

# TUNEL

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



# ČLENSKÉ ORGANIZACE ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU A SLOVENSKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

## MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECH AND SLOVAK TUNNELLING COMMITTEES

### **AD SERVIS TERRABOR, s. r. o.**

Bělohorská 157/188  
169 00 Praha 6

### **AMBERG ENGINEERING BRNO**

Orlí 27  
602 00 Brno

### **AQUATIS, a. s.**

Botanická 56  
656 32 Brno

### **CARBOGROUTING, a. s.**

Lihovarská 10  
716 03 Ostrava-Radvanice

### **CARBOTECH-BOHEMIA, s. r. o.**

Lihovarská 10  
713 03 Ostrava-Radvanice

### **ČERMÁK A HRACHOVEC, s. r. o.**

Smíchovská 31  
Praha 5-Řeporyje

### **DESCRIBO, s. r. o.**

*Stavební projekty*  
U krčského nádraží 19  
140 00 Praha 4

### **DORG s. r. o., JESENÍK**

Tovární 1287  
790 18 Jeseník

### **ELTODO, a. s.**

Novodvorská 1010/14  
142 00 Praha 4

### **EREBOS, s. r. o.**

Malé Svatoňovice 249  
542 34

### **GEOTEST**

Šmahova 112  
659 01 Brno

### **IKE**

Plzeňská 166  
150 00 Praha 5

### **ILF CONSULTING**

### **ENGINEERS s. r. o.**

Sazečská 8  
108 25 Praha 10

### **INGSTAV BRNO, s. r. o.**

Kopečná 20  
675 15 Brno

### **INGUTIS CZ, s. r. o.**

Třeboradická 1/1275  
182 00 Praha 8

### **INŽENÝRING**

### **DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s.**

Na Moráni 3  
128 00 Praha 2

### **INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE**

Projektová a inženýr. kancelář  
Kobrova 1363/2  
150 00 Praha 5

### **KANKOL, s. r. o.**

Nový Jáchymov 48  
267 03 Ostrava

### **METROPROJEKT Praha, a. s.**

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

### **METROSTAV a. s.**

Dělnická 12  
170 04 Praha 7

### **OKD, DŮLNÍ PRŮZKUM**

### **A BEZPEČNOST, a. s.**

739 21 Paskov

### **POHL, a. s.**

Nádražní 25  
252 63 Roztoky u Prahy

### **PŮDIS, a. s.**

Nad vodovodem 2/169  
100 00 Praha 10

### **SATRA, spol. s r. o.**

Podhoří 2879  
276 01 Mělník

### **SG GEOTECHNIKA, a. s.**

Geologická 4  
150 00 Praha 5

### **SOLETANCHE ČR, s. r. o.**

K Botiči 6  
101 00 Praha 10

### **STAVEBNÍ FAKULTA ČVUT**

Tháškova 7  
166 29 Praha 6

### **STAVEBNÍ FAKULTA VUT**

Veveří 95  
662 37 Brno

### **SUBTERRA a. s.**

Bezová 1658  
147 14 Praha 4

### **SUDOP a. s.**

Olišanská 1a  
130 80 Praha 3

### **TUBES, s. r. o.**

Londýnská 29  
123 00 Praha 2

### **ÚSTAV GEONIKY AV ČR**

Studentská ul.  
708 33 Ostrava-Poruba

### **VIS, a. s.**

Bezová 1658/1  
147 00 Praha 4

### **VODNÍ STAVBY PRAHA, a. s.**

*divize 05*  
Dobronická 635  
142 25 Praha 4

### **VOJENSKÉ STAVBY, a. s.**

Revoluční 3  
110 15 Praha 1

### **VOKD, a. s.**

Československá 7  
701 40 Ostrava

### **VYSOKÁ ŠKOLA BĀŇSKÁ**

tř. 17. listopadu  
708 33 Ostrava-Poruba

### **ZAKLÁDÁNÍ GROUP, a. s.**

Rohanský ostrov  
180 00 Praha 8

### **ZÁPADOČESKÉ UHELNÉ**

### **DOLY ZBŮCH, a. s.**

### **z. VÝSTAVBA PLZEŇ**

Radčická 40  
301 17 Plzeň

### **ŽELEZNIČNÍ STAVITELSTVÍ**

### **BRNO, a. s., DIS**

Heršpická 1  
639 00 Brno

### **BANSKÉ STAVBY, a. s.**

Košovská cesta 16  
971 01 Prievidza

### **DOPRASTAV, a. s., GR**

Drieňová 27  
826 56 Bratislava

### **DOPRAVOPROJEKT, a. s.**

Kominárska 2  
832 03 Bratislava

### **GEOCONSULT, a. s.**

Werferova 1  
040 11 Košice

### **GEOCONSULT, spol. s r. o.**

Drieňová 27  
826 56 Bratislava

### **GEOMONTA, spol. s r. o.**

Sebedražská cesta 7  
971 01 Prievidza

### **GEOSTATIK, spol. s r. o.**

Bytčická 32  
010 39 Žilina

### **HYDROSANING**

Mojmírova 14, P. O. BOX 6  
972 01 Bojnice

### **HYDROSTAV, a. s.**

Miletičova 21  
820 06 Bratislava

### **INCO, a. s.**

Pri starej prachárni 14  
831 50 Bratislava

### **INGEO, a. s.**

Bytčická 16  
010 01 Žilina

### **INŽINIERSKE STAVBY, a. s.**

Priemyselná 7  
042 45 Košice

### **IZOFOL, spol. s r. o.**

Odborárska 52  
831 02 Bratislava

### **KERKO, a. s.**

Tomášikova 35  
043 22 Košice

### **MAGISTRÁT hl. m. Bratislavy**

Primaciálne nám. 1  
814 99 Bratislava

### **RUDNÝ PROJEKT,**

### **Inžiniering, a. s.**

Festivalové nám. 1  
041 95 Košice

### **SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST**

Milotičova 7  
813 44 Bratislava

### **SLOVENSKÉ TUNELY spol. s r. o.**

Lamačská 16  
841 03 Bratislava

### **SOLHYDRO, spol. s r. o.**

Ml. nivy 61, P. O. BOX 31  
820 06 Bratislava 26

### **STRENA, spol. s r. o.**

P. O. BOX 71, Ružova dolina  
820 13 Bratislava

### **STU Bratislava, Stavebná fakulta**

Radlinského 11  
813 68 Bratislava

### **ŠPECIÁLNE ČINNOSTI**

### **Ing. Ján Fabrický**

Kuklovska 60  
841 05 Bratislava

### **TECHNICKÁ UNIVERZITA**

### **KOŠICE,**

### **Fakulta Berg**

Letná 9  
042 00 Košice

### **TERAPROJEKT, a. s.**

Podunajská 24  
821 06 Bratislava

### **TUNEL NRC-SBS**

Račianska 190  
831 05 Bratislava

### **UNIVERZITA KOMENSKÉHO**

### **Katedra inž. geológie**

Mlynská dolina  
842 15 Bratislava

### **URANPRES, spol. s r. o.**

F. Kráľa 2  
052 80 Spišská Nová Ves

### **ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV**

### **KOŠICE**

Watsonova 45  
040 01 Košice

### **VÁHOSTAV, a. s., GR**

Hlinská 40  
011 18 Žilina

### **VŠDS Žilina,**

### **Stavebná fakulta**

Komenského 52  
010 26 Žilina

### **VUIS — Zakladanie stavieb,**

### **spol. s r. o.**

Lamačská 8  
817 14 Bratislava

### **ŽELEZNICE SR, GR**

Klemensova 8  
813 61 Bratislava

# TUNEL

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

## OBSAH

Úvodník: Ing. Petr Kuchár	str. 1
Razenie tunelov trhavinami s použitím válcových zálomov	str. 2
Prof. Ing. Ondrej Dojčár, CSc., Ing. Andrea Molnárová, Technická univerzita Košice	
Observační měření na přesypávaném dopravním tunelu v lomu Hvíždalka	str. 6
Prof. Ing. Jiří Barták DrSc., Mgr. Jaromír Macháček, SF ČVUT Praha	
Kolektor Příkopy	str. 10
Ing. Jan Sochůrek, Ing. Radko Rieger, INGUTIS, s. r. o.	
Příspěvek ke statické sekundárnímu ostění při NRTM	str. 13
Ing. Aleš Zapletal, DrSc., Metrostav, a. s.	
Fotoreportáž ze tří dokončených tunelů	str. 17
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	
Význam podzemní laboratoře	str. 20
Prof. Ing. Ivan Vaniček, DrSc., SF ČVUT Praha	
Inženýrsko geologické poměry a podmínky pro ražení tunelů na dálnici D8 — tunel PRACKOVICE	str. 22
RNDr. Otakar Tesař, DrSc., IKE Praha, s. r. o.	
Rekonstrukce stoky „C“	str. 24
Ing. Miloš Hrachovec, Čermák a Hrachovec, s. r. o.	
Ze světa podzemních staveb	str. 26
Zprávy z tunelářských konferencí	str. 29
Z činnosti odborných společností zainteresovaných do podzemních staveb	str. 29
Zpravodajství Českého tunelářského komitétu	str. 30
Spravodajstvo zo Slovenského tunelářského komitétu	str. 31
Kalendárium ITA/AITES	str. 31
Informace	str. 32

## REDAKČNÍ RADA

Předseda: Ing. Petr Vozarik – METROSTAV a. v.  
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – ČVUT Praha  
Ing. Igor Fryč – POHL a. s.  
Ing. Milan Krejcar – VOJENSKÉ STAVBY a. s.  
Ing. Josef Kutíl – INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB a. s.  
Ing. Miloslav Novotný – VODNÍ STAVBY PRAHA a. s., divize 05  
Ing. Pavel Polák – METROSTAV a. s.  
Ing. Pavel Příbyl, CSc. – ELTODO a. s.  
Ing. Georgij Romancov, CSc. – METROPROJEKT Praha a. s.  
Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AV ČR  
Ing. Václav Torner – AQUATIS a. s.  
Ing. Miroslav Uhlík – SUBTERRA a. s.  
ČTK ITA/AITES: Ing. Karel Matzner  
STK ITA/AITES: Ing. Jozef Frankovský – BANSKÉ STAVBY a. s.  
Ing. Pavol Kusý, CSc. – TERRAPROJEKT a. s.

## VYDAVATEL:

Český tunelářský komitét a Slovenský tunelářský komitét ITA/AITES  
pro vlastní potřebu

Dělnická 12, 170 04 Praha 7  
tel./fax: 66 79 34 79

Ved. redaktor: Ing. Karel Matzner

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

Grafická úprava: Petr Mišek

## Sazba, tisk: GRAFTOP

Redakce v případě zájmu poskytne odborný předklad do angličtiny

Fotografie na obálce: Portál tunelu na Pražské radiále v Brně (archiv  
Subterra a. s.)

ENÁŘI,

ého ročníku našeho časopisu TUNEL se jen  
á pokušení vracet se k událostem roku před-  
u 1997. V jeho závěru jsme byli svědky, ře-  
ou nadsázky, českého tunelářského svátku.  
šak příliš snadné a pro někoho i trochu la-  
ečeno dost, konečně i na stránkách tohoto

em a nejbližším možným výhledem našeho  
i do poloviny šedesátých let lze vysledovat  
ala regionální infrastruktury, kdy tunelářské  
zásobování vodou, likvidaci odpadních vod  
nou roli v městské infrastruktuře, ve které  
ě metra, kolektorů a kmenových stok. Třetí  
dopravní tunely. Samozřejmě je patrné pro-

dopravní stavby hlavním objednatelem tune-  
ů mezinárodních odborných konferencí na  
i slovenské sousedy, jsme toho svědky. Je  
publik, kdy náš obor bude na výsluní zájmu.

ci, že podzemí je zbaveno tajemství a stra-  
; kterou by moderní technika neuměla zdo-  
mohé se nám nabízí. Vezměme na příklad  
ní dožívají a od nás se očekává jejich rege-  
nější zástavby nad nimi. Myslím si, že ani  
dnosti.

do nejbližší budoucnosti a vzájemně si po-  
vztahy.



Ing. Petr Kuchár  
generální ředitel  
a místopředseda představenstva  
SUBTERRA, a. s.

# RAZENIE TUNELOV TRHAVINAMI S POUŽITÍM VÁLCOVÝCH ZÁLOMOV

PROF. ING. ONDREJ DOJČÁR, CSc., ING. ANDREA MOLNÁROVÁ,  
KATEDRA DOBÝVANIA LOŽÍSK A GEOTECHNIKY, TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH

## DESIGN OF BLASTING IN TUNNELS BY USING CYLINDRIC CUTS

AUTHOR DESCRIBES THE CHARGE CALCULATIONS OF THE CYLINDRIC CUTS FOR TUNNELLING.  
THE SMOOTH BLASTING METHOD IS USED FOR CONTROLLED BLASTING.

Cieľom príspevku je podať teoretické princípy valcových záloMOV a metódu projektovania trhavíc prací i s použitím hladkého výlomu.

Rozpojovanie trhavínami pri razení patrí v trhacej technike k najzložitejším. Vychádza totiž z jednej voľnej plochy – čelby, pričom projekt rozpojovania musí účelne a racionálne sklbiť takmer všetky typické prípady rozpojovania valcovými náložami: na upnutú stenu (na ohraničenú voľnú plochu, obr. 1, časť 1), na neupnutú stenu (na neohraničenú voľnú plochu, obr. 1, časti 2, 3, 5), i riadený výlom (hladký odstrel, obr. 1, časť 4). Vo všetkých prípadoch sa jedná o rozpojovanie paralelnými valcovými náložami (nálože sú vo vrtoch paralelných s voľnými plochami), rozpojovanie horniny sa deje vo výtrži (najčastejšie trojboký hranol). Úspešnosť a vysoká účinnosť rozpojovania je podmienená vysokou paralelitosťou vrtoV a voľných plôch, t.j. vysokou presnosťou vrtnia vrtoV a realizácie odstrelu. Do budúcnosti je treba sa zamerať na priame, zvlášť valcové záloMy, ktoré plne vyhovujú modernej vrtačej technike a možno nimi dosahovať postupy na odstrel až 8 m [9].

Po úspešnom valcovom záloMe COROMANT (obr. 2), vo svetovej praxi dnes dominuje štvorcový valcový záloM, s nenabíтым stredovým vrtoM o priemere  $D = 50$  resp. 65 až 175 mm (obr. 3), ktorý tvorí prvotnú voľnú plochu. V prípade, ak nie je možné vrtnúť jeden vrt väčšieho priemeru, vrtnúť sa dva (obr. 4), pričom

$$D = D_0 \sqrt{2} \quad (1)$$

kde  $D_0$  je priemer prázdneho vrtoV (m).

**Postup na odstrel**, t.j. zväčšenie dĺžky diela na odstrel (cyklus), je funkciou deviácie vrtoV  $\delta$  a priemeru  $D$ . Dĺžku vrtoV  $H$ , pre  $50 \leq D \leq 200$  mm a  $\delta = 10$  až 15 mm/m, je možné stanoviť z empirického vzťahu [1, 3, 4]

$$H = 23 D + 0,9 \quad /m/ \quad (2)$$

Pri vysokom presnosti vrtnia vrtoV, ( $\delta = 5$  až 8 mm/m) s účinnosťou odstrelu  $\eta \geq 93$  %, je možné dosiahnuť dĺžku vrtoV [1, 3, 4]

$$H = 23 D + 1,5 \quad /m/ \quad (3)$$

V oboch prípadoch za  $D$  dosadíme metre.

Skutočný postup na odstrel  $H_s$  pri účinnosti záloMOVých vrtoV  $\eta \geq 93$  %

$$H_s = \eta H \quad (4)$$

Vlastné projektovanie využíva poznatky Langeforsa a Kihlströma [2], ktoré ďalej rozpracoval autor v [3, 4, 5, 8, 10] a ďalší v [6, 7], vychádza z analýzy podmienok a činnosti každej náložky (skupiny náložky), počnúc záloMom, postupne od jednej náložky k druhej tak, ako bude prebiehať vlastné rozpojovanie. Opiera sa o tzv. typické prípady rozpojovania, parametre ktorých vieme dobre riešiť a ktoré pri rozpojovaní v čelbe priestorove a časove na seba nadväzujú.

Pre každú nálož (skupinu náložky) sa stanoví:

- záber náložky  $V$  a to v závislosti na šírke voľnej plochy  $D$ , resp.  $B$ , obr. 3 a 5,
- pre stanovený záber (včítane deviácie vrtoV), vypočíta sa potrebná koncentrácia náložky trhaviny vo vrte, t.j. potrebná hmotnosť trhaviny v 1 m vrtoV,
- nasleduje výpočet hmotnosti náložky vrtu tak, že sa zohľadňujú rôzne podmienky upnutosti horniny jednak v oblasti dna vrtoV (upnutie v päte vrtoV) a jednak v jeho hornej – neupnutej časti:

$$Q_{vt} = Q_d + Q_n = \rho_d L_d + \rho_n L_n \quad /kg/ \quad (5)$$

$Q_d$ ,  $Q_n$  je dolná a horná časť náložky vrtu (kg),  $\rho_d$ ,  $\rho_n$  je dolná a horná koncentrácia náložky vrtu (kg/m),  $L_d$ ,  $L_n$  je dolná a horná dĺžka náložky vrtu (m).

Uvedené úkony sa pri projektovaní systematicky opakujú, v súlade s priestorovou a časovou postupnosťou a nadväznosťou rozmiestňovania náložky.

**Prvý štvorec – vlastný záloM.** Predstavuje typický prípad rozpojovania na upnutú stenu – ohraničenú šírku voľnej plochy: uhol výtrže  $\alpha < 90^\circ$  a šírka voľnej plochy  $D < 2V$ , resp.  $B < 2V$ , obr. 5. Aby vzniklo dokonalé rozpojenie a štrbina čistá – bez úlomkov, maximálna vzdialenosť medzi stredmi nabitého a nenabitého – prázdneho vrtoV 1. štvorca má byť [2]

$$V_{max} = 1,7 D \quad /m/ \quad (6)$$

$D$  je priemer nenabitého vrtoV (vrtoV), (m).

Ak sa pri vrtní vrtoV zaisti hodnota ich deviácie najviac 0,5 až 1 % (0,5 až 1 mm/m), potom maximálny záber na dne vrtoV môže byť  $V = 1,7 D$ ; na čelbe, ako praktický záber vtedy volíme

$$V_1 = 1,5 D \quad /m/ \quad (7)$$

Ak deviácia prekročí 1 %, záber  $V_{max}$  sa musí zmenšiť o deviáciu vrtoV  $F = \delta_n H + \delta_z$ , teda

$$V_1 = 1,7 D - F = 1,7 D - (\delta_n H + \delta_z) \quad /m/ \quad (8)$$

kde  $\delta_n$  je chyba z nedodržania smeru (m/m),  $\delta_z$  je chyba zo zavrtávania vrtoV (m),  $H$  je dĺžka vrtoV (m).

Pri moderných vrtačích vozoch je presnosť vrtnia vrtoV vysoká, čo umožňuje použiť vzťah (7), bez uváženia deviácie vrtoV.

**Koncentrácia náložky trhaviny v 1. štvorci.** Langeforsa a Kihlströma [2] a následne i autor [3, 4], overili vzťah medzi potrebnou koncentráciou hornej časti náložky  $p$  a hodnotami  $V$  a  $D$ , pre priemer nabitých vrtoV  $d = 32$  mm

$$p = 1,5 (V/D)^{1,5} (V - D/2) \quad /kgm^{-1}/ \quad (9)$$

Hodnoty  $V$  a  $D$  sa dosadia v metroch. Pri zvyšovaní priemeru vrtoV  $d$  rastie odľahčenie náložky, pričom tlak vo vrte a práca výbuchu klesá. Hodnota koncentrácie náložky  $p$  sa musí preto zvýšiť priamoúmerne použitému priemeru vrtoV. Ak sa namiesto  $d_1 = 0,032$  m a koncentrácie  $p_1$  použije priemer  $d$ , odpovedajúca koncentrácia náložky bude

$$p = (d/d_1) p_1 \quad /kgm^{-1}/ \quad (10)$$

Ak uvážime súčasne i vplyv druhu trhaviny zavedením súčiniteľa relatívnej pracovnej schopnosti  $s$  podľa vzťahu (29), vzťah (9) nadobudne tvar [1]

$$p = 45d (V/D)^{1,5} (V - D/2) s^{-1} \quad /kgm^{-1}/ \quad (11)$$

Za  $d$ ,  $V$ ,  $D$  dosadíme metre.

$$\text{Hmotnosť dolnej náložky vrtoV } Q_d = f(V, d), [1]$$

$$Q_d = 40 d V_{max} \quad /kg/ \quad (12)$$

Za  $d$ ,  $V_{max}$  dosadíme metre.

**Druhý štvorec**, obr. 3. Odpalom 1. štvorca (záloM) vznikne štvorcová dutina o šírke voľnej plochy  $B$ . Ak nálož, rozpojujúca na túto voľnú plochu bude mať záber  $V$  (obr. 5), potrebná koncentrácia hornej náložky vrtoV, vyjadrená ako  $p = f(B, V, d, s)$  sa vypočíta zo vzťahu [2, 1]

$$p = \frac{11 V d}{s[\sin[\arctg(B:2V)]]^{1,5}} \quad /kgm^{-1}/ \quad (13)$$

Za  $B$ ,  $V$ ,  $d$  dosadíme metre.

Ak pre danú trhavinu poznáme koncentráciu náložky  $p$  a šírku voľnej plochy  $B$ , hodnota maximálneho záberu náložky ako  $V_{max} = f(p, B, d, s)$  sa s dostatočnou presnosťou vypočíta zo vzťahu [6, 1]

$$V_{max} = 0,15 \left[ \frac{B p s}{d} \right]^{1,2} \quad /m/ \quad (14)$$

Pritom pre šírku voľnej plochy platí

$$B = \sqrt{2} (V_1 - F) \quad /m/ \quad (15)$$

Za  $V$ ,  $d$ ,  $F$  dosadzujeme metre, za  $p$  ( $kgm^{-1}$ ).

Pri výpočte záberu  $V$  v 2. a ďalších štvorcoch, sa musí brať do úvahy i deviácia vrtoV  $F$ , vzťah (8), pričom aplikácia je takáto: vrty 1. štvorca sa riešia tak, ako by boli umiestnené najnepriaznivejšie, obr. 6 [6]. Z obr. 6 vidieť, že šírka  $B$  zo vzťahu (15), ktorá sa použije pre výpočet záberu vo vzťahu (14), sa líši od hodnoty  $B'$  v 1. štvorci. Hodnota  $V_{max}$ , vypočítaná zo vzťahu (14), sa zníži o deviáciu vrtoV  $F$ , čím sa získa skutočný záber na čelbe  $V_2$ , obr. 3:

$$V_2 = V_{max} - F \quad /m/ \quad (16)$$

Platia tu nasledovné ohraničenia:

1. Maximálna koncentrácia náložky (i kapacita vrtoV), je daná vzťahom

$$p_{max} = \left( \frac{d}{36} \right)^2 \rho_n \quad /kgm^{-1}/ \quad (17)$$

kde  $d$  je priemer vrtoV (mm),  $\rho_n$  je náložková hustota ( $kg/dm^3$ ) [8]. Medzi koncentraciami  $p$ , vzťah (13) a  $p_{max}$ , vzťah (17), platí:

$$p \leq p_{max} \quad (18)$$

Použitím hodnoty  $p_{max}$  vo vzťahu (14), sa získa maximálne možný záber pri daných parametroch rozpojovania.

2. Aby nenastala plastická deformácia (súčiniteľ dynamického nakyprenia drviny v dutine  $k_d \leq 2$ ), musí platiť:

$$V_2 \leq 2B \quad /m/ \quad (19)$$

Potrebná koncentrácia pre hraničný prípad  $V_2 = 2B$  [6, 1]

$$p = \frac{11,3 d^2 B}{s[\sin[\arctg(1:4)]]^{1,5}} \quad /kgm^{-1}/ \quad (20)$$

alebo

$$p = 190 d B/s \quad /kgm^{-1}/ \quad (21)$$

V oboch prípadoch za  $d$ ,  $B$  dosadíme metre.

3. Uhol výtrže má byť menší ako  $90^\circ$ , ( $\alpha < 90^\circ$ , obr. 5), čo je otázka hlavne ekonomickej, čiže

$$V_2 > 0,5 B \quad (22)$$

Hodnota záberu  $V_2$  na čelbe sa najčastejšie volí  $V_2 = B$  [4, 7].

**Dĺžka upchávky  $L_u$ .** U záloMOVých náložky, kde sa roznet musí umiestniť pri ústi vrtoV, je upchávka bezpodmienečne nutná (vysatie počínovej náložky podtlakom). Pri razení sa dĺžka upchávky volí kratšia ako na povrchu a približne býva [4, 7]

$$L_u = 0,5 V \text{ okrem počvy} \quad (23)$$

$L_u = (0,2 \text{ až } 0,5) V$  pre počvové vrty.

Hmotnosť dolnej náložky vrtoV sa stanoví zo vzťahu (12).

Náložky 1. a 2. štvorca, obr. 3, sa musia časovať samostatne s intervalom časovania  $t \geq 50$  až 75 ms, obvykle rozbuchy DeM; náložky v ďalších štvorcoch sa časujú ako dvojice, rovnakým časovým stupňom proti sebe, s intervalom časovania  $t \geq 100$  ms, obvykle rozbuchy DeD, DeP (sada METRO).

**Počvové vrty** (i ostatné príbierky na obr. 1, v častiach 2, 3 a 5). Predstavujú typický prípad rozpojovania na neupnutú stenu (neohraničená šírka voľnej plochy:  $\alpha \geq 90^\circ$ ,  $B \geq 2V$ ), t.j. ako najjednoduchší prípad rozpojovania, napr. v lome, kde výška etáže je jednoducho nahradená postupom H. Merná nálož a merné vrtanie sú v porovnaní s predošlým prípadom podstatne nižšie. Súčiniteľ upnutia horniny  $f_u$  sa volí v súlade s gravitáciou a interval časovania náloží  $t \geq 100$  ms. Maximálny záber náloží, [2, 8]

$$V_{\max} = 0,95 \left[ \frac{\rho_d S}{\bar{c} f_u E/V} \right]^{1/2} \quad /m/ \quad (24)$$

alebo

$$V_{\max} = d/38 \left[ \frac{\rho_d S}{\bar{c} f_u E/V} \right]^{1/2} \quad /m/ \quad (25)$$

kde  $f_u$  je súčiniteľ upnutia horniny ( $f_u = 1,45$ ) [8],  $E/V = m$  je súčiniteľ priblíženia náloží; pre počvu sa volí  $m = 1$ ,  $E$  je vzdialenosť náloží v rade,  $\bar{c}$  je súčiniteľ vlastností horniny, stanovuje sa experimentálne [8], pre raziene sa volí  $\bar{c} = 0,5$  až  $0,7$  a podľa [2]

$$\bar{c} = \begin{cases} c + 0,05 & \text{pre } V \geq 1,4 \text{ m} \\ c + 0,07/V & \text{pre } V \leq 1,4 \text{ m} \end{cases} \quad (26)$$

V predošlých vzťahoch za  $d$  dosadíme mm,  $\rho_d$  (kg/m),  $\rho_n$  (kg/dm<sup>3</sup>),  $V$  (m).

Pre rozpojenie záberu  $V_{\max}$  po ploche novej čelby, v dolnej upnutej časti vrtu, musí byť zaistená koncentrácia náložie  $p_d$  [8]

$$p_d = 1,1 \frac{f_u}{S} \bar{c} m V_{\max}^2 \quad /kgm'/ \quad (27)$$

kde  $V_{\max}$  dosadíme v metroch.

Koncentráciu náložie  $p_d$  musí byť nabitá dolná časť náložie vrtu  $Q_d$  o dĺžku

$$L_d = 1,25 V_{\max} \quad /m/ \quad (28)$$

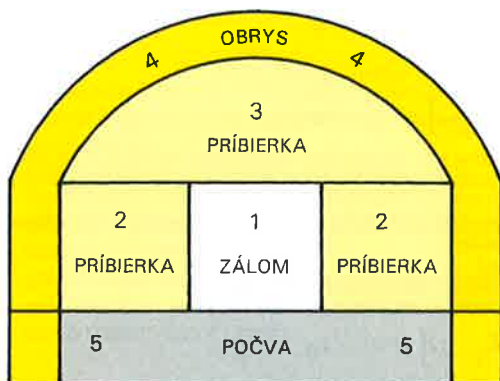
a to od  $-0,25 V_{\max}$  do  $+1 V_{\max}$  od úrovne budúcej čelby.

Relatívna pracovná schopnosť trhaviny  $s$  [8]

$$s = 0,83 (Q_{v1} : Q_v) + 0,17 (v_{o1} : v_o) \quad (29)$$

kde  $Q_v$ ,  $v_o$  je výbuchové teplo a merný objem spodín výbuchu štandardnej – porovnávacej trhaviny dynamitu LFB:  $Q_v = 5000$  kJ/kg,  $v_o = 0,85$  m<sup>3</sup>/kg;  $Q_{v1}$ ,  $v_{o1}$  je výbuchové teplo a merný objem spodín výbuchu použitej trhaviny, (kJ/kg), (m<sup>3</sup>/kg).

Prí rozmiestňovaní počvových, i všetkých obrysových vrtov, musí sa uvažovať s uhlom divergencie vrtov  $\gamma$ , (uhol rozbiehania vrtov za požadovaný obrys diela), obr. 7.



Obr. 1 Časti prierezu tunela 1 až 5, ktoré predstavujú rôzne podmienky rozpojovania



Obr. 2 Valcový zálom COROMANT v magnezite. Realizácia a foto Dojčár

Hodnota uhla divergencie závisí od vrtacej techniky a dĺžky vrtov. Pre postupy okolo 3 m, uhol divergencie  $\gamma = 3^\circ$ , (okolo 5 cm/m), sa považuje za postačujúci na vytvorenie miesta – ústupku pre vrtanie vrtov ďalšieho postupu. Musí sa zviať do úvahy i deviácia vrtov.

Dĺžka hornej časti náložie vrtu

$$L_u = H - L_d - L_v \quad /m/ \quad (30)$$

príčom koncentrácia hornej časti náložie  $p_u$  sa berie len okolo 70% koncentrácie dolnej časti náložie vrtu  $p_d$

$$p_u = 0,7 p_d \quad /kgm'/ \quad (31)$$

Vzdialenosť náloží v rade  $E = V$ , závisí však od šírky diela  $\bar{S}$ . Počet počvových vrtov

$$N = \text{celé číslo z výrazu: } \left[ \frac{\bar{S} + 2H \sin \gamma}{V_{\max}} + 1 \right] \quad /kgm'/ \quad (32)$$

Vzdialenosť medzi náložami v rade, (okrem vrtov v rohoch)

$$E = \left[ \frac{\bar{S} + 2H \sin \gamma}{N - 1} \right] \quad /m/ \quad (33)$$

Vzdialenosť v rade pre náložie v rohoch

$$E = E - H \sin \gamma \quad /m/ \quad (34)$$

Praktický záber na čelbe sa zmenší o divergenciu a deviaciu vrtov

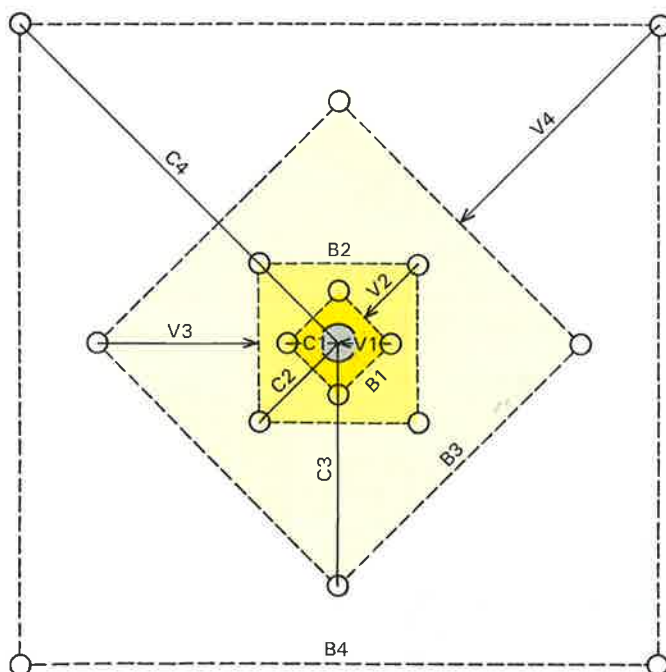
$$V = V_{\max} - H \sin \gamma - F \quad /m/ \quad (35)$$

V predošlých vzťahoch dosadíme  $\bar{S}$ ,  $H$ ,  $V_{\max}$ ,  $F$ ,  $E$  v metroch.

