

# TUNEL

ZPRAVODAJ  
ČESKOSLOVENSKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES  
PODZEMNÍ STAVBY (VÝVOJ, VÝZKUM, PROJEKTOVÁNÍ, REALIZACE)

ITA/AITES



# MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECHOSLOVAK TUNNELLING COMMITTEE

\* Členské organizace vydavatelského systému zpravodaje „TUNEL“

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

**DOPRASTAV**  
Drieňova 27  
826 56 BRATISLAVA

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

**IKE**  
Přemyslovská 41  
130 00 PRAHA 3

\*  
**INGSTAV**  
Videňská 55  
656 29 BRNO

**INTERPOJEKT**  
Žatecká 2  
110 01 PRAHA 1

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

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

\*  
**METROSTAV**  
Dělnická 12  
170 04 PRAHA 7

**PRAGIS**  
Na Vyhlídce  
190 00 PRAHA 9

\*  
**PÚDOS**  
Mýtna 2  
817 58 BRATISLAVA

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

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

\*  
**SUBTERRA**  
Bezová 1658  
147 14 PRAHA 4

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

**UD HAMR, o.z.**  
471 27 STRÁŽ  
POD RALSKEM

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

\*  
**VODNÍ STAVBY, o.z. 05**  
Dobronická 635  
142 25 PRAHA 4

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

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

**VÚIS**  
Botanická 68a  
602 00 BRNO

**VÚIS**  
Lamačská 8  
817 14 BRATISLAVA

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

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

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

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

**VŠB – Katedra geot.**  
a podz. stavitelstva  
tř. 17. listopadu  
708 33 OSTRAVA-Poruba

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

\*  
**PÚDIS**  
Nad vodovodem 169  
100 00 PRAHA 10

**GEOTEST**  
Šmahova 112  
659 01 BRNO

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

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

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

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

# Tunel

Zpravodaj Čs. tunelářského komitétu  
ITA/AITES

## OBSAH

Úvodník ing. Petr Vozarík

METROSTAV staví v Turecku – ing. Miloslav Salač ... str. 3

Dvoukolejné tunely pro pražské metro  
ing. Jaromír Zlámal ..... str. 6

Nové aktivity v řešení cestných a dálničných  
tunelov v ČSFR – Tunel Branisko – ing. Ladislav Tóth . str. 8

Železniční tunel č. 8a – Novohradský  
na trati Brno-Česká Třebová – ing. Milan Krejcar . . . . str. 10

Stabilita kavernového zásobníku – ing. Karel Kloss . . str. 13

Podzemní garáže na náměstí J. Palacha v Praze 1  
ing. Miloslav Novotný, ing. Pavel Lebr ..... str. 18

Podzemní stavby ve Finsku – RNDr. Josef Mühldorf . str. 21

Spojka v Nantenbach – ing. Jiří Brejcha ..... str. 23

---

Zpravodajství Čs. tunelářského komitétu ITA/AITES ..... str. 27

Zpravodajství mezinárodní tunelářské  
asociace ITA/AITES ..... str. 26

Ze světa podzemních staveb ..... str. 28

---

## REDAKČNÍ RADA

Předseda ing. Jaroslav Grán, a.s. METROSTAV  
Ing. Pavel Mařík – PÚDIS, ing. Lúboš Čižmár – PÚDOS,  
ing. Jaroslav Raclavský – Ingstav Brno, RNDr. Josef Mühldorf –  
Stavební geologie a.s., ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby  
s.p., ing. Miloslav Novotný – Vodní stavby 05, ing. Miroslav  
Uhlík – Subterra, ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
ing. Milan Kabátník, ing. Karel Kalsler, Petr Podloucký,  
PhDr. Miroslav Kadlec, ing. Ladislav Pazdera, ing. Pavel Polák –  
a.s. METROSTAV

