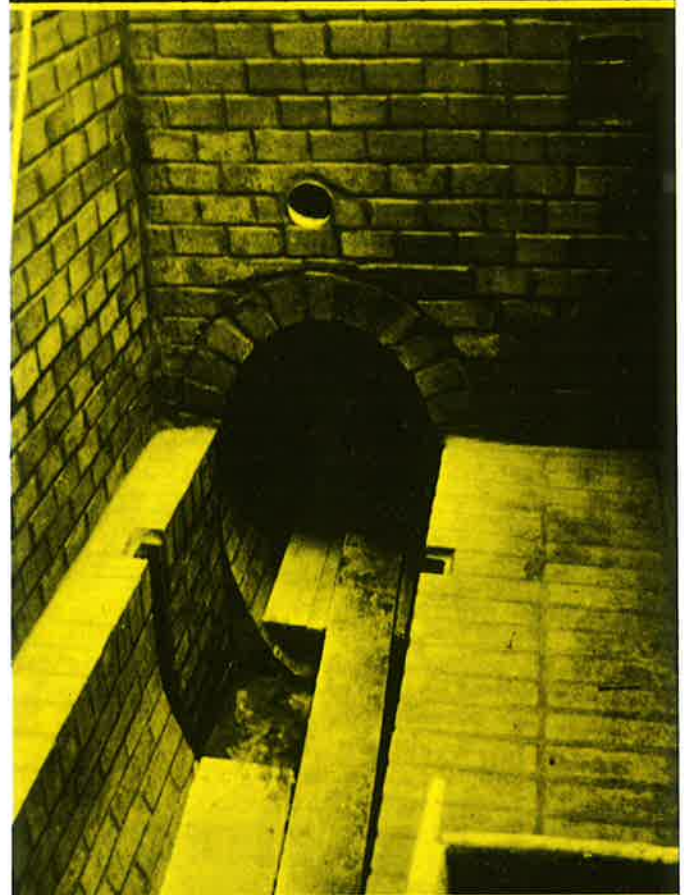
NEJPROGRESIVNĚJŠÍ  
TUNELÁŘSKÁ TECHNOLOGIE

### NOVÁ RAKOUSKÁ TUNELOVACÍ METODA A PROTLAČOVÁNÍ TRUB

PROVÁDÍME PODZEMNÍ DÍLA VE VŠECH  
GEOTECHNICKÝCH PODMÍNKÁCH

VODNÍ STAVBY PRAHA, a. s.  
stavební divize 05  
DOBRONICKÁ 635, PRAHA 4 - LIBUŠ, PSČ 148 27  
Tel.: 471 44 84, Fax: 471 32 54

ŠTOLY, TUNELY, PROTILAKY ŽELEZOBETONOVÝCH  
A OCELOVÝCH TRUB



# INTEGROVANÝ VÝPOČTOVÝ SYSTÉM PRO NAVRHOVÁNÍ A POSUZOVÁNÍ STABILITY VÝLOMU A VÝZTUŽE TUNELŮ RAŽENÝCH NRTM U NEČLENĚNÉHO VÝRUBU

AUTOR: PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ, OSTRAVA

**THE ARTICLE GIVES OPTIONS OF THE TUNNATM COMPUTING PROGRAM FOR DESIGN AND EVALUATION OF TUNNEL BRACING CARRIED OUT BY NRTM ON A NON-SEGMENTED CROSS SECTION. THE COMPUTING PROGRAM WAS DESIGNED ON THE BASIS OF ANALYTICAL APPROACH.**

Navrhování a zpětná kontrola parametrů tunelové konstrukce při ražení pomocí NRTM (optimální tvar průřezu, tloušťka a únosnost výztuže, hustota kotvení, fázovost ražení a vyztužování apod.) může být realizována některou z následujících metod:

1. empiricky, případně s využitím výsledků měření in situ
2. zjednodušeným mat. modelem s využitím pracovních deformačních charakteristik horninového masivu a výztuže [1]
3. matemat. modelem MKP (MHP) [2]; (numerické řešení kontaktní úlohy)
4. analytickým řešením kontaktní úlohy „hornina-výztuž“

Každý z uvedených postupů má své výhody i nevýhody, plynoucí z nutnosti zjednodušení úlohy, možnosti modelovat zvláštnosti chování systému, konstrukce díla, variantního řešení úlohy apod.

Předmětem příspěvku je popsat skutečné možnosti integrovaného výpočtového systému řady TUNNATM, vycházejícího ze čtvrté skupiny metod, které řeší otázky napěťového a deformačního vztahu systému „hornina-výztuž“ analytickou cestou. Řešení vychází z rovinného matematického modelu podzemního díla, umístěného v počátečním napěťovém poli horninového masivu, které je charakterizováno obecně známými složkami napětí

$$\sigma_x^{(0)} = -\gamma \cdot h$$

$$\sigma_y^{(0)} = \sigma_z^{(0)} = -\lambda \cdot \gamma \cdot h$$

$h$  – hloubka uložení tunelu

$\gamma$  – objemová tíha hornin

$\alpha$  – součinitel bočního tlaku

Jestliže výztuž má plný kontakt s horninou na celém obvodu výlohu, pak zatížení výztuže (normálové a smykové) může být určeno z řešení úlohy, jejíž okrajové podmínky plynou z rovnic

$$u_v = u(\gamma \cdot h) - u_0 = \alpha^* \cdot u(\gamma \cdot h) = u(\alpha^*, \gamma \cdot h)$$

$$v_v = v(\gamma \cdot h) - v_0 = \alpha^* \cdot v(\gamma \cdot h) = v(\alpha^*, \gamma \cdot h), \text{ kde značí}$$

- $u_v, v_v$  – posunutí (normálové a tečné) bodů výztuže na kontaktu s horninou
- $u(\gamma \cdot h); v(\gamma \cdot h)$  – posunutí bodů horninového masivu na kontaktu s výztuží
- $\alpha^*$  – koeficient charakterizující jak míru (velikost) tzv. počátečního posunutí  $u_0; v_0$ , které proběhne do doby zabudování výztuže, tak reologické a pevnostní vlastnosti materiálů výztuže v čase, vliv přetváření horninového masivu před a za čelbou, vliv kotvení apod. Je určen z výrazu  $\alpha^* = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4$ , kde  $\alpha_i$  vyjadřuje funkci uvedených vlivů.

Takto formulovaná úloha je řešena analytickým způsobem podle Kolosova-Muschelišviliho pro libovolný tvar výlohu s využitím konformního zobrazení skutečného příčného průřezu díla na jednotkový kruh. Jedinou omezující podmínkou je nutnost symetrie průřezu kolem jedné osy [3].

Současně s řešením této kontaktní úlohy je nutno, aby výsledek řešení odpovídal požadavkům NRTM na samonosnost horniny,

řešit a prověřit reálnost stavu stability hornin v okolí nevyztuženého výlohu. Tato úloha vyžaduje stanovit napjatost v okolí výlohu a posoudit zda vznikne či nevznikne porušená oblast.

Takto koncipovaný systém umožnil rozšířit jeho výpočtové možnosti zahrnutím řady faktorů, které determinují chování podzemního díla z hlediska horninového okolí (reologie, pevnost, vliv kotvení), výztuže (reologie materiálu výztuže, smršťování, dotvarování), technologie ražení a vyztužování (fázovost ražení a postupu vyztužování, odstup výztuže od čelby, vliv čelby) a konstrukce výztuže (homogenní či nehomogenní vrstva výztuže, kotvení).

Zpracovaný systém TUNNATM v jeho poslední verzi TUNKOT1 lze charakterizovat možnostmi:

- řešení libovolného tvaru příčného průřezu tunelu (s omezením viz výše) a tloušťky výztuže se zahrnutím vlivu nerovností povrchu výlohu s nečleněným výrubem
- určit stav stability nevyztuženého otvoru (výpočtem velikosti zóny porušení) na základě znalosti stavu původní napjatosti, pevnosti hornin charakterizované obalovou čarou pevnosti (jedno až trilineární) a tvaru průřezu. Výsledek umožňuje doporučit optimální skladbu provizorní stabilizační výztuže
- určit zatížení výztuže díla v podmínkách geostatického napěťového pole (příp. kvasistatické náhrady vlivu seismického vlnění), při libovolných přetvárných parametrech hornin a stupni mechanického porušení (RQD). Hornina může být pružná nebo reologická látka (využívá se teorie lineární dědičné plouzivosti)
- použít prakticky libovolnou skladbu konstrukce výztuže (homogenní, nehomogenní (např. železobeton, s tuhými oblouky apod.) a uvažovat s reologickými vlastnostmi betonu (smršťování, dotvarování)
- použít a ve výpočtu zohlednit vliv kotvení horninového masivu
- modelovat technologii budování výztuže (vliv čelby, vliv vzdálenosti zabudování výztuže od čelby, postupnost zesilování výztuže) v „časových řezech“
- testovat, zda kotvení a reakce výztuže na líc výlohu dostatečně stabilizuje horninu v těch případech, kdy u díla bez výztuže vzniká oblast porušení (z 0,3 m). Výsledek signalizuje případnou potřebu úpravy parametrů vyztužování.

Programový systém je realizován v jazyce PASCAL pro počítače PC/AT. Uvedený výpočtový program je k dispozici na Metrostavu.

#### Literatura:

1. ALDORF, J.: Příspěvek k teoret. aspektům NRTM. Sborník tohoto semináře „Tunelové a podzemné stavby“ – INCO Bratislava, október 1992
2. SVOBODA, G.: Numerical modelling of tunnels. Springer Verlag, Wien 1990
3. BŮLYČEV, N. S.: Mechanika podzemnych sooruzenij, Nedra, Moskva 1982
4. ALDORF, J.: The influence of time dependent deformation properties of concrete on load a loading capacity of support of underground working. Proceedings of Geomechanics 91 Hradec n. Moravici. Balkema, Rotterdam 1992.



# NOVÉ MOŽNOSTI POUŽITÍ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ

AUTOR: VERONIKA FESSLOVÁ, ECOOP PRAHA

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE POSSIBILITY OF USING DELTA PVC FOILS FOR UNDERGROUND CONSTRUCTIONS.

## ÚVOD

V oblasti izolačních materiálů a technologií pro podzemní stavby je v ČSFR stále málo informací a praktických znalostí. Tento nedostatek byl zapříčiněn zavedením prefabrikace pro obezdívky podzemních děl a cenovými relacemi.

V současné době, kdy došlo ke změně ekonomických pravidel, je ekonomičnost stavby hlavním kritériem pro její realizaci.

Jedním z faktorů je zkrácení lhůty výstavby, která je v ČSFR značně dlouhá, ve srovnání s technicky vyspělými státy.

Jednou z operací, které ovlivňují rychlost výstavby a kvalitu podzemních děl je provádění izolací. Jedním ze systémů, které umožňují rychlé provádění kvalitních izolací je použití profilovaných fólií DELTA.

## CHARAKTERISTIKA FÓLIÍ DELTA

Profilované fólie jsou vyrobeny z polyetylénu, který je stabilní a odolává jednak tlaku a jednak anorganickým, organickým kyselinám esterům, ketonům. Jsou odolné chemismu podzemních vod, bakterie houby a drobní živočichové nenapadají profilované fólie Delta. Různá výška profilování umožňuje odvádění podzemní vody ve vodorovném i svislém směru. Proti zanášení profilování je fólie opatřena geotextilií, která odolává tlaku a zachovává si filtrační schopnost. S navařenou vložkou-mřížkou je typ fólie vhodný při použití stříkaného betonu.

Při provádění podzemních staveb hlubených nebo ražených, lze použít čtyři druhy fólií DELTA

DELTA - MS je hnědá profilovaná fólie s výškou profilování 8 mm  
DELTA - MS 20 je hnědá profilovaná fólie s výškou profilování 20 mm

DELTA - DRAIN je hnědá profilovaná fólie, která je opatřena geotextilií, odolává tlaku a zachovává filtrační schopnost

DELTA - PT je bílá profilovaná fólie s navařenou mřížkou z plastické hmoty

## PRAKTICKÉ POUŽITÍ

Jednou z významných tunelových staveb, kde byly použity profilované fólie DELTA, je tunel KARAWANKEN. Tunel byl ražen v jižních vápencových Alpách a umožňuje dálniční spojení mezi Rakouskem a bývalou Jugoslávií. Zatím byla vyražena jedna tunelová trouba v délce 7 864 m tlamového profilu, plocha výrubu je 90 m<sup>2</sup>. Konstrukční a prostorové uspořádání je na obrázku č. 1.