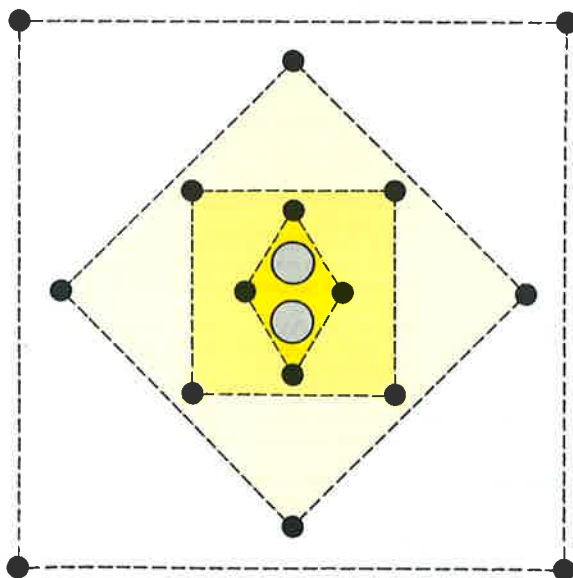
Prí použití vzťahov (24) a (25) je treba splniť podmienku:

$$V \leq 0,6 H, \text{ resp. } H \geq 1,7 V \quad (36)$$

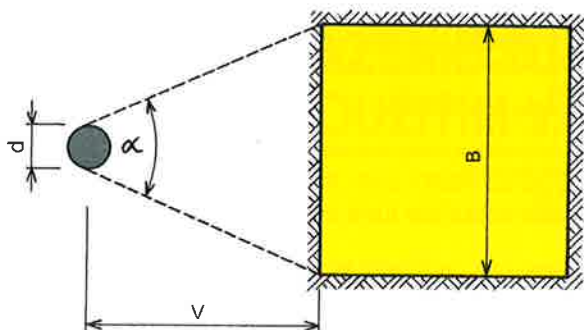
Ak nie je táto podmienka splnená, záber  $V$  je vtedy tiež i funkciou postupu  $H$ , čo si



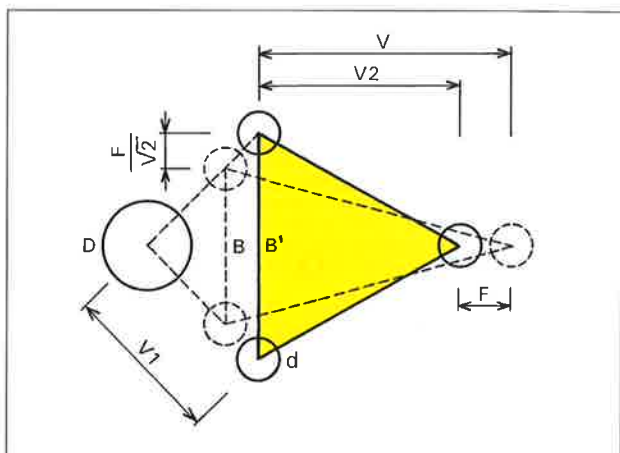
Obr. 3 Valcový štvorcový zálom a jeho základné geometrické parametre



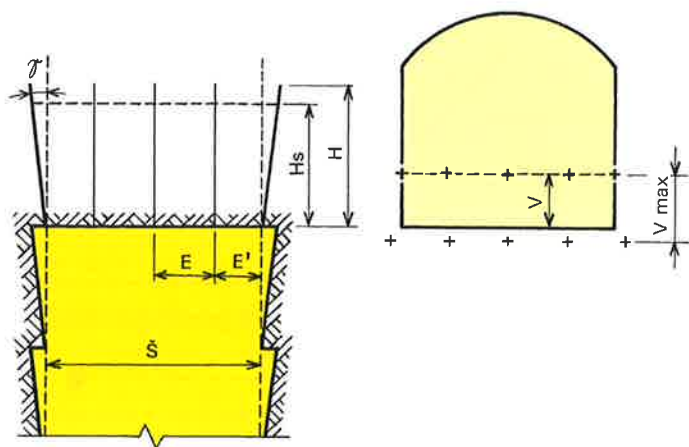
Obr. 4 Valcový zálom s dvomi nenabitými vrtmi



Obr. 5 Geometrické parametre rozpojovania na upnutú stenu – ohraničenú šírku voľnej plochy:  $\alpha < 90^\circ$ ,  $B < 2V$



Obr. 6 Vplyv deviácie vrtov [6]



Obr. 7 Geometria rozpojovania počvy diela – tunela

vyžaduje zmenšovať záber i rozstup náloží v rade a uviesť tieto parametre odstrelu do súladu s hmotnosťou náložie vrtu [8].

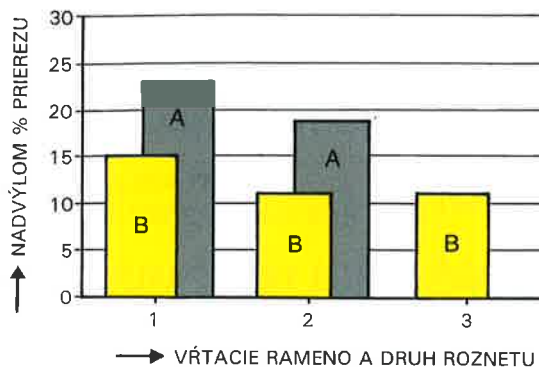
Pri použití vzťahov (24) a (25), výnos horniny z 1 m vrtu je konštantný:  $V E = \text{konštanta}$ . Tento poznatok je možné využiť pri rozmiestňovaní náloží v čelbe, ak je nutné vzájomne meniť geometrické parametre odstrelu  $V$  a  $E$  (ostatné parametre zostanú konštantné).

**Súčiniteľ upnutia horniny.** Vo výpočtoch, v rôznych situáciách môže sa použiť rôzna hodnota súčiniteľa  $f_0$  [8]. Napr. pri zvislých vrtoch v rade, s upnutím horniny v päte,  $f_0 = 1$ . V úpadných – uklonených vrtoch je  $f_0 < 1$ , čo pri ostatných konštantných podmienkach znamená vyšší záber náloží. Pri razení tunelov, skupiny náloží bývajú odpálené rovnakým časovým stupňom (spolupôsobenie náloží), niekedy náložie pracujú proti gravitácii, inokedy v smere gravitácie. Všetky tieto skutočnosti zohľadňuje hodnota  $f_0$ .

**Obrysové náložie.** Ak nie je potrebný hladký výlom, obrysové náložie sa počítajú rovnakým spôsobom ako náložie počvy, ale s týmito rozdielmi:

1. Súčiniteľ upnutia  $f_0 = 1,2$ .
2. Súčiniteľ priblíženia náloží  $m = E/V = 1,25$ .
3. Koncentrácia hornej časti náložie vrtu  $p_n$  je len 50% koncentrácie dolnej časti náložie  $p_d$ .

$$p_n = 0,5 p_d \text{ (kg/m)} \quad (37)$$



Obr. 8 Hodnoty nadvýlomov (% plochy prierezu diela) v závislosti na type vrtacieho ramena a druhu roznetu – časovania [9]

- 1 – dlhé časovanie (NONEL GT/T – rozptyl až 150 ms),
  - 2 – elektronické rozbušky – rozptyl 1 ms,
  - 3 – vruby po stranách vrtov a časovanie NONEL GT/T,
- A – staré vrtacie vozy,  
B – nové vrtacie vozy (Boomer 186 S) – laserový paprsek a usmerňovacie zariadenie vrtov

Porušovanie horniny v okolí diela je pri bežných trhacích prácach značne veľké a je spojené s vysokými hodnotami nadvýlomov, obr. 8. Napr. pri  $d = 40\text{--}45$  mm a trhavine DAP, môže porušenie radiálnymi trhlinami siahať do hĺbky 1,5 až 1,8 m. Pri použití metód riadeného výlomu, napr. hladkého odstrelu, oblasť porušenia sa značne zmenší.

**Hladký odstrel (smooth blasting).**

Záber náloží [10, 5]

$$V_{\max} = d (22,8 - 0,15 Z) s^{0,75} \text{ /mm/} \quad (38)$$

Praktický záber na čelbe musí uvážiť divergenciu i deviáciu vrtov v súlade so vzťahom (35).

Vzdialenosť náloží v rade [10, 5]

$$E = d (17 - 0,1 Z) s^{0,75} \text{ /mm/} \quad (39)$$

Koncentrácia hornej časti náložie vrtu [10, 5]

$$p_n = \left[ \frac{d}{132 - 2,2 Z} \right]^2 s^{-0,75} \text{ /kgm}^3 \quad (40)$$

Za  $d$  dosadíme mm.  $Z$  je akustická impedancia horniny,  $Z = \rho_n c$  ( $t/m^3 \cdot km/s$ ),  $\rho_n$  je objemová hmotnosť horniny ( $t/m^3$ ),  $c$  je rýchlosť pozdĺžnych vln v horninovom masive ( $km/s$ ).

Pre správnu funkciu hladkého odstrelu je treba voľiť súčiniteľ radiálneho odľahčenia náložie približne

$$k_0 = d/d_n = 3 \quad (41)$$

kde  $d_n$  je priemer náložie (náložky) trhaviny.

Hmotnosť dolnej náložie vrtu  $Q_d = f(d, Z, s)$  [10, 5]

$$Q_d = \left[ \frac{d}{71 - Z} - 0,4 \right] s^{0,75} \text{ /kg/} \quad (42)$$

Pre úspech hladkého odstrelu je tiež veľmi dôležité, aby parametre odstrelu ( $p$ ,  $V$ ,  $E$ ) predobrysových náloží (náložie susediace s obrysovými), obr. 9, 10, 11, v porovnaní s približnými náložkami, boli približne len polovičné:

$$p_n = 0,5 p_{\max} \text{ /kgm}^{-3} \quad (43)$$

Záber predobrysových náloží sa stanoví zo vzťahu (23).

Dĺžka upchávky sa voľí približne

$$L_u = (0,3 - 0,7) E \text{ /m/} \quad (44)$$

Upchávka je nutná, aby odpalom hlavných náloží v čelbe nedošlo ku poškodeniu náloží hladkého odstrelu. Obvykle sa všetky náložie hladkého odstrelu odpália súčasne (rovnaký časový stupeň), alebo po skupinách, napr. boky a potom strop, obr. 11, ako posledné, alebo predposledné v čelbe.

Hlavné TE ukazovatele razenia, medzi ktoré počítame mernú nálož  $q$  a merné vrtanie  $q_v$ , vyjadrené ako funkcia prierezu diela  $S$  a priemeru vrtu  $d$ , možno vypočítať zo vzťahov, ktoré odvodil autor na základe štatistických údajov svetovej praxe a vlastných skúseností. Dobré poslužia ako vodítko pre začínajúcich a menej skúsených projektantov.

**Merná nálož**

$$q = \left[ \frac{12 - 16}{S} + 0,8 \right] \left[ \frac{d}{38} \right]^{0,75} \text{ /kgm}^3 \quad (45)$$

**Merné vrtanie**

$$q_v = \left[ \frac{32 - 38}{S} + 1,15 \right] \left[ \frac{38}{d} \right] \text{ /mm}^3 \quad (46)$$

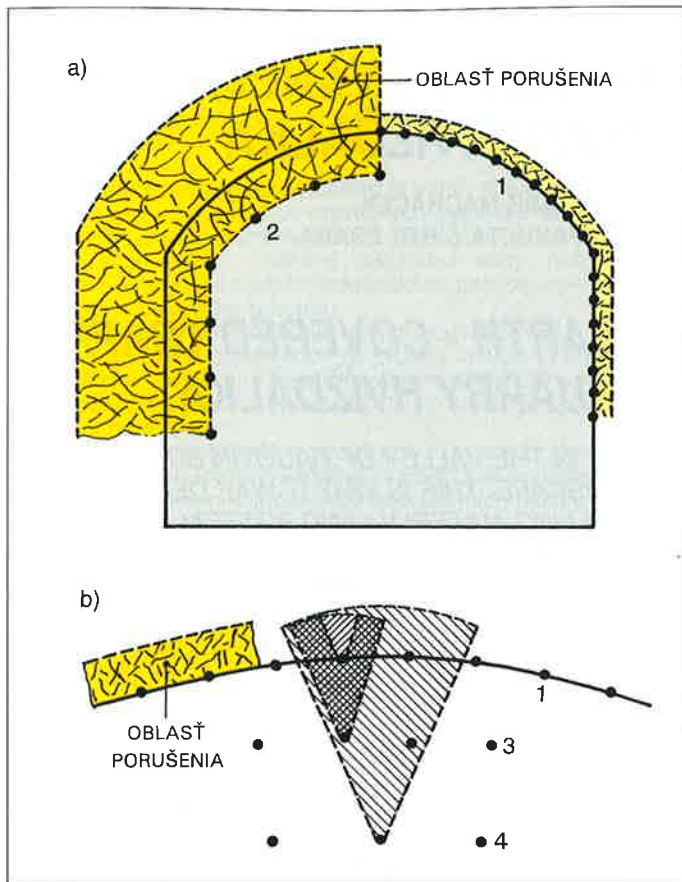
Dolné rozpätia hodnôt (12–16) a (32–38), platia pre stredne rozpojitelné a horné rozpätia pre veľmi ťažko rozpojitelné horninové masivy.

$S$  je hrubý prierez diela ( $m^2$ ),

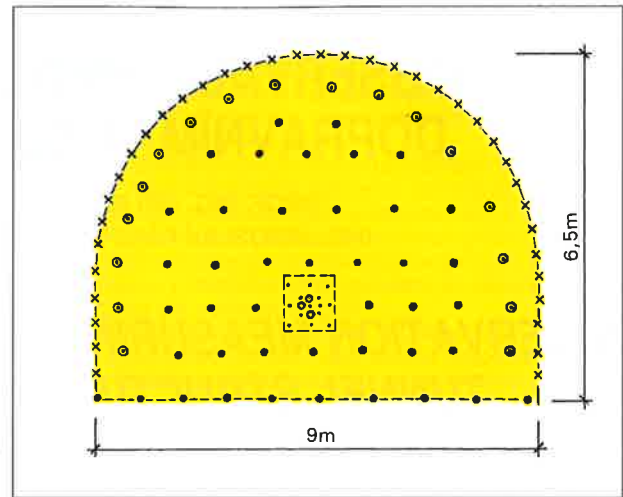
$d$  je priemer vrtu (mm).

Záverom je treba zdôrazniť, a príklad to plne potvrdzuje, že projektovaniu rozpojovania pre razenie je treba prikladať mimoriadnu dôležitosť. Nemôže to byť len technologický postup, ako to požaduje bezpečnostný predpis, čo je jeho nedostatkom, ale **projekt rozpojovania pre razenie**, bez ohľadu na to, či sa jedná o trhacie práce malého, alebo veľkého rozsahu. Ako potvrdzuje naša prax razenia bankových diel a tunelov, zanedbávanie tejto skutočnosti je veľmi drahým „nedopatrením“.

(Príklad výpočtu v príštím čísle)



Obr. 9 Oblasti porušenia horniny – trvalé deformácie v okolí tunela spôsobené odpalom obrysových, predobrysových a ostatných náloží v čelbe [7]  
 1 – obrysové náložie dimezované ako riadený výlom,  
 2 – predobrysové náložie nedimezované ako riadený výlom môžu spôsobiť väčšie porušenia ako obrysové náložie samotného riadeného výlomu,  
 3 – predobrysové náložie dimezované ako riadený výlom,  
 4 – ostatné náložie v čelbe môžu byť nabité maximálnou koncentráciou náložie ( $p_{max}$ )

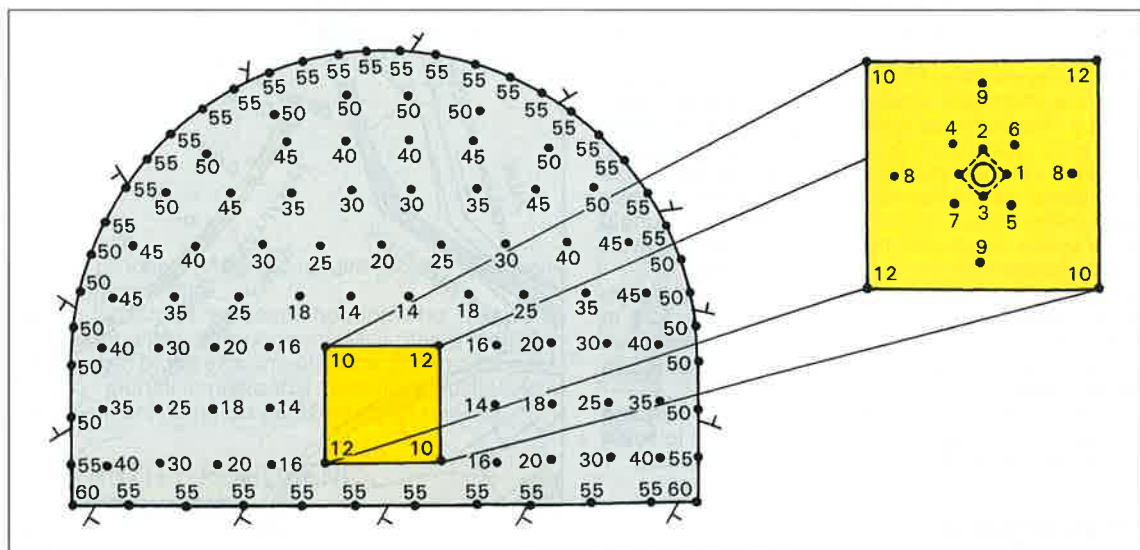


NÁLOŽE: X ODL' AHČENÉ  
 ○ PREDOBRYSOVÉ }  $d = 45\text{mm}$   
 ● NORMÁLNE }  
 • NORMÁLNE }  $D = 76\text{mm}$   
 ○ NENABITÉ VRTY

Obr. 10 Princípy vrtacej schémy pre tunel prierezu  $50\text{ m}^2$  – rozdelenie náloží v čelbe [11]

#### LITERATÚRA

- [1] Dojčár, O.: Priamy – valcový zálom. Interný materiál autora. Nepublikované.
- [2] Langefors, U., Kihlström, B.: The Modern Technique of Rock Blasting. John Wiley and son, New York, Londýn 1963.
- [3] Dojčár, O.: Možnosti zvyšovania záberov pri razení horizontálnych bankských diel priamymi, zvlášť valcovými záloami. RUDY č. 1/1968, s. 2–9.
- [4] Dojčár, O.: Projektovanie trhacích prác pri razení bankských diel. RUDY č. 2/1975, s. 26–33.
- [5] Dojčár, O.: Základné vzťahy pre výpočet parametrov metód riadeného výlomu. TUNEL č. 2/1996, s. 28–31, opravy TUNEL č. 1/1997.
- [6] Holmberg, R.: Charge Calculations for Tunnelling. In.: Underground Mining Methods Handbook, Society of Minings Engineers, New York 1982, s. 1580–1589.
- [7] Olofsson, S. O.: Applied Explosives Technology for Construction and Mining. 2. vydanie Dyno Nobel AB 1995.
- [8] Dojčár, O. a kol.: Trhacia technika. MONTANEX Ostrava 1996.
- [9] Niklasson, B., Keisu, M.: New Techniques for tunnelling and drifting. In.: Rock fragmentation by Blasting – FRAGBLAST-4, Wien 1993. Balkema Rotterdam 1993, s. 164–174.
- [10] Dojčár, O.: Design methods for controlled blasting. Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, sect. A Mining Industry, September–December 1996, s. 166–172.
- [11] Palström, A.: Engineering geology and rock engineering applied in the desing of Norwegian tunnels. In.: Tunely pre tretie tisícročie, Prievidza 1996, s. 59–74.



Obr. 11 Vrtacia a odpalovacia schéma razenia tunela o prierezu  $88\text{ m}^2$  s valcovým štvorcovým záloamom a hladkým odstrelom v tvrdých horninách [7];  $d = 38\text{ mm}$ ,  $D = 127\text{ mm}$ , resp.  $2 \times 89\text{ mm}$ , dĺžka vrtov  $H = 4,3\text{ m}$ , skutočný postup na odstrel  $H_s = 3,9\text{ m}$ ,  $\eta = 91\%$ , trhavina: Emulit 150 ( $25 \times 200 + 29 \times 200$ ), Gurit ( $17 \times 500$ ), roznet neelektrický NONEL GT/T, počet vrtov  $127 + 1$ , merná nálož  $1,16\text{ kg/m}^3$ , merné vrtanie  $1,6\text{ m/m}^3$

# OBSERVAČNÍ MĚŘENÍ NA PŘESYPÁVANÉM DOPRAVNÍM TUNELU V LOMU HVÍŽDÁLKA

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., MGR. JAROMÍR MACHÁČEK,  
ING. JAROSLAV PACOVSKÝ, CSc., STAVEBNÍ FAKULTA ČVUT, PRAHA

## OBSERVATION MEASURING OF THE EARTH - COVERED TRAFFIC TUNNEL STRUCTURE IN THE QUARRY HVÍŽDÁLKA

OPENED LIMESTONE QUARRY HVÍŽDÁLKA IS SITUATED IN THE VALLEY OF RADOTÍN BROOK AND FORMS NOT TOO PRETTY PIT IN A BEAUTIFUL LANDSCAPE. THIS IS WHY IT WAS DECIDED TO RESTORE AND AFFOREST THE FORMER GROUND BY FILLING MATERIAL, AND BOTTOM OF CAST MINE TO MAKE IT ACCESSIBLE BY AN OVERWHELMED TUNNEL. SETTLEMENT OF THE TUNNEL STRUCTURE, DEFORMATION OF THE LINING AND CONTACT STRESS ARE PERMANENTLY MEASURED DURING THE BACKFILLING. ASSUMPTION AND RESULTS OF THE STATICAL SOLUTION ARE CONFIRMED BY THE MEASURING VALUES.

### ZÁKLADNÍ ÚDAJE

V dobývacím prostoru Zadní Kopanina I lomu Hvíždalka (obr. 1) je prováděna těžba výhradního ložiska vápence za účelem získání potřebné cementářské suroviny. Dobývací prostor leží v těsné blízkosti obce Kosoř a prakticky na hranici chráněné krajinné oblasti Český Kras. Za těchto okolností bylo velmi obtížné získávat v posledních desetiletích potřebné pozemky pro ukládání skrývkového materiálu do deponií.

Jako optimální se ukázalo technicky schůdné, v širších souvislostech ekonomicky výhodné a zejména ekologicky „přátelské“, založení vnitřní výsypky ve vytěženém prostoru lomu. Při tomto uspořádání však bylo nutno technicky vyřešit dopravní přístup k těžební stěně skrze výsypku.

Na přístupu z veřejné komunikace Radotín–Zadní Kopanina ke stěně 1. těžební etáže byla proto uvnitř lomu vybudována tunelová trouba podkovitého průřezu o velikosti příčného profilu cca 30 m<sup>2</sup>, délky 224 m (obr. 2). Tato délka se v průběhu těžby bude měnit a dosáhne až hodnoty cca 450 m. Tunelová trouba z monolitického železobetonu je uložena na počvě lomu a směřována ke spodní hraně lomové stěny nejnižší těžební etáže.

Přístupový tunel je v průběhu těžby přesypáván inertním materiálem, tvořeným skrývkovými zeminami eventuálně nevhodným kamenivem, získaným z těžby podmiňující dobývání cementářské suroviny.

Projekt tunelu a výsypkového hospodářství [5], ověřený fyzikálním modelem [3] a statickými výpočty [4] předpokládá přesypání tunelové trouby v konečné fázi nadloží do výšky 60 m (max. přípustná výška, daná výpočtovou únosností obezdvíky tunelu).

Za bezpečný úklon výsypky, ověřený fyzikálním modelem, lze považovat 29°. V tomto generelním úklonu lze provést výsypku na celou výšku 60 metrů. Dimenzování definitivního ostění tunelu dovoluje realizovat výšku násypu 60 metrů od staničení 104 m od definitivního portálu (severovýchodní „vejcový“ portál).

Při realizaci navrženého řešení bude možno uložit v prostoru lomu Hvíždalka při výšce násypu 60 m a délce tunelu 224 m 960 tis. m<sup>3</sup> skrývkového materiálu a neupotřebitelného kameniva z lomu. V současné době je tunel přesypán na výšku cca 6,5 m vrstvou skrývkového materiálu.

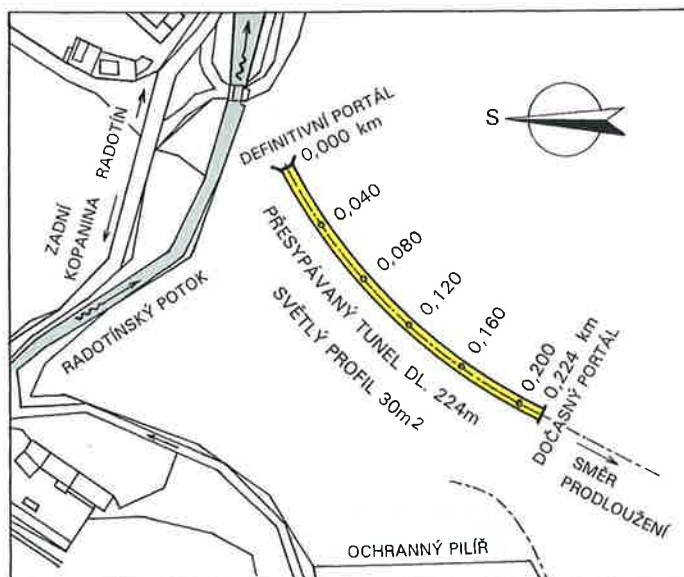
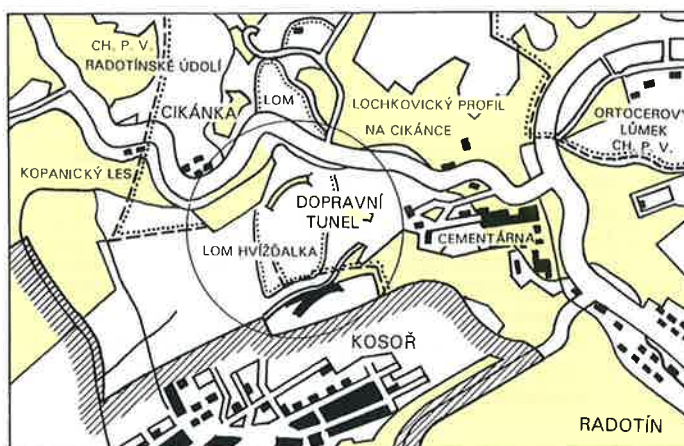
Mohutné zásypové těleso bude mít nepochybně výrazné účinky na ostění tunelové trouby. Kontrola těchto účinků je trvale sledována měřeními deformací lomové počvy a ostění tunelu.

### GEOLOGICKÉ POMĚRY

Hvíždalka náleží z hlediska geologické stavby do východní části silursko-devonské zóny Barrandienu, k východnímu okraji tektonicko-strukturální jednotky zvané chotečská synklinála [1].

Podloží ložiska budují slivenecké vápence (vápence branické

### SITUACE



Obr. 1



– spodní část). Ložiskové těleso cementářských surovin je tvořeno komplexem vápenců dvorecko-prokopských, které reprezentují v okolí Radotínského údolí převážnou část sedimentace spodního oddílu vápenců branických. Jejich největší zjištěná mocnost dosahuje v prostoru ložiska 160 m. V nadloží ložiskového tělesa vystupují vápence zlíčovské (branické vápence – svrchní oddíl).

**Z hlediska hydrogeologického** je masiv charakterizován pohybem podzemních vod po otevřených puklinách a dislokacích. Jejich oběh je velmi nepravidelný a silně závislý na množství atmosférických srážek. Hladina podzemní vody, ověřená průzkumnými vrty, klesá k údolí Radotínského potoka, který tvoří erozivní bázi ložiskového prostoru.

**Z tektonického hlediska** je oblast značně provrášněna a postižena vrásovými přesmyky. Pro prostor ložiska je charakteristická plochá synklinální stavba s úklony křídel 30°–40°. Při jv. okraji ložiska jsou vrstvy vyvlečeny vlivem směrných poklesových dislokací na 50°–80°.

**Porušení horninového prostředí** v prostoru první těžební etáže stěnového lomu Hvíždalka je převážně endogenního původu. Je výsledkem kompenzace endogenních tlaků a sil, za nichž během geologického vývoje oblasti vznikala současná kerná a vrásová stavba. Horninový blok lze hodnotit převážně jako značně porušený.

Exogenní vlivy převažují pouze při severním okraji dobývacího prostoru, kde se otevřené partie masivu nacházejí blízko povrchu původního terénu (do přibližně 10 m původní hloubky). Jde pře-

hornin (fyzikálně-mechanické vlastnosti, intenzita porušení masivu plochami diskontinuity, alterace) totiž výrazně ovlivňují stlačení horniny v aktivní zóně pod počvou lomu. Defomační vlastnosti této zóny jsou ovlivněny zejména specifickými podmínkami lomové lokality – rozvolněním masivu trhacími pracemi a rozevřením puklin po odtěžení suroviny.

Odlehčení počvy lomu se projevuje především rozevřením puklin existujících diskontinuitních systémů, jejichž podrobné zmapování bylo nutným podkladem pro posouzení defomačního chování horninového masivu při jeho následném přitěžování.

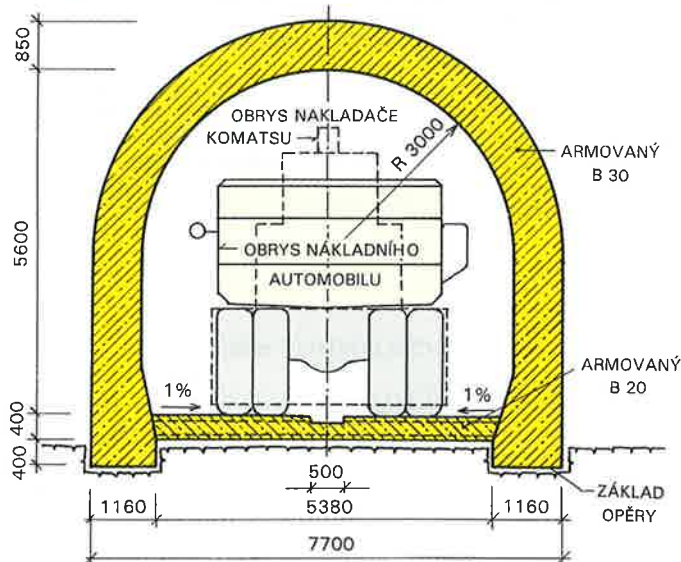
Nejvhodnější metodou pro plošné mapování nehomogenit lovinového masivu z hlediska jeho porušení je seismické profilování v podrobné síti měřených bodů.