---

## PRO SLUŽEBNÍ POTŘEBU VYDÁVÁ

Čs. tunelářský komitét ITA/AITES prostřednictvím  
a.s. METROSTAV

---

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, ČSFR  
tel. (tuzemsko): 808 275 tel. (pro zahraničí): 809 453  
telex: 12 12 21 fax: 876 160, 877 495 redakce: 87 23 499  
Ved. redaktor: PhDr. Miroslav Kadlec  
Grafická úprava: Petr Míšek  
Odborný redaktor: ing. Pavel Mařík a ing. Milan Kabátník  
Fotografie: Josef Husák  
Fotografie na obálce: Petr Podloucký

---

## Sazba, tisk a tiskařské práce:

TURNOVSKÉ TISKÁRNÝ s.p.  
511 01 TURNOV, Svobodova 1431

V případě zájmu čtenáře redakce poskytne odborný překlad do  
angličtiny.

---

## Poznámka:

Redakce zpravodaje se omlouvá autorům a čtenářům za tiskařský šotek,  
který se postaral o špatné umístění pírovok u článků ing. Pavla Červeného  
a Petra Znamenáčka č. 2/92.

# Tunnel

Bulletin of the Czechoslovak Tunneling  
Committee ITA/AITES

## CONTENTS

Leading article – Milan Kabátník, editor specialist . . .	page 1
METROSTAV is building in Turkey – Miloslav Salač .	page 3
Double track tunnels for the Prague Underground Jaromír Zlámal . . . . .	page 6
New activities in solution of the road and roadways tunnels in the CSFR – the Branisko tunnel Ladislav Tóth . . . . .	page 8
The railway tunnel No. 8a – Novohradský, on the route Brno – Česká Třebová – Milan Krejcar	page 10
Stability of a cavern storage reservoir – Karel Kloss	page 13
Underground garages in Jan Palach Square in Prague 1 – Miloslav Novotný, Pavel Lebr . . . . .	page 18
Subterrain constructions in Finland Josef Mühldorf . . . . .	page 21
Connecting line in Nantenbach – Jiří Brejcha . . . . .	page 23
News from Czechoslovak Tunnelling Committee ITA/AITES . . . . .	page 27
News from international tunnelling association ITA/AITES . . . . .	page 26
From the world of the underground constructions . . . . .	page 28

## EDITORIAL STAFF

Chairman ing. Jaroslav Grán, METROSTAV  
ing. Pavel Mařík – PÚDIS, ing. Lúboš Čížmár – PÚDOS,  
ing. Jaroslav Raclavský – Ingstav Brno, RNDr. Josef Mühldorf –  
Stavební geologie a.s., ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby  
s.p., ing. Miloslav Novotný – Vodní stavby 05, ing. Miroslav  
Uhlík – Subterra, ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
ing. Milan Kabátník, ing. Karel Kaisler, Petr Podloucký,  
PhDr. Miroslav Kadlec, ing. Ladislav Pazdera, ing. Pavel Polák –  
METROSTAV

## FOR THE SERVICE REQUIREMENTS PUBLISH

Czechoslovak Tunnelling Committee Joint-Stock Company  
METROSTAV

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, CSFR, phone (inland): 808 275  
phone (foreign): 809 453 telex: 12 12 21 fax: 876 160, 877 495  
Newsroom phone: 87 23 499  
Editor in chief: PhDr. Miroslav Kadlec  
Graphic: Petr Míšek  
Special editor: ing. Pavel Mařík and ing. Milan Kabátník  
Pictures: Josef Husák  
Cover: Petr Podloucký

## TYPE, PRESS AND PRINTER'S WORK:

TURNOV PRINTING OFFICE, State Enterprise  
511 01 TURNOV, Svobodova 1431

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

Vážení kolegové a čtenáři,



asi nebude daleko od pravdy, když budu tvrdit, že hlavně rozvojem sítí podzemních drah v městských aglomeracích se začala výrazně prosazovat myšlenka využívání podzemních prostor ve všech směrech městotvorné funkce, jako druhé úrovně města v podzemí.