Na straně Rakouska byla vyražena tunelová trouba v délce 3 414 m, na straně bývalé Jugoslávie bylo vyraženo 3 450 m. Ražení tunelové trouby bylo provedeno z obou portálů tj. ze strany Rakouska a ze strany bývalé Jugoslávie, metodou NRTM. Ražení probíhalo ve velmi obtížných inženýrsko-geologických podmínkách. Na rakouské straně byly zastíženy převážně dolomity a vápence, na jugoslávské straně se vyskytovaly pískovce a jílovité břidlice. V těchto horninách byly větší výrony podzemních a proto bylo nutné vybudovat účinný drenážní systém.

Jako spolehlivé a mnohostranně osvědčené řešení pro odvod podzemní vody bylo použito profilovaných fólií DELTA.

Profilovaná fólie DELTA MS poskytla spolehlivé a ekonomické řešení při stavbě tunelové trouby. Profilování orientované proti zajištěnému líci výrubu stříkaným betonem, vytváří průchodný systém pro odvedení podzemní vody k drenáži a dále v podélném směru do odvodňovacího systému tunelu.

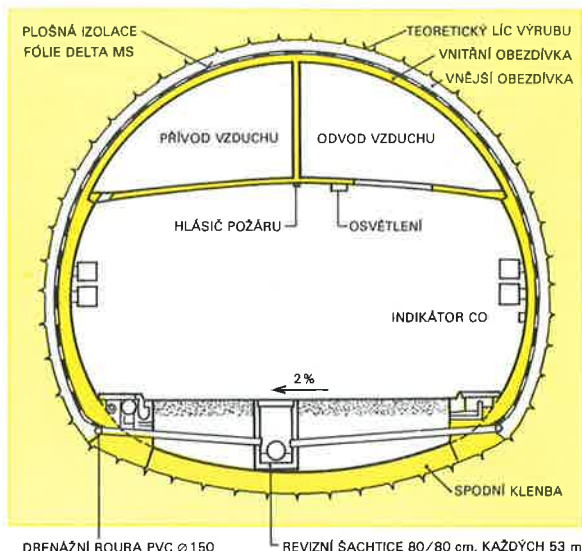
Způsob odvedení podzemní vody profilovanou fólií DELTA MS je na obrázku č. 2.

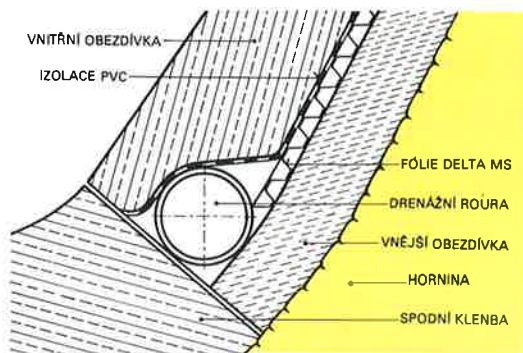
Na tunelové stavbě bylo použito 3 500 m<sup>2</sup> profilované fólie DELTA MS.

## ZÁVĚR

Používání profilovaných fólií DELTA firmy Ewald DÖRKEN v podzemním stavitelství má široké uplatnění. Umožňuje podstatné snížení účinků hydrostatického tlaku na obezdívky tunelových staveb a kontrolovaně odvádět podzemní vodu do drenážního – odbodňovacího systému. Zejména se uplatňují při použití WU betonu, který v průběhu tvrdnutí nesmí být namáhán tlakovou vodou.

Použití profilovaných fólií DELTA umožňuje provádění tenkostěnných obezdívek i v obtížných inženýrsko-geologických podmínkách.





### TECHNICKÉ ÚDAJE

Označení výrobku	DELTA-MS
Materiál	polyetylén vysoké hustoty
Tloušťka materiálu	cca. 0,6 mm
Výška profilování	cca. 8 mm
Výměry fólie v roli	2,4 x 20 m 2,0 x 20 m 1,5 x 20 m 1,0 x 20 m
Pevnost v tlaku	cca. 100 kN/m <sup>2</sup>
Drenážní kapacita	cca. 5 l/s . m cca. 300 l/m . m cca. 18 000 l/h . m
Objem vzduchu mezi profilováním	cca. 5,5 l/m <sup>2</sup>
Teplotní odolnost	-30 °C: +80 °C
Chemické vlastnosti	odolává běžným chemikáliím odolává prorůstání kořínků může být ve styku s pitnou vodou
Požární vlastnosti	B2 podle klasifikace DIN 4102, při zvláštních požadavcích objekty může být i B1 podle DIN 4102 (zkouška PA III 2.2087).
Označení výrobku	DELTA-MS 20
Materiál	polyetylén vysoké hustoty
Tloušťka materiálu	cca. 1 mm
Výška profilování	cca. 20 mm
Výměry fólie v roli	2,0 x 20 m při zvláštních požadavcích může být dodávána i v deskách
Pevnost v tlaku	cca. 150 kN/m <sup>2</sup>
Drenážní kapacita	cca. 14 l/s . m cca. 600 l/min . m cca 36 000 l/h . m
Objem vzduchu mezi profilováním	cca. 14 l/m <sup>2</sup>
Teplotní odolnost	-30 °C: +80 °C
Chemické vlastnosti	odolává běžným chemikáliím odolává prorůstání kořínků může být ve styku s pitnou vodou
Požární vlastnosti	B2 podle klasifikace DIN 4102, při zvláštních požadavcích na objekty může být i B1 podle DIN 4102 (zkouška PA III 2.2087)

Označení výrobku  
Materiál  
Výška profilování  
Výměry fólie v roli

DELTA-DRAIN  
polyetylén vysoké hustoty  
cca. 12 mm  
2,0 x 2,5 mm  
1,5 x 12,5 m  
cca. 90 kN/m<sup>2</sup>  
cca. 1,2 l/s . m  
cca. 72 l/min . m  
cca. 4 320 l/h . m

Objem vzduchu mezi profilováním  
Propustnost vody textilií  
Permitivita textilie  
Účinné mezery mezi vlákny textilie  
Teplotní odolnost  
Chemické vlastnosti

cca. 6 l na každé straně  
10 x 10<sup>-4</sup> m/s  
2,0 s<sup>-1</sup>

O<sub>95</sub> = 180 m  
-30 °C + +80 °C  
odolává běžným chemikáliím  
odolává prorůstání kořínků může být  
ve styku s pitnou vodou  
B 2 podle klasifikace DIN 4102

Požární vlastnosti

Označení výrobku  
Materiál  
Tloušťka materiálu  
Výška profilování  
Výměry fólie v roli  
Pevnost v tlaku  
Drenážní kapacita  
Objem vzduchu mezi profilováním  
Teplotní odolnost  
Chemické vlastnosti

DELTA-PT  
polyetylén vysoké hustoty  
cca. 0,5 mm  
cca. 8 mm  
2,0 x 20 m  
cca. 70 kN/m<sup>2</sup>  
cca. 5 l/s . m

cca. 5,5 l/mm<sup>2</sup>  
-30 °C + +80 °C  
odolává běžným chemikáliím  
odolává prorůstání kořínků může být  
ve styku s pitnou vodou  
B 2 podle klasifikace DIN 4102

Požární vlastnosti

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

PROTO JE ROZUMNÉ ČÍST



VYDÁVÁ HOSPODÁŘSKÉ VEDENÍ A.S. METROSTAV

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

# PRUŽNÉ TĚSNĚNÍ TUNELŮ FÓLIÍ Z PVC

AUTOR: ING. HEINRICH FENNER, HTL, SIKA AG, ZURICH

THE SWISS AUTHOR EXPLAINS THE USAGE OF THE SIKAPLAN PVC FOILS IN FLEXIBLE INSULATION OF TUNNELS.

Až do poloviny šedesátých let se používal v tunelech vodotěsný systém z nátěrů syntetické pryskyřice a několikanásobné vrstvy asfaltových pásů. Tyto systémy používala také akciová společnost SIKA, ale později vyvinula vodotěsnou fólii s velkou molekulovou hmotností.

Nová izolace se stala od těch dob běžně používanou při provádění protivodní izolace tunelů. Při postupu práce od líce horniny je připevňována na vrstvu stříkaného betonu drenážní geotextilie a na ní vodotěsná fólie Sikaplan PVC, která je následně překryta vnitřním betonovým ostěním.

Vodotěsný systém tunelu (tabulka 1)

Těsnění tunelu proti:	– netlakové vodě	– tlakové vodě
otevřený výkop	částečné těsnění (těsnění podkovo-vitého tvaru A B C	celoplošné těsnění (A) B C D
v podzemí rovný podklad pro izolaci	částečné těsnění/celopl. těsnění A (B) C	celoplošné těsnění (A) (B) C D
v podzemí nerovný podklad pro izolaci	částečné těsnění/celopl. těsnění A (B) C	celoplošné těsnění (A) (B) C D

Způsob těsnění (tabulka 2)

Izolace jednoduchá	volná A	celopl. připevňená B
jednoduchá, těsněná ve spojích injektováním je-li třeba	C	–
dvojitá spojovaná – s kontrolou těsnosti – s injektováním	D	

Vodotěsná izolace Sikaplan PVC vykazuje následující vlastnosti:

- dlouhodobou odolnost proti agresivním podzemním vodám a korodujícím konstrukčním materiálům,
- odolnost na statické a dynamické namáhání,
- stálé vlastnosti v daném rozsahu teplot,
- přizpůsobivost vlastnostem konstrukce,
- jednoduchost provádění,
- jednoduchost v řešení detailních napojení,
- nákladovou úspornost.

## JEDNOVRSTVÁ IZOLACE V PRACOVNÍ SPÁŘE

Příklad je patrný na obrázku 2. Jedná se o napojení základové desky při budování tunelu v otevřeném výkopu. Vodotěsná izolace se dělí tak, aby odpovídala fázím betonáže. Pro každý projekt se vykresluje běžně montážní plán osazování těsnicích pásů, který zahrnuje konstrukční spoje, dilatační spoje, montážní fáze, detaily vodotěsného napojení, ochranná opatření proti mechanickému porušení atd.

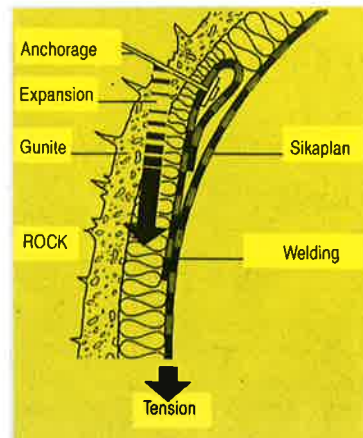
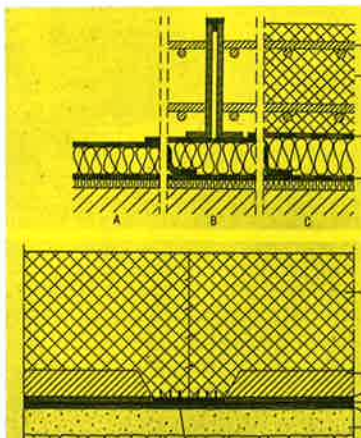
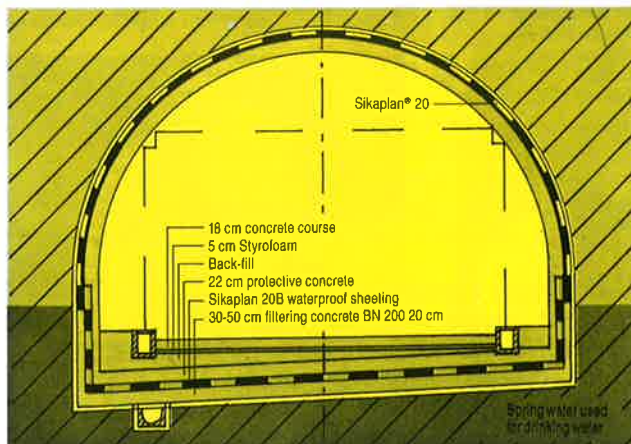
## DVOJITÁ IZOLACE

Mezery mezi 2 vrstvami (obrázek č. 3) slouží pro kontrolu a možnou injektáž v případě poškození.

- po uložení izolační fólie,
- po osazení výztuže,
- po betonáži,
- kdykoli v pozdější době

## POŽADAVKY NA PODKLAD

V závislosti na použitém systému těsnění tunelu musí podklad pod izolaci splňovat požadavky na:



- drsnost,
- nerovnost,
- vlhkost povrchu.