Podklad [2] dokumentuje měření průběhových rychlostí seismických impulzů zpracováním mapy izolinií průběhových rychlostí, které tvořily interpretační podklad pro vytvoření podrobného tektonického schématu.

Ze zakreslení přesypávaného tunelu se staničením do tektonického schématu (obr. 3) je patrné, že výrazné tektonické porušení postihuje podloží tunelu zhruba ve střední třetině jeho délky (staničení km 0,055 až 0,130).

Velmi markantní se jeví porucha směru přibližně VSV–ZJZ (silná čerchovaná čára), která spolu s dalšími tektonickými liniemi tvoří výrazný poruchový uzel cca v km 0,130. Poruchu směru VJV–ZSZ (silná plná čára), která protíná podloží tunelu cca v km 0,070 je možno považovat za nejstarší tektonickou linii v prostoru počvy lomu. Porucha má kalcitovou výplň tří generací a je

PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM DO LOMU HVÍŽDALKA  
(OSTĚNÍ NAVRŽENO PRO VÝŠKU ZÁSYPU 60m)



Obr. 2

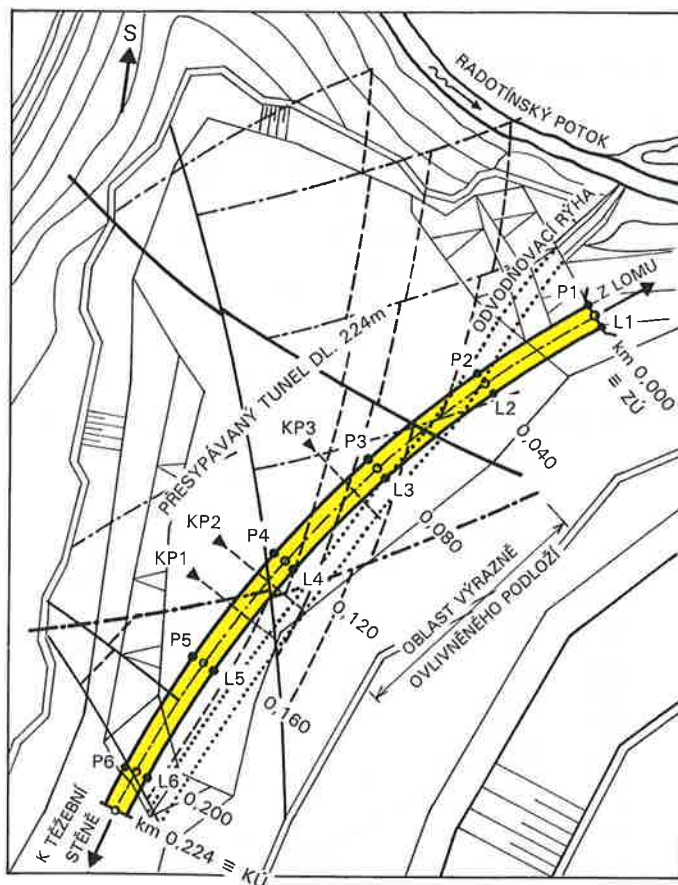
devším o zvětrávací procesy, přičemž krasové projevy jsou vyvíjeny pouze v nevýznamné míře.

Nezanedbatelnou příčinou porušení horninového masivu v úrovni počvy lomu jsou vlivy antropogenní. Mají původ jednak v rozpojování ložiskového bloku trhacími pracemi (clonovými a komorovými odstřely), jednak reprezentují rozevření puklinových systémů vlivem odlehčení pláňe po odtěžení jejího nadloží.

## ROZBOR INTENZITY PORUŠENÍ HORNINOVÉHO MASIVU

Vzhledem k tomu, že výsledky výškového sledování tunelu [13] ve 2. až 4. etapě vykázaly relativně značné nerovnoměrné sednutí tunelových opěr, bylo nutno věnovat při hledání příčin těchto nerovnoměrností ve svislých defomacích mimořádnou pozornost podložnímu horninovému masivu. Geotechnické charakteristiky

SCHEMA TEKTONICKÉHO PORUŠENÍ MASIVU V TRASE TUNELU



— — — — — TEKTONICKÉ LINIE | P, L- NIVELAČNÍ BODY | KP- KONVERGENČNÍ PROFILY

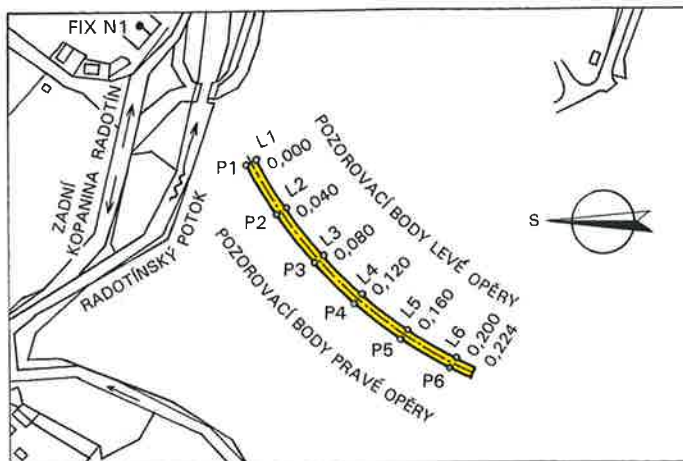
Obr. 3

patrná ve stěně závěrného svahu v severozápadní části lomu.

V místech křížení trasy přesypávaného tunelu se zmíněnými nejvýraznějšími tektonickými liniemi lze očekávat zvětšené hodnoty denivelace tunelové trouby.

**Odvodnění počvy lomu** bylo před založením vnitřní výsypky prováděno otevřenou odvodňovací rýhou délky cca 260 m, svedenou do Radotínského potoka. Tento odvodňovací příkop byl

## NIVELAČNÍ BODY NA TUNELU HVÍŽDÁLKA



Obr. 4

před výstavbou tunelu zasypán a jako trvalá drenáž zůstal napojen do otevřené vodoteče. Trasa odvodňovacího příkopu se v délce cca 50 m křížuje s trasou tunelu (viz obr. 3), což z důvodu nepříznivých deformačních vlastností zásepů rýhy může způsobovat nerovnoměrné denivelace tunelové trouby v podélném i příčném směru.

## OBSERVAČNÍ MĚŘENÍ NA TUNELU

Observační měření na přesypávaném tunelu do lomu Hviždalka mají dokumentovat rozsah deformací tělesa tunelu v průběhu jeho překrytí zásepem v souladu s projektovými parametry (ostění tunelu je dle [4] bezpečně únosné až do výšky zásepů 60 m).

Včasné zahájení měřičských prací v počáteční fázi překrytí umožnilo plnit průběžně následující cíle:

- kvantifikovat deformace podloží, generované postupným při-

těžováním skalního masivu, v němž je tunelová konstrukce založena,

- sledovat tvarové změny ostění tunelu,
  - monitorovat distribuci změn kontaktního napětí na rubu ostění tunelu v návaznosti na růst mocnosti zásepů.
- Pro dosažení těchto cílů byly použity tři metody měření:
- výškové sledování sedání tunelu přesnou nivelací
  - deformační měření na vnitřním líci tunelu pomocí konvergenčního pásma
  - měření napětí pomocí hydraulických tlakových buněk.

## ANALÝZA VÝŠKOVÉHO SLEDOVÁNÍ TUNELU

Výškové sledování opěr přesypávaného tunelu bylo prováděno geodeticky v období 1996/97 pravidelně v zadaném intervalu 4 měsíců (březen–červenec–listopad) v jednotlivých měřičských profilech 1 až 6 u obou tunelových opěr (P-L) – obr. 4.

Z vyhodnocení měřených výškových změn je názorně patrná nerovnoměrná denivelace tunelové trouby v podélném i příčném řezu, jak dokumentují grafy, zachycující:

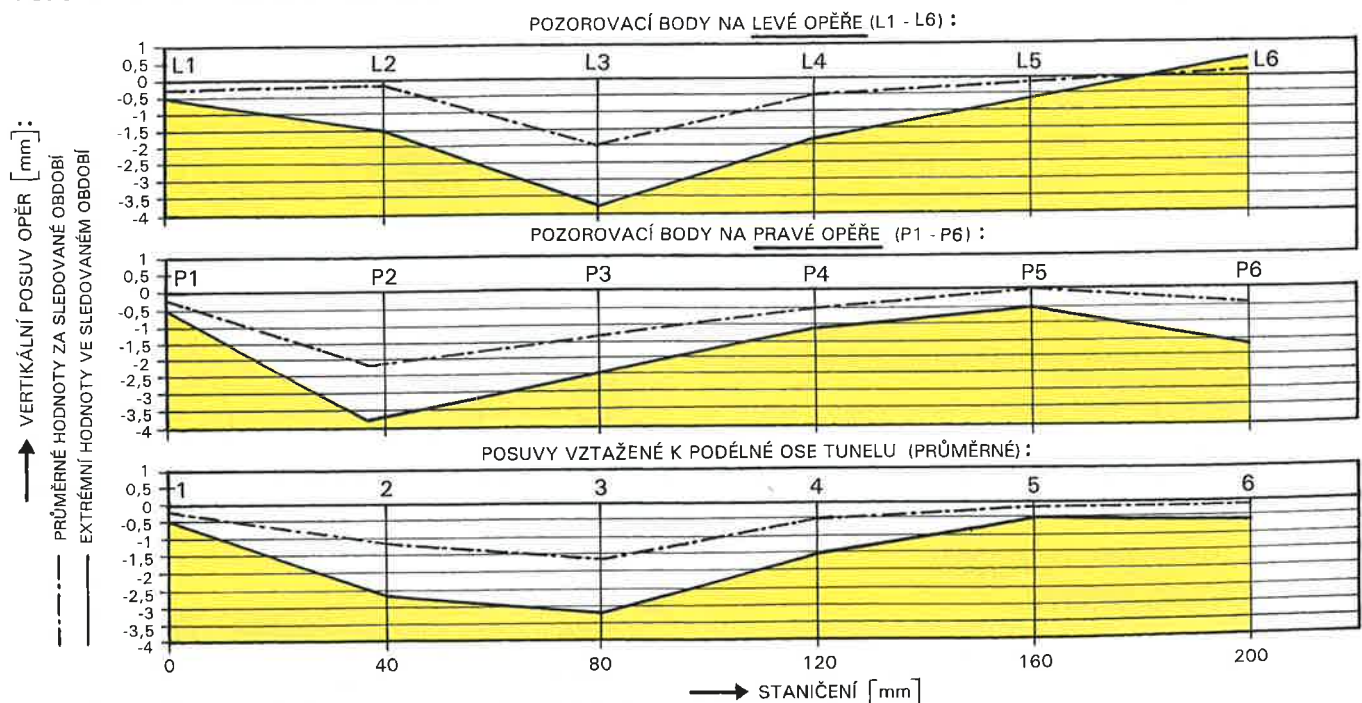
- průměrné a extrémní výškové změny v podélném profilu v jednotlivých etapách měření (obr. 5),
- skutečné výškové změny v příčných profilech v jednotlivých etapách měření (obr. 6).

Nejvýznamnější poklesy se projevují v bodech 2, 3 a 4, tj. v oblasti výrazného tektonického porušení počvy (km 0,055 až km 0,130) a interakce tunelové roury s odvodňovací rýhou (km 0,030 až 0,080).

Nivelační body L2 a P2 se nacházejí v počátečním úseku přechodu tunelové trouby přes zasypanou odvodňovací rýhu lichoběžníkového profilu šířky 5–6 m, hloubky asi 2,5 m. Rýha byla vyplněna hrubozrnným horninovým materiálem z primárního rozvalu clonových odstřelů, kterými jsou odtěžovány nebilanční zásoby, jejichž odtěžení podmiňuje přístup k cementářské surovině. Výplň byla následně zhutňována po dobu cca 1 roku pouze pojezděním těžkých nákladních vozidel, zajišťujících přepravu rubaniny z lomu ke zpracovatelské lince.

Nivelační bod L2 leží asi 2 m mimo vnější obrys rýhy a jeho maximální dokumentovaný pokles za sledované období ( $u_{\max}^{1997} = -1,4$  mm) je zřetelně menší než u bodu P2, který leží uvnitř obrysu rýhy ( $u_{\max}^{1997} = -3,8$  mm). S ohledem na popsané skutečnosti lze považovat vliv vyššího stlačení výplně rýhy na hodnoty sedání opěr za pravděpodobný.

## PODÉLNÝ PROFIL VERTIKÁLNÍCH POSUVŮ OPĚR TUNELU HVÍŽDÁLKA



Obr. 5

**Pozorovací body nivelačního řadu L3 a P3** jsou situovány do podobné pozice vůči výše zmíněné odvodňovací rýze, a to v závěru úseku pravděpodobné interakce.

Zde naopak bod L3 leží nad hranou obrysu odvodňovací rýhy a bod P3 mimo obrys. Tomu opět odpovídají maximální měřené poklesy opěr tunelové trouby ( $u_{\max}^{1997} = -3,8$  mm v bodě L3 a  $u_{\max}^{1997} = -2,5$  mm v bodě P3) s tím, že horninový masiv pod bodem L3 vykazuje podle seismického vzorkování značný stupeň porušení. Opěra pod bodem L3 vykazuje ve sledovaném období stejný vertikální posuv jako opěra P2, a to při podobném zatížení zásypem, takže lze důvodně soudit na obdobné základové poměry z hlediska únosnosti základové půdy.

**Vertikální posuvy opěr tunelové trouby pod nivelačními body L4 a P4** souvisejí ponejvíce velmi pravděpodobně s intenzitou porušení skalního masivu. Nacházejí se při hranici odeznívání projevů nejvýraznějšího porušení počvy lomu, vázaného na dislokaci směru přibližně VSV–ZJZ. Jde o drcené pásmo, které je vyvinuto až do mocnosti kolem 10–15 m. Protože je však tunel již mimo interakci s odvodňovací rýhou, jsou vertikální posuvy méně výrazné ( $u_{\max}^{1997} = -1,8$  mm v bodě L4 a  $u_{\max}^{1997} = -1,1$  mm v bodě P4).

## ZÁVĚR K VÝŠKOVÉMU SLEDOVÁNÍ TUNELU

Absolutní hodnoty sednutí i nerovnoměrné sedání tunelové trouby v příčném a podélném směru ovlivňuje několik okolností:

- v úseku křížení tunelové trouby s odvodňovací rýhou se uplatňuje vliv nižšího modulu deformace nedefinovaně zhuťněného zásypu rýhy
- porušení homogenity masivu endogenními tektonickými strukturami
- rozvolnění tektonických puklin v masivu vlivem odlehčení počvy po odtěžení nadložních hornin
- rozvolnění horninového masivu v počvě lomu trhacími pracemi (clonové, původně i komorové odstřely)
- litologická variabilita masivu, kterýžto vliv lze pokládat za málo významný.

Na základě jednoduché statické rozvahy o zatížení základů tunelového ostění lze stanovit zpětným výpočtem modul deformace podloží v místech největších naměřených deformací. Nepříliš vysoký vypočtený deformační modul velikosti 300–350 MPa odpovídá přetvárným vlastnostem zvětralých vápenců [1]. Takovéto vlastnosti jsou v pásmu zasypané rýhy a výrazného tektonického

porušení počvy (staničení 0,030 až 0,130) velmi pravděpodobné.

Nedojde-li při dalším zvyšování zásypu ke zlepšení deformačních vlastností podložního masivu např. v důsledku sevření puklin, bylo by možno teoreticky očekávat při výšce zásypu 20 m deformace již centimetrové, při dosažení maximálně přípustné výšky zásypu 60 m deformace v řádu prvé desítky cm.

Pravidelná zpětná statická analýza ostění (včetně podrobné prohlídky) je za těchto okolností na základě měřených hodnot velmi potřebná, neboť větší nerovnoměrná sednutí v příčném směru mohou vnášet do ostění tunelu přídatná namáhání, na která nebylo dimenzováno, a která by se projevila poruchami v ostění. V případě nutnosti lze však provést včasné technická opatření (injektáže), která zabrání nadměrných deformacím podloží.

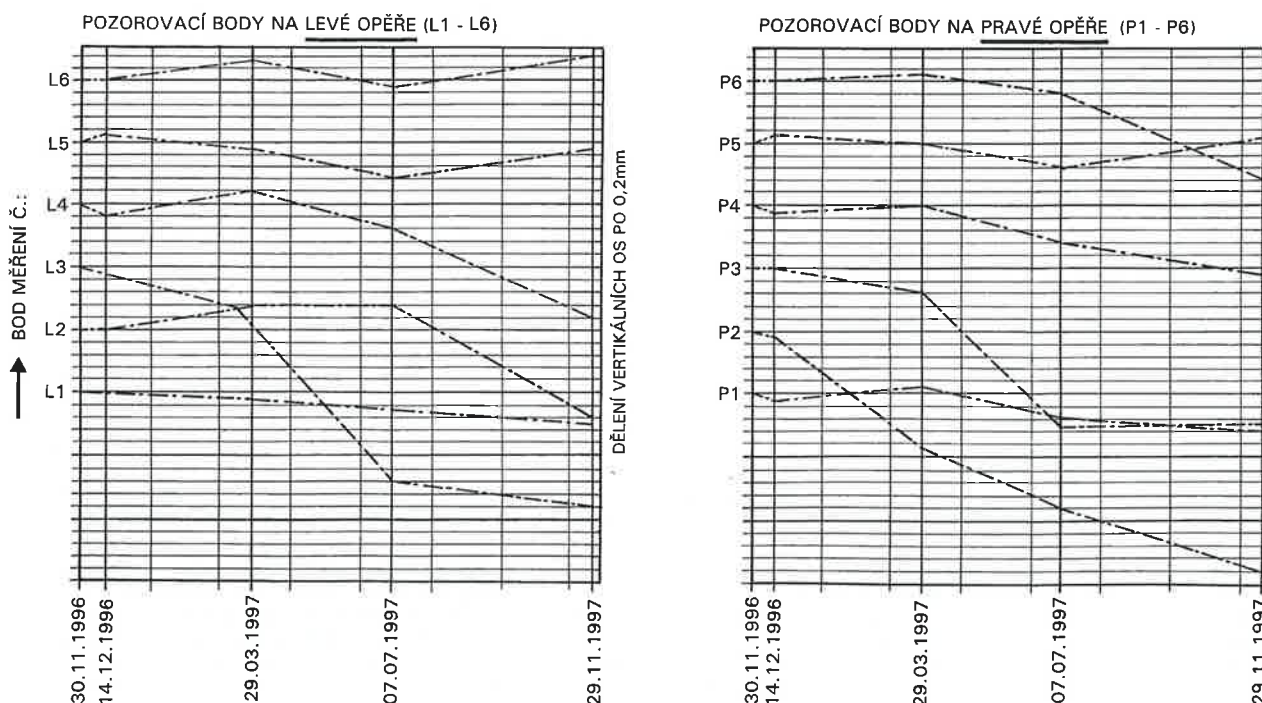
K vyhodnocení konvergenčních a tlakových měření na ostění tunelu, jako i ke zpětné statické analýze ostění se vrátíme v některém z dalších čísel TUNELU.

Observační sledování a statická analýza podzemních konstrukcí probíhá v rámci grantového projektu č. 103/97/0022, podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

## PODKLADY

- [1] Zpráva o výsledcích ložiskového průzkumu RCV Lochkov, lokalita Hvízďalka
- [2] Zpráva o výsledcích seismických měření v lomu Hvízďalka, 1. těžební etáž – dokumentace porušení skalního masivu. Zpracovala firma PRAGEM, 1993.
- [3] Experimentální ověření zatížení dopravního tunelu v lomu v Radotíně. Zpracoval Kloknerův ústav ČVUT, 2/1993.
- [4] Posouzení upraveného návrhu tunelu v radotínském lomu Hvízďalka. Zpracoval Kloknerův ústav ČVUT, 4/93, 5/93.
- [5] Projektová dokumentace „Nová koncepce odvalového hospodářství lomu Hvízďalka, PGC“, Zpracovala SUBTERRA a. s. 5/93, 6/94.
- [6] Přístupový tunel do Lomu Hvízďalka – návrh rozsahu a způsobu provedení observačních měření. Zpracoval prof. Barták, fakulta stavební ČVUT, 8/95.
- [7] Lom Hvízďalka (Radotín) – měření zatížení a deformací přesypávaného dopravního tunelu, dílčí zpráva I a II. Zpracoval prof. Barták et al., fakulta stavební ČVUT, 1997.

## ČASOVÝ PRŮBĚH VERTIKÁLNÍCH POSUVŮ OPĚR TUNELU V PŘÍČNÝCH ŘEZECH



# KOLEKTOR PŘÍKOPY

ING. JAN SOCHŮREK, ING. RADKO RIEGER, INGUTIS SPOL. S R. O.

## THE DRIVING KOLLEKTOR PŘÍKOPY

TUNNEL IN THE HISTORICAL CENTRE OF PRAGUE. THE ARTICLE TALKS ABOUT BASIC PROBLEMS INVOLVED WITH DESIGN AND REALISATION.

### 1. ZDŮVODNĚNÍ KONCEPCE NÁVRHU KOLEKTORU V ULICI NA PŘÍKOPĚ

Ražený kolektor v ulici Na příkopě je řešen jako předstihová stavba v souvislosti s možnou budoucí výstavbou „Autonomní podzemní komunikace“, v této ulici. Pro umožnění výstavby komunikace jako podzemního díla situovaného do 1. podzemní úrovně bezprostředně pod povrchem území je třeba vzhledem k jejímu půdorysnému rozsahu v příčném průřezu ulice zajistit přeložení rozsáhlého souboru četných spotřebních i tranzitních inženýrských sítí mimo její budoucí obestavěný prostor do kolektoru.

Zájmové území viz obr. 1, je centrální městská oblast historického centra s výrazně celoměstskou funkcí, která odpovídá kulturně historickým a společenským hodnotám, jakož i významu a atraktivitě zástavby. Území je nejen zásobováno spotřebními sítěmi, ale zahrnuje i rozvodové a tranzitní sítě kabelové i trubní vyšších řádů. Z nich mají prioritu především velmi četné spojivé kabelovody s kabelovými komorami a tranzitní vodovodní řády. K tomu přistupuje jako nedotknutelná síť kanalizačních stok.

Z tohoto výčtu je zřejmé, že převod všech sítí do kolektoru se v tomto případě podstatně odlišuje od ostatních budovaných kolektorových tras v Praze a v České republice, při nichž zůstávaly četné sítě a řády v ulicích funkční i po výstavbě kolektorů (hlavně pak všechny kabelovody chápané rovněž jako nedotknutelné). Navrhovaný systém kolektorů v ulici Na Příkopě bude tedy při uložení sítí na základě této skutečnosti plnit 2 funkce:

- spotřební kolektor 3. kategorie s vedením a rozvodem médií k jednotlivým objektům přilehlé zástavby
- vedení spojivých kabelů ze systému kabelovodů jejich nahrazením a volným uložením na lávky kolektoru.

Ražený kolektor v ulici Na Příkopě je řešen jako předstihová stavba v souvislosti s výstavbou „Autonomní podzemní komunikace“ v této ulici.

### 2. FUNKČNÍ NÁPLŇ A KOORDINACE S JIŽ VYBUDOVANOU KOLEKTOROVOU SÍŤÍ

V rámci komplexního řešení nutné regenerace technické infrastruktury v této oblasti je v návaznosti na systémové řešení kolektorizace oblasti C I.A navrženo přeložení všech sítí s výjimkou kanalizačních řádů v ulici Na Příkopě (spolu se sítěmi dotčenými větvemi a rampami komunikace) do soustavy raženého kolektoru výškově i konstrukčně navazující na 4 vybudované trasy kolektorů v oblasti C I.A (Panská ul., Ul. Politických vězňů, Jindřišská ul., Opletalova ul.).

Rozsah navrženého kolektoru je situačně vymezen následujícími třemi aspekty:

- a) sdružení sítí bezprostředně situovaných v prostoru podzemní komunikace a přilehlých ramp – ulice Na Příkopě v rozmezí mezi podchodem stanice metra Můstek až podchod stanice metra Náměstí Republiky s odbočením směrem do Hyberské ulice,
- b) funkčnost výše uvedeného systému je doplněna o napojení přilehlých příčných ulic, do nichž zaústí nejen spotřební, ale též i tranzitní sítě (kabelovody, trubní řády, silnoproudé kabely, potrubní pošta) – napojení do ulice Havířské, Nekázanky a na začátek Senovážné ul. s umožněním napojení Hyberské ul. – charakter odborných větví nebo přípravy dalších tras,
- c) logická návaznost na trasy kolektorů již vybudované, umožňující jejich propojení a zokruhování, vyplývá z požadavků jednotlivých správců ve formě 2 doplňujících tras, které mají zároveň spolu s trasami kolektorů 2. kategorie vytvořit předpoklad pro modifikaci současného schématu vedení sítí. Jedná se o napojení na kolektor 3. kategorie Centrum 1A, kolektor pod Královskou cestou, kolektor Tylovo divadlo a na kolektor 2. kategorie – Centrum 1.

Při sdružení funkcí kolektoru pod ulicí Na Příkopě bylo s přihlédnutím ke zmíněnému četnému obsazení sítí třeba navrhnout 2 souběžné kolektory, jež při obsazení distribučními sítěmi bližšími k průčelí napojují objekty poměrně krátkými

přípojkami a při obsazení kabelovými vedeními na stranách do středu současné povrchové komunikace umožní průchod převážně tranzitních kabelů z kabelovodů a jejich napojení na ponechané kabelové komory v ukončení kolektorů, viz obr. 2. Další úseky, jakož i odbočení do přilehlých příčných ulic, jsou pak diferencovány svým profilem podle četnosti obsazení sítěmi, při čemž je uvážena i jejich další funkce únikových výstupů mimo prostor podzemní komunikace.

Koncové uzlové body pro kabelovodová vedení byla přizpůsobena logickému možnému napojení na nedotčené stávající sítě kabelovodů a kabelových komor, viz obr. 3.

Kromě běžných limitujících faktorů pro vedení kolektorových tras bylo třeba v předkládaném návrhu plně respektovat jednak stávající funkční sítě, jednak zohlednit konstrukční systém – polohu svislých nosných prvků – následně navrhované podzemní komunikace, což je patrné z obr. 2.

Pro situační umístění hloubených šachet na trase kolektoru musí být respektovány všechny existující funkční sítě. Stěny šachet jsou převážně navrženy z vrstev pilot, které jsou konstrukčně nezávislé na nosné konstrukci budoucí podzemní komunikace.

V širším vztahu k okolnímu prostředí je sledován vliv ražby kolektoru na kanalizační stoky profilu 60/110 a 70/125 cm situované v jeho bezprostředním nadloží, čemuž budou přizpůsobeny postupy a opatření ražby s doplňujícími zabezpečovacími pracemi při zpevňování nadloží ražby. Konstrukční úpravy mohou být na základě kamerového průzkumu, ověřujícího skutečný stav stok, doplněny i předstihovými stabilizačními opatřeními prováděnými na tělese stoky, resp. přímo v ní.

### 3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY STAVENIŠTĚ

Zastižené geologické prostředí ražbou kolektorů Příkopy náleží ke kvartérním sedimentům nižší akumulace údolní terasy, pod nimiž je v hloubce 14–15 m skalní podloží (jílovitě a písčitojílovitě břidlice vrstev bohdaleckých v části mezi Můstkem a Havířskou ulicí a vrstev záhořanských zhruba od Panské ul. směrem ke konci trasy – mezilehlý úsek je tvořen variabilním pásmem náležejícím k pražskému zlomu).

Terasové fluvialní sedimenty jsou pod proměnlivou vrstvou navážek tvořeny vrstvami zahliněných písků a písků se štěrkem, které při bázi kvartéru přecházejí do štěrku. Podíl soudržných materiálů směrem k bázi radikálně klesá, při bázi jsou nesoudržné materiály se značnou propustností. Dílčí rozdělení jednotlivých horizontů je při značné variabilitě skladyb geologického profilu navíc podstatně dotčeného antropogenními vlivy nereálné.

Vrstva navážek má v trase ulice Na Příkopě své specifikum dané proměnlivou mocností i složením vyplývajícím z antropogenní činnosti při likvidaci historického příkopu mezi oběma městskými částmi. Původní 6 m hluboký vodní příkop byl postupně zasypan a spolu s úpravou definitivní úrovně terénu tak vzniká předpokládaná maximální mocnost navážek až 6–7 m, která směrem ke krajům klesá na 3–4 m. Z historických pramenů bylo dále zjištěno, že i kanalizační stoka z přelomu 19. a 20. století byla budována v otevřeném výkopu a dodatečně zasypana. Navážky jsou z převažující části hlinitokamenité až písčítokamenité, dnes relativně dostatečně ulehle.

Hladina podzemní vody probíhá zhruba 11–12 m pod úrovní terénu ve výškovém rozmezí 185,0–183,50 m n. m. s nižší kótou klesající analogicky morfolologii terénu směrem od Můstku k Náměstí republiky. Vytváří tak cca 3–3,5 m zvoď při bázi kvartérních štěrků v prostředí se značnou průlinovou propustností. Rozkvy hladin daný proměnlivým stavem vody v řece je udáván v rozmezí 0,5 m.

Vydatnost vod nižší akumulace údolní terasy je dle IG průzkumů z r. 1987 udávána v oboru 5–10 l/s. Poslední průzkumy stavu HPV však nasvědčují jejímu poklesu o cca 0,5 m až max. 1,0 m v centrální oblasti způsobené koncentrovanou stavební činností v podzemí (výstavba kolektorů a metra). Vzhledem k důležitosti těchto údajů pro realizaci stavby bude v dalších stupních dokumentace požadován podrobnější rozbor hladiny podzemních vod v zastižené lokalitě.

#### 4. PŘÍČNÉ USPOŘÁDÁNÍ KOLEKTORU V ULIČNÍM PARTERU, PODÉLNÉ VEDENÍ TRASY, ANOMÁLIE VE VEDENÍ TRASY

Základní příčný profil je upraven jako podkovovitý se zaoblenými stěnami a rozpěrným dnem. Výrub je navržen s maximálním šířkovým rozměrem 3,5 m, při podlaze je profil zúžen na 2,7 m. Výška výrubu činí 3,6 m, schéma konstrukčního uspořádání je na obr. 2.