Každý, kdo se podívá na přeplněné ulice dnešních velkoměst, trvalé dopravní zácpy, zbytky původní krajinné flóry a vzrůstající ceny pozemků nemůže uvažovat jinak. Není to jen problém vyspělých měst západního světa, ale čím dál víc problém velkoměst přelidněných rozvojových zemí.

Využívání podzemních prostor od prvopočátku lidských dějin je doménou člověka. Vždyť v mnohých oblastech to bylo jeho obydlí či úkryt. S rozvojem hornictví v dějinách byly získávány bohaté zkušenosti pro budování podzemních děl, tunelů, štol, sklepení či studní, což se hlavně využívalo při výstavbě měst. Rozvoj železniční dopravy v 19. století významně rozšířil obor tunelářství a tento rozvoj v nebyvalé míře trvá do dnešních dnů, s bohatým přispěním vědeckotechnické revoluce hlavně ve strojním vybavení a v technologiích.

Dnešní moderní města mají vybudovanou rozsáhlou síť rychlodrah a kolektorů, staví podzemní garáže a sklady, a přesto na povrchu je člověku víc a víc těsno. Odborný svět urbanistů, architektů, psychologů, specialistů na životní prostředí a nakonec inženýrů – projektantů a zahradních architektů se dále zamýšlí nad efektivnějším využitím podzemí pro život a činnost člověka. Obrací se na náměty do historie i do fantastické literatury, studuje fyzické a psychické dopady na člověka žijícího v podzemí a tak shrnuje soubor zkušeností a znalostí pro nové projekty, o které žádají přeplněná města. Tak se rodí projekty rozlehlých nákupních středisek v Japonsku, podzemních kongresových hal v historických částech měst, muzeí a divadel ve skalních útvech, knihoven, dílen, služeb, autobusových nádraží, bazénů, ale i rozsáhlých regionů podzemních domů, které zachovávají ráz krajiny, mají přijatelné klimatické podmínky a chrání životní prostředí.

Jsou to mnohé projekty pro 21. století, ke kterému se rychle blížíme, ale musíme si uvědomit, že jsou to také projekty, bez nichž by lidstvo v dalších stoletích nemohlo žít. Vždyť jak jinak nazvat projekt desítek kilometrů tunelů a podzemních hal zakruhovaného největšího urychlovače světa stavěného v Texasu. Tento po vybudování a vybavení bude sloužit objevům stejné velikosti, jako byly objevy Maxwellovy, Faradayovy či Einsteinovy. A právě na nových objevech bude záležet, jak lidstvo získá energetický potenciál pro život, aniž by ničilo už dnes tak devastované životní prostředí.

Celá 5. mezinárodní konference na využití podzemních prostor v Delfách, které jsem se i s některými kolegy z Československa zúčastnil na začátku srpna letošního roku, byla většinou svých příspěvků věnována těmto skvělým perspektivním projektům.

Přeji také našim tunelářům a ostatním stavbařům, aby měli brzy příležitost nějaký projekt nového století realizovat.

*Ing. Petr Vozarik*



*Dear Sirs,*

*Today, on the threshold of the nineties, at the time when our country is reentering, with understandable reservations and difficulties Europe again, we are offering foreign investors, designers, contractors and suppliers with interest in Czechoslovakia, our experience, abilities and skill.*

*More than the twenty years' tradition of METROSTAV is illustrated by dozens of kilometres and stations of the Underground in the capital of Czechoslovakia, Prague, daring administrative buildings, high capacity storage halls, exacting water management structures, modern sports complexes, reconstructed historically valuable buildings and places.*