V ražených tunelech s bodově připevněnou izolací nezpůsobuje vlhkost povrchu podkladu žádné problémy ale tekoucí voda musí být svedena (např. žlábkovými drenážními hadicemi typu Aliva).

Vlastnosti fólie Sikaplan na dvouosý tah a protažení umožňují, že lze bez poškození překlenout nerovnosti povrchu podkladu v poměru šířky a hloubky 5 : 1.

### SYSTEM SPOJOVÁNÍ

Fólie či membrány Sikaplanu jsou homogenně svařovány podél přesahu jednotlivých pásů. Spoje prováděné na pracovišti v tunelu jsou buď dvojité s kontrolním kanálkem mezi nimi nebo jsou provedeny jako jednoduché švy.

### KONTROLA TĚSNOSTI SPOJŮ

Kontrola stlačeným vzduchem: Dvojitě švy se kontrolují tlakem vzduchu přibližně dvou barů (obrázek č. 4). Vyhoví tehdy, když tlak klesne o méně než 20 % do 5 minut.

Vizuální prohlídka: jednoduché švy mohou být tímto způsobem velmi snadno zkontrolovány.

### ZPŮSOB PŘIPEVNĚNÍ

V ražených tunelech se pásy fólie Sikaplan obvykle připevňují bodově. Sika vyvinula metodu závěsných pásků (příchytek) jako

alternativu k upevňovacím terčům. Pásy Sikaplanu přibližné velikosti 4 x 20 cm se připevňují hřeby k povrchu stříkaného betonu a k nim se přivaří rub vodotěsné fólie (obrázek č. 5). Tento způsob upevnění vhodněji přejímá tahové síly, které vznikají během betonáže, bez oslabení vlastní fóliové izolace Sikaplan.

### TECHNOLOGIE OSAZENÍ FÓLIE

S přispěním společnosti SIKA se za posledních 40 let vyvinuly speciální montážní zařízení a konstrukce s pohyblivými plošinami.

Obrázek č. 6 ukazuje postup osazování fólie instalované před betonáží vnitřní obezdívky.

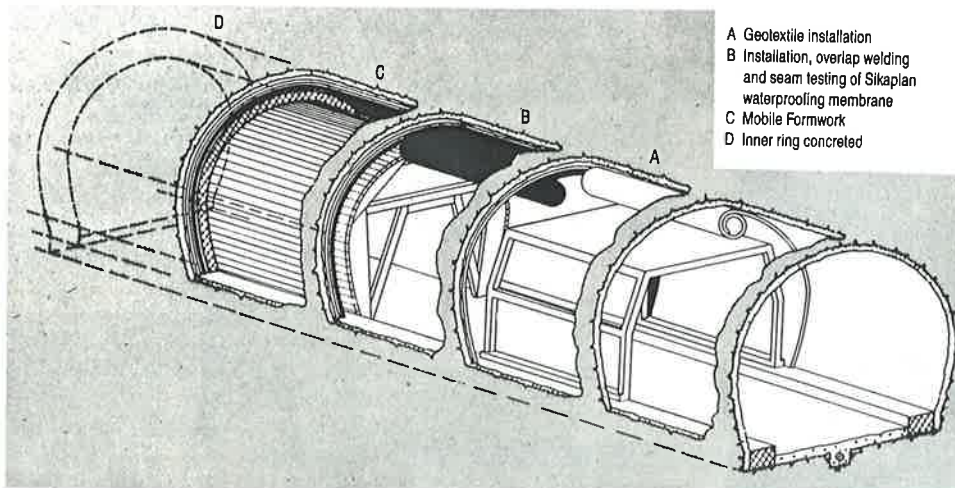
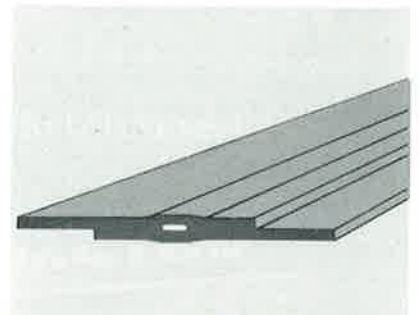
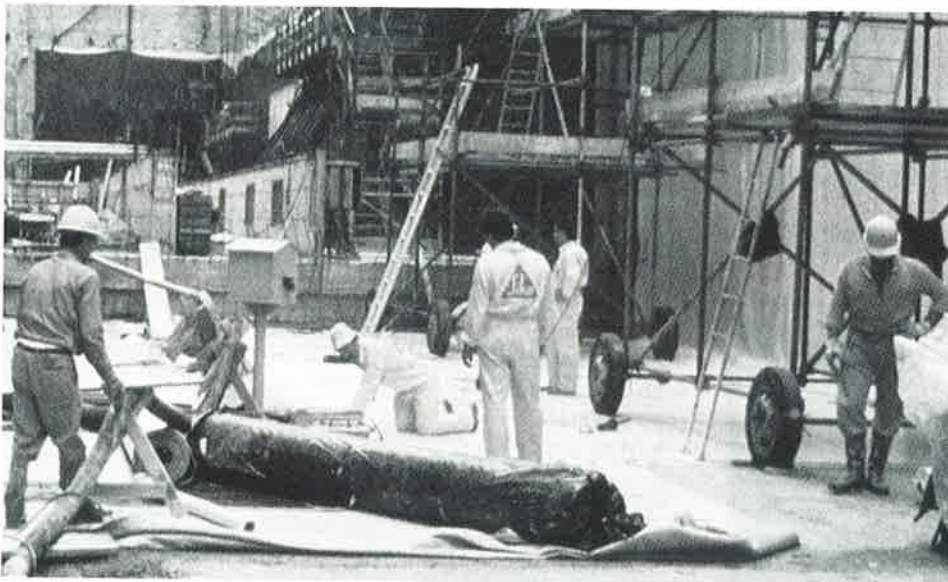
Společnost SIKA se podílela na vzniku norem pro související materiály a pracovní postupy ve Švýcarsku, SRN, Rakousku, Francii, Japonsku a jinde.

### VLASTNOSTI TĚSNĚNÍ FÓLIÍ

Tunelová těsnění Sikaplan splňuje požadavky závazných zkoušek pro těsnost izolace v tunelu a je k dispozici v různých provedeních podle přání zákazníka na příklad:

- se signální vrstvou,
- se speciální odolností proti ohni,
- v různých tloušťkách materiálu, v různých délkách a šířkách podle druhu díla,
- s laminátovou geotextilií o tloušťce 2 mm,
- v průhledných a průsvitných provedeních,
- v provedení odolávajícím olejům a asfaltům.

volně přeložil ing. P. Polák



A Geotextile installation  
B Installation, overlap welding  
and seam testing of Sikaplan  
waterproofing membrane  
C Mobile Formwork  
D Inner ring concreted

# „NOVÁ RAKOUSKÁ“ NA STANICI VYSOČANSKÁ

AUTOR: ING. VÁCLAV SOUKUP, a. s. METROSTAV

**THE AUTHOR INFORMS ABOUT FIRST EXPERIENCE  
OF USING THE NEW AUSTRIAN TUNNELLING METHOD ON THE CONSTRUCTION OF THE  
VYSOČANSKÁ STATION ON LINE IV. B.**

Ražená stanice Vysočanská je první stanicí na současně budované trase metra IVB. Výstavba stanice a traťových tunelů v úseku Českomoravská–ČKD byla zahájena v roce 1990 a probíhá ze stejného staveniště jako byla realizována poslední stanice trasy IIB–Českomoravská.

S prvními pokusy se stříkanými betony a uplatněním Nové rakouské tunelovací metody jsme začali na Vysočanské počátkem roku 1991 při ražbě obchozí štolky stanice. Tyto pokusy ztroskotaly hned z několika důvodů.

- Za prvé nám chyběla míchárna suché směsi v podzemí,
- za druhé jsme neměli vyřešenu vodorovnou dopravu suché směsi v podzemí,
- za třetí nám chyběl kontinuální přísun suché směsi do stříkacího stroje SSB,
- za čtvrté nám chyběl vhodný urychlovač tuhnutí,
- a v neposlední řadě zde vzhledem k předchozím nezdařeným pokusům existovala i nedůvěra pracovníků k technologii NRTM.

Na základě těchto okolností jsme přerušili na půl roku pokusy se stříkáním a první část obchozí štolky včetně zvětšeného profilu strojovny hlavního větrání vyrazili klasicky s poddajnou důlní výztuží a pažením. Během této doby jsme se plně věnovali vývoji technického zabezpečení pro stříkané betony, tak aby příští pokus se stříkáním byl již úspěšný. Vytvořil se zde z pracovníků stavby tým odborníků zapálených pro věc a pozitivní výsledek se dostavil. Za půl roku po neúspěšném pokusu byly hlavní problémy vyřešeny. Na stavbě bylo vyvinuto:

- zařízení na výrobu příhradové výztuže do stříkaných betonů, zřízeno pracoviště pro výrobu této výztuže a zahájena výroba výztuže „Bretex“, která svoji kapacitou pokrývá současnou potřebu této výztuže u a. s. Metrostav Praha.
- navržena a zkonstruována míchárna suché směsi v podzemí,
- velkokapacitní zavážecí samovyprazdňovací vůz pro dopravu šterkopísku a suché směsi v podzemí,
- technologie stříkání bez použití urychlovače s využitím rychlovazného vysokopevnostního bezsádrovcového cementu NOYEMENT.

Tím byly splněny předpoklady pro úspěšnou realizaci této technologie při ražbě obchozí štolky stanice s cílem prodat stříkaný beton v této zároveň vzduchotechnické štolce jako definitivní obzdívku, aby tato technologie měla i svůj ekonomický efekt. Během ražby OŠ odpadla i nedůvěra pracovníků ke stříkání a tato technologie si získala své fandky i z řad razičů. Jejich um byl doceněn i na stavbě dálničního tunelu „Selatin“ v Turecku.

Další objekt při kterém jsme se rozhodli využívat ostění ze stříkaných betonů byl převyšovaný profil technol. tunelu stanice „Vysočanská“. Jedná se o staniční profil světlosti 7,8 m navýšený v délce 26 m o 3,5 m nad profil stanice a to v celé šíři. Horní klenbu tohoto profilu jsme provedli ze stříkaného betonu včetně definitivní obzdívky, čímž odpadlo i velké atypické bednění klenby. Zde byl

aplikován stříkaný beton s urychlovačem tuhnutí SIKA a posléze i URL 2 jež pro nás včetně dávkovacího čerpadla zajistil technický odbor.

Jako další díla kde jsme použili stříkaný beton je štola tlakového uzávěru, což je opět atypický velkoprofilový tunel o šíři 7,8 m, vzepětí klenby přes 5 m a délky 26 m a dále vzduchotechnická propojka o profilu 12 m<sup>2</sup>.

Naše zkušenosti a doporučení z používání stříkaných betonů na Vysočanské jsou následující

- maximální výkon při ražbě OŠ – 1 pracovní cyklus za B-hodinovou směnu,
- maximální měsíční postup – 40 záběrů à 1,2 m (průměr 2 záběry/den),
- rychlovazný cement NOYEMENT lze při vyšší vlhkosti písku použít jen v místě zamíchání (nelze převážet namíchanou suchou směs nebo předhydratuje),
- stříkaný beton při stávající technologii provádění Pražského metra lze úspěšně využít
- při ražbě VZT štol (zároveň i jako definitivní ostění těchto štol),
- při ražbě atypických profilů,
- při ražbě předkomor a montážních komor pro razičí mechanismy,
- při ražbě všech tunelů většího průřezu, které umožňují kolovou dopravu v podzemí.

Doufáme, že zkušenosti a um našich techniků a razičů budou využity při ražbě velkého liniového díla Novou rakouskou.



# JEŠTĚ K VÝSTAVBĚ STOKY F NA 1. STAVBĚ NČOV PRAHA

AUTOR: ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, VODNÍ STAVBY 05

## PHOTOGRAPHICAL DOCUMENTATION OF THE CONSTRUCTION OF THE SEWAGE PIPE IN PRAGUE – TROJA.

V čísle 3/92 byl uveřejněn článek ing. Lebra a ing. Chabra o výstavbě stoky F v Praze-Troji, která se realizuje v rámci 1. stavby NČOV Praha. Stoku F staví divize 05 akciové společnosti VODNÍ STAVBY PRAHA.