Centrální oblast Prahy (viz přehledná situace kolektoru – obr. 1), neumožňuje díky místu „chaoticky“ ukládaným inženýrským sítím, převážně jde o sdělovací kabely v tvárnicových trasách, volit niveletu v této oblasti nad nedotknutelnou a vždy nutně funkční stokovou kanalizační sítí. Další sítě chápané jako nedotknutelné jsou též velká trubní vedení vodovodních řádů (např. DN 700) a středotlaká vedení plynu (např. DN 500), jejich poloha je též velmi důležitou podmínkou pro trasování kolektoru, jak pro púdorysné vedení, tak pro umístění nivelety kolektoru. Výsledkem těchto okrajových podmínek je generelní vedení hlavních tras kolektoru v niveletě 11–12 m pod terénem. Takto umístěná niveleta se nachází pod kanalizační sítí, základovou spárou většiny objektů a částečně cca 0,5 m a 1,4 m pod hladinou spodní vody (viz charakteristický řez „A“ – Trasa 5 větve Novoměstská a Staroměstská – obr. 2). V ulicích, kde nepřeložitelné inženýrské sítě neumožňují jinou polohu nivelety, je trasa vedena nad kanalizační stokou. Jedná se o trasy Senovážná a část trasy Královská (viz charakteristický řez „B“, – obr. 3).

Šachty, které jsou nedílnou součástí kolektoru nejen pro samotnou realizaci díla, ale i svým vnitřním uspořádáním pro budoucí rozplet inženýrských vedení do jednotlivých tras, respektují v návrhu polohy inženýrských sítí, možnost plynulé dopravy na povrchu i charakter přilehlé povrchové zástavby.

Jak je ze situace patrné, kolektor se rozděluje na jednotlivé ražené trasy:

- Trasa Příkopy -5- větve Novoměstská, Staroměstská,
- Trasa Senovážná -6-,
- Trasa Královská -7-,

kteř se vzájemně propojují s již zrealizovanými kolektory 3. a 2. kategorie v této oblasti, tedy kolektor Centrum 1A (v této době před dokončením), plně funkční kolektor v Celetné ulici a kolektor Tylovo divadlo, kolektor 2. kategorie u šachty J46+ na Senovážném náměstí – Centrum 1.

V každé trase najdeme v jejím vedení několik velmi rizikových míst pro ražbu, např.:

- podzemní suterénní objekty, které zasahují do uličního parteru v trase Staroměstská např. č. p. 988,
- každá kanalizační přípojka, která je zdrojem zvodněných míst nad klenbou profilu,

- poloha hladiny podzemní vody v nejhlubších místech kolektoru Š27, Š44 (cca 1,5 m nad niveletou díla),
- podchod pod výtupem a prostory vestibulu stanice metra Náměstí Republiky do ulice Za Obecním domem,
- napojení vodovodního řadu DN 700 u vestibulu Můstek,
- úprava stávající rozrážky z Š1 větve Novoměstská,
- ražba mělké trasy Královská v části, kde trasa probíhá starou zástavbou,
- průchod oslabenými zónami dle provedeného geofyzikálního průzkumu (realizace geofyzikálního průzkumu byla nutnou podmínkou OBÚ k bezpečnosti provádění ražeb).

Všechny trasy mají jedno společné, a to bezprostřední kontakt s kanalizační stokovou sítí. Realizace tohoto kolektoru včetně spojek tras Novoměstská, Staroměstská pod úroveň kanalizace si vyžádaly stavební úpravy jak v púdorysném i výškovém vedení tras, např. návrh výškového skoku (VŠ29) na trase Senovážné, tak i v samotné konstrukci stoky při přechodech i podchodech kolektoru např. vyztužování profilu stoky ve dně ocelovými plechy proti přetlaku tryskové injektáže, která byla vtána těsně pod konstrukci stoky.

#### 5. ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU, ZAJIŠTĚNÍ NADZEMNÍCH OBJEKTŮ

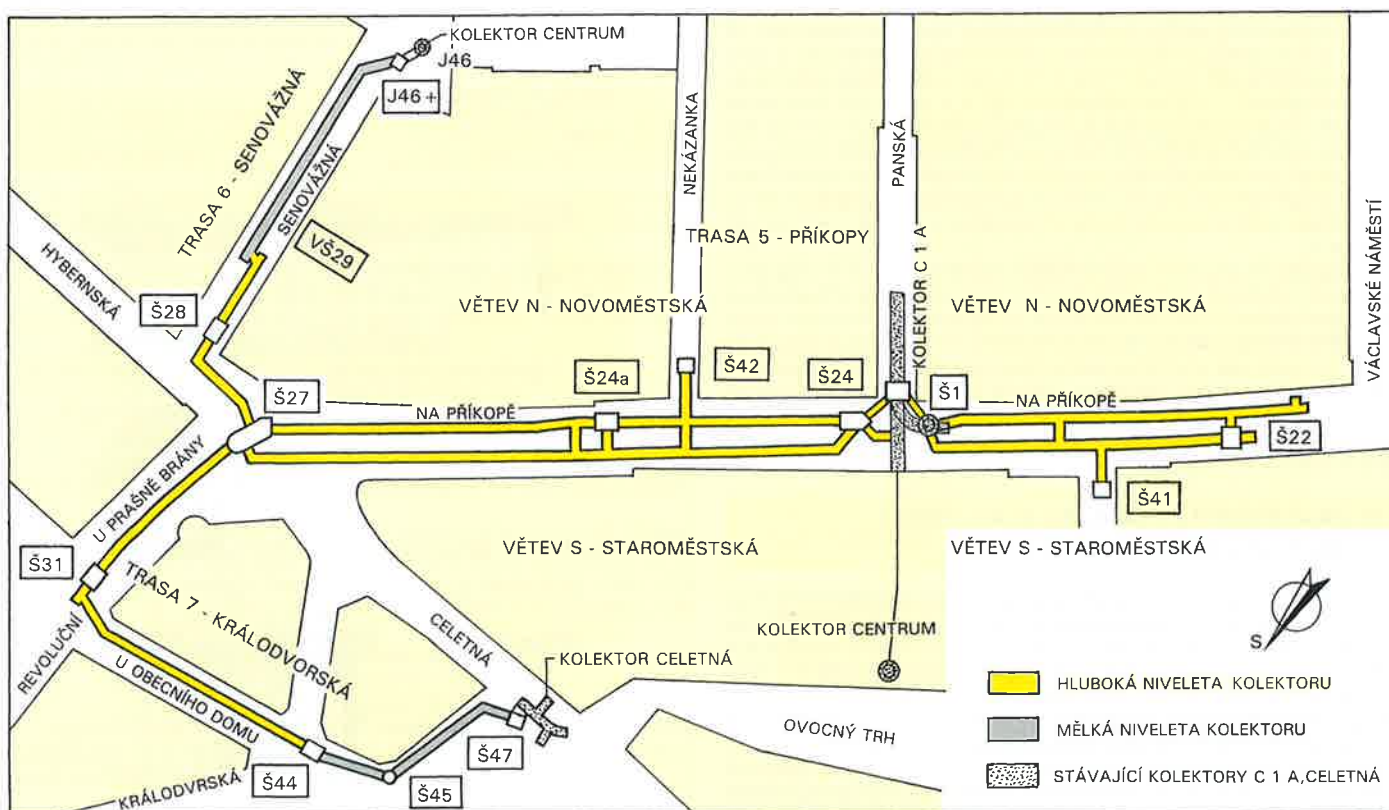
Ražbu v tak důležitém území pěší zóny s geologií terasových sedimentů s niveletou – 12,0–13,0 m a s vlivem hladiny podzemní vody, nelze realizovat bez zajištění přilehlé zástavby v zálomovém pásmu a bez zlepšení prostředí v nadloží tunelů.

Rozsah zajištění zástavby vychází z předstihového statického posouzení všech nadzemních objektů a podle umístění základové spáry v objektech, ovlivněných ražbou kolektoru. Pro zajištění byla zvolena trysková injektáž metoda M1, M2 pro svou spolehlivou aktivaci stávající a podporující konstrukce, která zároveň zpevňuje základovou konstrukci objektu. Trysková injektáž byla převážně realizovaná z předvýkopové rýhy podél uličního průčelí s roztečí do 1 metru a též s přihlednutím ke konstrukci průčelí objektu. V příčném směru byla navržena buď jedna řada nebo 2 řady vrtů s různým odklonem od svislice z jednoho místa vpichu. Požadovaná pevnost (M1) tryskaných sloupů, tedy zpevněného horninového prostředí, byla zajištěna na 1,5–5 MPa.

V případech, kde nebylo možné realizovat přímé zajištění objektu (těsné vedení inženýrských sítí podél objektu) bylo zajištění nahrazeno clonou z tryskové injektáže, která se zesiluje v případě zvýšeného smykového nebo ohybového namáhání vložením ocelových trubek do osy vrtu.

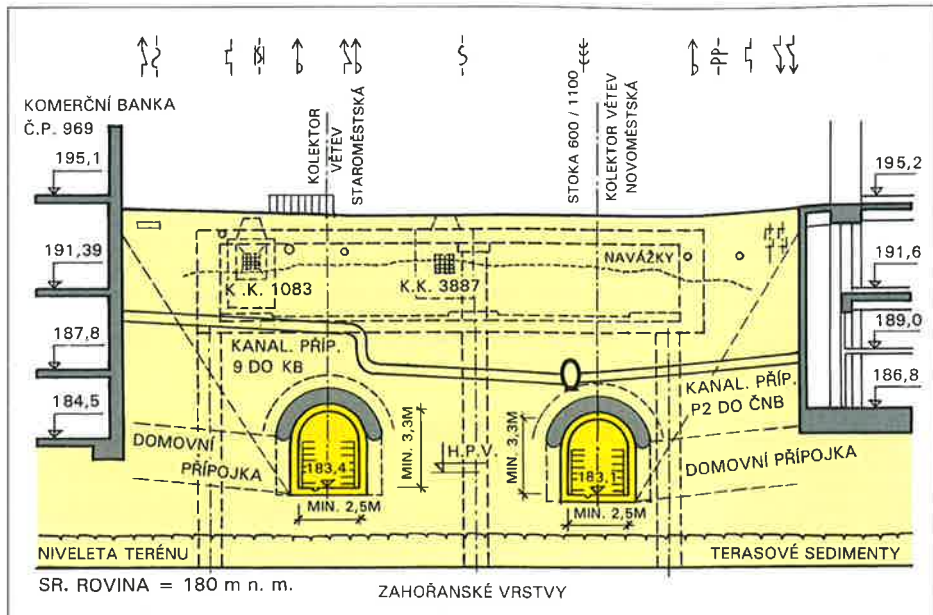
RAŽBY TUNELŮ kolektoru s niveletou –11 až –12 m jsou v těchto nezpev-

#### PŮDORYS KOLEKTORU



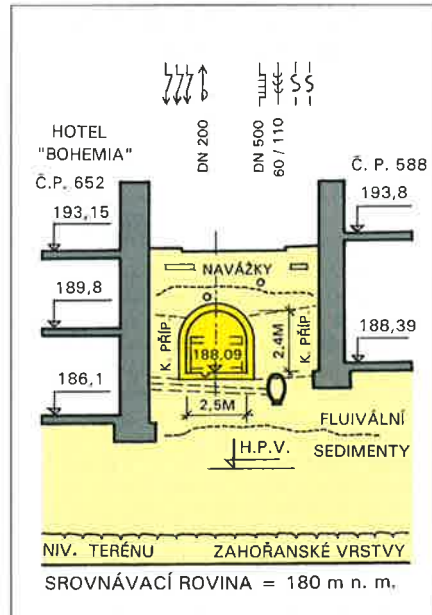
Obr. 1

PĚŠÍ ZÓNA - NA PŘÍKOPĚ



Obr. 2

UL. KRÁLODVORSKÁ



Obr. 3

něných sedimentech zajišťovány vějířem sloupů tryskové injektáže M1 nad kalotou výrubu viz schematický obrázek 4. Tam, kde stávající podmínky umožnily, byla trysková injektáž prováděna z povrchu terénu (rozrážka ze šachty Š27 na trase Staroměstská), ale na většině úseků bylo prováděno vrtání a tryskání ochranných klenb z podzemí. Trysková injektáž zlepšuje mechanické vlastnosti zemin a spočívá v rozrušení původní struktury zeminy s vysokým tlakem injekční směsi a promíšením částic zeminy se směsí. Pro rozbití struktury se používá vysoký tlak 40–50 MPa, který je vyvozen vysokotlakými čerpadly. Promíšením zeminy se stabilizovanou cementovou směsí se dosahuje zpevnění v rozmezí 5–12 MPa v závislosti od zrnitosti a zahlnění písku.

Pro práce z tunelu je nasazena převážně speciální vrtná souprava CASA-GRANDE M5 SD, její lafeta je uložena na hydraulické kloubové podpěře, která umožňuje hloubit vrt v půlkruhovém obrysu kaloty pod nastaveným sklonem z jednoho postavení stroje. Strojní vývoj a. s. Zakládání staveb postavil malou vrtnou soupravu VST-1 pro práce ve štolách, jejíž lafeta je uložena dvoubodově na kyvných hydraulických válcích a umožňuje realizaci vrtů podél obrysu štol. Při systému práce z tunelu je trasa kolektoru rozdělena na jednotlivé kroky, z nichž každý je zajištěn jedním vějířem. Podle profilu tunelu je jeho kalota zajištěna vějířem sestávajícím z 17–23 vrtů o délce 9,5 m–10,0 m a sklonu 3–9° dovrchné od vodorovné. Tím je umožněna ražba na délku 8,0 m. Přesah 1,0 m–1,5 m do dalšího kroku zabezpečuje čelbu pro další práce. Ražba probíhá pod ochranou injektáže, podél spodní plochy klenby vytvořené vějířem vytryskaných sloupů. Takto zvolený způsob vyžaduje úpravu rozměrů TH výztuže v každém postupu (0,65 m), ale umožňuje rychlý a bezpečný postup při vyloučení náročnějších způsobů pažení (obr. 4).

V klasickém modulu běžné trasy se světlymi rozměry 2,5 m/3,3 m rozlišujeme sedm druhů výztužných rámců z důlních profilů zvonkové výztuže. Pro představu je na celém kolektoru Příkopy použito 28 typů výztužných rámců. Provizorní ostění je doplněno stříkaným betonem se zataženou sítí za TH rám v místě tryskové injektáže, na bocích pak předrážené pažiny, které jsou zpevněny stříkaným betonem. Definitivní ostění tvoří též stříkaný beton tl. 200 mm vyztužený sítími při obou površích.

Trasy kolektorů s mělkou niveletou jsou raženy klasicky v malém nadloží cca 2,0 m a zajištěny TH rámy s předráženými pažinami a postupem do 0,7 m.

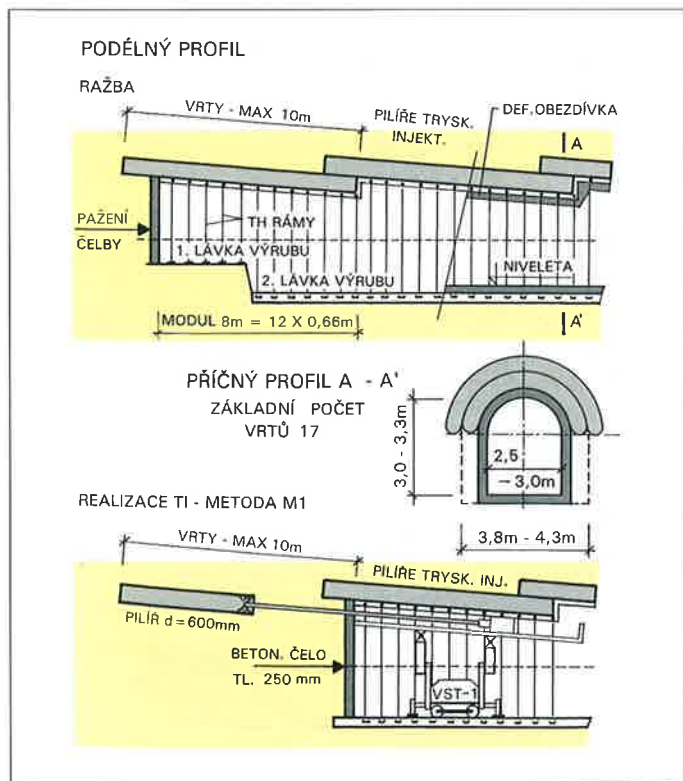
## 6. ZKUŠENOSTI Z POČÁTKU STAV. PRACÍ NA KOLEKTORU PŘÍKOPY

První kroky ražby, tedy první zkušenosti byly získány po změně technologie štítování v rámci výstavby kolektorové sítě CIA. Změnou na klasickou ražbu se zajištěním nadloží tryskovou injektáží bylo vyraženo cca 650 m, včetně velko-profilového úseku štoly pro demontáž štítu Westfalia-Becorit (cca 35 m<sup>2</sup>). Hodnocením výsledků povrchových měření se potvrdilo, že realizaci vějířů z tryskové injektáže se výrazně snížily svislé deformace na maximální hodnotu 15 mm na povrchu. Výrazně se zlepšila bezpečnost práce v tunelu pod takto zajištěným výrubem s garantovaným přesahem jednotlivých modulů a kontrolovanou celistvostí vějíře. Přínosem pro stanovení technologie ražby bylo zavedení geofyzikálního průzkumu jako nutné podmínky před započítím ražeb. Geofyzikálním průzkumem lze přibližně určit místa s malou soudržností či volné nebo zvodnělé prostory v nadloží kolektoru.

V současné době jsou v realizaci všechny rozrážky ze šachty Š27. Před rozrážkami z této šachty Š27, která s nachází cca 1,2–1,5 m pod hladinou podzemní vody, byla obava, zda přítoky vody neovlivní stabilitu díla či neznemožní další pokračování ražeb. Předpoklad přítoků vody do díla byl 5–10 l/s. Realita ukázala, že za stálého čerpání ze šachty, lze bez větších opatření pokračovat v ražbě.

## 7. ZÁVĚR

Díky profesionalitě realizačních firem – generálního dodavatele Subtery a. s., divize 01 a jeho spolupracujících firem (Metrostavu a. s., divize 5 a Zakládání group a. s.), profesionalitě přípravného, investorského a projekčního týmu s bohatými zkušenostmi z podobných staveb v centru Prahy, se určitě výše popsané náročné podmínky podzemí podaří překonat a stavbu Kolektoru Příkopy zdárně dokončit tak, aby mohla pokračovat již dříve započatá příprava a posléze i realizace podzemní komunikace APOK.



Obr. 4

# PŘÍSPĚVEK KE STATICE SEKUNDÉRNÍHO OSTĚNÍ PŘI NRTM

ING. ALEŠ ZAPLETAL, DrSc., METROSTAV A. S.

## CONTRIBUTION TO STATICS OF THE SECONDARY LINING IN NATM

THE ARTICLE INFORMS OF AUTHOR'S OWN COMPUTATION METHOD OF THE SECONDARY LINING USING IN NATM. THE AIM OF THIS METHOD IS THE MOST REALISTIC DETERMINATION OF STATE OF STRESS INTO THE LINING AND IN CONSEQUENCE ITS PRECISER DIMENSIONING.

### 1. ÚVOD

Zatímco výpočtu primárního ostění NRTM je věnována zasloužená pozornost, nalézající své vyjádření v použité výpočetní metodě (v našem případě to bude MKP), bývá sekundární ostění často výpočetně odbyto a dimenzováno na ne zcela zdůvodněné zatěžovací stavy, prostředky ne zcela adekvátními těm, které jsou použity při výpočtu priméru.

Mnohdy a mnohde je pravděpodobné, že když ne jediným, tak jedním z důvodů toho je skutečnost, že není zřejmé, jak ve výpočtu MKP „za hranicemi priméru, pokračovat. Sekundér se ujímá své role a začíná významně vzdorovat horninovým tlakům až poté – nebo především poté – co se primér, nechráněný před prostředím, v němž mu jest působiti, rozpadá a ztrácí své původní schopnosti k přenosu horninových tlaků.

Jak rozpad priméru namodelovat a tím umožnit prodloužení výpočtu MKP za hranice priméru, až do oblasti sekundéru, není samozřejmé.

Proto si autor článku dovoluje informovat odbornou veřejnost o podstatě jím navrženého a používaného postupu při výpočtu sekundárního ostění pomocí MKP. Pokud se techniky postupu týče, nebude řečeno všechno. Některé věci budou spíše naznačeny, neboť je na místě, respektovat „tajemství šéfkuchaře“, kterému se dnes říká know how. Není však pochyb o tom, že programově vhodné vybavený odborník nevyřešené podrobnosti nabízeného odhalí.

### 2. ROZPAD PRIMÉRU A JEHO STATICKÉ DŮSLEDKY

Strukturální změny a s nimi spojené změny staticky významných vlastností priméru, ke kterým při jeho rozpadu dochází, budeme postulovat takto:

- 2.1. Strukturální změny nejsou lokalizovány (např. do míst extrémních namáhání). Ostění postihují globálně.
- 2.2. Změny se projevují jednak rozpraskáním ostění, jednak snížením kvality intaktního betonu mezi trhlinami.
- 2.3. Staticky významné projevy těchto změn jsou následující:
  - 2.3.1. Ostění není nadále schopno přenášet tahy
  - 2.3.2. Původní pevnost betonu v tlaku  $R_b$  se mění na reziduální hodnotu  $R_{b,res}$ .
  - 2.3.3. Ostění není schopno přenášet posouvající síly.
  - 2.3.4. Původní modul pružnosti  $E_b$  poklesává na reziduální hodnotu  $E_{b,res}$ . Změnu modulu pružnosti budeme nadále ignorovat. Činíme tak ve snaze navrhnout sekundární ostění bezpečně. To za situace, kdy o číselné velikosti  $E_{b,res}$  nic nevíme, zato však víme, že snížení modulu pružnosti priméru tlumí přenos horninových tlaků na sekundér.
  - 2.3.5. Není možný přenos smykových napětí na:
    - hranici mezi horou a rozpadlým primérem,
    - izolační vrstvě mezi primérem a sekundérem.

Statické důsledky rozpadu priméru seznáme poté, co uvedeme do souladu ty z postulátů 2.3, kterých se to týká a rovnice rovnováhy klenby, které jsou (obr. 1):

$$\text{vodorovně: } \frac{dN}{d\alpha} + T \cdot p \cdot R = 0, \quad p = p_1 + p_2 \quad (1)$$

$$\text{svise: } N - \frac{dT}{d\alpha} - q \cdot R = 0, \quad q = q_1 - q_2 \quad (2)$$

$$\text{momentově: } -\frac{dM}{d\alpha} + T \cdot R + \frac{1}{2} p \cdot h \cdot R = 0 \quad (3)$$

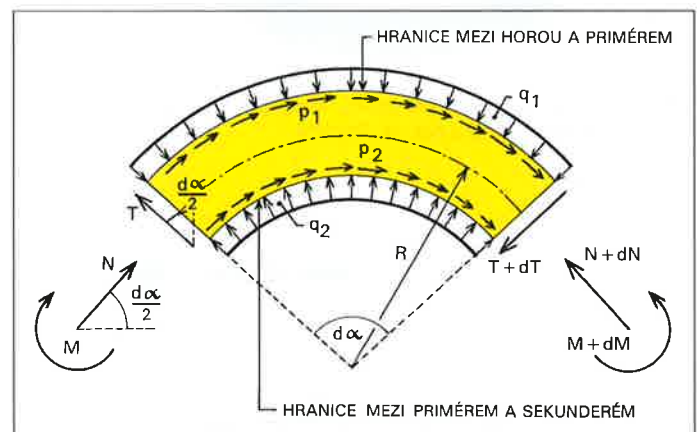
Podle 2.3.5 musí být  $p_1 = p_2 = 0$ , podle 2.3.3 je  $T = dT = 0$ .  
Za těchto okolností přecházejí rovnice (1)–(3) ve tvary

$$\frac{dN}{d\alpha} = 0 \quad (4)$$

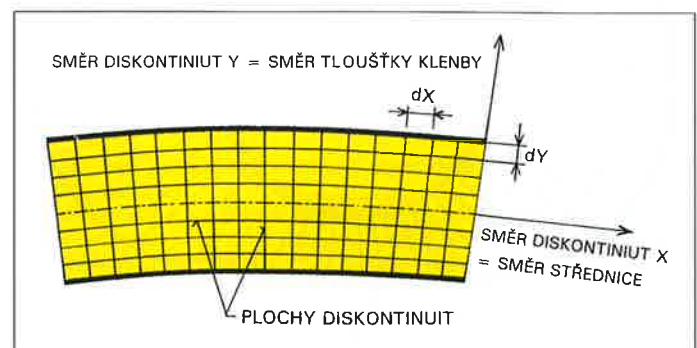
$$N = (q_1 - q_2) \cdot R \quad (5)$$

$$\frac{dM}{d\alpha} = 0 \quad (6)$$

To znamená, že i rozpadlé primární ostění je schopno – byť omezeně – působit jako klenba, s triviálním stavem kombinace vnitřních sil, vyznačujícím se přítomností konstantní nenulové normálové síly.



Obr. 1 Rovnice rovnováhy



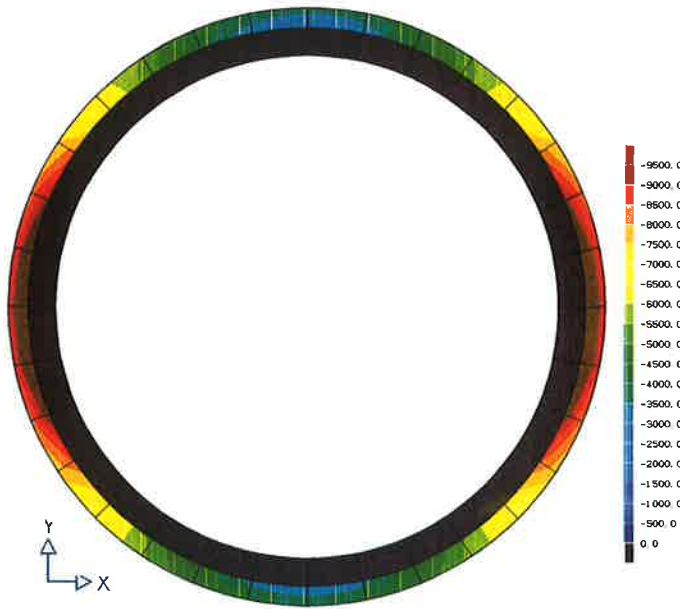
Obr. 2 Ortogonální diskontinuum

Pro kruhové ostění ( $R = \text{const}$ ), kterému je věnován odst. 4, z rovnice (5) plyne, že výsledné zatížení rozpadlého priméru jest rovnoměrné zatížení centrickým tlakem. To ovšem neznamená, že rovnoměrným centrickým tlakem působí na primér z jedné strany hornina (zatížení  $q_1$ ) a z druhé sekundér (zatížení  $q_2$ ). Průběh zatížení  $q_1$  popř.  $q_2$  může být zcela odlišný od rovnoměrného. Avšak rozdíl  $q_1 - q_2$  musí být konstantní, rovný

$$q = q_1 - q_2 = \frac{N}{R} \quad (7)$$

### 3. SIMULACE ROZPADLÉHO PRIMÉRU V MKP

V roce 1977 byl autorem zaveden pojem „ortogonálního diskontinua“. Toto prostředí bylo použito při výpočtu křížení linek A a B ve stanici Můstek pražského metra (viz [1], [2]).



Obr. 3 Normálová napětí v primérním i sekundérním ostění. Stav před rozpadem priméru (viz „4. Příklad“).

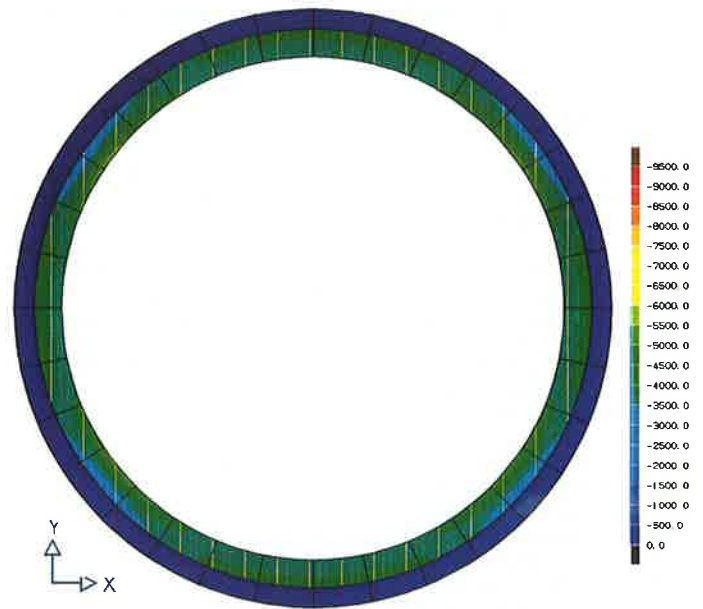
V roce 1997 aplikoval autor totéž prostředí při zkoumání stability diskontinuálních svislých horninových stěn (viz [3]).

Ortogonalním diskontinuem je míněna hmota, složená z pravoúhlých kostiček (obr. 2). Strany kostiček jsou orientovány ve směru diskontinuit  $X, Y$ , které jsou průběžné. Kostičkám jsou přiřazeny Hookovy vztahy izotropního kontinua a asociovaný zákon tečení. Na plochách diskontinuit klademe úhel vnitřního tření roven nule. Totéž platí pro tahovou pevnost.

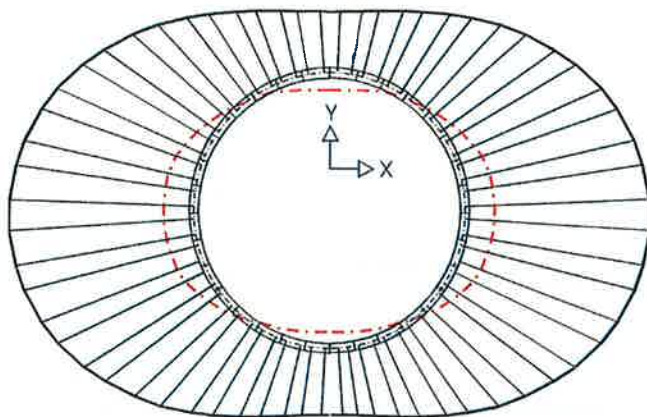
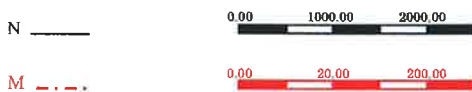
**Rozpadlý primér simulujeme ortogonálním diskontinuem, jehož diskontinuity jsou orientovány ve směru střednice a tloušťky klenby ostění, takže je vyhověno postulátům z odst. 2, aniž by přitom na hmotu priméru byly naloženy některé další nadbytečné požadavky.**

### 4. PŘÍKLAD

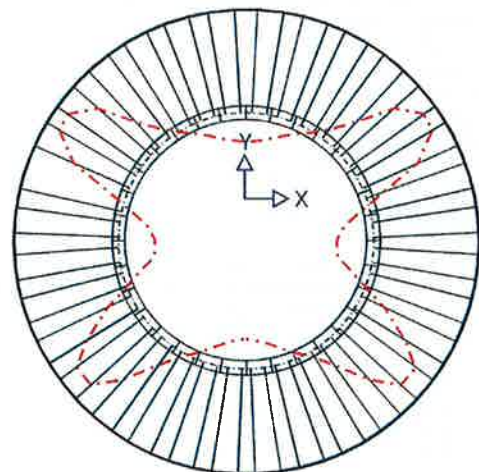
Předvedeme výsledky výpočtu ostění tunelu kruhového průřezu, raženého nečleněným porubem pomocí NRTM. Osa tunelu leží v hloubce



Obr. 5 Normálová napětí v primérním i sekundérním ostění. Stav po rozpadu priméru, bez přítomnosti vody (viz „4. Příklad“).



Obr. 4 Normálové síly  $N$  a momenty  $M$  v primérním ostění. Stav před rozpadem priméru (viz „4. Příklad“).