*We shall not disappoint you.*

**METROSTAV**

joint-stock company  
Czechoslovakia

PHONE: 00422 — 876112

FAX: 00422 — 875387

Czechoslovakia



# METROSTAV STAVÍ V TURECKU

AUTOR: ing. MILOSLAV SALAČ a. s. METROSTAV

## METROSTAV IS BUILDING IN TURKEY

THE ARTICLE INFORMS ABOUT ENTERPRENEURIAL ACTIVITIES OF METROSTAV, JOINT STOCK COMPANY, ABROAD AND ABOUT THE BIGGEST FOREIGN ORDER IN TURKEY TO DATE, FOR CONSTRUCTION OF ROADWAY TUNNELS IN SELATIN. THE CONTRACT CONCERNS THE BUILDING OF 1,500 METERS OF TUNNELS AND MASTERING IN PRACTICAL APPLICATION THE NEW AUSTRIAN TUNELLING METHOD (NATM) ON BIG TUNNELS AND ENSURING ITS OWN ENTRY INTO THE CONSTRUCTION MARKET IN TURKEY.

### ÚVODEM

Aktivita zahraničního podnikání Metrostavu v posledních letech dosáhla konkrétních podob. V současné době Metrostav staví nebo se na stavbách podílí v Německu, na Kypru a v Turecku.

Zatím největší zahraniční zakázku získal Metrostav v Turecku na stavbě dálničních tunelů Selatin. Tato spolupráce má asi dvouletou historii svého vývoje. V druhé polovině roku 1990 jednal Technoexport s tureckou firmou URAS Group o možnostech spolupráce. Na otázku existence československé stavební firmy, která je schopna provádět velké tunelářské stavby, Technoexport doporučil tureckému partnerovi kontaktovat Metrostav jako dodavatele tunelových staveb na pražském metru a Strahovském tunelu. Tento kontakt uskutečnila turecká firma Kutlutas počátkem roku 1991 při návštěvě svého prezidenta pana Koçaka v Praze. V té době se jednalo o možnost spolupráce na stavbě tunelů Balçova jako součásti dálničního obchvatu Izmiru. Metrostav pro tuto stavbu zpracoval koncem 1. pololetí 1991 svou nabídku, avšak při schvalovacím řízení projektu Balçovy na ministerské úrovni se ukázalo, že je potřeba tento projekt upravit a připravit pro nové schvalovací řízení, plánované na první čtvrtletí 1992. Firma Kutlutas na základě této skutečnosti nabídla v polovině roku 1991 Metrostavu spolupráci při výstavbě již započatých tunelů Selatin na dálničním tahu Izmir–Aydin. Tato nabídka byla též motivována nespokojeností firmy Kutlutas s kvalitou a pomalým tempem výstavby místní turecké stavební firmy, v té době tunely provádějící. Metrostav v létě 1991 urychleně zpracoval nabídku na dva tunely Selatin a 25. září 1991 podepsal kontrakt na provedení 1500 m tunelů s možností úpravy rozsahu dle potřeby v hodnotě 2,740 mil. USD.

Oficiálně byly Metrostavem práce zahájeny 11. listopadu 1991.

Celá stavba dálničního tahu Izmir–Aydin včetně tunelů Selatin je budována jako státní zakázka. Projektční, konzultační a technicko kontrolní činnost zajišťuje rakousko turecká konzultační firma EMG. Realizace zajišťuje joint venture KDJV (turecká fa Kutlutas a americká Dillingham).

Kontrakt byl uzavřen mezi Metrostavem a KDJV na realizaci vlastní ražby tunelů s tím, že strojní a materiálové vybavení stavby zajišťuje KDJV.

Jednou z podmínek kontraktu je, že si Metrostav zajistí svoji registraci v Turecku (dnes MTS – Izmir, sídlo Izmir – Bornova) a tím bude dán právní základ možnosti samostatně vystupovat, kupovat vybavení, najímat pracovní síly, zajistit pracovní povolení a pobytová víza.

V dnešní době Metrostav usiluje o registraci samostatné stavební společnosti v Turecku pro získávání vlastních licencí, např. na dovoz strojů apod.