Citovaný článek chceme dnes doplnit několika fotografiemi a tím ilustrovat prováděné práce.

*Obr. 1* Část stoky připravená k zahájení hydroizolací. Počva je vybetonována a na provizorní ostění – v této části provedené z dřílné ocelové výztuže a pažin – je proveden stříkaný beton.

*Obr. 2* Stříkaný beton v části stoky ražené NRTM

*Obr. 3* Na ostění ze stříkaného betonu se přípevní geotextilie pomocí nastřelených terčů z PVC. Na tyto terče je v další fázi navařována fólie Sikaplan, která tvoří vlastní hydroizolaci.

*Obr. 4* Jednotlivé pruhy fólie Sikaplan jsou svařovány dvoustupým horkovzdušným svařovacím automatem. Dvoustupý svár umožňuje kontrolu těsnosti svarů pomocí stlačeného vzduchu, kterým se natlačuje kanálek mezi sváry.

*Obr. 5* Práce se provádí z lešení HAKI. Vlastní fólie Sikaplan je dvouvrstvá. Vrstva na vnitřním líci je jasně žlutá, což má výhodu z hlediska osvětlení pracoviště a současně jasná barva výrazně upozorňuje na izolační prvek, který je nutno chránit před poškozením. Vrstva na rubu je černá. Průraz nebo poškození fólie je signalizováno černou barvou na žluté ploše.

Pozn.: Izolační práce provádí firma Izolace Jindřichův Hradec.

3



1



4



2



5



## ZPRAVODAJSTVÍ MEZINÁRODNÍ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA/AITES

### VYHODNOCENÍ SOUTĚŽE O NEJLEPŠÍ DIPLOMOVOU PRÁCI V OBORU PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ VE ŠKOLNÍM ROCE 1991/1992



Československý tunelářský komitét ITA/AITES vyhlásil pro školní rok 1991/1992 soutěž o nejlepší diplomovou práci v oboru podzemního stavitelství, jejímž cílem bylo především podnit a motivovat studenty tohoto oboru k dosažení co nejlepších výsledků při zpracování DP a přispět k rozvoji oboru podzemního stavitelství v ČSFR jak z hlediska jeho výuky a výzkumu na VŠ, tak z hlediska uplatnění jeho možností pro řešení aktuálních problémů společenské praxe.

Kritéria soutěže byla vyhlášena na zasedání Čs. tunel. komitétu v Bratislavě dne 29. 4. 1992 a publikována v časopise TUNEL a v Hospodářských novinách. Ukončení přihlášek do soutěže bylo termínováno dnem 31. 8. 1992.

V termínu pro podání přihlášek bylo zaregistrováno celkem 8 přihlášených diplom. prací z těchto vysokých škol:

ČVUT Praha, katedra geotechniky	- 1 práce
STU Bratislava, katedra geotechniky	- 3 práce
VŠB Ostrava, kat. geotechniky a podz. stavitelství	- 1 práce
VŠDS Žilina, katedra geotechniky a geodézie	- 2 práce
TU Košice, katedra dobývání a podz. stavitelství	- 1 práce

Ze škol, které v ČSFR vychovávají absolventy tohoto oboru se nezúčastnila soutěže pouze VUT Brno, ústav geotechniky. Všechny přihlášené práce splňovaly stanovená kritéria pro účast v soutěži a jsou z oboru podzemního stavitelství.

Seznam přihlášených prací s uvedením jména absolventa, tématu a vedoucího DP je v příloze tohoto zápisu.

Vyhodnocení prací bylo provedeno dne 24. 9. 1992 komisí ve složení:

Prof. Aldorf – předseda  
Doc. Kubík – VŠDS Žilina  
Doc. Hatala – TU Košice  
Ing. Glisníková, CSc. – VUT Brno  
Ing. Horák – VUT Brno

Jako kritéria posuzování kvality a obsahu prací byly zvoleny a přijaty především:

- úroveň formální stránky zpracování DP, úroveň grafické a výpočetní části
- aktuálnost tématu ve vztahu k současným potřebám spol. praxe a využití metod a možností podz. stavitelství pro řešení neklasických problémů
- míra a podíl rešerší a kompilací v DP
- míra a podíl vlastního přínosu k řešení dané problematiky, stupeň možností využití DP v praxi
- přístup k řešení úkolu (použití výpočetní techniky, využití zahranič. literárních pramenů, metoda řešení apod.)
- vyváženost projektové (návrhové) a statické stránky DP ve vazbě na řešený problém
- použití vlastních nebo cizích výpočet. postupů

Členové komise po prostudování přihlášených prací hodnotili práce přidělením kladného bodu v pořadí, které by podle jejich názoru práce měly zaujmout. Po provedení součtu těchto hodnocení bylo konstatováno, že:

- 5 bodů a stejné pořadí obdržely práce  
Ing. Evy Dobrovodské – STU Bratislava  
Ing. Milana Pastierika – TU Košice
  - 4 body obdržely práce  
Ing. Andrei Hrubé – VŠDS Žilina  
Ing. Tomáše Kameníka – VŠB Ostrava
  - 1 bod obdržela práce Ing. René Hyži – VŠDS Žilina
- Ostatní práce nebyly bodově ohodnoceny.

Vzhledem k tomu, že mezi přihlášenými pracemi nebyla žádná, která by vykazovala mimořádnou úroveň a kvalitu z hlediska přijatých kritérií, doporučuje komise, aby práce byly odměněny takto:

1. cenu soutěže neudělovat
2. cenu udělit ing. E. Dobrovodské a ing. M. Pastierikovi
3. cenu udělit ing. A. Hrubé a ing. T. Kameníkovi

Tento návrh byl komisí předložen ke schválení plénu Čs. tunel. komitétu ITA/AITES dne 22. 10. 1992.

Z průběhu hodnocení a diskuse členů komise vyplynuly tyto závěry a doporučení k vlastní soutěži a k předloženým diplom. pracem:

1. Soutěž považujeme za významný motivační a stimulační prvek procesu přípravy absolventů pro obor podz. stavitelství, přestože v letošním ročníku nebyl tento charakter soutěže zcela naplněn v důsledku pozdního vyhlášení soutěže vzhledem k termínům zadání a zpracování DP.
2. Doporučujeme proto vyhlásit nový ročník soutěže pro šk. rok 1992/93 na tomto zasedání Čs. tunel. komitétu i za cenu případného snížení dotace soutěže. v případě rozdělení komitétu na dva samostatné republikové subjekty, doporučujeme, aby soutěž byla vyhlášena, realizována a financována společně oběma komitéty. Pro zvýšení její přitažlivosti pro katedry a jednotlivé pedagogy doporučujeme, aby vedoucím oceněných diplomových prací bylo udělováno čestné uznání komitétu.
3. Doporučujeme zvážit, zda pro zvýšení objektivnosti vyhodnocení soutěže by bylo vhodné vyhlásit komitétem 1–2 témata DP, jejichž zpracování by automaticky vedlo k účasti v soutěži a upřednostňovalo pořadí při rovnosti hodnocení.
4. Z celkového hodnocení přihlášených prací lze konstatovat určité společné znaky, které se projevují ať již v pozitivním nebo i negativním smyslu:

- výborná grafická a formální úroveň prací
- projevil se převaha prací typu studií s různou mírou kompilace
- práce prokazují dobrou orientaci v odborné literatuře, ale malé využití výpočetní techniky i v případech, kdy k tomu samotné téma vybízí
- většina návrhů a řešení je použitelných pro další nebo i přímé využití v praxi
- projevuje se malý podíl těch částí prací řešících statické otázky podz. stavitelství
- práce prokazují inž. úroveň a metody zpracování a přístup diplomatů k tématu ukazují na dobrou úroveň pedagog. práce jednotliv. škol a kateder
- za slabší lze považovat orientaci na nejmodernější metody a jejich aplikace (např. NATM)

Komise je toho názoru, že soutěž splnila, přes uvedené nedostatky, svůj účel a přispěla k dalšímu posílení a rozvoji podzemního stavitelství na zúčastněných vysokých školách. Doporučují oceněné studenty pozvat na příští zasedání komitétu (nebo jeho předsednictva) a předat jim udělené ceny.

Prof. ing. Josef Aldorf, DrSc.

## PŘÍLOHA SEZNAM DIPLOMOVÝCH PRACÍ PŘIHLÁŠENÝCH DO SOUTĚŽE

STU Bratislava – katedra geotechniky

1. Eva Dobrovodská  
Název práce: „Výstavba dopravných tunelov pod korytami riek“  
Vedoucí diplomové práce: doc. ing. F. Klepsatel, CSc.

2. Josef Janík  
Název práce: „Podzemná garáž – Hviezdoslavovo námestí“  
Vedoucí diplomové práce: doc. ing. K. Radkovský, CSc.

3. Arpád Zsigmond  
Název práce: „Vytvorenie podzemnej pasáže medzi stanicou metra na Šafárikovom námestí v Bratislave a podchodom na Kyjevskom námestí“  
Vedoucí diplomové práce: doc. ing. R. Hulman, CSc.

VŠDS Žilina – katedra geotechniky a geodézie

1. Andrea Hrubá  
Název práce: „Diagnostika železničních tunelov v sieti ČSD“  
Vedoucí diplomové práce: doc. ing. I. Kubík, CSc.

2. René Hyža  
Název práce: „Študia rekonštrukcie železničného tunela Hrenca I“  
Vedoucí diplomové práce: doc. ing. I. Kubík, CSc.

ČVUT Praha – katedra geotechniky

1. Alois Vyleta  
Název práce: „Podzemní urbanismus“  
Vedoucí diplomové práce: prof. ing. J. Barták, DrSc.

VŠB Ostrava – katedra hornické geotechniky a podzemního stavitelství

1. Tomáš Kameník  
Název práce: „Automatizace projektování respových odboček“  
Vedoucí diplomové práce: prof. ing. J. Cigánek, CSc.

TU Košice – katedra dobývání ložisk a podzemního stavitelství

1. Milan Pastierik  
Název práce: „Pokles nadložia pri rekonštrukcii tunelového privádzača LOPEJ–DUBOVÁ“  
Vedoucí diplomové práce: doc. ing. J. Hatala, CSc.

## ZPRAVODAJSTVÍ TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

### Z ODBORNÉHO TISKU



V loňském dubnovém čísle časopisu „Tunnelling and Underground Space Technology“ (odborný časopis vydávaný čtvrtletně mezinárodní společností ITA – poznámka překladatele) je uveden článek ing. R. J. Smitha nazvaný „Rizikový management v oblasti podzemních projektů: Způsob a praktický návod pro vlastníky projektu jak snížit náklady.“ (str. 109–117). Smyslem článku je úvaha, že správné rozdělení rizika související s projektem přinese úspory.

Ve svém úvodu k článku ing. Smith poukazuje, že podzemní práce v oblasti stavebnictví jsou obzvláště rizikové a jakákoliv chyba v odhadu rizika může vést k nesmírným nákladům.

Často je příčinou nerealistického chápání projektu vlastníkem, nutí kontraktora ke „zkracování si cesty“ a „šizení“. Výsledkem jsou potom časté spory a opoždění ve výstavbě. K rozebírání uvedených příčin je nutné, aby všechny zúčastněné strany si byly předešlým vědomy existence tohoto rizika. Čas strávený identifikací a rozdělením rizika ušetří pozdější náklady spojené s výdaji za spory a zabrání nepříjemné pracovní atmosféře.

Snížení tohoto rizika lze dosáhnout především určením oblasti do které spadá a po té rozložením stupně zodpovědnosti stranám, které v dané oblasti pracují (tzv. implimentační metoda – poz. překladatele).

Výhody tohoto řešení se projevují pro všechny zúčastněné strany. Vlastník projektu ušetří na nákladech normálně spojených s řešením sporů a prostojů, kontraktor nemusí zabudovávat do kontraktu položky hradící eventuální ztráty jeho zisku. Institut pro stavebnictví uvádí, že shora uvedené řešení může ušetřit až 5 % celkových nákladů (str. 110).

Protože kontraktori jsou zbaveni strachu z neočekávaných výdajů, nákladové odhady určené pro konkursy se stanou více realistické a přijatelnější.

Také projektanti mají usnadněnou práci při úměrně rozděleném riziku; jejich návrhy nemusí být „předimenzované“.

Inženýr Smith dále uvádí, že správné odhadnutí rizika snižuje náklady a eliminuje spory, které jsou výsledkem přerušení práce, nárůstků poplatků za služby advokátů, poradců a expertů. Namísto toho vytváří prostředí porozumění s vědomím zodpovědnosti zúčastněných stran. Tímto se dále zajišťuje lepší spolupráce v lepším pracovním prostředí.