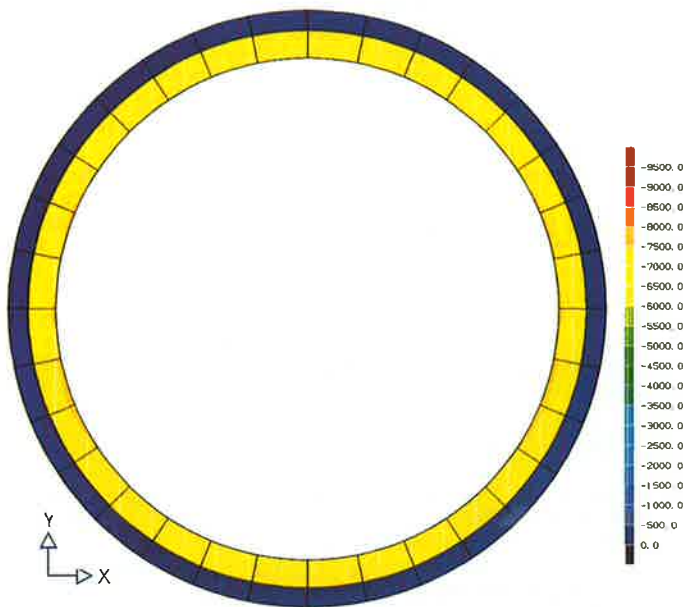
Obr. 6 Normálové síly  $N$  a momenty  $M$  v sekundérním ostění. Stav po rozpadu priméru, bez přítomnosti vody (viz „4. Příklad“).



72 m pod terémem, hladina podzemní vody v hloubce 5 m. Tunel prochází nezvětralými tektonicky porušenými břidlicemi, které nevykazují reologické vlastnosti. Výpočet je proveden MKP, rozpadlý príměr je modelován ortogonálním diskontinuem, ke smršťování a dotvarování betonu není přihlíženo.

Stavy napjatosti budeme komentovat prostřednictvím normálové síly, moment nebude důležitý. To proto, že kombinace mezního momentu  $M_u$  a mezní normálové síly  $N_u$  v kritickém průřezu ostění leží vždy na useknuté větvi interakčního diagramu průřezu, kde neexistuje funkční závislost mezi momentem a normálovou silou, coby argumentem.

4.1. Nejprve (obr. 3), v dobách po výstavbě tunelu, není sekundér zatížen. Tlaky horniny jsou přenášeny primérem, ve kterém vyvolávají (obr. 4) normálové síly, dosahující až 2000 kN, momenty a posouvající síly. Barevná rozmanitost, na obr. 3 patrná, nasvědčuje tomu, že v primérem ostění „je živo“.



Obr. 7 Normálová napětí v primérem i sekundérem ostění. Stav po rozpadu priméru. Působí tlak sloupce vody o výšce 60 m (viz „4. Příklad“).

4.2. V pozdějších dobách se primér začíná porušovat a rozpadat. Řečeno jazykem našeho výpočetního modelu MKP, kontinuum s vlastnostmi stříkaného betonu se mění na ortogonální diskontinuum s vlastnostmi reziduálními. Primér přestává plnit svoji původní nosnou funkci. Stává se médiem, zprostředkujícím především přenos horninových tlaků na sekundér. Podružně přitom přenáší nepatrnou konstantní normálovou sílu  $N = 85$  kN, moment i posouvající síla jsou nulové.

Funkci priméru přebírá sekundér. Jeho napjatost je však jiná, nežli původní napjatost priméru, jak na první pohled dosvědčuje obr. 5. Jednobarevnost sekundéru zde svědčí o monotónním stavu jeho napjatosti, s intenzitou normálové síly  $N = 1100$  kN (srovnej s 2000 kN priméru). Průběh vnitřních sil sekundéru (obr. 6) vytváří – v porovnání s intaktním primérem – příznivější dimenzační prostředí. Proto by sekundér – pokud na tloušťku ostění neklademe jiné nežli statické požadavky – mohl být subtilnější nežli primér a to i v případě, že by třída betonu sekundéru byla stejná, jako třída mladého betonu priméru (ve skutečnosti je větší).

4.3. Je nutno vzít do úvahy, že do prostoru zaplněného rozpadlým primérem pronikne po puklinách voda. Sloupec vody, vyvolávající hydrostatické tlaky, je dán hladinou podzemní vody.

Vodní tlaky působí nejen na ostění sekundéru, nýbrž i do hory, kterou se snaží od ostění odtláčit. Sama hora má ale opačnou tendenci (samostatně probranou ve 4.2), opřít se přes primér – coby zprostředkující médium – do sekundéru. A aby situace byla ještě složitější, sekundér je vodou nadnášen.

Jak střet těchto, částečně i protichůdných tendencí dopadne, je těžší odhadnutelné. Dá se to však vypočítat. Výsledky takového výpočtu, pro náš případ, jsou zachyceny na obr. 7. Vnitřní síly priméru jsou nulové (což neznamená, že primér není zatížen; znamená to, že  $q_1 = q_2$ ). Mo-

notónní napjatost sekundéru je charakterizována normálovou silou  $N = 1950$  kN (obr. 8).

Ani v tomto případě by, z čistě statických důvodů, tloušťka sekundéru nemusela být větší, nežli u priméru.

## 5. DEFORMACE

Zdánlivě lze z našich dosavadních tvrzení odvodit tento, vše co doposud řečeno zpochybňující, rozpor:

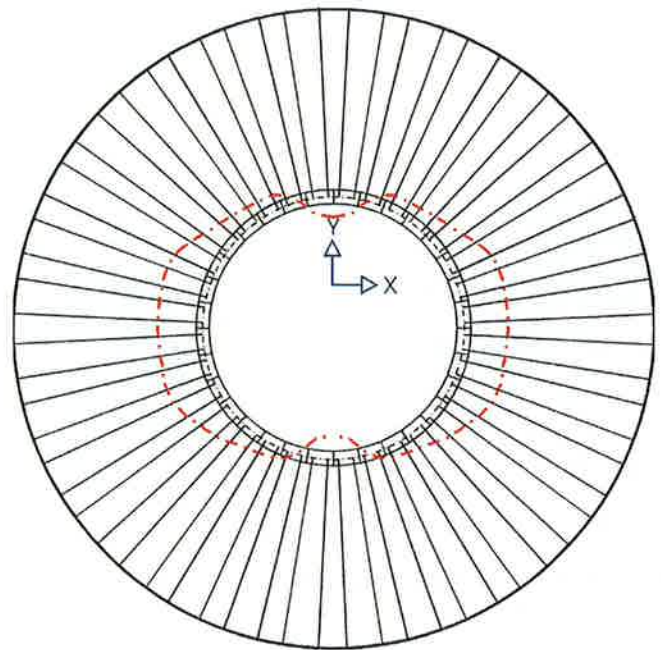
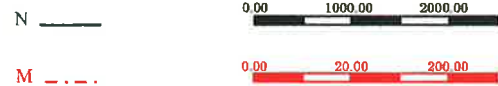
5.1. Necht' jsou  $q_1, q_2$  (obr. 1) podél celé hranice na které působí (buď mezi horou a primérem nebo primérem a sekundérem) tlaky.

5.2. Pro kruhové uspořádání priméru a sekundéru necht' platí:

$$q_1 \neq \text{const} \quad (8)$$

$$q_2 \neq \text{const} \quad (9)$$

$$q_1 - q_2 = \text{const} \quad (10)$$



Obr. 8 Normálové síly  $N$  a momenty  $M$  v sekundérem ostění. Stav po rozpadu priméru. Působí tlak sloupce vody o výšce 67 m (viz „4. Příklad“).

5.3 Deformace priméru a sekundéru na společné hranici musí být shodné.

5.4 Primér se pod zatížením  $q = q_1 - q_2 = \text{const}$  deformuje středově symetricky. Jeho poloměr po deformaci je

$$R^* = R \left( 1 - \frac{q^* R}{EF} \right) \quad (11)$$

zatímco obvod zdeformované ostřednice  $O$  je

$$O = 2\pi R \left( 1 - \frac{q^* R}{EF} \right) \quad (12)$$

**Sekundér** se pod zatížením  $q_2 \neq \text{const}$  deformuje jinak, než středově symetricky.

**Tvrzení 5.3 a 5.4 jsou v rozporu.** V rozporu jsou proto, že konstatování 5.4 je pravdivé jen z poloviny. A to té, která se týká sekundéru.

Pokud se priméru týče, výrok pravdivý není. Učinili jsme jej intuitivně a neprávem rozšířili tvrzení, bezesbytku platné pro izotropní kontinuum, na hmotu ortogonálně diskontinuitní.

Na této hmotě – na rozdíl od hookovského kontinua – dochází ke skosení rovin průřezů prutu či klenby, aniž by to bylo doprovázeno vznikem posouvající síly.

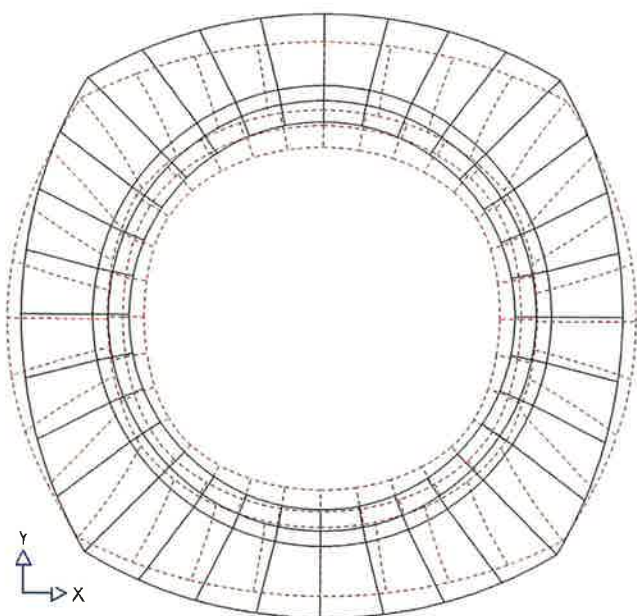
To má za následek, že stavu napjatosti od  $q = \text{const}$  korespondují různé deformační stavy priméru, s různými tvary zdeformovaných střednic, které jsou navzájem vázány podmínkou, že obvod zdeformované střednice je stejný, rovný (srovnej s rovnicí (12))

$$2\pi R \left(1 - \frac{q \cdot R}{EF}\right)$$

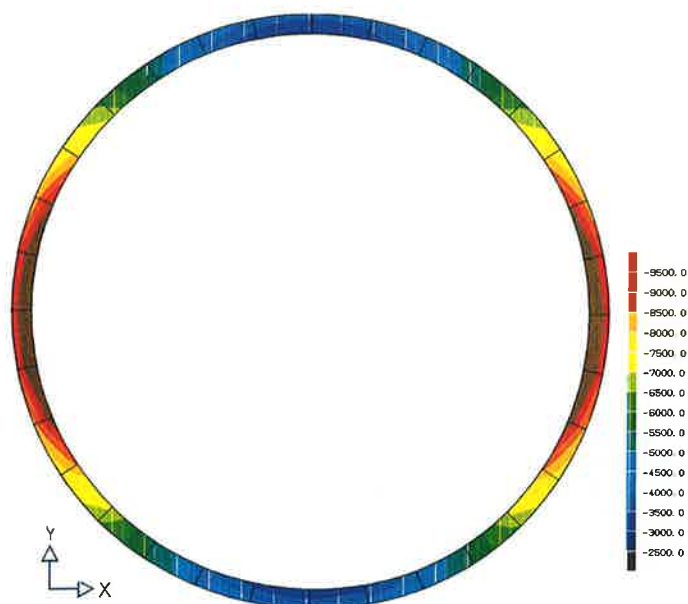
Z těchto možných deformačních stavů si rozpadlý primér vybere ten, který je i deformačním stavem sekundéru při jeho zatížení  $q_2$ .

Je tedy, pokud se deformační tyče, všechno v pořádku. K žádnému rozporu ve skutečnosti nedochází. Musíme si pouze zvyknout na to, že jednomu stavu napjatosti rozpadlého priméru (jehož střednice nemusí být nutně kruhová) je přiřazeno více možných stavů deformace. Z nich se realizuje ten, který vyhovuje i sekundéru.

Obr. 9 znázorňuje deformace priméru a sekundéru tak, jak byly vypočteny pro případ 4.2 našeho příkladu (= nese sekundér, bez přítomnosti vody). Popsaná neobvyklost v deformaci centricky zatíženého rozpadlého priméru je zde dobře patrná.



Obr. 9 Deformace primárního a sekundárního ostění po rozpadu priméru (viz „5. Deformace“).



Obr. 10 Přibližný výpočet: napjatost priméru před jeho rozpadem.

## 6. ZJEDNODUŠENÍ

Výpočet sekundéru, založený na simulaci rozpadlého priméru diskontinuem, předpokládá značnou speciální inteligenci programu. Ta však nemusí být vlastní tomu programu, který máme k dispozici.

Bylo by proto sympatické, kdybychom problém dokázali zjednodušit, simulaci priméru diskontinuem obešli a vytvořili tak prostor pro výpočet i programy méně geotechnicky inteligentními, zato však rozšířenějšími. Taková možnost se naskytá:

Předpokládejme, neboť je to bezpečné, že normálová síla, působící v rozpadlém priméru, je zanedbatelná. Potom, podle (5), je  $q_1 = q_2$ . Řečeno slovy, tlak, který primér přenáší na sekundér, je roven přímo tlaku hory na primér. Primér jako by byl nadbytečným prvkem výpočetního modelu, jehož existenci lze bez významnějších následků ignorovat (především proto, že tyto následky budou podle veškerých očekávání působit na straně bezpečnosti), který je možno z výpočetního modelu vypustit a horninový tlak, doléhajícími ve skutečnosti na primér, zatížit přímo sekundéru.

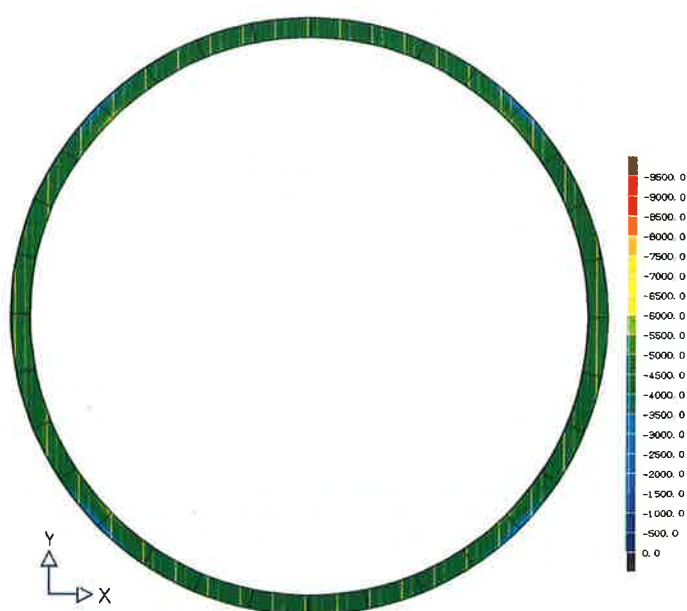
(Abychom ve čtenáři, neznalém techniky tunelářského výpočtu, nevypolali nesprávnou a matoucí představu, jsme povinni učinit následující poznámku: Mluvíme-li v předchozím odstavci o tlaku hory na primér, máme na mysli tlak hory na primér rozpadlý. Ten je jiný nežli tlak hory na nerozpadlý primér. Tlak na nerozpadlý primér je – při ražbě plným profilem – iniciován geostatickou napjatostí, zatímco tlak na primér rozpadlý iniciují tlaky na primér nerozpadlý.)

Je však nutno uvážit, je-li možno pominout geometrické důsledky takového kroku. Vypustíme-li totiž primér z výpočetního modelu, musíme něčím zaplnit prostor, který by zaujímal. Aby výpočet probíhal na straně bezpečnosti, musí být prostor zaplněn sekundérem, ne horninou. A to vyžaduje úpravy v geometrii sekundéru (např. zvětšení poloměru, je-li sekundér kruhový).

Výsledky jednoho takového zjednodušeného výpočtu, který není ve vztahu k výpočtu z odst. „4. Příklad“, jsou k prohlédnutí na obr. 10 a 11. Sekundér má stejnou tloušťku jako primér, poloměr sekundéru bylo nutno zvětšit na poloměr priméru.

## LITERATURA

- [1] Romancov, G., Zapletal, A.: Únosnost ostění na účinky podtunelování. Sborník konf. Navrhovanie podzemných stavieb a statika podzemných konštrukcí, Štrbské Pleso 1977.
- [2] Zapletal, A.: Výpočet konstrukce podzemní liniové stavby na účinky následně prováděného podtunelování. IS, 9/79.
- [3] Zapletal, A.: K otázce stability diskontinuálních svislých horninových stěn. Stavební obzor 1/97.



Obr. 11 Přibližný výpočet: napjatost sekundéru po rozpadu priméru.

# FOTOREPORTÁŽ ZE TŘÍ DOKONČENÝCH TUNELŮ

## PHOTOREPORT ON THREE COMPLETED TUNNELS

### ANEŽ TUNELÁŘSKÉ DOŽÍNKY L. P. 1997

V rozmezí pouhých tří týdnů na sklonku loňského podzimu byly otevřeny tři významné podzemní stavby – silniční tunel Hřebeč na pomezí Čech a Moravy, dálniční tunel Pražská radiála v Brně a městský tunel v Praze, zvaný Strahovský.

Na tunelářské části těchto tří tunelů se podílely i tři firmy: METROSTAV a. s. (Strahovský tunel a tunel Hřebeč), SUBTERRA a. s. (Pražská radiála Brno) a VOJENSKÉ STAVBY a. s. (Strahovský tunel). Všem pra-

covníkům těchto firem – manažerům, technikům i dělníkům je třeba upřímně poděkovat za díla, která byla projektována a vytvořena se zá-  
měrem zlepšit podmínky každodenního života v naší zemi.

První zkušenosti předčily všechna očekávání – díla dokonale slouží a jsou veřejností přijímána od samého počátku se sympatickou samozřejmostí. Skoro se chce říci – „jen houšť a větší kapky“. Ty tři první si připomeneme krátkou fotografickou reportáží.

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

Autoři fotografií: Josef Husák, David Švábenický

## TUNEL HŘEBEČ



Slavnostní otevření tunelu 14. 11. 1997



Vnitřní úprava ostění, osvětlení, podélné větrání



Východní portál (Moravská Třebová)  
Místo někdejšího skalního zřícení po dokončení



Pohled k východnímu portálu (Moravská Třebová)

## STRAHOVSKÝ TUNEL



Slavnostní otevření tunelu dne 2. 12. 1997  
V pozadí „legendární“ Dajbýchův dům



Smíchovský portál s nájezdovým mostem



Pohled na tunelové trouby od břevnovského portálu



Pravá tunelová trouba – interiér

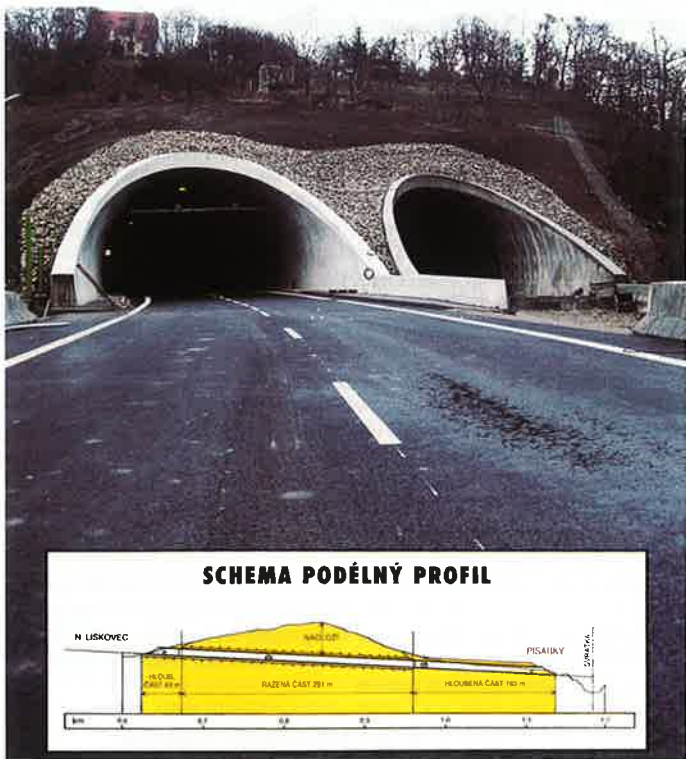
## PRAŽSKÁ RADIÁLA BRNO



Pisárky  
Slavnostní otevření tunelu 28. 11. 1997



Portál Nový Lískovec  
Na jižní portál navazuje mostní estakáda přes údolí potoka Čertík



Portál Nový Lískovec  
Pohled na Strážní vrch a jižní portál tunelu



Portál Pisárky  
Na severní portál navazuje most přes řeku Svatku. Nad zasypanou částí tunelu bude obnoven lesoparkový porost

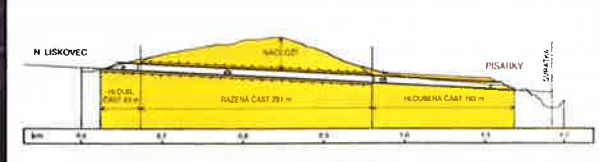


Interiér tunelu  
Ventilátory podélného větrání a osvětlení



Interiér tunelu  
Povrchová úprava ostění a osvětlení u oblasti portálu

## SCHEMA PODÉLNÝ PROFIL



# VÝZNAM PODZEMNÍ LABORATOŘE PRO NÁVRH A REALIZACI HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ VYHOŘELÉHO JADERNÉHO PALIVA

PROF. ING. IVAN VANÍČEK, DrSc., STAVEBNÍ FAKULTA ČVUT, PRAHA

## SIGNIFICANCE OF THE UNDERGROUND ROCK LABORATORY

FOR DESIGN AND REALISATION OF THE DEEP REPOSITORY OF NUCLEAR SPENT FUEL

Design and realisation of a deep repository represents one of the most complicated tasks, solving of which requires wide co-operation from different branches. The essential significance of the underground rock laboratory consists in the preparation of the base for successful design and following declaration of the safe long term function of the deep repository with the help of validated models. Two models are therefore described in more details – geotechnical model – structural model of the rock massif and numerical model – which is able in the required accuracy to describe the processes which can run in the geotechnical model (stress-strain state, velocity of contaminant spreading, velocity of temperature transport, geo-chemical processes). The proposal for the construction of the underground rock laboratory in the vicinity of Příbram, where old vertical shaft can be used, is mentioned in the final conclusion.

### ÚVOD

Obdobně jako v tepelných elektrárnách, i při využití jaderného paliva v atomových elektrárnách vzniká odpad – vyhořelé palivové články. Oproti tepelným elektrárnám je odpadu nepoměrně méně, avšak jeho nebezpečnost pro životní prostředí je vyšší. S ohledem na funkčnost jaderné energetiky cca 40 let, dochází ke kumulaci tohoto odpadu a je třeba tento problém řešit. Proto cca před 20 lety došlo v zemích s poměrně vysokým procentem využití jaderné energetiky k definování principů likvidace vyhořelých palivových článků. Poměrně shodně byla vybrána varianta ukládání vyhořelého jaderného paliva do hlubinného úložiště s tím, že první realizace by měla nastat za cca 50 let po jeho produkci.

Dnes po dalších 20 letech je stále tato varianta nejpravděpodobnější, i když se souběžně počítá s alternativními variantami zahrnujícími

- vývoj nových technologií vedoucí ke snížení objemu a nebezpečnosti použitého jaderného paliva (např. metoda ADTT),
- odklad v ukládání vyhořelého paliva ne po cca 50 letech ale až po cca 100 letech,
- prolomení bariéry o nutnosti, že každý stát produkující odpad jej musí řešit (ukládat) na svém území s tím, že by byl vytvořen společný mezinárodní projekt.

Přestože vývoj jaderné energetiky pokračuje velice rychlým tempem, není příliš pravděpodobný vývoj bezodpadové technologie. Většina států se proto stále přidržuje základní varianty a tu s ohledem na čas dále rozpracovává. V příspěvku se proto z tohoto stavu vychází a diskutuje se význam podzemní laboratoře pro bezpečný návrh a realizaci hlubinného úložiště.

### PRINCIP HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Návrh a realizace hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva reprezentuje v současné době jeden z nejsložitějších úkolů, vyžadující širokou kooperaci vědců a techniků z mnoha oborů. Složitost problematiky není dána jen obecným respektem před radioaktivním zářením, ale především časovým horizontem, na který má být hlubinné úložiště navrhováno. Zatímco běžné stroje a stavby jsou konstruovány na životnost řádově desítky a stovky let, jedná se u hlubinného úložiště o časový horizont řádově sta tisíce let.

Druhým specifickým aspektem návrhu a výstavby hlubinného úložiště je omezená možnost předchozího průzkumu. Zatímco běžné stavby realizujeme na základě poměrně podrobného průzkumu horninového prostředí v němž je stavba realizována nebo s nímž je v kontaktu, možnost průzkumných vrtů, sond apod. do míst předpokládaného situování hlubinného úložiště je silně omezená, neboť základním cílem je zachování co největší nenarušenosti horninového masívu, v němž má být hlubinné úložiště realizováno.

Současná představa o hlubinném úložišti je založena na uložení vyhořelých palivových článků v hloubce okolo 300 až 1000 m s tím, že okolní horninové prostředí má tvořit základní, tzv. přirozenou či geologickou ochrannou bariéru. Tato koncepce nevychází pouze z dosavadních poznatků zjištěných experimentálně, ale též pomocí tzv. přírodních analogů, kdy v přírodě vznikly situace obdobné plánovanému úložišti – (Oklo v Gabunu, Pocos de Caldas v Brazílii, Cigar Lake v Kanadě). Výzkum na těchto lokalitách podal přesvědčivý důkaz o schopnosti horninového prostředí, a jílových minerálů především, být významnou ochrannou bariérou po mnoho, i milióny let.

Vlastní ukládání se však nespolehá pouze na přírodní ochrannou bariéru, ale doplňuje jí o tzv. bariéru inženýrskou, tvořenou jak kontejnerem, v kterém je palivo uloženo, tak i výplňovým a tlumícím materiálem, umístěným mezi kontejner a přirozené horninové prostředí a jehož hlavní složku tvoří neaktivnější jílové minerály (bentonit).

Přítom základním cílem multibariérového systému bude taková ochrana vyhořelého jaderného paliva, aby radioaktivní látky, v něm obsažené, se nedostaly na povrch dříve než budou pro lidi a životní prostředí neškodné, tj. po dobu cca sta tisíc let.

Při potřebě výstavby hlubinného úložiště hraje významnou roli i další časový faktor. Před definitivním uložením jsou vyhořelé palivové články řádově roky umístěny v bazénech vyhořelého paliva v blízkosti reaktorů. Zde jsou potom zavážecím strojem překládány do kontejnerů, v němž jsou odvezeny do meziskladu vyhořelého paliva a zde ponechány pod kontrolou cca 40 až 50 let. Z tohoto sledu vyplývá určitý významný časový odklad, kdy budou vyhořelé palivové články definitivně uloženy do hlubinného úložiště. To dává vědcům určitou šanci, zmíněnou v úvodu, na vývoj nových technologií, které by množstvím, případně i aktivitu jaderného odpadu snížily. Současně však je třeba počítat se schválením projektu zhruba 10 let před započátkem ukládání. **Přítom způsob dokladování bezpečné funkčnosti úložiště po definované době může být založen pouze na simulacích modelech hlavních transportních procesů, které se budou na přenosu radioaktivních látek podílet.**

### PRŮKAZ BEZPEČNÉ FUNKCE HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Prvním krokem v celém procesu schvalování je otázka situování hlubinného úložiště. Zde kromě otázek politických a sociologických převažuje pohled geologů. Ti musí dát odpověď – převážně na základě analogie – na otázku, nakolik je vybraná oblast stabilní, zda výchozí předpoklady simulacních modelů nebudou narušeny faktem, že dojde například ke zkrácení dráhy pohybu kontaminantů v důsledku denudačních procesů očekávaných na povrchu zemském, či k vytvoření preferenční cesty pro kontaminant v důsledku horotvorných procesů, například tektonických.

V současné době je v ČR vybráno 13 potenciálních lokalit, situovaných do dlouhodobě stabilních granitických – žulových – masívů. Zde je třeba si uvědomit, že každá hornina, tedy i žula, není homogenní, ale obsahuje různé diskontinuity – poruchová pásma, trhliny apod., lišící se svojí četností, velikostí a charakterem výplně. Například prof. Pusch při klasifikaci žulových masívů ve Švédsku rozlišuje diskontinuity 7 řádů, od rozměrově největších, jejich vzdálenost je větší než 1 km, až po nejmenší, zřetelné pouze pod mikroskopem.

Půdorysné a vertikální situování hlubinného úložiště ve vybrané lokalitě, jehož velikost půdorysná se odhaduje na čtverec o straně 600–700 m, musí tuto skutečnost brát v úvahu a vyhnout se diskontinuitám alespoň 1 a 2 řádu, které svými vlastnostmi ovlivňují chování celku v největší míře. Je zřejmé, že tento úkol bude náročný a kromě omezeného průzkumu vrtnými pracemi se především bude opírat o získané zkušenosti s tímto prostředím.

Vlastní modelování jednotlivých procesů, u nichž hraje nejdůležitější úlohu proces transportní, sestává v podstatě ze dvou modelů:

– modelu geotechnického – strukturního modelu horninového prostředí, který nejenže v dostatečné míře zobrazuje heterogenitu, tj. rozsah, četnost a velikost jednotlivých diskontinuit, ale současně horninovému prostředí i jednotlivých diskontinuitám přisuzuje vlastnosti potřebné pro popis jednotlivých dějů,  
– modelu numerického – výpočetního, který v dostatečné míře je schopen popsat jevy, které ve výše uvedeném geotechnickém modelu mohou probíhat, přičemž jde převážně o následující jevy:

- I. reakce horninového masívu na ražbu z ohledu napjatostně-deformačního stavu, k jakým deformacím a koncentraci napětí v okolí výrubu dojde a jak bude tento jev časově závislý – půjde především o definování dlouhodobé stability výrubu – jev nutný pro bezpečné dimenzování optimálních rozměrů podzemních prostor,
- II. rychlost šíření kontaminantu v prostoru a v čase, přičemž kromě základního proudění podzemní vody se uvažují další transportní faktory – sorpce, difuze a degradace kontaminantu (u radioaktivních látek daná poločasem rozpadu),
- III. rychlost šíření tepla v okolí uloženého jaderného odpadu, schopnost horninového prostředí uvolňované teplo rozptýlit, aby nedošlo k přehřívání vyhořelého paliva, k ovlivnění vlastností ochranných bariér, možný vznik plynu při změně skupenství podzemní vody apod., přičemž výsledkem je optimální rozmístění kontejnerů s vyhořelým palivem,
- IV. modelování geochemických jevů – vztah mezi uvolňovanými radionuklidy, chemickým složením podzemní vody i samotného horninového prostředí a vliv možných reakcí na změnu vlastností tohoto prostředí.

Z výše uvedených procesů je zřejmé, že půjde převážně o spolupráci geotechniků, hydrogeologů a geochemiků. Úmyslně není začleněna otázka životnosti primární ochranné bariéry dané použitým kontejnerem, neboť není tak silně vázána na okolí horninového prostředí a tím i ověřování v podzemní laboratoři.