Doba realizace prací Metrostavu na tunelech Selatin je v kontraktu závislá na výkonech ražení podle klasifikace horninových a technologických podmínek (rock class). Každý měsíc se provádí vyhodnocení prací a případné neodůvodnitelné neplnění výkonů lze podle kontraktu postihnout uplatněním penále.

V době zpracování tohoto článku se stavba potýká s finančními problémy. Nová turecká vláda s politickou podporou demokratické strany pozdržela schválení státního rozpočtu na rok 1992 a tím i finanční prostředky na státní zakázky. V důsledku toho dochází od počátku roku 1992 k častému přerušování prací.

### VLASTNÍ STAVBA

Dálniční tah Izmir–Aydin je dlouhý přibližně 90 km, tunely Selatin poblíž městečka Selçuk nahrazují část stávající silnice přes průsmyk (která je v zimě téměř nesjízdná) v délce cca 25 km. Vlastní tunely Selatin jsou ražené, třípruhové, dálničního typu a dlouhé 2940 m.

Metrostav převzal staveniště na severním portálu. V době převzetí staveniště bylo na pravém tunelu (ve směru ražby) vyraženo cca 400 m a na levém necelých 90 m.

Na pravém tunelu byla čelba stabilizována na kalotě a bylo ponecháno minimální jádro v délce zhruba 9–12 m. Na levém tunelu byly práce předešlou tureckou stranou přerušeny po závalu, do kterého, jako průzkumné dílo, byla vyražena štola o profilu 19 m<sup>2</sup> v délce 25 m. Tento stav do zahájení prací Metrostavem trval na levém tunelu cca 3/4 roku.

Z jižního portálu razí tunely Selatin turecký subkontraktor KDJV. Na obou tunelech však došlo v srpnu 1991, po vyražení zhruba 800 m, k závalům, které byly vymáhány až počátkem roku 1992.

Práce Metrostavu byly zahájeny nejdříve na pravém tunelu a po měsíci pak i na levém. Koncem února bylo vyraženo na straně Metrostavu na pravém tunelu cca 500 m, na levém cca 100 m.

### GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Skalní masiv lze hodnotit jako geologicky pestrý, tektonicky porušený. V celé délce tunelu se vyskytují dvě výrazná souvrství lišící se především pevnostními a strukturními vlastnostmi. První souvrství je tvořeno břidličnatými horninami vizuálně připomínajícími jílovité vrstvy břidlic pražského ordoviku. Jejich vlastnosti jsou značně proměnlivé, vrstevnatost je tvořena tenkými deskami až bloky různě uloženými, provráslenými, tektonické pukliny jsou místně 5–7 cm vyplněné vykrystalizovaným kalcitem. Měkčí vrstvy mají pevnosti 5–10 MPa a dají se rozpojovat nedestruktivně, pevnější polohy mají pevnost až 60 MPa a rozpojují se s pomocí

trhacích prací. Na straně prací Metrostavu je toto břidličnaté souvrství v délce cca 650 m a je prostoupeno několika výraznými poruchami.

Druhé souvrství je tvořeno krystalickými vápenci s možným výskytem hydrotermálních změn (možné krasování). Předpokládají se podstatně vyšší pevnostní charakteristiky těchto hornin, řádově 80–200 MPa.

Horniny jsou zaříděné podle klasifikačních tříd (rock class, zkratka RC) s vazbou na technologické podmínky výstavby (záběr) a dimenzování provizorního ostění. Rozsah těchto RC je I až VI, přičemž třída I zahrnuje horniny kvalitativně nejlepší a třída VI nejhorší. U prvního břidličnatého souvrství se zařídění hornin pohybuje v rozmezí tříd RC II–VI, u souvrství krystalických vápenců se zaříděním hornin bude pohybovat především ve třídách RC II–III, výjimečně IV.

## TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Ražení tunelů probíhá s pomocí nové rakouské tunelovací metody, na pravém tunelu s použitím trhacích prací, na levém do konce února 1992 pomocí nedestruktivního rozpojování, v březnu 1992 se postupně přechází na rozpojování pomocí trhacích prací. Záběry a návrh provizorního vystrojení jsou stanovené podle jednotlivých RC od 4 do 0,75 m. Během ražení levého tunelu v místě závalu byla uplatněna z hlediska provádění doplňující RC PORTAL se specifickými technologickými postupy, mezi než patří i ruční rozebírání nesoudržných hornin, speciální členění čelby atd. Provizorní (primární ostění) je tvořeno systémem: stříkaný beton na síť, ocelové oblouky výztužné, kotvení. Tloušťka stříkaného betonu je proměnná podle RC od 5 do 30 cm, rozteče rámu a hustota kotvení (včetně délek jednotlivých kotev) jsou též závislé na RC.

Plocha výrubu tunelu se pohybuje mezi 140 až 150 m<sup>2</sup>/bm podle RC a nutné tloušťky provizorního ostění.

Základní technologické členění je u RC II–III na kalotu (plocha cca 75 m) a jádro (plocha cca 55 m<sup>2</sup>) s tím, že odstup těžby jádra od čelby kaloty je proměnný – RC II může být větší jak 100 m, u RC III méně jak 50 m. U RC IV je členění čelby ve 4 etapách s nutnou protiklenbou ve dně tunelu, prováděnou s odstupem méně jak 25 m od čelby kaloty. U RC V – RC Portal je členění čelby na více etap s různými odstupy jednotlivých úrovní.

Během ražení tunelů si KDJV zajišťuje měření deformací horninového masivu ve vyraženém tunelu a operativně se reaguje na zvýšené deformace zesílením či zhuštěním výztuže tunelu, v extrémních případech pak speciálními úpravami profilu, jako je uzavření kaloty provizorní betonovou protiklenbou. Takový případ nastal v únoru 1992 při ražbě pravého tunelu v prostoru kaloty vzdáleném od čelby kaloty 15–30 m. Základní deformační tolerance primárního ostění tunelu je stanovena na 10 cm.

Pro případy nenadálých nadvýlomů či závalů se stanovují zvláštní technologické postupy podle rozsahu těchto událostí.

Technologický cyklus po počátečních nesnázích se podařilo uzavírat za 24 hodin bez přímé závislosti na stanovené délce záběru.

## STROJNÍ VYBAVENÍ

Strojní sestava pro ražbu tunelů Selatin byla Metrostavem převzata převážně jako použitá z předcházejících ražeb těchto tunelů. Její složení je určeno ze základní technologie ražení, odpovídající RC I–IV. Základem této strojní sestavy jsou stroje od firem Tamrock (vrtací technika), Getman (plošiny a tzv. scaler), Komatsu (odtěžování) a Meyco (stříkaný beton).

Postupně v souladu s kontraktem převzal Metrostav tuto základní sestavu strojů:

- Tamrock Supermatic HS 315, 1 ks, třílafetový vrtací vůz.
- Tamrock Rockbolt H 518, 1 ks, jednolafetový svorníkovací vůz.
- Getman Scaler, 1 ks, hydraulický obtrhávač čelby.
- Getman Manlift, 1 ks, hydraulická plošina pro práce ve výškách.
- Getman Scissors, 1 ks, hydraulická plošina pro montáž lutnových tahů.
- Caterpillar 966 E, 1 ks, nakladač kolový.
- Komatsu D 75-S, 1 ks, nakladač pasový a buldozer.
- Komatsu truck, 2 ks, nákladní vůz 32 t.
- Mack dump truck, 2 ks, nákladní vůz 12 t.
- Case 680, 1 ks, nakladač s bočním výklopem.
- Wet shotcrete machine, 1 ks, mokrý stříkaný beton.
- Dry shotcrete machine, 4 ks, suchý stříkaný beton.
- Mixer, 3 ks, automícháčky.
- Ostatní doplňkové stroje.

Součástí stavby je betonárka, kterou Metrostav počátkem roku 1992 převzal do své správy.