Na podporu tohoto konstatování ing. Smith uvádí existující filozofie přístupu k riziku, a to od jednostranné zodpovědnosti udělené pouze kontraktorovi, až po uspořádání, kde zodpovědnost za riziko je dělená. Ve svém hodnocení pak dochází k závěru, že v prvním případě je toto uspořádání velice drahé, v případě dělení rizika je tomu naopak; výsledný efekt je tedy maximálně žádoucí. Pro potvrzení svých závěrů se ing. Smith odvolává na konferenci z roku 1979, která jednala s problémy rizika a zodpovědnosti. Výsledkem této konference bylo prohlášení, že „riziko je zodpovědností všech, kteří jsou kompetentní a vybaveni schopnostmi jej kontrolovat, ale také jsou odměněni za správné pochopení, řízení a kontrolu řešeného rizika.“ (Str. 111).

Za účelem správné integrace rizikového faktoru do kontraktu, ing. Smith rozděluje riziko do těchto skupin:

1. zdroje a nezbytné předpoklady pro uskutečnění projektu,
2. rizika spojená s uskutečněním projektu,
3. vnější vlivy.

Pro každou skupinu je tedy nutno rizika identifikovat a určit, která ze zúčastněných stran je schopna a povolána je nejlépe nést. Například zabezpečení finančních zdrojů a způsobilost pracoviště by mělo být svěřeno vlastníkově, efektivita výkonu práce a odhadnocení nákladů by mělo být pod kontrolou kontraktorů. Rizika spojená se získáním a obdržetím všech příslušných úředních povolení a licencí by měla být zodpovědností obou zmíněných stran.

Uvedená rizika jsou specifická a proto jejich řešení mohou být adresována pomocí standardních formulí běžně používaných v kontraktech.

I když kontrakt je nejdůležitějším nástrojem pro správné definování rizika, existují specifické dohody, které ovlivňují a zlepšují vlastní plnění

kontraktu. Jsou to: zajištění a distribuce podrobných geologických zpráv, revize plánů a konstrukčních návrhů z hlediska plnění účelu pro které byly vyhotoveny před zahájením stavby, možnost okamžitého použití nezávislého vyjednavatele v případě sporu, vytvoření realistického harmonogramu, vytvoření finančních záloh, vybudování plánu efektivní komunikace, zajištění předběžných plánů pro inženýrské sítě, zajištění stavebních povolení a licencí, přidělení zodpovědnosti za bezpečnost na pracovišti, jmenování vedoucích složek zodpovědných za nezbytná rozhodnutí v případě nepředvídaných situací.

Aby rizikový management mohl skutečně fungovat, musí se státi nedělitelnou složkou v procesu plánování. Tohoto může být dosaženo vytvořením podmínek: finanční zajištění, dostatek odborníků, revize všech dokumentů a svolání revizní rady se zaměřením na kontrolu rizik.

Ing. Smith dochází k jednoznačnému závěru: správné chápání a přístup k riziku se mnohonásobně vyplatí. Svůj závěr dokládá prohlášením Institutu pro stavebnictví univerzity v Texasu, ve kterém se uvádí, že výsledek předčí náklady 10:1, pakliže popsané metody jsou použity.

1. Dostatek financí určených pro projekt
2. Dostatek kvalifikovaných pracovních sil
3. Stavební povolení a licence
4. Zabezpečení přístupu na pracoviště

Tabulka č. 1 – Rizika spojená se zdroji a podmínkami pro projekt

1. Dostatečné vybavení plánů
2. Podhodnocení nákladů
3. Materiály a zařízení dodané vlastníkem projektu
4. Materiály a zařízení dodané kontraktorem
5. Způsoby a metody konstrukce
6. Odkládání již existujících problémů
7. Odkládání řešení a zodpovědnosti za problémy
8. Produktivita pracovních sil
9. Podpovrchové podmínky
10. Bezpečnost pracoviště a pracoviště

Tabulka č. 2 – Práce na projektu

1. Zásahy úřední moci
2. Nepříznivé počasí
3. Přírodní pohromy a katastrofy
4. Postavení unii, pravidla práce spojená s výkonem práce
5. Soudní spory

Tabulka č. 3 – Rizika vnějších vlivů

Riziko	zodpovědná strana, odůvodnění	způsob řešení
Dostatek financí určených pro projekt	majitel – vlastník projektu	klausule v kontraktu umožňující kontraktorovi potvrdit možnost čerpání fondů
Dostatek kvalifikovaných pracovních sil	kontraktor – má nejlepší podmínky k odhadu v době konkursu	vlastník při tvoření projektu by měl vždy uvažovat alternativní řešení (příklad: nedostatek betonářů zvol náhradní materiál či technologii), nabídnout alternativní řešení pro situace – přebytek/nedostatek
Stavební povolení a licence	obě strany mají schopnost ovlivnit a kontrolovat tuto záležitost	vlastník by měl identifikovat všechny své požadavky v plném rozsahu; kontraktor má většínu zodpovědnosti se podřídit těmto požadavkům
Zabezpečení přístupu na pracoviště	vlastník projektu – jeho projekt a jeho pracoviště	vlastník by měl vyjmenovat všechny podmínky spojené s přístupem a uvést je při vyhlášení konkursu

Tabulka č. 4 – Příklad jak určit a rozdělit vychozí rizika pro úspěšné zajištění projektu



Riziko	zodpovědná strana, odůvodnění	způsob řešení
Rozsah a podrobnost plánů	vlastník z jeho nákladů na projekt	kvalifikovaní projektanti se zodpovědným přístupem k projektu
Podhodnocení nákladů	kontraktor má možnost kontroly přes náklady	kompetentní odhad nákladů
Materiály a zřízení Jodané vlastníkem projektu	vlastník projektu – jeho rozhodnutí	předběžné plánování nákupu, vlastní nákup, dovoz, distribuce, atd. Alternativní řešení
Materiály a zařízení dodané kontraktorem	kontraktor – v jeho kontrole	předběžné plánování nákupu, vlastní nákup, dovoz, distribuce, atd. Alternativní zajištění
Způsoby a metody konstrukce	kontraktor – v rámci jeho expertizy	používání a dodržování stanovených postupů
Odkládání již existujících problémů	postižený útvar – má kapacitu tyto problémy nahlásit	následuje, používá a dodržuje dané direktivy
Odkládání řešení a zodpovědnosti za problémy	strana, která obdržela hlášení o existujícím problému má povinnosti podnikat příslušné kroky	určit orgán, který bude mít autoritu rozhodnout
Podpovrchové podmínky	vlastník projektu – jeho majetek a místo určeno pro stavbu	specifické definice a popisy těchto rizik, pokud je lze předvídat
Bezpečnost pracovníků a pracoviště	kontraktor – má plnou kontrolu pracoviště	bezpečnostní předpisy musí být jednoznačné a srozumitelné

Tabulka č. 5 – Příklad jak definovat rizika spojená s výstavbou a prací na projektu s cílem nejlepšího zajištění úspěchu projektu

Riziko	zodpovědná strana, odůvodnění	způsob řešení
Zásahy úřední moci	všichni zúčastnění, nepředvídatelné a nelze kontrolovat	klauzule v kontraktu o přerušení práce
Nepříznivé počasí	všichni zúčastnění, nepředvídatelné a nelze kontrolovat	klauzule v kontraktu, náhradní termíny v harmonogramu
Přírodní pohromy a katastrofy	všichni zúčastnění, nepředvídatelné a nelze kontrolovat	klauzule v kontraktu, náhradní termíny v harmonogramu
Zvýšené náklady při budování projektu	všichni zúčastnění, nepředvídatelné a nelze kontrolovat	vyjádřit formulací splátky těchto zvýšených nákladů (pouze pro dlouhodobé projekty)

Tabulka č. 6 – Příklad řešení vnějších vlivů s cílem zajištění úspěchu daného projektu

1. Definice požadovaných výsledků
2. Závazek k požadovaným výsledkům – rozvrh
  - rozpočet
  - přístup a chápání rizika
  - kompetentní osoby
3. Porada zapojených osob za účelem zaměření se na požadované výsledky
4. Kontrola dokumentace a postupů
5. Příprava a předložení návrhu
6. Porada a revize návrhu
7. Požadovaný výsledek v reálné a splnitelné formě
8. Uvedení v platnost

Tabulka č. 7 – Postup při určování a rozdělení rizika

## PROBLÉMY MECHANIZOVANÉHO RAŽENÍ TUNELŮ SYMPOZIUM '92 TECHNICKÉ UNIVERZITY V MNICHOVĚ 22. A 23. ŘÍJNA 1992

Technická univerzita v Mnichově, Institut stavby tunelů a stavebního provozu (Institut für Baingenieurwesen IV Lehtstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre) spolu s ETH Zürich pořádají pravidelně tunelářská symposia. V letošním roce případně organizování tohoto symposia Mnichovské univerzity a to na téma: „Problémy mechanizovaného ražení tunelů? – Výrobci zařízení a uživatelé předávají zkušenosti“. Cílem Symposia '92 bylo ozřejmit jak z hlediska výrobců, tak uživatelů dobré i špatné výsledky mechanizovaného ražení tunelů. O symposium byl velký zájem, zúčastnilo se jej přes 400 osob, a to 58 % z SRN, 26 % ze Švýcarska, 12 % z Rakouska, z ostatních zemí 4 % (z toho 3 z Japonska, 4 z Ruska, 4 ze Slovinské republiky, 2 z Velké Británie, 1 z ČSFR). Bylo předneseno celkem 15 referátů a to většinou formou předávání zkušeností ze staveb. Dvě přednášky byly věnovány výpočtovým problémům stability hornin v tunelovém stavitelství.

Podzemní stavitelství získává podporu obyvatel, jež podporuje ekologický přístup, a což je zejména zřejmé ve Švýcarsku. Technika a technologie tunelování se tak zdokonalila, že trasy tunelů jsou vedeny těžkými geologickými podmínkami. Přednášející se shodli v tom, že je nutná spolupráce konstruktérů, investorů-stavebníků a dodavatelů stavebních prací.

Příkladem obtížné stavby je ražení tunelů městské dráhy v Mülheimu v SRN. Jde o stavbu dvou jednokolejních tunelů délky 1038 m, respektive 1092 m, vystrojených tybinky. Byl nasazen hydroštit o profilu 6,90 m, štit typu „MIXSCHILD“ (mixštit). Tento štit umožňuje kombinovaně razit jak soudržně, tak nesoudržně horniny. Postup byl 16 až 36 prstenců za týden, při délce prstence 1,20 m. Stroj byl v pracovním nasazení 47 % času, 53 % času spotřebovala údržba a opravy. Obvyklá pracovní doba byla 16 hodin, v sobotu se prováděly opravy a údržba. Pro řízení stroje byl nasazen automatizovaný systém řízení typu TUMA. Systém plynule měřil prostorovou polohu stroje. Jeden monitor byl umístěn u štítu, druhý v kanceláři. Tento počítačový systém byl hodnocen velmi kladně. Přednášející zdůraznil rizika stavebního postupu. Stavba byla pojištěna proti zdržení prací a to na částku 15 až 20 tisíc DM za den. Smluvní pojištění bylo rozepsáno na jednotlivé mechanismy (štit, čerpadla, lokomotivy a vozíky atd.) a pojištění bylo dojednáno na 12 měsíců stavby.

Další zajímavou stavbou vedenou ve složitých geologických poměrech je stavba dvoukolejového tunelu v Grauholz u města Bernu ve Švýcarsku. Opět zde byl nasazen Mixštit o profilu 11,65 m. Tunelovací stroj byl pro tuto stavbu navržen v délce 150 m, avšak na základě zkušeností stavby byl doplněn o další mechanismy a nyní dosahuje délky 245 m. Postup ražení činil 108 m/tyden, 467 m za měsíc ve skalnatém úseku. Stavba však byla zdržena o 4 měsíce, protože došlo k závalu. Práce byly zahájeny v lednu 1990 a očekávané dokončení stavby je v polovině roku 1993. Stavba je realizována společně firmami Marti AG, Frutiger AG, Wayss-Freytag AG, Kopp AG Schafir-Mugglin AG.