Na tomto místě je třeba se zmínit o vztahu mezi modelem geotechnickým – strukturním modelem horninového prostředí na straně jedné a výpočetním modelem na straně druhé. Jednotlivé zmíněné procesy jsou poměrně snadno popsatelné matematickými vztahy pro homogenní prostředí. S ohledem na uvedenou heterogenitu je však nutný přechod na diskretní prostředí. Přestože výpočetní možnosti se stále zlepšují, není reálné řešení jednotlivých procesů pro strukturní model obsahující například diskontinuity všech řádů. Pro možnost vyřešení problémů bude nutno horninovému prostředí, obsahujícímu například jen nejmenší diskontinuity 5., 6. a 7. řádu, přiřadit kvazihomogenní vlastnosti vyjadřující s dostatečnou přesností chování tohoto kvazihomogenního celku.

Jestliže již bylo řečeno, že simulační modely jsou tak důležité ve fázi schvalovací, jsou neméně důležité ve fázi projekční. Pokud předpokládáme, že schvalování a projektování bude trvat zhruba 6 až 10 let, potom například projektování hlubinného úložiště v České republice musí začít mezi lety 2008 až 2014. V té době však musí mít projektant výše uvedené modely verifikované, dostatečně ověřené za podmínek blízkých těm, které lze očekávat na místě konečného hlubinného úložiště.

## ÚLOHA PODZEMNÍ LABORATOŘE

**Základní význam podzemní laboratoře proto spočívá v přípravě podkladů pro úspěšný návrh a následné dokladování bezpečné dlouhodobé funkce hlubinného úložiště pomocí verifikovaných modelů.**

Dílčích úkolů, které směřují k tomuto základnímu cíli je však více a mezi základní lze uvést:

- a) Příprava geotechnického – strukturního modelu horninového prostředí, tj. popis jeho heterogenity se všemi typy diskontinuit, zjištění vlastností potřebných pro výpočetní modely (smyková pevnost podél diskontinuit, jejich propustnost, sorpční vlastnosti výplňového materiálu, vodivost pro teplo, původní napjatost apod.) a následně vytipování a ověření zjednodušeného modelu sestávajícího z kvazihomogenních celků, obsahujících jen diskontinuity nižšího řádu a z diskontinuit vyššího řádu.
- b) Stanovení korelace mezi přímo změřenými vlastnostmi horninového prostředí a vlastnostmi zjištěnými většinou metodami nepřímými, jaké umožňuje průzkumný velmi hluboký vrt o relativně malém průměru. Vlastnosti horninového prostředí zjištěné v bodě a) budou realizovány pomocí přímých experimentů v podzemní laboratoři a budou podpořeny experimenty laboratorními. Souběžně však v okolí podzemní laboratoře bude probíhat ověřování průzkumných metod, které budou následně použitelné pro omezený průzkum konkrétní vybrané lokality hlubinného úložiště. Geofyzikální průzkumné metody zde budou hrát specifickou roli.
- c) Ověření pracovních technologií na podzemní laboratoři a především jejich vliv na vlastnosti horninového prostředí. Odlehčením výrubem dochází k určitému vypružení a tím k možnému většímu rozvětvení jednotlivých diskontinuit. Cílem bude tento vztah zjistit, definovat příslušné meze ovlivnění a s nimi uvažovat jak v rámci modelování, tak v rámci definování požadavků na technologie výrubů.

- d) Získání přímých zkušeností při provádění podzemních experimentů a jejich vyhodnocení včetně testování experimentální techniky. Všechny tyto zkušenosti budou zhodnoceny při otlivce prostorů hlubinného úložiště, zejména při rozhodovacím procesu, zda poměry zde zjištěné se kryjí s původními předpoklady.
- e) Informování osob ovlivňujících rozhodovací proces i širší veřejnosti o probíhající experimentech vedoucích k poznání jevů, které mohou dlouhodobou bezpečnost hlubinného úložiště ovlivnit. Otevřenost jak ze strany publikačních informací, tak ze strany přímého přístupu do podzemní laboratoře, má nezanedbatelný dopad na celý schvalovací proces.
- f) Ověření technologií uzavírky a monitoringu hlubinného úložiště po dosažení jeho konečné kapacity. Jde o bezpečné utěsnění přístupových cest a monitorování některých veličin (tlak, vlhkost, teplota, obsah radionuklidů), pomocí nichž lze jak v průběhu provozu, tak i po určitou dobu po uzavření, prokazovat shodu prognózy se skutečností.

## VÝZNAM PODZEMNÍ LABORATOŘE V ČR

V souladu s dnešními mezinárodními dohodami, každý stát, který produkuje radioaktivní odpad, by jej měl také na svém území bezpečně zajistit. Jelikož časová potřeba výstavby a provozu hlubinného úložiště v mnoha zemích je podstatně aktuálnější než v ČR, většina těchto zemí provoz podzemních laboratoří již zahájila a z nich získala mnoho zajímavých poznatků.

Plánování rozsahu experimentů v podzemní laboratoři proto musí vycházet z intenzivního vyhodnocení všech dosavadních (přístupných) zahraničních zkušeností a pomocí takto získaných poznatků plánované experimenty směřovat co nejefektivněji. A to především z těch zemí, kde se předpokládá situování hlubinného úložiště do granitů tak jako u nás, tj. například Švédsko, Kanada, částečně Švýcarsko.

Další formu přípravy lze spatřovat v dosavadních zkušenostech a možnosti předhodnocení poznatků získaných při ražení tunelů, štól, podzemních prostor v geologických poměrech blízkých poměrům, kde se předpokládá umístění hlubinného úložiště. V poslední době nejrozsáhlejší akcí v tomto směru byla výstavba podzemního zásobníku plynu v Příbrami.

Informace o existujících podzemních laboratořích také svědčí o významné mezinárodní spolupráci. Na realizaci některých experimentů s obecnější platností se některé laboratoře spojují a řeší problém společně na jedné lokalitě. Zapojení do mezinárodní spolupráce tohoto typu může vést k významnému přínosu i pro ČR.

Na tomto místě je třeba reagovat i na možné argumenty, zda podzemní laboratoř je nutná v každé zemi, zda nelze pouze vycházet z dosavadních výsledků. Nebudeme první, kteří se snaží najít odpověď na tuto otázku, a tak lze například využít závěru diskuse švýcarské strany v tomto směru. Při rozhodnutí o vlastní podzemní laboratoři (po prvotní spolupráci ve švédské podzemní laboratoři) argumentovali nejen vždy trochu odlišnými geologickými podmínkami a potřebě zjišťování vlastností horninového prostředí a verifikaci modelů na tzv. lokalitě „sítě na míru“, ale též velký důraz kladli na bod d) – získání potřebného know-how na všech úrovních.

Při rozhodování v tomto směru je proto rozhodující příprava na schvalovací řízení, které v žádném případě nebude jednoduché. Za podstatné v tomto smyslu lze považovat 2 argumenty:

- zda je k dispozici tým vědců a techniků, který získal dostatečné zkušenosti na obdobných geologických strukturách v jakých má být realizováno hlubinné úložiště,
- zda pro simulační modely prokazující bezpečnost v dlouhodobém časovém horizontu byla ověřena jejich platnost na obdobných geologických strukturách, v jakých má být realizováno hlubinné úložiště.

Je zřejmé, že i při zadání realizace hlubinného úložiště zkušenému zahraničnímu partnerovi, by bylo třeba splnit druhý argument. Jeho průkaz by v zásadě vedl k experimentům, jež jsou principiálně spojovány s podzemní laboratoří.

## ZÁVĚR

Závěrem lze proto konstatovat, že podzemní laboratoř má pro bezpečný návrh, schvalovací proceduru i konečnou realizaci hlubinného úložiště nezastupitelnou úlohu a s ohledem na časový sled je třeba zvažovat všechny možnosti, které by jí umožnily realizovat v požadovaném časovém horizontu. Přitom jde jak o horizont úspěšné verifikace simulačních modelů, tak horizont definitivního výběru situování hlubinného úložiště. Na tomto místě je třeba se zmínit o aktivitách převážně geotechniků, kteří připravují podklady pro kompetentní orgány, a to ve věci možnosti využití šachty č. 16 na Příbramsku. Využití této šachty s následnou horizontální rozrážkou do neponušeného granitického masívu by významně pomohlo zlevnit zřízení podzemní laboratoře a současně zkrátit výše zmíněný časový horizont. I kdyby definitivní rozhodnutí nemohlo být realizováno bezprostředně, je doporučováno funkčnost této šachty zachovat, alespoň do hloubky umístění podzemní laboratoře, neboť po její likvidaci a následném dodatečném rozhodnutí zřízení laboratoře na tzv. zelené louce by toto řešení vyžadovalo významně vyšší finanční náklady včetně problémů, které by si schvalovací řízení pro takovouto laboratoř vyžádalo.

# INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY A PODMÍNKY PRO RAŽENÍ TUNELŮ NA DÁLNICI D8 – TUNEL PRACKOVICE

RNDR. OTAKAR TESAŘ, DrSc., IKE PRAHA S. R. O.

## ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS FOR TUNNELS DRIVING ON THE D 8 HIGHWAY – PRACKOVICE TUNNEL

THERE ARE DESIGNED 4 ROADWAY TUNNELS IN THE D 8 HIGHWAY PROJECT. THE ARTICLE DEALS WITH THE FIRST ONE – PRACKOVICE TUNNEL, WITH THE DIFFICULT ENGINEERING GEOLOGICAL SITUATION AND WITH THE CONDITIONS FOR DRIVING TWO DOUBLE-LANES TUNNELS.

Na dálnici D8 jsou projektovány 4 tunely – Prackovice, Radejčín, Li-bouchec a Panenská.

Protože jsem u všech tunelů vyhodnocoval inženýrskogeologické poměry z hlediska podmínek pro ražení, pokládám za účelné informovat širší odbornou veřejnost. Aby informace byly pokud je to možné co nejúplnější, rozhodl jsem se postupně, v jednotlivých číslech časopisu, zveřejnit problematiku jejich výstavby na pokračování v samostatné ucelených částech.

### ÚVOD

Na zpracování tunelového úseku dálnice se kromě hlavního zpracovatele průzkumu PŮDIS a. s. dále podíleli: Prof. Ing. J. Pašek, DrSc., Doc. Ing. I. Kameníček, CSc. a Ing. K. Závora (IKE).

Směrové a výškové umístění tunelu Prackovice nebylo jednoduchou záležitostí. První průzkumy byly realizovány ve třech variantách A, B a C. Již po prvních pochůzkách terénem a zpracování archivních materiálů byla vyloučena varianta B (složitá tektonika) a varianta C (vertikálně velmi členěný terén, složité geologické poměry). Z těchto důvodů bylo, po projednání se zástupci Ředitelství dálnic dohodnuto zaměřit se na optimalizaci trasy A. Ze třech jejích variantních řešení, které vypracovala fa Valbek s. r. o. a po jejich ekologickém posouzení byla zvolena varianta 3A s tím, že dojde ještě k dílčím směrovým a výškovým úpravám, které budou respektovat skutečné morfologické a geologické poměry. Konečné výškové a směrové řešení zpracoval Pragoprojekt a. s. a Tubes s. r. o. spolu s experty a zpracovateli průzkumu, za příkladné spolupráce s pracovníky Ředitelství dálnic.

Tunel je situován do vytěženého Prackovického lomu. Délka tunelu je cca 140 m, max. nadloží nad vrcholem tunelu 34 m. Jedná se o dva dvoupruhé dálniční tunely se šířkou horninového pilíře cca 1,5násobku šířky tunelu.

Pro upřesnění geologických poměrů byly důležité dva horizontální vrty, o délce 90 a 70 m.

Při hodnocení jsme dále, kromě vertikálních a horizontálních průzkumných vrtů, vycházeli z výsledků geofyzikálních měření, z hydrogeologické části zprávy a z geotechnických zkoušek realizovaných firmou PŮDIS a. s.

Zvětrání má vliv na ražení pouze v příportálových částech, což je zohledněno v klasifikaci hornin a v technologických třídách NRTM.

V nadloží tunelu nejsou žádné objekty, které by mohly být ražbou ovlivněny.

Přítoky lze očekávat pouze při enormních atmosférických srážkách, max. v 0,1 l.sec<sup>-1</sup>.

Stavbou tunelu nedojde k ovlivnění hydrogeologického režimu a hydrogeologický režim neovlivní stavbu tunelu.

Jako optimální bylo doporučeno ražení „Novou rakouskou tunelovací metodou – NRTM“

### VYHODNOCENÍ Z HLEDISKA KVALITY HORNINY PRO TUNELOVÁNÍ

V této etapě průzkumu jsme využili všechny možnosti pro vyhodnocení kvality hornin z hlediska tunelování.

Horninový masiv byl rozdělen na kvazi-homogenní celky (viz podélný geologický řez – obr. 1). Popis a rozdělení těchto kvazi-homogenních celků je uvedeno v následující tabulce

Tab. 1. Kvazi-homogenní celky a zařazení do technologických tříd NRTM a ÖNORM B 2203, tunel Prackovice, dvoupruhový tunel

Č. úseku	Staničení LTT	Stručný popis horniny	tř. NRTM	ÖNORM B 2203
1	53,360 –58,407	Bazalt zvětralý s polohami zdravého	25% tř. 5a 75% tř. 4	C2, C3, B3
2	58,407 –58,450	Tuf rozložený	ražení vyžaduje zvláštní opatření	C5
3	58,450 –58,505	Tuf zvětralý	15% tř. 5a 55 % tř. 4 30% tř. 3	C2, C3, B3 B1, B2

Z výsledků průzkumu je možné sestavit součtovou křivku klasifikačních bodů QTS, která se podle zkušebnosti velmi přibližuje skutečnému rozložení kvality horniny – obr. 2.

Pro kontrolní přepočty zjištěných modulů přetvárnosti na počet klasifikačních bodů QTS byly použity zjištěné, statisticky zpracované závislosti mezi různými typy hornin a klasifikačními body (např. O. Tesař 1981, 1983 a 1987).

Z obrázku je patrné, jak široký může být rozptyl kvality jednotlivých skalních a poloskalních hornin i v rámci jednoho kvazi-homogenního celku. Součtová křivka pro zvětralý bazalt s polohami zdravého, který obsahuje bobtnavé jílové minerály (montmorillonit) nebyla zpracována, protože jak naše směrnice NRTM, tak zařazení podle Rakouských norem, bobtnavé horniny jednoznačně řadí do samostatné skupiny, kde ražení vyžaduje zvláštní opatření.

Pro zjištění vztahu reakcí horniny na otevření výrubu a zařazení do technologických tříd NRTM (Tesař O. 1992 – Směrnice inženýrskogeologického průzkumu pro zařazení NRTM) je nutný výpočet ekvivalentního rozměru výrubu (Tesař O. 1988 a 1989). Výpočet ekvivalentních rozměrů výrubu vychází z předpokladu vytváření Protodjakonovské klenby. Pro navrhované profily tunelu je vypočtený ekvivalentní rozměr pro dvoupruhý tunel  $R_v = 11,8$  m.

Z frekvenčních křivek počtu klasifikačních bodů QTS a ekvivalentního rozměru výrubu můžeme pro jednotlivé horninové celky zjistit procentuální zastoupení jednotlivých technologických tříd NRTM (viz tab. kvazi-homogenní celky a zařazení do technologických tříd NRTM a ÖNORM). V této tabulce je doplněno i zařazení podle ÖNORM B 2203, které obsahuje ustanovení o způsobu zadávání a provádění podzemních prací.

Technologická třída NRTM je definována jako vztah kvality skalní a poloskalní horniny vyjádřený počtem klasifikačních bodů QTS, velikostí výrubu a reakcí horniny na otevření výrubu a z toho vyplývajících technických a bezpečnostních opatření.

Jako možnost dalšího upřesnění a pro potřeby stanovení ceny při nabídkovém řízení jsme využili i klasifikaci hornin Q (Barton at all 1974) a zařazení podle nejnovější verze Grimstadova diagramu, podle které lze odhadnout délku, vzdálenost kotev, tloušťku a vyztužení betonu včetně využití drátkobetonu. Všechny tyto údaje jsou uvedeny v podélném geotechnickém řezu tunelu Prackovice – obr. 1.

V následující tabulce je znázorněn vztah mezi technologickými třídami NRTM, hodnocením kvality Q a doporučenými opatřeními.



Technolog. tř. NRTM	Hodnocení kvality	Doporučená vzdálen. kotev (m)	Doporučená délka kotev (m)	Tloušťka betonu s výztuží pletiva (cm)
5a	zcela extrémně špatná	1 m	4,5 m	70–100 cm
4	extrémně špatná	1,3 m	4,5 m	20–75 cm
3	velmi špatná	1,3–2,1 m	4,5 m	10–40 cm

Srovnání s doporučením Barton at all a popisem technologických tříd NRTM je patrné vzájemné doplňování obou hodnocení.

Při návrhu technologie ražení je nutné počítat s tím, že stejně jako v jednom kvazihomogenním celku se mohou i na jedné čelbě vyskytnout horniny různé kvality. Pro určení technologické třídy NRTM bude rozhodující podíl umístění a mocnost (případně plošné rozšíření) hornin nejhorší kvality.

Jak je patrné z předcházejícího textu lze ve většině případů pro rozpojení použít rypadla např. typu Liebherr, případně razicí stroj s dílčím záběrem, ale nelze vyloučit ani místní použití trhacích prací v bazaltech horninách.

### MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ

Pro objasnění vlivu ražení tunelu na velikost napětí a deformací okolní horniny byl realizován rovinný matematický model. Geometrická část modelu byla zpracována dle zvoleného geologického příčného řezu a projektem daných tvarů a rozměrů obou tunelů. Ve fyzikální části byl geometrický model doplněn o geotechnické charakteristiky jednotlivých horninových materiálů.

Řez byl veden místem s největším nadloží, tj. cca v km 58,440.

Chování horninového prostředí v okolí výrubu silničních tunelů bylo řešeno pro dva případy. Mimo posouzení změn napjatosti horninového tělesa vlivem ražeb tunelů, byl do druhého modelu zanesen vliv objemových změn v rozloženém tufu, které byly zjištěny při laboratorních zkouškách na odebraných vzorcích z horizontálního vrtu. Bobtnací tlaky dosahovaly v přepočtu až 300 kPa.

Pomocí modelu byla vypočtena velikost napětí pro všechny prvky sítě a její celková deformace.

### HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MODELOVÁNÍ

Modelové řešení je zjednodušené, protože nerespektuje postup ražení tunelů, vzájemné časové posunutí a vytváření jejich profilu několika dílčími záběry. To samozřejmě ovlivňuje i konečnou velikost napětí i přetváření. Pro první přiblížení však jsou výsledky dostatečně instruktivní.

Výlom tunelů (bez provizorní nebo trvalé výstroje) má za následek posuvy horniny ve směru os X a Y asi 16,5 až 17,0 cm. Vlivem objemových změn se maximální posuvy lince výrubu silně zmenší, především ve svislém směru, zato však se až na dvojnásobek zvětší napětí v okrajových prvcích výlomu a ostění je silně zatíženo, samozřejmě za před-

pokladu, že se objemovým změnám nezabrání vhodným technologickým postupem.

### GEOTECHNICKÉ POSOUZENÍ

Vedení trasy tunelu je po úpravách vyvolaných předchozí etapou průzkumu, vzhledem k morfoloogickým a geotechnickým poměrům širší oblasti optimální, ale ne bezproblémové.

### PORTÁLY

Portál raženého úseku je navržen cca ve staničení 58,360 LTT. V tomto staničení by větší část portálu byla tvořena zvětralými bazalty místně s polohami bazaltu navětralého. Nad klenbou tunelu se však budou vyskytovat nesoudržné suť o pravé mocnosti cca až 3 m. Z těchto důvodů nedoporučujeme již při zahájení dále navrhované průzkumné štoly odtěžení těchto sutí u obou portálů a podle zjištěného skutečného reliéfu zvětralého bazaltu situovat oba portály raženého úseku. Totéž platí i pro konečné umístění raženého portálu při vyústění tunelů směrem na Radejčín tj. ve staničení cca 58,550 LTT.

Projekt zajištění portálu musí být dokumentován stabilitním výpočtem.

### RAŽENÝ ÚSEK

Od jižních portálů budou tunely raženy ve zvětralém bazaltu, ve kterém se vyskytují polohy nezářezaného pevného bazaltu. Tyto horniny lze charakterizovat spíše jako soudržné zeminy pevné konzistence s úlomky zvětralého bazaltu a nezářezaného bazaltu do velikosti až cca 1 m. Doporučené zařazení do technologických tříd NRTM je 25% tř. 5A 75% tř. 4.

Od staničení cca 58,385 LTT budou od počvy do profilu zasahovat rozložené tufy, které ve staničení cca 58,405 již budou v celém profilu tunelu. V těchto rozložených tufech byla zjištěna přítomnost montmorillonitu, tj. minerálu, který způsobuje bobtnatost. Pro bobtnání stačí přítomnost i vzdušné vlhkosti a technologické vody, které se nelze při ražení ubránit. Skutečnou velikost reakce horniny na technologickou vodu a vzdušnou vlhkost lze zjistit pouze měřením v průzkumné štole, kterou doporučujeme realizovat.

Výsledky matematického modelu, kde již bylo počítáno s možnými tlaky způsobenými bobtnáním, vykazují téměř dvojnásobné hodnoty maximálního napětí.

Podle všech norem je přítomnost bobtnavých minerálů důvodem pro zařazení do samostatné skupiny, kde ražení vyžaduje zvláštní opatření. Druh a rozsah těchto opatření může být předem zjištěn pouze v předstihové štole, kde systémem měření in situ a výpočtů bude navržena optimální výstroj pro vlastní tunely.

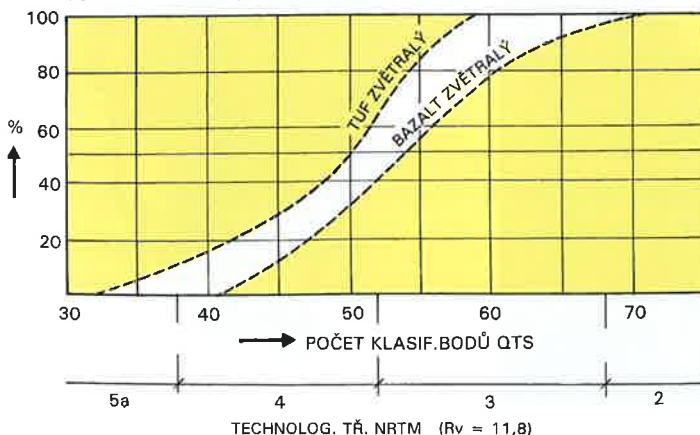
Od staničení cca 58,450 až k portálu směrem na Radejčín budou tunely raženy ve zvětralém tufu. Tyto horniny jsou pro ražení relativně příznivé, čemuž odpovídají i doporučené technologické třídy NRTM – 15% tř. 5a, 55% tř. 4 a 30% tř. 3. Rozpojování hornin tak jako v celém tunelu může být beztrhavinové, nejlépe rypadly např. typu Liebherr nebo rozpojovacími mechanismy s dílčím záběrem, u kterých však může hrozit, vzhledem k větší přítomnosti jílových minerálů, zalepování rezných hlav.

Pro ražený portál ve staničení 58,520 LTT platí totéž co již bylo popsáno u portálu jižního.

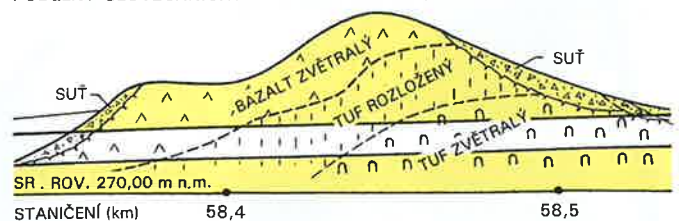
Příště pokračuje – tunel Radejčín.

Příspěvek byl zpracován s využitím výsledků pro grant 103/95/1265.

FREKVENČNÍ KŘIVKY KLASIFIKAČNÍCH BODŮ QTS PRO TUNEL DÁLNIČE D8, PRACKOVICE



LTT PRACKOVICE - DÉLKA TUNELU 140 M  
PODÉLNÝ GEOTECHNICKÝ ŘEZ - NEPŘEVÝŠENÝ



Č. ÚSEKU	1	2	3
TŘ. NRTM	25% TŘ. 5, 75% TŘ. 4	RAŽENÍ VYŽADUJE ZVLÁŠTNÍ OPATŘENÍ	15% TŘ. 5a, 55% TŘ. 4, 30% TŘ. 3
Ø NORM B 2203	C2, C3, B3	C5	C2, C3, B3, B1, B2
Ø BARTON AT A 11	VELMI AŽ EX. ŠPATNÁ	ZCELA EXTRÉMNE ŠPATNÁ	VELMI ŠPATNÁ, EXTRÉMNE ŠPATNÁ, ŠPATNÁ
GRIMSTADT TŘ.	9, 8	ZVLÁŠTNÍ OPATŘENÍ	9 8 5 - 7

# REKONSTRUKCE STOKY „C“

ING. MILOŠ HRACHOVEC, ČERMÁK A HRACHOVEC, S. R. O.

## REHABILITATION OF THE TRUCK SEWER "C"

THE ARTICLE DESCRIBES HOW AN EMERGENT SITUATION, WHICH OCCURED IN THE SPRING 1996, WAS SOLVED ON THE TRUCK SEWER „C“ UNDER THE SLUNNÁ STREET IN PRAGUE 6.

THE REHABILITATION OF THE SEWER WAS EXECUTED BY THE COMPANY ČERMÁK A HRACHOVEC, S. R. O.

Na počátku května v roce 1996 došlo v ulici Slunná v Praze 6 k havárii kanalizačního sběrače „C“.

Jednalo se o vejčitou stoku třídy PN X. s železobetonovou klenbou, zděnou spodní částí a žlábkem z keramických bočnic.

Havárie se projevila propadnutím vozovky na dvou místech, vzdálených od sebe cca 150 m. Jako první nastoupily na likvidaci havárie dvě menší firmy, které zajistily průtočnost stoky a zabránily dalšímu rozšiřování havárie. Při těchto sanačních pracích došlo, vzhledem k promáčení okolní zeminy, k havárii vodovodu DN 200 a k následnému prolomení kabelovodu.

Šachta, která byla vedle kabelovodu, byla při havárii vodovodu částečně zavalena a vedle ní se prolomil výše uvedený kabelovod. V této situaci byla celá akce předána naší firmě.

Jako první a základní věc bylo nutno zamezit přítoku odpadních a dešťových vod do havarovaného úseku. Ve spolupráci s PKVT došlo k částečnému odklonění přítoku do jiného povodí a zbytek průtoku se převedl do vybudovaného obtoku ze dvou trub DN 500 z PVC. Obtok kolem havárie byl dlouhý 350 m. Po převedení splašků začala práce na stabilizaci šachet. Horní šachta (obr. 1) se pouze zpevnila dalšími rámy a betonem vně pažnic a prohloubila se až pod úroveň havarované stoky, která se kompletně vytěžila.

Spodní šachta, vedle které byl na jedné straně havarovaný vodovod DN 200 a z druhé strany prolomený kabelovod, nebylo možné žádným rozumným způsobem zpevnit, a proto bylo rozhodnuto o jejím přerážení šachtou větší, o rozměrech cca 8 x 6 m.

Tato šachta byla vyražena přes prolomený kabelovod, který ve zvodnělém prostředí fungoval jako drenáž celého přilehlého území. V šachtě, která byla kompletně provedena v oceli, byl kabelovod provizorně vyvěšen a následně, po její likvidaci, uložen na betonovou desku a celý opraven.

Ražení této šachty bylo velmi obtížné, neboť se provádělo v silně zvodnělé zemině a nad stokou, která vzhledem k havárii byla místy zcela provalená a hrozilo stálé nebezpečí prolomení jejího nadloží, resp. dna šachty a úraz našich pracovníků. Přestože k těmto prolomením několikrát došlo, pozorností všech pracovníků se zabránilo zraněním a škodám na díle.

Jako u horní, méně náročné šachty, tak i v této šachtě, byla vytěžena zemina včetně stávající havarované stoky a zpevněno dno šachty.

V této chvíli nastal čas na řádný průzkum celého úseku stoky v délce téměř 400 m. Průzkum uvnitř stoky byl proveden klasicky pochůzkou se zdokumentováním poruchy na fotografie. Následně po úplném vyčištění stoky byl proveden průzkum georadarem, jehož účelem bylo zjistit ano-



Havarovaná stoka v horní šachtě



a stoka pod horní šachtou



Havarovaná stoka pod spodní šachtou



Obtok — převedení splašků



Prolomený kabelovod v původní šachtě



Oprava stoky v horní (menší) šachtě

málie za rubem stoky, resp. vzniklé kaverny. Tento průzkum včetně vyhodnocení a jeho aplikaci do podélného profilu stoky provedla firma IN-SET.

Po takto provedených průzkumech bylo při jednání u správce PKVT rozhodnuto o postupu a způsobu opravy havarovaného úseku stoky. Bylo navrženo několik způsobů sanace:

1. Ve zcela zničených úsecích, které byly v těžních šachtách, byla stoka kompletně rozebrána a vyžděna stoka nová s keramickými žlábkami ve spodní části a s klenbou z kyselinovzdorných kanalizačních cihel.

2. Úseky, které byly méně porušené, byly zevnitř vyspraveny, vyměněny rozbité žlábkové ve dně a přespárovány.
3. Část úseku v délce cca 187 m byla zrekonstruována metodou insituform.

Z výsledků průzkumu georadarem bylo určeno jedno místo s patrnou kavernou, které bylo sanováno šachtou s následným vyplněním hubeným betonem a uvedením vozovky do původního stavu.

Nyní začala ve zpola zasypané ocelové šachtě oprava kabelovodu a jeho stabilizace, včetně úprav definitivních povrchů komunikace.

Současně s opravou kabelovodu probíhala i oprava vodovodního řadu DN 200 v úseku délky cca 200 m z tvárné litiny. Opravou vodovodu byla ukončena likvidace celé havárie, po které zbyla pouze lépe upravená plocha parku, nový chodník a část nové komunikace.

4. Po opravě stoky mohlo dojít k demontáži obou potrubí obtoku v celé jeho délce.

Následně se uvedla do původního stavu parková plocha, komunikace v místě napojení obtoku a propadlé chodníky.



... průběh zdění

Díky okamžitému nástupu zmiňovaných dvou firem a následnému rozvinutí práce na opravě ze strany naší firmy nedošlo k výrazným škodám na majetku, přestože havárie byla vzdálena několik metrů od vilové zástavby. Vzhledem k průběžně prováděným statickým měřením objektů od počátku havárie nedošlo ani k žalobám ze strany majitelů vil, což lze považovat za velký úspěch.

Díky využití našich zkušeností při odstraňování podobných havárií nebyly omezeny v běžném provozu domácnosti ve vilové zástavbě bezprostředně sousedící s havárií. Po celou dobu opravy mohly využívat jak kanalizační, tak i vodovodní řady pro chod domácností.

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

## HAVÁRIE TUNELU SAOPAULSKÉHO METRA BUDOVANÉHO METODOU NRTM

Má se za to, že hlavním faktorem, který dne 15. července ve 22.15 hod způsobil propad tunelu budovaného metodou NRTM na saopaulském metru bylo opožděné uzavření spodní klenby tunelu. Propad s sebou strhl rodinný dům, ale nedošlo ke smrtelným ani vážným úrazům, i když byli obyvatelé několika domů evakuováni.