Podle kontraktu je Metrostav na převzaté strojní vybavení povinen si zajišťovat nahradní díly sám, jakož i některé druhy nahradního materiálu (např. vrtací korunky).

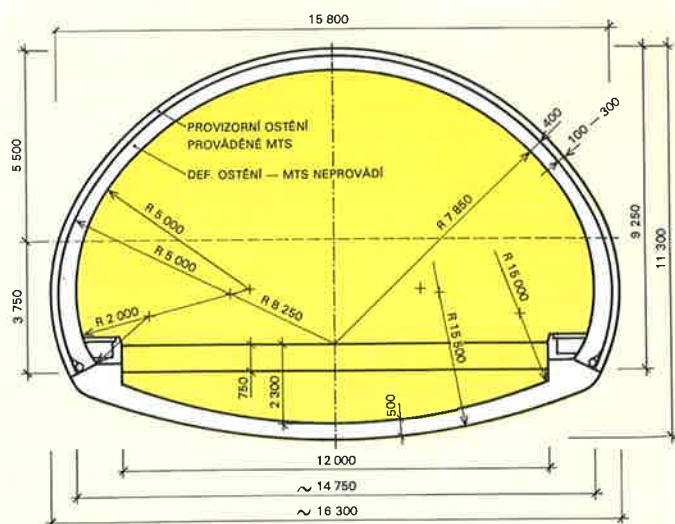
Takto sestavené strojní vybavení odpovídá potřebám ražeb pouze na 1 tunel, pokud se má docílovat optimálních výkonů. Pro ražbu obou tunelů je toto vybavení nedostačující, neboť dochází k velkým časovým ztrátám během přejíždění či přemísťování strojů od jedné čelby na druhou. Často jsou některé mechanismy vyřazeny z provozu pro poruchu a chyby při pracích na čelbě. Tento problém se týká především vrtací techniky, obslužných plošin a zařízení na suchý stříkaný beton.

Proto byl v březnu zpracován návrh Metrostavu pro jednání s KDJV na doplnění strojního vybavení za účelem optimalizace výkonů na obou tunelech, a tím snížení rizika dlouhého časového faktoru pro vyčerpání únosnosti tunelů vystrojených pouze primárním ostěním (pokud nebude časová prodleva způsobena jiným faktorem, např. finančními problémy a dočasným zastavením stavby).

## ZÁZEMÍ STAVBY A ORGANIZACE

Zařízení staveniště lze charakterizovat jako minimální, vzhledem k rozsahu stavby. Výhodou jsou velké předportálové plochy na dálničním tělese. Metrostav má k dispozici vlastními silami postavený přízemní objekt s třemi kanceláři, převlékárnou a sociálním zařízením. Skladování nejnütnějšího materiálu je řešeno několika buňkami kontejnerového typu.

Ubytování pracovníků Metrostavu je zajištěno v penzionech





v Selçuku, vzdáleného cca 5 km od vlastní stavby. Doprava pracovníků je zajišťována autobusem tureckého dopravce, technické vedení stavby má k dispozici 2 osobní auta a 1 terénní auto pro rychlejší pohyb po stavbě.

Od zahájení stavby do konce března byl při ražbě tunelů Metrostavem zaveden dvousměnný provoz s délkou směny 12 hodin. Pokud nedocházelo k přerušení stavby, pracovalo se běžně 30 dnů v měsíci. V další etapě Metrostav předpokládá zavedení 4 směnného provozu s délkou směny 8,75 h s překrýváním prací tak, aby bylo dodrženo systematické střídání směn (čet) na čelbách.

## ZÁVĚREM

Účelem kontraktu na výstavbu tunelů Selatin bylo především osvojení si nové rakouské tunelovací metody (NRTM) na velkých

1. Celkový pohled na stavbu tunelů v Balçova.
2. Pracovníci a. s. METROSTAV při práci.
3. Kouzlo podzemí automobilového tunelu v Turecku.