První železniční tunel ražený v Japonsku štitem, byl stavěn v roce 1939. Rozvoj tunelovacích metod v Japonsku je systematický a metoda EPB (Earth pressure balance shield tunneling method – zemínový mechanizovaný štit) byla vyvinuta v roce 1974. Rozšíření této metody EPB v japonském tunelářství nejlépe zobrazuje růst produkce štitů – viz obr. 1.

Z ekologických tunelářských staveb lze uvést stavbu objízdného tunelu v Locarnu. Silniční tunel prochází 4 800 m skalním masivem a 700 m nesoudržnou horninou. Investor stanovil, že tunel o konečném  $\varnothing 10,8$  m bude prováděn s předražným pilottunelem o  $\varnothing 4,5$  m. Tento postup byl zvolen proto, že investor chtěl co nejvíce omezit vliv stavby na okolní prostředí. Oba razící štíty byly konstruovány firmou Wirth. Koncem září t. r. bylo vyraženo 3 840 m tunelu. Rubanina z tunelu je vyvážena dopravním pásem.

Značnou pozornost účastníků symposia vzbudily dva referáty ze stavby sibiřské magistrály, speciálně zpráva o stavbě Severomajského tunelu. Na této trase je celkem 33 tunelů, stavba Severomajského tunelu je spojena s největšími potížemi. Na stavbě je nasazen štit f. Wirth, a i ten při nasazení 3,5 let nepracoval z různých důvodů 2,5 roku. Pro představa obtížnosti ražení tunelu lze uvést přítok vody činí 700 l/sec. Při dobrých podmínkách dosahovalo ražení postupu až 308 m za měsíc.

O velkém nasazení mechanizace v tunelovém stavitelství svědčí stavba železničního tunelu pod Velkým Beltem, spojující poloostrov Fyn s ostrovem Sjælland v Dánsku. Železnice je vedena dvěma jednokolejními tunely o délce obou tunelů 7 917 m, opět v těžkých geologických poměrech a tlakové vodě. Na stavbě jsou současně nasazený čtyři mechanizované štíty profilu 8,752 m. Razící mechanismus má celkovou délku 219 m. Těžný materiál je od přídi dopravován šneky a může transportovat jednotlivé kameny až do rozměru 40 cm. Nasazení čtyř štítů si předešal stavebník, patrně z důvodu lhůty výstavby. Opatřit současně tyto čtyři štíty nebylo ani pro západní poměry jednoduchou záležitostí. Ražení tunelu bylo zdrženo zejména z důvodu nutného zesílení těsnění u štítu. Štíty jsou řízeny počítačem a postup je i počítačem graficky dokumentován.

Další zajímavé přednášky se zabývaly mechanizovaným ražením ve velké hloubce (1 300 m) v uhelných dolech v Porúří a ražením Eurotunelu (Channel Tunnel).

Symposium prokázalo velký zájem o podzemní stavitelství. Výstavba se v podzemí provádí vesměs z ekologických nebo dopravních důvodů. Nepříznivé geologické podmínky nejsou dnes zábránou pro efektivní realizaci podzemních děl. Tunelářské práce je možno vysoce mechanizovat a automatizovaně ovládat. Moderní tunelářské stavby se blíží automatizovaným továrnám. Přes tuto vysokou techniku a technologii zůstává práce pod zemí vysoce rizikovým podnikáním. Moderním managementem rizika lze dokonce rizika zmírnit.

prof. ing. Vladimír Hájek, DrSc.

Poz. lektora: Z uvedeného příspěvku je zřejmé, že ražba tunelů, zejména dlouhých, se provádí ve velkém rozsahu i mechanizovanými štíty.

## RIZIKA V TUNELOVÝCH KONTRAKTECH

Mezinárodní tunelářská asociace ITA/AITES, jejímž je i členem ČSFR, vypracovala a publikovala v časopise „TUNNELING AND UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY“ v pěti číslech ročníků 1988, 1990, 1992 zkušenosti a doporučení z uzavírání smluv – kontraktů mezi investorem a dodavatelem tunelových staveb s cílem snížení a rozdělení rizik z vícenásobného na činnosti způsobené změnami podmínkami při vlastním provádění.

Originály textu doporučení v angličtině jsou uvedeny v následujících číslech časopisu „TUNNELING...“ Hlava I. – XIX. – ročník 1988, číslo 2, strany 103 – 140, Hlava XX. – XXI. – ročník 1990, číslo 4, strany 337 – 341, Hlava XXII. – XXIII. – ročník 1992, číslo 1, strany 5–8, Hlava XXIV. – XXV. – ročník 1992, číslo 4, strany 393 – 397.

Doporučení obsažená v hlavě I. – až XIX. byla publikována v zpravodaji METRO, ročník 1991, číslo 1, strany 2 – 11 a týkala se změněných podmínek, uveřejňování dostupných informací, zodpovědnosti investora, prekválifikace dodavatelů, změny v cenách, řešení sporů, zajištění výrubu, hodnocení hornického prostředí, nabídkové řízení, platby na nákup strojů a zařízení, určování výměr, záruky provádění pojištění, stavební dozor, potřebná povolení, zajištění strojů investorů, alternativní nabídky, ochrana zástavby, problémy s podzemní vodou.

V následujícím textu jsou uvedena doporučení obsažená v hlavách XX. – XXV. týkající se zejména: možnosti financování stavby dodavatelem, subdodávkami, bezpečnosti, posouzení projektů, změna projektu při realizaci, ukončení nebo přerušení prací.

### XX. – FINANCOVÁNÍ STAVBY DODAVATELEM

V případech, kdy investor požaduje, aby dodavatel financoval realizaci stavby, je nutno v podmínkách tendru stanovit rozsah a podmínky financování pro normální průběh i mimořádný průběh včetně přerušení a pozastavení prací.

### XXI. – SUBDODAVATELÉ

Investor v podmínkách tendru musí určit, které části díla musí být provedeny vlastními silami dodavatele a nebo být zadány subdodavatelům. Účast každého subdodavatele musí být schválena investorem. Odpovědnost za subdodavatele, v každém případě, nese dodavatel.

### XXII. – BEZPEČNOST

Dodavatel je odpovědný za zachování bezpečnosti na pracovišti v rozsahu staveniště a za údržbu veškerého zařízení. Stavební dozor musí mít zmocnění k prosazování bezpečnostních opatření. Ve smlouvě musí být uvedeny všechny organizace, které se podílejí na dodržování bezpečnosti.

### XXIII. – NEZÁVISLÉ HODNOCENÍ PROJEKTU

Během přípravy zpracování podkladů tendru, musí investor stanovit organizace a osoby, které budou nezávisle hodnotit realizaci projektu. Ve smlouvě musí být uveden postup i pro případ, kdy zásahem nezávislé organizace dojde ke zdržení postupu prací.

### XXIV. – MOTIVACE DODAVATELE

Dodavatel má být motivován tak, aby při vlastní realizaci objektů postupoval takovým způsobem, kdy při dodržení předepsaných parametrů, dojde k úsporám na nákladech. Navržené změny konstrukce nebo technologie musí být schváleny před započítáním prací investorem. Vzniklé úspory se rozdělí mezi investora a dodavatele.

### XXV. – POZASTAVENÍ NEBO UKONČENÍ PRACÍ

V zadání tendru nebo ve smlouvě musí být jednoznačně stanoveno:

1. práva a povinnosti dodavatele a investora v souvislosti s ukončením nebo pozastavením prací
2. investor musí dodavatelovi povolit pozastavení prací takovým způsobem, aby bylo možno zpracovat nepoužitý materiál a zařízení.
3. příkaz k zastavení práce musí obsahovat:
  - jasné definování práce, která se má zastavit
  - pokyny, jak postupovat s dodaným materiálem a objednanými pracemi
  - pokyn, jak postupovat vůči subdodavatelům
  - uvést všechny činnosti a práce, které nutno provést k zabezpečení pracoviště a okolí staveniště
  - dopad přerušování prací nad termín dokončení díla
  - způsob úhrady nákladů na práce prováděných v rámci pozastavení nebo ukončení prací.

4. investor musí v případě, že příkaz o zastavení nebude zrušen, iniciovat aktualizací smlouvy o realizaci díla

5. investor musí uhradit dodavateli přiměřené náklady, které vyplývají z příkazu o zastavení práce, ať se smlouva ukončí a nebo aktualizuje. Závěrem je nutno připomenout, že všechna uvedená doporučení pokrývají pouze rozsah kontraktu mezi dodavatelem a investorem. Avšak neuvedením některých z doporučení se dopouštíme hrubé chyby. Je nutno si uvědomit, že o úspěšnosti podniku nerozhoduje jenom to, že něco umí udělat, ale že to i umí prodat.

ing. Ladislav Pazdera  
a. s. METROSTAV

## PROBLÉM – VODOTĚSNOST PODZEMNÍCH DĚL

V časopise Tunneling and Underground Space Technology, ročník 6, číslo 3/1991 uveřejnil Dr. ing. Haack článek, zabývající se problematikou vodotěsnosti podzemních staveb. Článek je vlastně zpráva, zpracovaná pro pracovní skupinu mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES, a dotýká se kritérií požadované vodotěsnosti, smluvními aspekty problematiky vodotěsnosti a stručně i metodami oprav.

Protože článek obsahuje zajímavé informace a podněty, které by mohly být užitečné pro československé tuneláře, rozhodli jsme se některé vybrané části článku uveřejnit. Vliv vody na podzemní dílo z hlediska komplikací při ražbě a provozu díla, i z hlediska životnosti, je u nás často podceňován a nejsou v projektu i při realizaci schéma vhodná a dotatečná opatření proti jejímu nežádoucímu účinku.

Profesor Haack v úvodu svého článku konstatuje, že mimo původní izolace z bitumenových pasů postupně se rozšířilo používání konstrukcí z vodostavebního betonu

– pokud vodostavební beton spolehlivě vyhoví jako dostatečná překážka proti podzemní vodě – a dále se více a více rozšiřuje používání izolací z plastových fólií. Lze tedy říci, že v posledních letech si konkurují izolační pláště, založené na plastických hmotách (méně již na bitumenových materiálech) a vodostavební beton.

Další text je tedy vybrán z výše citovaného článku.

Izolační pláště nelze vždy bez problémů nahradit vodotěsným betonem. Beton například vyžaduje v souladu s německou normou DIN 4030 (1989) povrchovou ochranu proti vodě agresivní na beton.

Volný kyslíčnick uhlíčitý a sírany hrají v tomto případě významnou roli. Jestliže ale klima uvnitř objektu podléhá výrazným změnám, je izolační efekt vodotěsného betonu často nedostatečný. Pronikání vodní páry je i u vysoce kvalitního betonu příliš velké, pokud nejsou podniknuta další opatření, a to zvláště u objektů, které mají sloužit jako

– skladovací prostory pro zboží ohrožené vlhkostí (např. papír, potraviny)  
– prostory pro elektronické zpracování dat  
– prostory pro dlouhodobé ubytování personálu.

Z těchto důvodů je nezbytné v každém jednotlivém případě velmi pečlivě uvážit, které ze dvou základních metod izolace má být použito. Rozhodnutí je nutné učinit v raném stadiu plánování, neboť volba izolačního materiálu má nejrůznější dopady jak v oblasti stavební, tak i organizační.

Volba požadovaného stupně těsnosti, která závisí na tom, k jakému účelu mají být podzemní prostory využity (např. ubytování osob, sklady, doprava, odpadní vody), je velice významná pro oba způsoby izolace.

Požadovaný stupeň těsnosti je obvykle tím faktorem, který rozhodující způsobem ovlivňuje formulaci smlouvy či, přesněji řečeno, průběh konkursního řízení a ustanovení týkající se záruky. Je tudíž podstatné dobrat se jasné definice požadovaného izolačního efektu. Zcela nezávisle na zvolené metodě izolace by měl být od samého začátku stanoven také vhodný způsob opravy pro případ, že se objeví místní průsaký.

### POŽADOVANÁ TĚSNOST

Není žádným tajemstvím, že ve Spolkové republice Německo je kladen skutečně velký důraz na vodotěsnost podzemních prostor. V porovnání s ostatními zeměmi je existující norma náročná. Zároveň však tato norma klade zvýšené nároky na dobu výstavby i cenu stavby.

Ve srovnání s obvyčejným betonem vyžaduje vodotěsný beton například vyváženější předpis, intenzivnější vibrování, vyšší stupeň vyztužení a menší mezery mezi pruty vyztuže, zvláštní konstrukční požadavky, delší dobu odbednění (je-li třeba odbedňovat) a rozsáhlejší dokončovací úpravy. V mnoha případech je nezbytné tyto finální úpravy zakončit ne zrovna zanedbatelnou injektáží, která musí být provedena předtím, než vůbec začne běžet záruční doba.