Podle inženýrů investora (Companhia de Metropolitan de Sao Paulo), první příznaky nebezpečí v tunelu se ukázaly brzy ráno, když se v torkretu objevily trhliny. Tyto se rozšiřovaly po celý den, zatímco probíhala jednání, jak situaci stabilizovat. Ve 20.00 hodin tuneláři dospěli k názoru, že hrozí havárie a spustili poplach.

Inženýři metra zaznamenali, že poslední spodní klenba (dno) tunelu zůstala otevřená v délce asi 13 metrů, zatímco měla být uzavřena po maximálně šesti metrech za postupujícím horním čelem.

Geologické podmínky lokality jsou obtížné, hladina spodní vody v písčitém jílu je vysoká. Byla intenzivně odčerpávána voda pro zajištění stability čela. Je podezření, že nad místem spočívající vrstva jílu byla přímo v místě propadu značně ztenčená. Rovněž mohly propouštět spodní vodu písčité čocky v zasypané studni.

Výstavba tohoto dvoukilometrového prodloužení Zelené linky byla zahájena v r. 1986, ale byla přerušena v letech 1990/91 kdy Brazílie prodělávala ochromující finanční krizi. Hloubení bylo znovu zahájeno v lednu 1997 stejným kontraktorem, firmou Constran, a uvedení do provozu tohoto posledního úseku je plánováno na polovinu roku 1998. Aby dodržel tuto lhůtu, musí kontraktor dokončit tunelování 1 km dlouhého úseku metodou NRTM před koncem roku 1997.

Podle inženýrů metra, tunelářské čety zřejmě nejsou tytéž, které původně byly na práce nasazeny před lednem 1997. Rovněž poukazují na to, že nové čety jsou méně zkušené.

Nadměrné vtékání vody v jiné části tunelu pod významnou silnicí bylo podnětem pro horečné pokusy zastavit přítok, ale došlo ke spadnutí 5 m<sup>3</sup> stropu. Vodovodné vplachované piloty zabránily dalšímu padání a předpokládalo se, že bude nařízeno zvýšené odčerpávání. Stávající režim odčerpávání vyžadoval, aby studny byly aktivovány 20 metrů před čelem a deaktivovány 20 metrů za ním.

V zemi, kde tuneláři dodavatelé mají všeobecně výbornou pověst pokud jde o výstavbu metodou NRTM, je tento první větší propad na saopaulském metru vážnou ranou. Tunelů metra postavených metodou NRTM je již v provozu několik kilometrů a mnoho dalších je navrhováno pro budoucí rozšíření metra.

Constran a jeho poradce pro NRTM E. M. Maffei však měli již co dělat se stejným vážným propadem u šestiproudého dálničního tunelu rovněž v Sao Paulu v roce 1993. Neuzavření spodní klenby (dna) v maximální specifikované vzdálenosti od postupujícího čela bylo uváděno jako hlavní příčina tohoto selhání, které rozrušilo asi 30ti metrové mělké nadloží prací na velkém průřezu. Propad téměř zasáhl hlavní šestiproudovou povrchovou silnici napříč městem.

V tomto případě Constran dostal zaplacen 18 mil. USD na opravení propadu, ale soudní rozsudek vydaný před šesti měsíci označil za viníka dodavatele a nařídil mu, aby vrátil těchto 18 mil. USD státní správě silnic. Rozsudek zprošťuje viny brazilské inženýry-konzultanty Bureau de Projets, které pověřil zákazník projektováním a dozorováním tří dvojířných tříproudých tunelů pod městem. Rozsáhlé záznamy ze stavby a kopie dopisů zaslaných ve své době kontraktorem a zákazníkovi, obsahující varování před možným propadem, byly pro soudní dvůr důvodem, aby obvinil kontraktora a nařídil vrátit peníze.

## FALMOUTH

## VYLEPŠENÍ KANALIZAČNÍ SÍTĚ

Tunelování s použitím trhavin, mikrotunelování, protlačování s ručním odtěhováním, mechanizované protlačování (řízené vrtání) – všechny tyto techniky byly použity firmou Delta na vylepšení kanalizační sítě ve Falmouthu. Úspěch projektu může být připsán rozsáhlé zkušenosti Dely, použití kontraktu typu „projektuj a postav“, a vytvoření pozitivního pracovního prostředí. Kontraktor byl schopen pro zákazníka South West Water (Jihozápadní vodovody) zajistit významné úspory

proti původně projektovaným záměrům. Vícepráce byly zadávány pomocí celé řady pozměňovacích příkazů projednávaných na základě odhadu nákladů podle otevřeného účtování.

Delta zahájila práce ve Falmouthu v dubnu 1996 poté, co byla přijata její nabídka za 1,7 mil. liber, nejnižší ze čtyř. Tunel o délce 480 metrů a průměru 3 metry odvádí různé větve městské kanalizační jednotné soustavy do nové čistírny, odkud vyčištěná voda bude vypouštěna odtokovým potrubím vedeným do hluboké vody přístavu Falmouth (obr. 1).

Tunel tvoří nedílnou část akce Jihozápadních vodovodů „velký úklid“, která si klade za úkol zabránit vypouštění splašků do moře kolem Falmouthu a splnit direktivy Evropské unie o bezpečných plážích pro koupání do léta 1997. Tunel o kapacitě 3200 m<sup>3</sup> má rovněž zadržet přívaly dešťové vody před jejím vyčištěním.

Původní návrh tunelu raženého pomocí trhavin byl zpracován firmou W. S. Atkins, a Delta pak angažovala britskou firmu David Donaldson & Associates jako konzultanty pro kontrakt typu „projektuj a postav“. „Pro plátce poplatků za vodu je výhodné, když kupujeme odbornost dodavatelů prostřednictvím smluv typu „projektuj a postav“, protože často jde o velmi rizikové a složité stavební práce,“ říká Roger Trengrove, manažer projektu za Jihozápadní vodovody.

Nepředvídaná rizika má nadále na starosti investor, ale při použití kontraktu uvedeného typu, dodavatel má možnost čerpat ze svých vlastních rozsáhlých zkušeností a navrhnout alternativy pro daný úkol nejvhodnější, a podlést se na úsporách času a nákladů. U retenčního tunelu byla přijata řada úsporných alternativ a Delta nyní pokračuje v tomto směru i u víceprací.

## RETENČNÍ TUNEL

Změny projektu u retenčního tunelu se týkaly mj. vyloučení mezišachty a použití vyzdívků z torkretu vyztuženého ocelovým vláknem místo původně uvažované vyzdívků z monolitického betonu; obě tyto změny znamenaly podstatné úspory.

Tým comwallských horníků firmy Delta vyhloubil tunel za necelých 5 měsíců při pracovním tempu 24 hodin/den ve dvou 12hodinových směnech, 5 1/2 dne v týdnu. Postup prací vysoce zvrázněnými, v tenkých i tlustých vrstvách usazenými šedými pískovci, jílovcí a prachovci v mnoha případech dosahoval 3 odstřely či 6 metrů/den. Poslední odstřel do jímací štolý se uskutečnil v říjnu 1966, v těsném předstihu oproti hamonogramu.

Ze dna 18 metrů hluboké šachty o průměru 5 m tunel zatáčí o 70°, aby se jeho trasa vyhnula velmi citlivému komplexu skladovacích nádrží na naftu. Byla uplatněna přísná omezení vibrací při odstřelech a zakrytí speciálními rohožemi při odstřelu v šachtě.

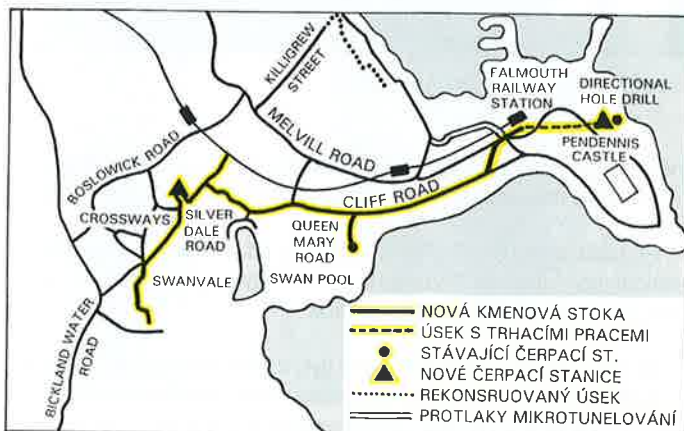
Prvotní výztuž v tunelu sestávala hlavně ze skalních kotev a drátěného pletiva, při omezeném použití torkretu. Spojná šachta o hloubce 15 metrů a průměru 3,5 metru byla zřízena bez vyzdívků, s výztuží ze skalních kotev a drátěného pletiva. Je dokončena 100 mm vyzdívkou ze stříkaného betonu vyztuženého ocelovými vlákny. Provozní šachta o velkém průměru je vyzděna prefabrikovanými betonovými segmenty.

Mokrý betonová směs pro alternativní konečnou vyzdívkou v tunelu byla dodávána na místo již namíchaná s 50 kg/m<sup>3</sup> ocelových vláken Dramix.

## VÍCEPRÁCE

Úvodní projekt víceprací zpracoval pro Jihozápadní vodovody konzultant Pell Frischman, kterého potom Delta angažovala pro svůj kontrakt typu projektuj a postav. Původně tyto vícepráce měly být zadány v budoucnosti separátními kontrakty, ale jak vysvětlil pan Trengrove, Delta již byla přítomna na staveništi, vybudovaly se pozitivní pracovní vztahy a Delta měla dostatek sebedůvěry a pružnosti k projednávání pozměňovacích příkazů umožněním otevřené kontroly nákladů.

Vícepráce zahrnují: řadu propojovacích tunelů podél silnice Bar Road; řadu lapáčů písku v centru města; propojení splaškové kanalizace z doků do retenčního tunelu; dále rekonstrukce stávajícího tunelu z viktoriánské doby 420 m dlouhého, 5 stop x 4 stopy v samém srdci města – rekonstrukce spočívala v přeměně z tu-



nelu, v němž byla umístěna kanalizační roura, na další zařízení pro zachycení 1000 m<sup>3</sup>.

800 metrů dlouhé dílo na Bar Road kombinuje ručně odtěžované protlačování a mikrotunelování.

Pro mikrotunelovací část prací byl použit mikrotunelovací stroj Herrenknecht AVN 700 se skalním čelem a zařízením na separaci kalu, při prorážení směsí jílu, jílovce a prachovce. Systém AVN 700 již předtím dokončil dvě ražby, každou o délce asi 100 m, na propojení městské splaškové kanalizace se spojenou šachtou.

Dále Delta použila soupravu pro řízené vtírání American Augers DD60 na dokončení propojení v délce 90 m a o průměru 200 mm mezikanalizační sítě přístavních doků a novým retenčním tunelem. Otvor byl vyvrtán v prudkém svahu od povrchové přípojky v celé délce skálou. Vrt byl vyložen rourou z vysokohmotného polyetylenu. Práce v docích rovněž sestávaly z ukládání trub o průměru 150 mm až 375 mm do otevřené rýhy.

Falmouth je významným příkladem oboustranné prospěšnosti vstřícného partnerství mezi zákazníkem a dodavatelem i rostoucí oblíbenosti kontraktace metodou „projektuj a postav“.

Podle článků v časopise  
Tunnels and Tunnelling International zpracoval  
Ing. Miroslav Novotný, Vodní stavby Praha

## PRERÁŽKA PŘESKUMNEJ ŠTŔLNE TUNELA BRANISKO

Po 620 dňoch sústredného úsilia sa stretli 19. decembra 1997 o 11.30 hod. ražičské osádky Banských stávieb, a. s. Prievidza na mieste prerážky prieskumnej štôlne diaľničného tunela Branisko po prelomení posledných centimetrov skalného masívu. Na slávnostnom akte prerážky sa zúčastnili významní reprezentanti štátnej správy, samosprávy a zástupcovia investorských, projektantských a dodávateľských organizácií. Vládnu delegáciu viedol minister dopravy, pôšt a telekomunikácií SR p. Ján Jasovský. Táto udalosť sa zapíše do análov podzemného a dopravného staviteľstva ako významný historický moment, pretože je to prerážka prieskumnej štôlne na prvom diaľničnom tuneli v SR.

Pripomeňme, že prieskumná štôľňa je súčasťou stavby diaľnice D1 – Behárovce–Branisko a nachádza sa zhruba na polceste medzi Levočou a Prešovom. Prioritnou úlohou prieskumnej štôlne bol inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum horského masívu Branisko. Toto pohorie je z hľadiska podzemného stavebníctva panenským pohorím, preto sa rozhodlo o razení prieskumného diela pred započatím stavby vlastného tunela na celej dĺžke jeho trasy. Sekundárnym poslaním prieskumnej štôlne, dovtedy, kým nebude vybudovaná druhá tunelová rúra, je vytvoriť únikovú cestu v prípade eventuálnej dopravnej nehody.

### ZÁKLADNÉ ÚDAJE

Projektovaná dĺžka: 4841 m

Veľkosť a tvar profilu štôlne:

západná strana – podkovovitý tvar s hrubým profilom 10,5 až 11,5 m<sup>2</sup> so svetlým profilom 10,2 m<sup>2</sup>

východná strana – okrem priortálovej časti v dĺžke 119 m sa štôľňa razila v kruhovom profile priemer 3,3 m (8,6 m<sup>2</sup>)

### GEOLOGICKÉ POMERY TRASY TUNELA:

Trasa prieskumnej štôlne od západného portálu po staničenie 240 m prechádza paleogénnym súvrstvím s ílovcovo-pieskovcovými horninami. Ďalej pokračuje po staničenie 950 m v arkózo-pieskovcových sedimentoch permského veku. Najväčšiu časť trasy od staničenia 950 m po 4700 m tvorí komplex kryštalickej paleozoických hornín so zastúpením amfibolitov, granitoidov, migmatitov a pararúl. Posledný úsek po východný portál prechádza opäť paleogénnym ílovcovo-pieskovcovým súvrstvím.

### TECHNOLÓGIA RAZENIA:

Od západného portálu sa štôľňa razila vrtáco-trhavinovou technológiou, s použitím moderných vrtáčik, nakladáčich a transportných mechanizmov. Od východného portálu sa prieskumná štôľňa razila tunelovacím strojom. Na odťažbu horniny sa na obidvoch stranách použili veľkokapacitné samovyprázdňovacie kolajové vozy.

### RAZIČSKÉ VÝKONY:

Na západnom portáli, v úvodných partiách prieskumnej štôlne, vo veľmi obtiažných geologických podmienkach, sa výkony pohybovali na úrovni 1,5 m denne. Po prejení paleogénnej série, tvorenej zvodnelými ílovcovými sedimentami v dĺžke 240 m a po nasadení výkonnej techniky, sa ražičské výkony zvýšili na 6 m denne. Maximálny denný výkon bol 9 m. Zo strany západného portálu sa výkony pohybovali na úrovni 150 m s najlepším mesačným výkonom 172 m.

Na východnom portáli výkony v úvodnej časti prieskumnej štôlne boli rovnako nízke ako na západnom portáli. Po prechode do série skalných hornín kryštalinika sa nasadil tunelovací stroj WILRTH, s ktorým sa dosahovali denné postupy

10–12 m. Maximálny denný výkon bol 14 m. V mesačných reláciách išlo o postupy 200–260 m so špičkovým výkonom 270 m.

### ORGANIZÁCIA PRÁCE:

Na razení prieskumnej štôlne pracovali nepretržite po 2 osádky z každej strany, ktoré sa striedali v dvoch 12-hodinových zmenách a v 7-dňových turnusoch. Na každej strane pracovalo po 55 pracovníkov.

### NEJDÔLEŽITEJŠIE POZNATKY ZÍSKANÉ RAZENÍM PŘESKUMNEJ ŠTŔLNE

1. Zistil sa presný dĺžkový rozsah jednotlivých horninových formácií s rozdielnymi fyzikálno-mechanickými parametrami rozhodujúcimi z hľadiska projektovania a vykonania ražičských prác. Nepotvrdila sa napríklad obávaná mezozoická formácia s prítomnosťou krasových útvarov.
2. Upresnili sa hydrogeologické pomery s tým, že sa oproti prognózam ukázali ako priaznivejšie.
3. Veľké tektonické zlomy, ktoré sú charakteristické pre pohorie Branisko a manifestujú sa viditeľne aj na reliéfe terénu, sa pri ražičských prácach neprejavili nepriaznivo.
4. Podobne aj tektonika nižšieho radu nepredstavuje z hľadiska razenia tak samotnej štôlne, ako aj veľkého profilu tunelovej rúry vážnejšie komplikácie.
5. Získané poznatky o horninovom prostredí a hydrogeologických pomeroch v konečnom súhrne potvrdzujú, že pomery na trase severnej tunelovej rúry sú lepšie ako boli predvídané, resp. dokladované predbežnými geologicko-prieskumnými prácami.

Ing. Jozef Frankovský  
Banské stavby, a. s. Prievidza



Prerážka prieskumnej štôlne bola happyendom niekoľkomesačnej práce ražičov Banských stávieb, a. s. Prievidza.

## VÝSTAVBA TUNELU ENGELBERG V SRN

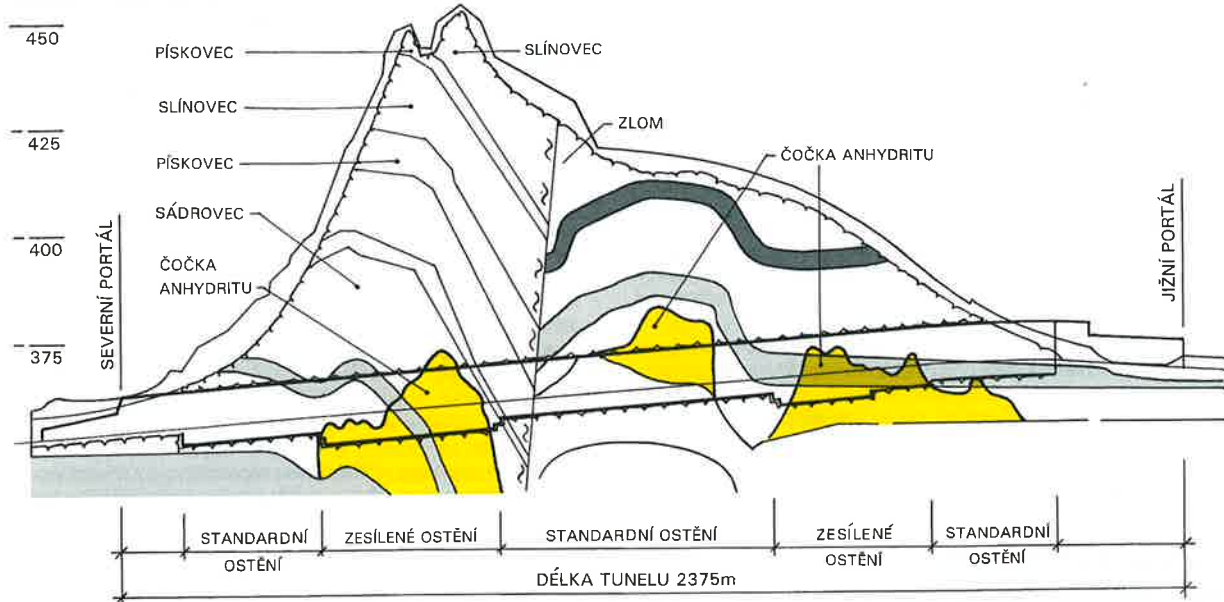
V rámci modernizácie dálnice A81 Würzburg–Heilbronn–Stuttgart–Singen v SRN bolo nutno proraziť dvoma tunely horu Engelberg. Vlastný tunel, stejný ako prílehlé úseky dálnice je navrhnutý ako trjúhuhový s šírkou medzi obrubníkmi 13,5 m. Celý tunel je dlhý 2375 m, ražená časť 1930 m, stoupání je 0,5%, max. výška nadozdi je 90 m. Použitou technológiou je NRTM.

Realizácia tohoto tunelu sa pripravovala celou řadu let. V roce 1976–1978 byla vyražena průzkumná štola a dva zkušební úseky a ověřeny inženýrsko-geologické a hydrogeologické poměry. Území Engelbergu, kterým tunely prochází, je tvořeno svrchnotriasovými sedimentárními komplexy hornin a jsou zde zastoupeny písčkové různé zrnitosti, slínovce, vápence a zejména sádrovce s anhydritovými čočkami. Vlastní trasa tunelu prochází několika poruchovými a tektonicky porušenými zónami, z nichž některé jsou silně zvodnělé.

Z hlediska technologie ražby se ukázala jako technicky nejnáročnější oblast anhydritových čoček. Anhydrit je hornina, která při styku s vodou výrazně nabývá na objemu, bobtná a vyvozuje tlaky, které působí na okolní horninu a na ostění tunelu. Velikost tohoto tlaku je závislá na objemu anhydritu, který je syčen vodou a na tom, jak je umožněno anhydritu zvětšit svůj objem. Na základě chování anhydritu na jiných tunelech a na základě měření in situ i v laboratorních podmínkách bylo s ohledem na rozměry čočky anhydritu a výšky nadozdi zjištěno, že bez určitých technických opatření, snižujících účinky bobtnání anhydritu, vyvodí tato hornina na spodní klenbu tlak 2 MN/m<sup>2</sup>.

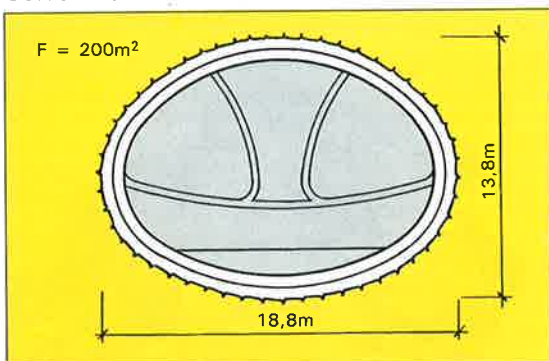
Protože na takové zatížení by bylo velmi obtížné konstrukci dimenzovat, bylo v rámci projektu tunelu navrženo zajímavé technické řešení, které výrazně snížilo tlak anhydritu a to jak na primární, tak i na sekundární ostění. Navržená technická opatření dokázala snížit u primárního ostění tlak ze 2 MN/m<sup>2</sup> na 0,3 MN/m<sup>2</sup>, což je zatížení, na které lze spodní klenbu nadimenzovat. Tloušťka klenby, která tento tlak přenáší, je 80 cm.

PODÉLNÝ ŘEZ TUNELEM



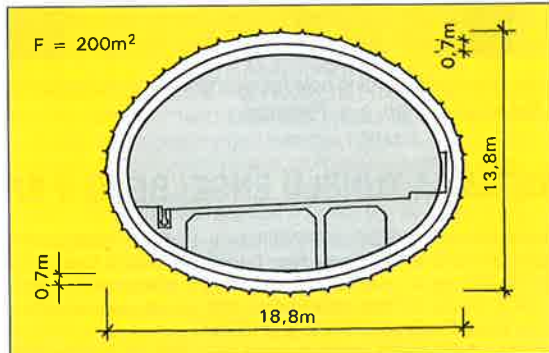
Obr. 1

SCHÉMA ČLENĚNÍ ČELBY



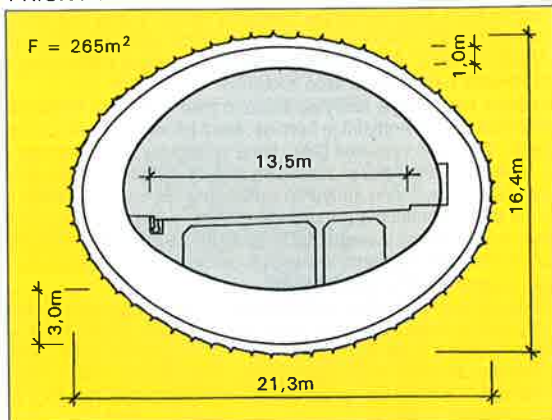
Obr. 2

PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM VE STANDARDNÍ GEOLOGII



Obr. 3

PŘÍČNÝ ŘEZ TUNELEM V MÍSTĚ ČOČKY ANHYDRITU



Obr. 4

U sekundárního ostění došlo ke snížení bobtnacího tlaku z  $2 MN/m^2$  na  $1 MN/m^2$ . Přes toto výrazné snížení tlaku vychází tloušťka spodní klenby 300 cm, horní klenby 100 cm.

Přestože technické řešení je zřejmé z obr. 5, je dále popsán vlastní technologický postup:

- v místě výskytu čočky anhydritu se postupně po pasech prohloubí rýha 3,8 m pod úroveň počvy
- stříkaným betonem, kotvami a železobetonovou deskou se zajistí stabilita boku rýhy
- vybetonuje se pas tloušťky 130 cm a správně se kotvami s podlozím
- na tento železobetonový pas se uloží do výše 170 cm poddajná stlačitelná jílovitá hmota, která umožní zvětšení objemu anhydritu
- je osazena fólie
- je provedena betonáž počvy primárního ostění
- následuje provedení mezilehé izolace
- je vybetonováno sekundární ostění, max. tloušťka spodní klenby je 300 cm, horní klenby 100 cm.

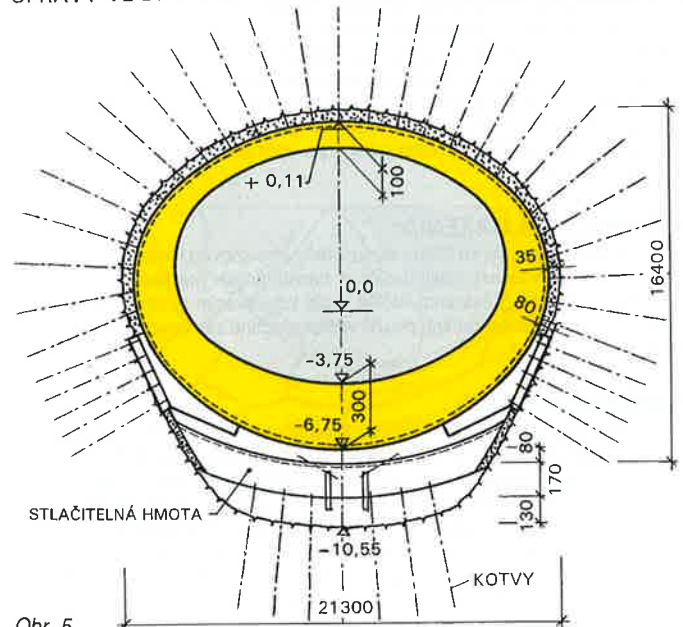
Vlastní realizace tunelů probíhá od roku 1995, betonáž sekundárního ostění východní tunelové trouby bude ukončena na jaře 1998, poté se přistoupí k betonáži sekundárního ostění západní trouby.

Uvedené technické řešení je příkladem, že tunel lze razit i ve zdánlivě neschůdných poměrech a dokladem technické vyspělosti inženýrů.

Podle článku v odborném tisku zpracoval:

Ing. Vladimír Prazjler  
ILF Consulting Engineers Praha

ÚPRAVY VE DNĚ TUNELU V MÍSTĚ ANHYDRITU



Obr. 5

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ ITA/AITES

NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

### KONFERENCE STUVA TAGUNG '97 V BERLÍNĚ

„Nové akcenty v podzemních stavbách“

V termínu od 1. do 4. prosince 1997 uspořádala německá společnost STUVA (Studijní společnost pro podzemní dopravní zařízení) velice zajímavou a poučnou konferenci s názvem „Nové akcenty v podzemních stavbách“. Není náhodou, že zasedání probíhalo právě v Berlíně (v Mezinárodním kongresovém centru ICC), poněvadž v současné době je znovu se rodící hlavní město Německa velkou příležitostí pro všechny obory stavebnictví, pro nás tuneláře nevymíjaje.

Ve dnech 2.–3. 12. byly předneseny příspěvky, které byly uspořádány v následující tématické celky:

- Evropské velké projekty
- Německé velké projekty
- Podrobné otázky velkého projektu 4. trouby Labského tunelu
- Mechanizovaná ražba
- Stavební konstrukce ze stříkaného betonu
- Projektování a zajištění kvality
- Utěšňování tunelů a údržba stavebních konstrukcí
- Ochrana životního prostředí a bezpečnost
- Podzemní stavby v Berlíně.

Jak je zřejmé, jednotlivé tématické celky obsáhly veškerou činnost nutnou pro provádění podzemních děl. Dokázaly popsat největší současné projekty nejenom v Německu, ale i v Evropě – především velmi odvážné projekty tranzitních tunelů pod Alpami ve Švýcarsku, seznámily nás s nejnovejšími možnostmi v oblasti razících štítů (velmi zajímavý příspěvek od německé firmy Herrenknecht), technologiemi pro provádění ostění tunelů prefabrikovanými tybinky a stříkaným drátkobetonem a použitím chemických injektáží při utěšňování podzemních objektů. Veškeré přednášky byly doplněny pro lepší interpretaci dokonalou audiovizuální technikou. Škoda jen, že sborník příspěvků obsahuje pouze stručné shrnutí jednotlivých vystoupení přednášejících bez jakýchkoliv ilustrací.

Součástí konference byla i doprovodná odborná výstava vztahující se k tématům zasedání. Celkem bylo prezentováno více jak 60 firem hlavně z Německa.

Poslední den konference byly na programu odborné exkurze, navazující na poslední tématický celek „Podzemní stavby v Berlíně“. Celkový přehled o rozsáhlé, můžeme říci největší v Evropě, stavební činnosti v Berlíně přinesla návštěva informačního centra na Postupimském náměstí, které informuje nejenom o všech velkých stavbách na rozhraní bývalého západního a východního Berlína, ale ukazuje i řešení těchto staveb v centrální oblasti velkoměsta v souvislosti s minimálním omezením normálního života ve městě. Zajímavé je řešení odvozu vytěžené zeminy a dopravy stavebních materiálů na jednotlivá staveniště s využitím říční dopravy na řece Spréve v kombinaci se speciálně vybudovanými dopravními cestami. Při zhlédnutí velkých rekonstrukcí nebo výstavby nových podzemních objektů, jako např. stanic a tras metra a pozemní dráhy, nádraží pro dálkovou železniční dopravu, tunelů pro automobilovou dopravu, lze jen závidět, že se taková stavební iniciativa nevyvíjí také v naší zemi.

Na závěr bych chtěl říci, že se konference těšila velkému zájmu odborníků ze stavebních, projekčních i investorských organizací. Celkem se zasedání zúčastnilo 1283 delegátů ze 16 zemí. Česká republika byla prezentována 19 zástupci z našich nejlepších společností zabývajících se podzemním stavitelstvím a majících chuť přenést nabyté zkušenosti a poznatky na naše projekty.

Ing. Libor Kubiček  
POHL a. s.

## Z ČINNOSTI ODBORNÝCH SPOLEČNOSTÍ ZAJINTERESOVANÝCH DO POZEMNÍCH STAVEB

ACTIVITIES OF PROFESSIONAL CORPORATIONS INTERESTED IN UNDER GROUND CONSTRUCTIONS

### ZÁPIS

z 2. koordinační schůzky zástupců profesních společností, zabývajících se problematikou zemního a horninového prostředí a jeho vyztužováním.

Obchodní a manažerské centrum a. s. METROSTAV, Praha, Ovocný trh 573, dne 11. 12. 1997

Přítomní: dle prezenční listiny

Přítomní zástupci obdrželi informace resp. seznamy členů zainteresovaných profesních společností ve smyslu usnesení minulé koordinační schůzky.