Je zcela zřejmé, že náklady související se zlepšováním kvality rostou daleko více než přímo úměrně s každým dalším kvalitativním požadavkem. Tento poznatek není ničím novým. Právě v důsledku této skutečnosti se pojem „absolutní těsnost“, který svého času vyvolával značné diskuse a byl některými německými klienty výslovně požadován, dnes už ve stavebních smlouvách neobjevuje, alespoň tedy pokud jde o tunely budované ražením.

Obecně řečeno je při úvahách o potřebném stupni těsnosti nutné si ujasnit vše, co může souviset s plánovaným způsobem využití objektu. V této souvislosti neexistují žádné známky toho, že by se odborníci domnívali, že požadavky kladené na komunální tunely by měly být méně

přísně než u tunelů dopravních. Hlavním důvodem se zdá být skutečnost, že tunel musí být dostatečně suchý, aby byla zajištěna možnost jeho bezporuchového užívání po celou dobu jeho plánované životnosti. Výsledkem úvah o širokém spektru možných způsobů využití podzemních prostor je tabulka číslo 1.

**Tabulka č. 1. Požadovaný stupeň těsnosti v závislosti na plánovaném využití tunelu či stavby.**

Požadovaný stupeň těsnosti	Druh využití tunelu/prostora	Možné problémy (poškození)
Vyšší	Lidé přítomni po delší dobu	Chronická onemocnění
	Sklady zboží ohroženého vlhkostí	Snížení kvality nebo úplné zničení zboží
	Úseky dopr. tunelu ovlivněné mrazem (oblast portálů, pěší tunely)	Tvorba rampouchů v průjezdním profilu, snížení bezpečnosti provozu
	Mrazuprosté úseky dopravních tunelů	Poškození stavebního materiálu, možné zhoršení stability
	Komunální tunely	dtto, koroze vedení
Nižší	Kanalizační štolky	dtto, možné zvýšené zatížení čistírny, znečištění živ. prostředí

Co se týká dopravních tunelů, musíme rozlišovat mezi úseky nacházejícími se v oblastech zasahovaných mrazem a úseky „mrazuprostými“ více vzálenými od ústí tunelu. Délka úseku ohroženého mrazem – měřená od portálu – závisí (mimo městská území) především na obecné poloze tunelu a na okolnostech jako jsou převládající směr větru, topografie okolí, hloubka a směr tunelu.

Kupříkladu tunel v západní či střední Evropě, který je, pokud jde o počasí, ovlivněn převládajícím západním prouděním, bude – v případě, že vede východo-západním směrem – nepochybně vystaven vlivu nepohody daleko více než tunel vedoucí od severu na jih. Stejně tak lze předpokládat, že tunel vybudovaný jako pokračování protáhlého údolí, které určuje směr větru, bude ohrožen mrazem na mohem větší délce než tunel umístěný kolmo na směr údolí.

Měření provedená Švýcarskými federálními drahami (Swiss Federal Railways) ukázala, že u jednokolejného železničního tunelu dosahuje hloubka proniknutí mrazu až 400 metrů na návětrné straně tunelu, zatímco na závětrné straně jen asi 50 až 100 metrů.

Je známo, že některé tunely Německých spolkových drah, které se nacházejí v obzvláště exponovaných místech a jsou delší než 1 km, mohou během těžké zimy zcela promrznout. Vzhledem k tomu, že nelze vyloučit možnost být i jen částečně změny klimatických podmínek, je obecně rozumné dopravní tunely opatřit izolací (izolačním pláštěm nebo vodotěsným betonem) v délce alespoň 300 až 400 metrů od portálu.

Tento princip je často používán při výstavbě dálničních tunelů v Rakousku, Švýcarsku i Spolkové republice Německo. Německé spolkové dráhy instalovaly spojitou plastickou izolační folii ve většině tunelů nových expresních tratí Hannover - Würzburg a Mannheim - Stuttgart.

Informace obsažená v tabulce 1 umožňuje dosáhnout dohody o kvalitativních rozdílech souvisejících s požadovanou těsností v závislosti na účelu daného tunelu. Dalším krokem je příslušné požadavky vyjádřit číselně – cíl, jehož dosažení je podstatně obtížnější. Východisko poskytuje už po mnoho let Liga německých měst (The German League of Cities), která se pokusila definovat povolené průsaky u staveb podzemních železnic ve velkém počtu německých měst. Podstatné údaje jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2. Přípustné denní průsaky v závislosti na využití podzemní prostora podle Otto-Graf-Institute.**

Pozn.: Množství vody prosáklé v jednotlivých místech průsaku nesmí převýšit desetinásobek povolené průměrné hodnoty průsaku.

č.	Charakteristika	Využití	Přípustný denní průsak (m <sup>2</sup> )
0	1	2	3
1	Zcela suché	Sklady, odpočívárny	0.001
2	V podstatě suché	Tunely pro tramvaje a metro	0.01
3	Kapilární průnik vlhkosti	Silniční a pěší tunely	0.1
4	Slabé pramínky prosakující vody	Železniční tunely	0.5
5	Pramínky vody	Kanalizační štolky	1.0

Úvahy týkající se povolených průsaků musí být v podstatě vždy vztaženy na nějakou referenční délku. Liga německých měst za referenční zvolila délku dilatačního dílu obezdívky včetně dilatační spáry, tj. úsek tunelu od středu jednoho dilatačního dílu ke středu dílu následujícího. Na základě tohoto řešení, které bylo odpovídající pracovní skupinou přijato za dočasný

pracovní základ, se pokud jde o povolené průsaky vody v tunelech podzemních a expresních dopravních systémů Liga německých měst přiklání k hodnotám uvedeným v řádku 3 tabulky číslo 2.

Když Německé spolkové dráhy sepsaly své tunelářské směrnice (1984), nedefinovaly v nich žádné povolené průsaky. Byly zde nicméně zavedeny tři třídy těsnosti (viz tabulka 3). Příslušné charakteristiky vlhkosti odpovídají řádkům 1 až 3 v tabulce 2. To například ukazuje, že limitní hodnota povoleného průsaku vody pro železniční tunely uvedená ve 4. řádku tabulky 2 je podle mínění Německých spolkových drah příliš vysoká.

**Tabulka 3. Třídy těsnosti definované Německými spolkovými drahami v závislosti na využití podzemních prostor**

Třída těsnosti	Charakteristika	Využití	Definice
0	1	2	3
1	Zcela suché	Sklady, dílny, odpočívárny	Ostění musí být tak těsné, že uvnitř nejsou pozorovatelné žádné vlhké skvrny.
2	V podstatě suché	Úseky tunelu ohrožené mrazem	Ostění musí být tak těsné, že se uvnitř objeví pouze mírně zavhlé izolované skvrny (např. změna barvy). Při doteku suchou rukou na ní nesmí ulpět žádná voda. Přiložený savý nebo novinový papír nesmí v žádném případě změnit barvu v důsledku absorbované vlhkosti.
3	Kapilární průnik vlhkosti	Úseky tunelu nebo prostora, které nevyžadují třídu těsnosti 1 nebo 2	Ostění musí být tak těsné, že se uvnitř objeví pouze izolované a plošně omezené vlhké skvrny. Tyto skvrny jsou takového charakteru, který jasně svědčí o pronikání vlhkosti (přiložený savý nebo novinový papír změní barvu), ale není vidět proudící vodu.

Na základě aplikací principů uvedených v tabulkách 1 až 3 a jejich posouzení shrnuje tabulka číslo 4 navrhované způsoby stanovení přípustných průsaků pro různé typy tunelů v závislosti na plánovaném využití tunelu a zvolené referenční délce.

**Tabulka 4. Určování přípustných denních průsaků v německém tunelářství v závislosti na délce a způsobu využití tunelu podle STUVA.**

Třída těsnosti	Charakteristika	Využití	Definice	Přípustné denní průsaky (v 1/m <sup>2</sup> ) na ref. délku 10 m 100 m
1	2	3	4	5 6
1	Zcela suché	Sklady, dílny, odpočívárny	Ostění musí být tak těsné, že uvnitř nejsou pozorovatelné žádné vlhké skvrny.	0.02 0.01
2	V podstatě suché	Úseky tunelu ohrožené mrazem, staniční tunely	Ostění musí být tak těsné, že se uvnitř objeví pouze mírně zavhlé izolované skvrny (např. změna barvy). Při doteku suchou rukou na ní nesmí ulpět žádná voda. Přiložený savý nebo novinový papír nesmí v žádném případě změnit barvu v důsledku absorbované vlhkosti.	0.1 0.05
3	Kapilární průnik vlhkosti	Úseky dopravních tunelů, které nevyžadují třídu těsnosti 2	Ostění musí být tak těsné, že se uvnitř objeví pouze izolované a plošně omezené vlhké skvrny. Tyto skvrny svědčí o tom, že stěna je vlhká (přiložený savý nebo novinový papír změní barvu), ale není vidět proudící vodu.	0.2 0.1

Třída těsnosti	Charakteristika	Využití	Definice	Přípustné denní průsaky (v 1/m <sup>2</sup> ) na ref. délku 10 m 100 m	
1	2	3	4	5	6
4	Slabé pramínky proudící vody	Komunální tunely	Pramínky vody přípustné lokálně a na izolovaných místech.	0.5	0.2
5	Pramínky vody	Kanalizační štoly	Pramínky vody přípustné lokálně a na izolovaných místech.	1.0	0.5

### SMLUVNÍ ASPEKTY

Stanovení povolených průsaků souvisí také s uzavíráním smluv, jak již bylo řečeno v úvodu, ovlivňuje především průběh konkursního řízení a ustanovení týkající se záruky.

Abyste od samého začátku pokud možno vyloučilo nedorozumění a následně nehody, zákazník by měl v technickém úvodu jasně stanovit, jaký druh tunelu požaduje a jaká úroveň musí být dodržena pokud jde o těsnost. V této souvislosti se zákazník může omezit na obecné rozdělení do tříd těsnosti nebo na popis vlhkostní charakteristiky podle tabulky 3 či 4.

Zákazník si ale musí být vědom toho, že vyšší třídy těsnosti lze dosáhnout pouze pomocí odborně vyprojektovaného a provedeného izolačního pláště. Vodotěsný beton je vzhledem ke svým fyzikálním vlastnostem pro splnění tak vysokých požadavků nevhodný.

V zadáních pro konkurzní řízení musí být zmíněn fakt, že bude nutné provádět dodatečnou injektáž až do té doby, kdy bude dosaženo třídy těsnosti požadované ve smlouvě. Teprve potom může dojít k převzetí stavby, což v důsledku znamená začátek záruční doby.

Zákazník by měl také specifikovat požadovanou třídu těsnosti pro izolační plášť. V případě, kdy se později ukáže, že tento požadavek nebyl dodržen v důsledku konstrukčních chyb nebo dokončovacích prací, je nezbytné provést příslušné opravy. U staveb hloubených z povrchu to může na místech, kde se objevilo poškození obzdivky nebo zastřešení, znamenat nový výkop, aby se dosáhlo úrovně stanovené ve smlouvě.

Definice jednotlivých tříd těsnosti s příslušnými povolenými průsaky může na některých místech vyvolat obavy ze všeobecného a smluvně zakotveného snížení kvality. Při podrobnějším zkoumání problému je však zřejmé, že by k takové situaci nemělo dojít. Konec konců není prostě technicky možné vytvořit izolační plášť či stavbu z vodotěsného betonu s cílem dosáhnout jistého konkrétního množství prosáklé vody tak, aby bylo učiněno zadost smlouvě. Jinými slovy řečeno, dodavatel je i dnes, stejně jako v minulosti, nucen plánovat i odvést kvalitní práci, aby byl vzniklý tunel dostatečně vodotěsný.

Jak odpovídající technická dokumentace tak i nabídkové řízení musí jasně (a s možností kontroly) ukázat, že plánované třídy těsnosti bude možno spolehlivě dosáhnout, za předpokladu bezchybného provedení stavebních prací. Jelikož však je stavebnictví v dnešní době stále ještě do značné míry založeno na manuální práci, nelze bezpečně vyloučit lidské selhání během plánování či výstavby samotné. Pro tyto případy je podstatné vědět, do jaké míry budou nutné – a především ekonomicky realizovatelné – různé opravy.

Výše uvedené třídy těsnosti a přípustné průsaky poskytují oběma stranám – jak zákazníkovi, tak i projektantům a dodavatelům – základní vodítko. Důvodem pro dosažení dohody o těchto otázkách a jejich zakot-

vení ve smlouvě je snaha vyhnout se nepřiměřeným nákladům na straně stavební firmy. Specifikace možných rizik vede od samého začátku k ekonomičtější struktuře nákladů, neboť případné úpravy, které by mohly být zákazníkem požadovány, jsou ve smlouvě jasně definovány.

### METODY OPRAV

Ve většině případů se používá injektáže, a to jednak ke zlepšení kvality objektů postavených z vodotěsného betonu, ale také k opravám vadných izolačních plášťů nebo vnitřních skořepin vytvořených z vodotěsného betonu. Obecně řečeno jsou aplikovány **dvousložkové epoxidové nebo polyuretanové pryskyřice**. Je třeba prokázat, že tyto materiály jsou trvanlivé a funkční ve styku s podzemní vodou, ostatními stavebními hmotami jako jsou beton, ocel, dilatační pásy (elastomerní nebo termoplastické), popřípadě také s materiály izolačního pláště. Obvyčejně je nutné, aby příslušný hygienik potvrdil fyziologicky bezpečné hodnoty pokud jde o spodní vody. Samotný injektovaný materiál musí být odolný proti korozi a namáhání způsobenému pohyby konstrukce.

V současné době je k dispozici velké množství injektážních přípravků s rozmanitými vlastnostmi jak co se týče práce s nimi tak jejich konečného stavu. Proto je ve skutečnosti pro uživatele dosti obtížné určit nevhodnější materiál pro injektáž trhlin. Viskozita injektážního materiálu by měla být co možná nejnižší, aby mohl proniknout do drobných trhlin (širokých i jen 0,2 mm). I v případě, že zeď obsahující trhlinu je vlhká, musí být injektovaný materiál schopný k betonu dokonale přilnout a musí mít odpovídající vlastnosti pokud jde o pružnost, aby se vyrovnal s rozšiřováním a zužováním trhliny, k němuž dochází v důsledku změn teploty nebo zatížení.

Již po řadu let provádí STUVA modelové zkoušky těchto vlastností. Testovaný injektážní materiál je vstříknut do mezer mezi dvěma betonovými bloky široké 5 milimetrů a vystavené působení vody pod tlakem i až 2 bary. Celý vzorek betonu je před provedením injektáže po dobu delší než 24 hodin udržován pod tlakem vody minimálně 1 bar, aby bylo možno předpokládat, že vlhkost dokonale pronikla mezi obě drsné plochy trhliny.

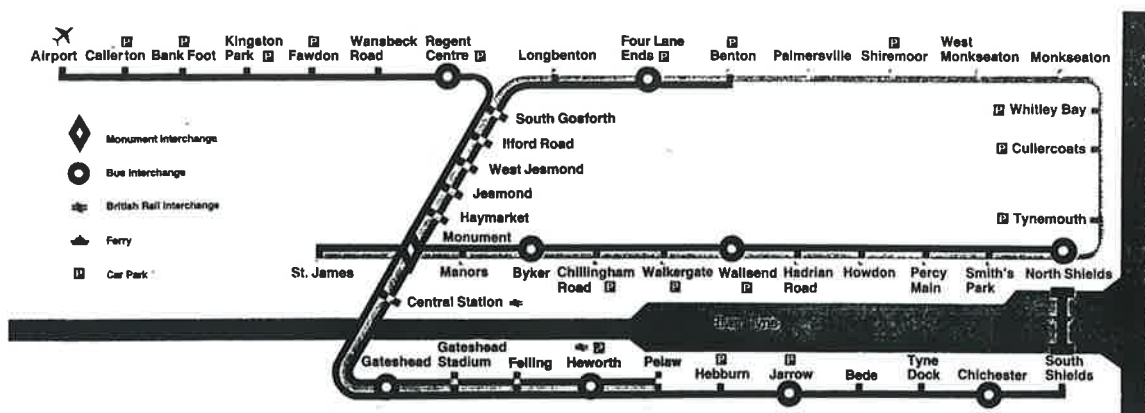
Během injektážního procesu je voda obsažená v trhlíně postupně nahrazována injektážním materiálem a odtéká výpustným ventilem. Po příslušné době nutné k zatvrdnutí je vzorek umístěn do testovacího zařízení. V něm je nejprve postupně po 0.5 baru zvyšován tlak vody uvnitř vzorku, až je dosaženo maxima 1.5 baru. Obě poloviny vzorku jsou poté od sebe pomalu oddalovány. V důsledku toho je injektážní materiál rozpínán, pochopitelně za předpokladu, že nejprve došlo k dostatečné oboustranné adhezi.

Výsledky dosud provedených testů ukazují, že jen velmi málo injektážních hmot dokáže odolat protažení většímu než 5%. Z celkového počtu 25 různých zkoušených výrobků jen dva dosáhly expanze přes 20%. Máme-li trhlinu o šířce asi 3 mm a materiál schopný pouze pětiprocentního protažení, znamená to, že už v případě rozšíření trhliny o 0.015 mm, tj. o méně než dvě setiny milimetru, dojde k novému průsaku.

Za teploty 10 °C, což je běžná teplota ostění, celá řada testovaných injektážních materiálů vůbec neztvrdla, případně došlo k zatvrdnutí až po několika dnech. Jiné materiály se smrštily během reakční fáze – lze předpokládat, že už na samém začátku u nich nebylo dosaženo oboustranné adheze. Další výrobky nelze použít v praxi, jelikož mají velmi nepříjemný zápach, jsou agresivní vůči izolačnímu plášti, případně hořlavé.

Souhrnně lze na základě dostupných výsledků série modelových testů říci, že v oblasti opravných injektáží zůstává ještě stále provést velké množství výzkumné a vývojové práce. Snad budou chemici, firmy specializované na tuto oblast i stavební průmysl schopni reagovat na tuto potřebu.

Pozn.: z článku prof. Haaca vybral J. Novotný, Vodní stavby Praha, dílve 05.



STAVEBNÍ GEOLOGIE



GEOTECHNIKA a. s.

NEJVĚTŠÍ ODBORNÁ FIRMA S NEJDELSÍ TRADICÍ A NEJROZSÁHLEJŠÍMI ZKUŠENOSTMI V ČR V  
OBORECH INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE A GEOTECHNIKA

**NABÍZÍME, ZAJIŠŤUJEME, REALIZUJEME**

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

**V CELÉM ROZSAHU DISCIPLIN**

- GEOTECHNIKA ● INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE ● ZÁKLÁDÁNÍ 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 (štoly, 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 stabilizačního 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 VAŠI STAVBU  
PRVNÍ KONZULTACI A PORADU POSKYTUJEME ZDARMA**

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

Ing. Alexandr Rozsypal, 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, měření, 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, vytyčování a sledování staveb, digitální technické mapy a programy pro automatizaci projektování.

Výsledky naší práce je možno hodnotit v Československu, 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**

Legerova 69, 112 70 Praha 1, telefon 236 78 96, FAX 236 78 94

**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**

Novákových 6, 180 00 Praha 8, telefon 82 92 83, FAX 82 82 26

**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 LINIOVÁ  
PODZEMNÍ DÍLA  
KANALIZAČNÍ SBĚRAČE  
ODVODŇOVACÍ ŠTOLY A JÁMY  
VODNÍ PŘIVADĚČE  
MĚSTSKÉ KOLEKTORY  
ŠTOLY PRO DÁLKOVÉ HORKOVODY  
SILNIČNÍ A ŽELEZNIČNÍ TUNELY  
ŠIKMÉ PŘIVADĚČE A CHODBY  
VĚTRACÍ A DOPRAVNÍ ŠACHTY  
KAVERNY - PODZEMNÍ HALOVÉ  
PROSTORY  
PODZEMNÍ ČISTÍRNY 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.**

REKOM spol. s r. o.  
Velflíkova 6  
160 00 Praha 6

**Rekom**

OMBRAN  
Systematická ochrana  
staveb WOELNER WERKE

- Specializovaná firma s dlouholetými zkušenostmi na rekonstrukce dopravních, inženýrských staveb a památkových objektů
- V současné době rozsáhlá technická, odborná spolupráce s přední evropskou firmou WOELNER WERKE GmbH v oblasti ochrany a rekonstrukcí staveb.
- Specializace na odstraňování škod na betonových konstrukcích, zesilování konstrukcí, zpevňování konstrukcí s přírodních materiálů injektáží a dalšími moderními prostředky. Rozsáhlý program různých druhů injektáží proti působení vody, vztlínivé vlhkosti, netěsnosti objektů ve sparách a ploše, sanační omítky a zpevňování a konzervace povrchů konstrukcí z přírodních materiálů.
- Zpevňování konstrukcí vloženými prvky, kotvením, spínáním t. zv. hřebíkování zeminy, zdíva a dalších konstrukcí.
- Speciální lešenové konstrukce pro vrtné práce u skalních stěn, podéprné konstrukce a výškové objekty včetně technologických objektů elektráren, chemického průmyslu a pod.



## METROPROJEKT PRAHA

akciová společnost

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

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

Je to absolutně největší soubor úspěšně realizovaných podzemních staveb, které byly u naší akciové společnosti komplexně vyprojektovány.

Naši projektanti drží krok se světovou špičkou jak v teorii tak i v praxi.

## METROPROJEKT PRAHA a. s.

### JÉ ZÁRUKOU PRO KAŽDÉHO INVESTORA VŠECH SLOŽITÝCH PODZEMNÍCH STAVEB

Kontaktní adresa: Pod Slovany 2077, 128 09 Praha 1

Ing. Vladimír Michalec, předseda představenstva a. s. a řed. a. s., tel.: 29 85 61

Ing. Jiří Pokorný, místopředseda představenstva a. s., tel: 22 36 00

Agency for Business and  
Projecting - Consulting  
je obchodně-projekční akciová  
společnost  
s 50 % účastí  
belgického kapitálu



ABP Consulting a. s. Praha  
je registrovanou ochrannou  
známkou pro obchodní  
i projekční činnost na celém  
území České  
i Slovenské republiky

ABP Consulting zajišťuje odborné expertizy, doporučení technologických postupů a materiálů, jejich dovoz a technickou pomoc a dozor při rekonstrukcích i u nových staveb.

Zaměřujeme se zejména na renovace a obklady vlhkých a poškozených fasád, opravy tekoucích střech, nátěry zrezivělých konstrukcí a odstraňování jiných stavebních závad tam, kde běžné prostředky selhaly, a to u staveb pozemních, inženýrských i podzemních.

Spolupráce s renomovanými belgickými firmami umožňuje zajistit špičkové materiály a poskytnout mimořádně dlouhé záruky

ABP Consulting zastupuje fy ETERNIT, IMPERBEL a MATHYS s jejichž výrobky se budete moci seznámit na sympoziu, které se bude konat ve II. čtvrtletí 1992 v Praze

Podrobné informace a písemné materiály získáte na adrese:

ABP Consulting a. s., Antala Staška 80, 146 00 Praha 4

Telefon/fax (42 - 2) 42 78 20

**VOJENSKÉ STAVBY, a.s.**  
**PRAHA 1, REVOLUČNÍ 3**  
**TEL. 02/2321724**  
**FAX 02/2313771**

**VOJENSKÉ STAVBY**  
**TRADICE, PROFESIONALITA**



Náš tým odborníků má dlouholeté zkušenosti s výstavbou metra, podzemních staveb hloubených i ražených až do profilu 140 m<sup>2</sup>, s železničními tunely progresivních technologií.

Od projektu přes investorskou přípravu až po poslední dokončovací práce Vám vybudujeme:

- štoly pro kanalizační sběrače
- kolektory pro inženýrské sítě
- železniční a silniční tunely
- halové prostory pro ČOV, sklady, zásobníky plynu a ropy
- dopravní šachty
- skládky nebezpečných odpadů

Vojenské stavby, a.s.  
o. z. Inženýrské stavby 1  
Hůlkova ulice, 190 00 Praha 9 – Kbely  
ředitel: Ing. Erban Miroslav  
tel. ústředna: 02/850 12 51-9  
linka 2115

**VOJENSKÉ STAVBY**  
**PROGRESIVNÍ PARTNER**

Vojenské  
stavby, a.s.  
o.z. Inženýrské stavby 2  
Sokolovská 278  
180 44 Praha 9 – Vysočany  
ředitel: Ing. Hlad František  
tel. 02/802 840