Jednání předsedal: Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.

Předmětem schůzky byl miniseminář ke koordinaci přípravy novel Horního zákona a Stavebního zákona.

Prof. Aldorf úvodem zrekapituloval smysl koordinačních schůzek, které svolává Český tunelářský komitét ITA/AITES.

Zástupci ČBÚ Ing. Bartoš a JUDr. Luks pak podali podrobný výklad o genezi a vývoji Horního práva a o významu připravované novely Horního zákona ve vztahu ke Stavebnímu zákonu.

V diskusi vystoupili zástupci jednotlivých organizací s dílčími podněty a připomínkami.

Hlavní diskutované otázky, vyžadující koordinaci v připravovaných novelách zákonů:

- stavební povolení a kolaudace podzemních staveb
- evidence podzemních staveb v katastru nemovitostí
- majetkoprávní vztahy vlastníka pozemku a investora/majitele podzemní stavby
- výkon stavebního dozoru na podzemních stavbách a jeho časové vymezení
- geologický průzkum a význam termínu „doplňující“
- výstavba podzemních skladů ve vazbě na ekologické aspekty a na úroveň hladiny podzemních vod
- úložiště radioaktivního odpadu
- vliv výstavby podzemních staveb na povrch území a stavby v zóně poklesů, stavební řízení a jeho účastníci.

Přítomní zástupci organizací doporučili, aby členem kolektivu profesních společností byl i zástupce ČBÚ. Prof. Aldorf zajistí projednání s předsedou ČBÚ.

Do příštího časopisu Tunel bude zařazeno upozornění na avizované konference jako např.:

- 26. konference Zakládání staveb 9.–10. 11. 1998
- Geotechnický seminář 11.–12. 5. 1998
- XII. evropská konference „Geotechnical Engineering for Transportation Infrastructure“ 7.–10. 6. 1998

Účastníci přislíbili zajistit zaslání informací o případných dalších akcích z oboru, připravovaných na rok 1998, sekretariátu ČTuK.

Zapsal: Ing. Matzner

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

### CZECH TUNNELING COMMITTEE REPORTS

**Zápis**  
z plenárního pracovního zasedání  
Českého tunelářského komitétu ITA/AITES,  
které se konalo dne 25. 11. 1997  
na pozvání firmy POHL v Roztokách

**Přítomni:** dle prezenční listiny

**Účastníci obdrželi písemné materiály:**

- program jednání
- zpráva o činnosti pracovních skupin (WG) ITA/AITES
- návrh rozpočtu ČTuK na rok 1998
- členská základna ČTuK
- co můžete nalézt v knihovně ČTuK
- aktualizovaný kalendář akcí ITA/AITES, kongresů a konferencí
- přihlášky za členy ČTuK
- přihlášky do ITA/AITES pro organizace jako tzv. „Affiliate member“ K jednotlivým bodům programu:

#### 1. Přivítání účastníků a zpráva o činnosti předsednictva (Ing. Hess)

Předsednictvo zasedalo v době od posledního Valného shromáždění (21. 5. 1997) dvakrát, 5. 9. společně s Přípravným výborem konference PS '97 a 20. 11. t.r. Zabývalo se především kontrolou přípravy konference, hospodařením ČTuK, propagací Inženýrské kanceláře, přípravou pracovního zasedání a dalšího jednání profesních společností.

#### 2. Zpráva o zasedání výkonného výboru (EC) ITA/AITES v Montrealu (Ing. Hess)

EC připravuje na příští zasedání volby nových členů za ty, jimž končí mandát, tj. i na funkci předsedy a místopředsedy. Na tuto funkci doporučilo předsednictvo ČTuK Ing. Hesse. Na programu EC bylo dále sestavení výkladových slovníků pro obor tunelářství, orientace činnosti jednotlivých pracovních skupin (WG) a dlouhodobější vize a perspektivy ITA/AITES. Příští světový kongres se koná v Sao Paulo. Na něm bude česká tunelářská veřejnost prezentována pouze jedním příspěvkem (Metroprojekt a. s.). Publikační činnost a aktivní účast na zahraničních konferencích a kongresech je třeba výrazně zvýšit. Jedině tak se můžeme dočkat větší zahraniční účasti i na našich konferencích „Podzemní stavby“ a posílit naši tunelářskou prestiž ve světě.

#### 3. Zpráva o činnosti pracovních skupin (WG) ITA/AITES (Ing. Romancov)

Předána písemně.

#### 4. Zpráva o konferenci PS '97 (Prof. Barták)

Celková organizační a technická úroveň konference byla všeobecně kladně hodnocena. Rovněž hospodářský výsledek byl příznivý. Účastnilo se jí 270 odborníků z ČR a 11 zemí z Evropy i zámoří. Další podrobnosti budou publikovány v časopisu „Tunel“. Příští konference se bude konat v r. 2000.

#### 5. Průběžná zpráva o hospodaření v roce 1997 a předložený návrh rozpočtu na rok 1998 (Ing. Hess)

Předpokládá se, že po doplácení dosud neuhrazených členských příspěvků a faktur za poradenskou činnost skončí hospodářský výsledek roku se ziskem, který bude použit jako rezerva např. na prezentaci našich výsledků odborné tunelářské činnosti na světovém fóru. Návrh rozpočtu na rok 1998 byl zpracován opět jako vyrovnaný, bude zpřesněn podle výsledků roku 1997 a předložen Valnému shromáždění na jaře 1998.

#### 6. Zpráva o stavu členské základny (Ing. Matzner)

- předsednictvo na svém zasedání 20. 11. 1997 projednalo tyto změny členské základny:
    - k 31. 12. 97 ruší členství Interprojekt s. r. o., Pragoprojekt a. s.
    - k 1. 1. 1998 se stávají členy ČTuK:
      - TUBES, s. r. o. (za a. s. Pragoprojekt)
      - VIS, a. s.
      - Čemák a Hrachovec s. r. o.
      - Ing. Pavel Mařík, ind. člen
    - ČVUT – Kloknerův ústav zůstává nadále členem (Ing. Tomáš Klečka, CSc., ředitel)
  - firma INGUTIS s. r. o. bude prezentována jako INGUTIS CZ
  - členové ČTuK byli požádáni, aby:
    - ověřili v předaném adresáři svou adresu a tel. spojení a sdělili případné změny neprodleně sekretariátu
    - navrhli případné doplnění předaného Kalendáře akcí ITA/AITES o další zajímavé konference, semináře apod., o nichž se dozví
    - použili přihlášku do ČTuK k získání dalších členů našeho Komitétu
    - předali formulář pro „affiliate member“ organizaci příp. jednotlivci, kteří by projevíli zájem stát se přidruženými členy ITA/AITES (dosud jimi jsou MTS a SUBTERRA)
- Členský příspěvek pro organizaci činí 2500 FF, pro jednotlivce 500 FF ročně.

#### 7. Zpráva o rozvoji styků s ostatními příbuznými společnostmi (Ing. Matzner)

Ke koordinační spolupráci se dosud přihlásilo 9 organizací a dnes ještě Česká a Slovenská národní skupina IACMAG (numerické metody – Ing. Doležalová, CSc.). První koordinační schůzka se konala 26. 3. 1997. Na 11. 12. 1997 v 13.00 hod je svolána druhá schůzka jako miniseminář k problematice vazeb mezi připravovanými novelami Horního zákona a Stavebního zákona. Uskuteční se u Metrostavu, čp. 573, Ovocný trh.

#### 8. Zpráva o Inženýrské kanceláři

Dosud jí byla zadána a zpracována pouze jedna zakázka. Byl dohodnut způsob, jak informovat rozhodující orgány a organizace o její funkci, rozsahu činnosti, zárukách objektivit výstupů a prezentovat nabídky jejich služeb. Inzerce v médiích je nákladná a neúčinná.

#### 9. Zpráva o činnosti Redakční rady (RR) časopisu „Tunel“ (Ing. Novotný)

Tunel si zachovává dobrou úroveň, zápasí však s nedostatkem autorských článků. Vyzývá proto členy k větší publikační činnosti.

Zároveň je třeba zveřejňovat počet výtisků, který členské organizace v závislosti na své velikosti a charakteru dosud dostávaly. Návrhy na změnu (zvýšení/snížení žádaného počtu) sdělí členové sekretariátu nejpozději do 15. 12. 1997 (nejlépe faxem na 66 79 34 79).

#### 10. Různé

- na Valné shromáždění a Pracovní zasedání budou zváni i zástupci ČTuK na WG ITA/AITES a předseda RR „Tunelu“ – zajistí sekretariát
- prof. Trávníček informoval o vyhodnocení studentské soutěže, do níž bylo přihláшено 8 prací. Zpracovatelé nejlepších třech (z Prahy, Brna a Ostravy po jednom) budou pozváni na jarní Valné shromáždění k převzetí odměn. Současně informoval o všestranném zhodnocení kvality tunelu na Pražské radiále v Brně, který je právě uváděn do provozu. Dále upozornil na konferenci Geotechnika v dopravním stavitelství, která se má konat v 11/98
- Ing. Sochůrek upozorňuje na možnou spolupráci IK s Pražskou hospodářskou komorou v oblasti podzemního urbanismu
- Dr. Tesař doporučuje, aby se IK angažovala v expertizách pro tunely na D8
- Ing. Rataj nabídl ČTuK uspořádání Valného shromáždění v předpokládaném termínu v polovině března 1998 firmou Zakládání Group v Brně. ČTuK s díky přijímá
- Ing. Hess poděkoval všem, kteří se podíleli na úspěšném dokončení tunelu Hřebeč a pozval přítomné na otevření Strahovského tunelu 2. 12. 1997

#### 11. Prezentace firmy POHL a jejích staveb

Ing. Pohl informoval o vzniku a rozvoji firmy a o hlavních stavbách, které jsou rovněž uvedeny v předané referenční publikaci. Zároveň pozval účastníky zasedání na exkurzi do podzemí bývalé roztocké cihelny, kde byly zřízeny sklepní sklady.

Zapsal: Ing. Matzner  
Ověřil: Ing. Hess



## SPRAVODAJSTVO ZO SLOVENSKEHO TUNELÁRSKEHO KOMITÉTU

SLOVAK TUNNELLING  
COMMITTEE REPORTS

Rok 1997 bol po mnohých stránkach pre odborníkov, ktorí sa podieľajú na príprave, projektovaní a výstavbe diaľničných tunelov v SR rokom naplneným zaujímavými odbornými akciami a dynamickým odštartovaním prvých tunelových stavieb. Z odborných akcií najvýraznejšími udalosťami roku boli viedenská tunelárska konferencia ITA/AITES a pražská konferencia „Podzemné stavby '97.. Na prvých dvoch stavbách tunelov Branisko a Ovčiarsko razičské osádky vyrazili takmer 5 km prieskumných štôlní pre účely podrobného geologického a hydrogeologického prieskumu na trasách budúcich tunelov. Prieskumná štôlnia na tuneli Branisko skončila oficiálnym finále v podobe aktu prerážky dňa 19. decembra 1997.

Roku 1998 sa tunelárska „horúčka“ bude ďalej stupňovať. Prvým významným aktom bude prerážka prieskumnej štôlnie Ovčiarsko, začne sa s výstavbou tunelov Horelica a Ovčiarsko a odštartuje sa razičské razičské prieskumných štôlní.

Z odborných akcií, ktoré sa pripravujú v SR na rok 1998 bude najvýznamnejšou **Medzinárodná výstava a sympóziom TUNELY '98** v Žiline v dňoch 2.-6. júna 1998. Organizátorom výstavy a sympózia je Dom techniky ZS VTS, s. r. o. Žilina, spoluorganizátorom je Slovenský tunelársky komitét.

Nomenklatúra výstavy a sympózia:

### I. TECHNICKÉ ZARIADENIA PRE TUNELOVANIE V ZEMINÁCH

1. štíty kruhového a nekrhového tvaru
2. mechanizované štíty
3. betonitové štíty
4. zeminové štíty
5. razičské malých profilov – mikrotunelovanie

### II. MECHANIZÁCIA A TECHNOLOGIE RAZENIA V SKALNÝCH HORNINÁCH

1. vrátcou a trhacou technikou
2. tunelovanie novou rakúskou tunelovacou metódou (NATM)
3. komplexne mechanizované razičské (TBM)

### III. STAVEBNÉ MATERIÁLY PRE PODZEMNÉ KONŠTRUKCIE

1. monolitické betóny
2. striekaný betón
3. prefabrikované prvky
4. hydroizolačné materiály

### IV. MONITORING GEOTECHNICKÝCH PROBLÉMOV

– technológie, technické prostriedky a softwary

### V. PREVÁDZKOVÁ VYBAVENOSŤ DIAĽNIČNÝCH TUNELOV

1. technické prostriedky na vetranie tunelov
2. technické prostriedky na osvetlenie tunelov
3. technické prostriedky pre monitorovanie a signalizáciu funkčnosti tunelov

### VI. INŽINIERSKA ČINNOSŤ V PODZEMNOM STAVITEĽSTVE

1. projektovanie podzemných konštrukcií
2. software návrhu a projektovania
3. poradenská a konzultačná činnosť
4. vzdelávanie odborníkov v oblasti podzemných stavieb
5. centrum vedeckotechnických informácií v danej oblasti

Umiestnenie tejto akcie v Žiline je motivované predovšetkým tým, že v okolí Žiliny bude v najbližšom období najviac tunelových stavieb a jednak tým, že Žilina má vo výstavníctve isté tradície (ako aj vhodný výstavný areál).

Organizátori sympózia a výstavy Tunely '98 veria, že to bude vhodná príležitosť na stretnutie odborníkov a prezentáciu ich najnovších poznatkov, nadviazanie ďalších kontaktov a prehliadku vyspelej tunelárskej techniky.

Podľa výsledkov predbežného prieskumu sa očakáva veľký záujem o účasť na tejto akcii.

Ing. Jozef Frankovský  
člen predsedníctva STK

## KALENDARIUM ITA/AITES

CALENDAR ITA/AITES

**25.-30. 4. 1998**, Sao Paulo, Brazília, svetový tunelársky kongres '98 "Tunnels and Metropolises". Konečný termín pro příspěvky byl 31. 8. 1997. Z ČR byl ohlášen prostřednictvím ČTuK jediný příspěvek Metroprojektu Praha.

**7.-9. 6. 1998**, Stockholm, mezinárodní kongres "Underground Construction in Modern Infrastructure", sponzorovaný ITA/AITES a ISRM.

Termíny: do 31. 1. 1998 kompletní příspěvky

Pořádá: Swedish Rock Construction Committee

**7.-10. 6. 1999**, Amsterdam, 12. evropská konference "Geotechnical Engineering for transportation Infrastructure".

Termín k přihlášení abstraktů příspěvků: 15. 2. 1998

Termín k předložení kompletního příspěvku: 1. 10. 1998

**8.-11. 6. 1998**, Lausanne, Švýcarsko, konference, výstava INTERNATIONAL NO-DIG98

**8.-10. 9. 1998**, Petrohrad, Rusko, mezinárodní konference "Underground City: Geotechnology and Architecture". ČTuK zaslal abstrakt jednoho kolektivního příspěvku.

Termín pro přihlášky dle pořadatele 02/1998.

**Říjen 1998**, Xian, Čína, konference u příležitosti 10. valného shromáždění Čínské tunelářské společnosti CCES "Tunneling and Underground Works Towards the 21st Century".

Termín pro abstrakty byl 10/1997

**9.-10. 11. 1998**, Brno, 26. konference „Zakládání staveb 1998 – geotechnické problémy dopravních staveb“.

Termíny: – anotace 30. 1. 1998

– předání přijatých kompletních příspěvků 1. 6. 1998

**8.-10. 12. 1998**, Basel, Švýcarsko, 4. Mezinárodní výstava INTERTUNEL (Europe) 98 - tunelářství a podzemní těžba

**21.-24. 3. 1999**, Melbourne, 10. australská tunelářská konference "The Race of Space". Pro příspěvky platí tenzo harmonogram:

1. 6. 1998 – uzávěrka pro abstrakty

30. 6. 1998 – vyznění o přijetí

30. 9. 1998 – uzávěrka příspěvků

Pořádá: Australian Underground Construction and Tunnelling Association.

**29. 5.-3. 6. 1999**, Oslo, Světový tunelársky kongres ITA/ AITES

Poslední termín pro zaslání abstraktu příspěvku: 15. 7. 1998

Termín pro kompletní příspěvek po přijetí abstraktu: 15. 1. 1999

**29. 6.-4. 7. 1999**, Xian, Shaanxi, Čína, 8. Mezinárodní tunelářská konference "Underground Space 1999"

#### Závěrem:

- ke všem akcím Vám poskytneme další informace z podkladů, které máme k dispozici
- využíváme všech možností, t.j. zveřejněním v „Tunelu“, při Valných shromážděních či dopisy, abychom Vás informovali o tunelářských konferencích ve světě. Chceme Vás tím vybídnout k aktivitě v publikační činnosti a k častější prezentaci výsledků práce v našem oboru na světovém fóru. Zajistíme vám odeslání příspěvků pořadatelům. Pokuste se uplatnit naším prostřednictvím příspěvek i v případě, že jste nestihli termín pro "call for papers".

Sekretariát ČTuK

## INFORMACE

## INFORMATION

CO MŮŽETE NALÉZT  
V KNIHOVNĚ ČTuK ITA/AITES

## A. ČASOPISY

- „Tunel“ (ČTuK) – od ročníku 1992
- „Tunel and Underground Space Technologie“ / (ITA/AITES) – od č. 4 ročníku 1993
- „Tribune“ (ITA/AITES) – od čísla 1 (12/1996)
- „No Dig International“ – od roku 1996
- „No Dig“ (ČR) – od roku 1997
- „Galerie“ (Itálie) – od roku 1994
- „Tunnels et ouvrages souterrains“ (FR) – od roku 1996
- „Tunel“ (NSR, STUVA) – od roku 1995
- „International Construction“ (USA) – od roku 1995
- „World Tunnelling“ (GB) – od roku 1995
- „Engineering News Record“ (USA) – od roku 1997
- „Tunnel and Tunnelling International“ (GB) – od roku 1997
- „World Underground Space“ Podzemnoe prostranstvo mira (Rusko) – od roku 1996
- Japonský tunelářský časopis (Jap) – od roku 1993
- některá čísla skandinávských tunelářských časopisů

## B. SBORNÍKY PŘÍSPĚVKŮ

- Sborník příspěvků na konferenci ČTuK PS '94, PS '97
- Sborník příspěvků „Hornická Příbram '95“
- Sborník příspěvků konference „Tunely pre tretie tisícročie“, Prievidza 1996
- Sborník příspěvků „Geotechnická konference“, Bratislava 1996
- Sborník příspěvků „Budownictwo podzemne '96“, Krakov 1996
- Sborník příspěvků „Tradition & Development in Underground Constructions“, Brašov 1996
- Sborník příspěvků ze světového kongresu ITA/AITES „Tunnelling Asie '97“, New Delhi 1997
- Sborník příspěvků ze světového kongresu ITA/AITES „Tunnels for people“ (2 svazky), Wien 1996

## C. ZPRÁVY Z VALNÝCH SHROMÁŽDĚNÍ ITA/AITES

## D. RŮZNÉ PŘÍRUČKY

- Hornická ročenka '92, '93
- „Tunnelbau 1994“, Essen 1994
- Safe Working in tunnelling (SRN) 1989

## UPOZORŇUJEME

- **Mezinárodní kongres „Podzemní stavby v moderní infrastruktuře“** bude zahájen již 7. června ve Stockholmu. Na programu je šest témat: Tunely a veřejnost, Plánovitě využití podzemí, Provozování podzemních zařízení a jejich produkty – záruky kvality, Dlouhodobé výkony podzemních zařízení, Podzemní úložiště jaderného odpadu, Nový rozvoj technologií výrubu. Další podrobnosti a přihlášky jsou k dispozici v sekretariátu ČTuK.
- **Sborník příspěvků** z konference ITA/AITES v Montréalu „Underground Space: Indoor Cities of Tomorrow“ je možno si objednat v sekretariátu ČTuK za cenu 100 CanD mimo poštovného.
- **Associated research Centers for the Urban Underground Space (ACUUS)** nabízí členství v asociaci se sídlem v Montréalu. Přihlášky jsou k dispozici v sekretariátu ČTuK.

Sekretariát ČTuK

TKPD – TUNELY,  
PODZEMNÍ OBJEKTY A GALERIE

Pragoprojekt Praha v loňském roce dokončil redakční práce na Technických podmínkách pro dokumentaci staveb pozemních komunikací (dále jen TKPD) a po jejich vytištění se distribuce předpokládá v březnu roku 1998.

TKPD jsou členěny do 11 kapitol, z nichž kapitola č. 7 s názvem „TUNELY, PODZEMNÍ OBJEKTY A GALERIE“ je věnována problematice dokumentace a přípravě tunelových staveb.

TKPD obsahují základní požadavek na návrh tunelových staveb, které jsou obecně platné pro všechny stupně dokumentace. Podobně jsou zpracovány rozsahy a obsahy studie, dokumentace pro územní rozhodnutí, dokumentace pro zadání stavby a to jak v části stavební, tak v části technologického vybavení tunelů. Nově jsou vypracovány obsahy dokumentace pro zadání geotechnického monitoringu a dokumentace pro zadání stavby. Poslední dvě kapitoly se zabývají kontrolou a odsouhlasením dokumentace.

Součástí TKPD je 8 příloh, kde je uvedena náplň realizační dokumentace stavby, dokumentace skutečného provedení stavby a autorského dozoru. Důležitou činností u tunelových staveb je příprava geotechnického dozoru a monitoringu a pasportizace objektů. Dané problematice jsou věnovány 3 přílohy. Vzhledem k složitosti problematiky TKPD obsahují také výklad základních pojmů (indukované účinky související se stavbou, zóna ohrožení, zóna sledování, odolnost objektu). Především pro potřeby investora jsou do přílohy zařazeny základní zásady, požadavky, úkoly a cíle geotechnického průzkumu.

TKPD budou schváleny a vydány Ministerstvem dopravy a spojů České republiky – Odborem pozemních komunikací.

TKPD se vhodně uplatní v souvislosti se zaváděním Rezortního systému jakosti v oboru pozemních komunikací (RSJ – PK), v němž jsou bližší podrobnosti např. ve Věstníku dopravy č. 21–23 z roku 1996, ve Věstníku dopravy č. 18 z roku 1997 aj.

TKPD kapitola č. 7 – „TUNELY, PODZEMNÍ OBJEKTY A GALERIE“ (tunelové stavby) se stanou určitě dobrou pomůckou nejen pro projektanty, ale také pro investory, kteří připravují tunelové stavby. Na zpracování TKPD se podíleli přední odborníci z oboru, kteří do nich aplikovali dlouholeté zkušenosti.

V současné době stejný pracovní kolektiv připravuje změnu TKP pro realizaci tunelových staveb.

Specialisté a. s. PRAGOPROJEKT také zajistí koordinaci, činnost redakční rady, tisk a distribuci. Tyto TKPD případně i samostatnou kapitolu č. 7 věnovanou podzemním stavbám lze objednat u pí. Pencové, tel. 02/61 26 20 63/284 nebo u p. Jiřího Jeslínska, tel. 02/61 26 20 63/346.

Ing. Jiří Svoboda,  
Ing. Henrieta Radová,  
divize obchodně-technická,  
Pragoprojekt



# METROPROJEKT Praha

## akciová společnost

I. P. Pavlova 2/1786, 120 00 Praha 2, Česká republika

Zajišťujeme veškerou přípravnou, 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

**NEJEN PRAŽSKÉ METRO REPREZENTUJE NAŠI PRÁCI**

Spojení:

Ředitel společnosti  
Technický náměstek  
telefonní ústředna: 420-2/154 111

tel.: [420]-(0)2/2424 0025  
tel.: [420]-(0)2/2422 9734  
tel.: [420]-(0)2/2424 0051



# FIRMA POHL

## PŘIJME

**VEDOUCÍHO OBCHODNÍHO ODDĚLENÍ**

**NABÍZÍME VÁM:**

- zajímavou manažerskou práci ve vedení společnosti
- nadstandardní ohodnocení – manažerskou smlouvou
- firemní vůz
- možnost řešení bytové otázky

**OČEKÁVÁME:**

- ochotu k vysokému pracovnímu nasazení v časově náročné práci
- zkušenosti a kontakty v oboru
- vzdělání VŠ nebo SŠ
- příjemné vystupování a dobré vyjadřovací schopnosti

**VÍTÁME:**

- aktivní znalost světového, nejlépe anglického jazyka
- základní znalost práce na PC

BLIŽŠÍ INFORMACE POSKYTNE: ING. PETR POHL, TEL.: 02 / 2010 5317, 0602 / 227 488

# TECHNICKÉ A INŽENÝRSKÉ SLUŽBY PRO VODOHOSPODÁŘSKOU VÝSTAVBU

Projektová a inženýrská organizace s 45 letou tradicí



**Botanická 56, 656 32 BRNO**

tel.: 05 / 41554 111

fax: 05 / 4121 1205

E-mail: [aquatis@aquatis.cz](mailto:aquatis@aquatis.cz)

<http://www.aquatis.cz>



**Kontaktní kancelář Praha**

Dělnická 12, 170 04 PRAHA 7

tel.: 02/872 3313, fax: 02/6671 0973

**Nabízíme:**

**Inženýrskou a projektovou činnost ve všech oborech vodního hospodářství**

Podzemní inž. stavby, kolektory, štol, kaverny, tunely \*  
Kanalizační sítě, ČOV \* Vodovody, úpravny vod \* Čer-  
pací stanice všech typů \* Skládky komunálních, průmys-  
lových a toxických odpadů \* Úpravy toků \* Jezy včetně  
vakových jezů \* Rybníky \* Hráže \* Přehrady \* Vodní  
elektrárny všech velikostí \* Rekultivace pozemků \*  
Veškeré práce průzkumné \* Geodetické práce \* Posudky  
EIA \* Finanční projekty a další práce

**Konzultace a poradenství ve všech oborech vodního hospodářství a ekonomie**

**Inženýring**

**Zajištění dodávky staveb "na klíč"**

## INŽENÝRSKÁ KANCELÁŘ PŘI ČESKÉM TUNELÁŘSKÉM KOMITÉTU ITA/AITES

(IČO 49629972)

nabízí orgánům státní správy a samosprávy, investorům, projektantům a dodavatelům objektivní a vysoce kvalifikované

• **expertízy** všech typů studií a projektů z oblasti podzemního urbanismu a podzemních staveb

• **návrhy a posuzování**

– hloubených i ražených podzemních staveb

– sanační opatření a rekonstrukční postupy při zakládání staveb a podzemním stavitelství

– využití stávajících i nových podzemních prostor pro účely ukládání odpadů,

skladování energetických médií, zásobování vodou, čištění odpadních vod, garážování apod.

– stability skalních stěn

• **konzultace** koncepčních i dílčích problémů inženýrské geologie, mechaniky hornin, zakládání staveb a podzemního stavitelství

**Kontaktní adresa:**

Sekretariát Českého tunelářského komitétu ITA/AITES, Dělnická 12, 170 04 Praha 7

Tel./fax: 66 79 34 79, Ing. Karel Matzner

## CENÍK INZERCE V ČASOPISU „TUNEL“

### UVNITŘ ČASOPISU

celostránkový inzerát černobílý 11 000 Kč

celostránkový inzerát barevný 14 000 Kč

půlstránkový inzerát černobílý 5 500 Kč

### NA OBÁLCE ČASOPISU

celostránkový inzerát černobílý – 3. strana 16 000 Kč

celostránkový inzerát barevný – 3. strana 20 000 Kč

půlstránkový inzerát černobílý – 3. strana 8 000 Kč

celostránkový inzerát barevný – 4. strana 25 000 Kč

Inzerce v celém ročníku – sleva 10 %.

Redakce si vyhrazuje právo regulace inzerce s ohledem na druh a velikost podle počtu zájemců a jejich požadavků.

Ceník pro rok 1998 schválen Redakční radou časopisu 8. 1. 1998.

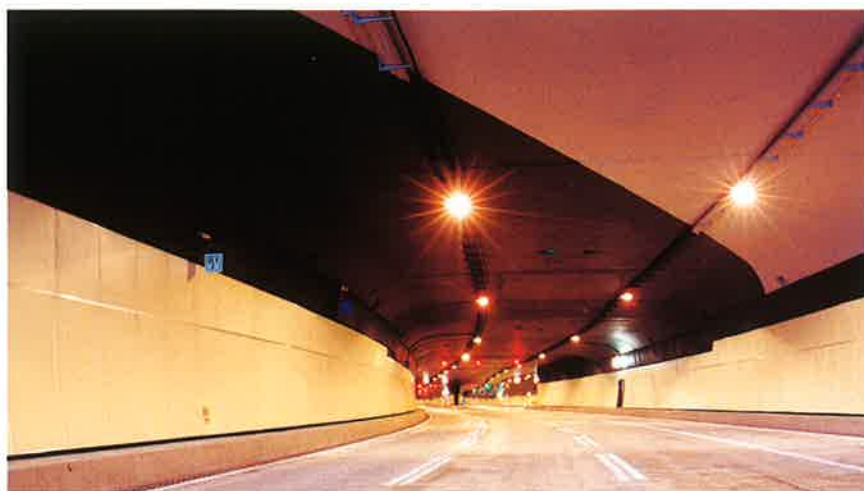
# GLASAL

## nejkvalitnější obklad interiérů podzemních staveb

Otevřením Strahovského tunelu v Praze Česká republika rozšířila počet zemí, v nichž jsou tunely obloženy tímto jedinečným materiálem



GLASAL, výrobek firmy ETERNIT Belgium, splňuje ty nejnáročnější požadavky kladené na provoz v podzemí. Dokladem jsou mnoho let provozované silniční tunely i tunely metra na celém světě – od Tokia přes Budapešť až po Chile.



Použití se neomezuje jen na dopravní stavby – viz podzemní hala nedávno rekonstruované Štěchovické přečerpávací hydroelektrárny. Výrobky fy ETERNIT splňují nejen provozní a technologická, ale i ta nejpřísnější zdravotní a ekologická kritéria. Proto je jejich použití běžné i na fasádách budov, v interiérech nemocnic a výroben potravinářského průmyslu.

Akciová společnost ABP Consulting je výhradním zástupcem firmy ETERNIT Belgium pro Českou a Slovenskou republiku.

Pro použití v podzemí nabízíme rovněž penetrační, pohledové a antikoroziční nátěry betonu i kovových konstrukcí. Jsou úspěšně používány v pražském metru, v podzemních kolektorech, na mostech a dalších inženýrských stavbách a konstrukcích.



Kontaktní adresa:  
ABP Consulting, a. s. Praha  
Antala Staška 80, 140 46 Praha 4  
tel./fax: ++420-2-42 78 20

# SUBTERRA

PODZEMNÍ INŽENÝRSKÉ STAVBY



## Podzemní inženýrské a důlní stavby, povrchové stavby

- Stavby vodohospodářské, průmyslové, dopravní a bytové
- Výstavba tunelů, městských kolektorů, vodních přivaděčů
- Rekonstrukce tunelů, kanalizací a stavebních objektů
- Likvidace nebezpečných odpadů, budování skládek
- Projektová a inženýrská činnost, akreditovaná laboratoř

**SUBTERRA a.s., Bezová 1658, 14714 Praha 4, Česká republika**

**Tel.: 0042-2- 462 591, Fax: 0042-2- 466 179**