Fotografie: Petr Podloucký

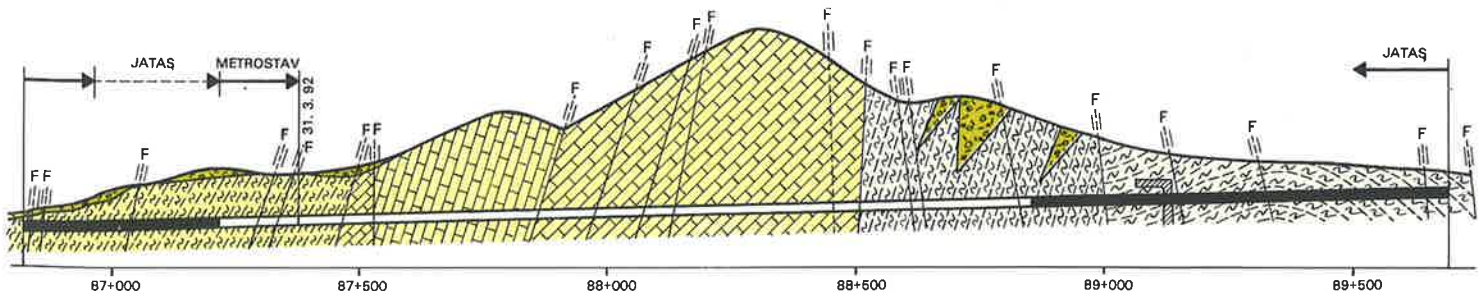


1

2

3

Podélný profil tunelem s geologií



MICASCHIST AMPHIBOLE-SCHIST	MICASCHIST AMPHIBOLE-SCHIST	MARBLE CRYSTALLINE, LIMESTONE, HYDROTHERMAL ALTERATION (Q 88+050W, SUGARY CALCITE	MARBLE, CRYSTALLINE LIMESTONE, HYDR. ALTERATION (Q 88+425, MARBLE SCHIST, BOUNDARY	COMPLETELY DECOMPOSED SCHIST	MICASCHIST, GRAPHITESCHIST TALCSCHIST, GNEISS, ANDESITE DYKE, PYRITE CRYSTALS	MICASCHIST, CHLORITESCHIST GNEISS, PYRITE CRYSTALS
MODERATELY FOLDED FAULT ZONES (Q 86-390)	MODERATELY FOLDED FAULT ZONES (Q 87+230+0 87+290	SLIGHTLY FOLDED FAULT ZONES (Q 88+490+540, +760+ 820, +890	THROUGHOUT SLIGHTLY, (Q 88+450 FAULT ZONE (Q 88+440 ROCK BOUNDARY	INTENSELY FOLDED AND FAULTED	MODERATELY FOLDED AND FAULTED; FAULT ZONES (Q 89+870, 89+000, 89+160	MODERATELY FOLDED AND FAULTED; FAULT ZONES (Q 89+350, +650, ANTICL. (Q 89+400
SLIGHTLY ROUGH CLAY & SILICA FILLING	SLIGHTLY ROUGH, SLICKENSIDED	HEALED ROUGH, 1-5 mm SEPARATION, BLOCKY	HEAVILY JOINTED, CRUSHED, SOFT JOINTS < 5 mm SEPARATION	SOFT, DECOMPOSED, ROCK	SLIGHTLY ROUGH, SLICKENSIDED, PLANAR	SLIGHTLY ROUGH, SLICKENSIDED, PLANAR
SLIGHT INFLOW < 25 LIT./MIN.	SLIGHT (MINOR+MEDIUM) INFLOW, < 25 LIT./MIN. CONSIDERABLE INF. (Q MARBLE/SCHIST BOUNDARY	NO WATER INFLOW, CONSIDERABLE INFLOW (Q FAULT ZONES, < 5 LIT./MIN.	NO WATER INFLOW, CONSIDERABLE INFLOW < 5 LIT./MIN.	MEDIUM - LARGE WATER INFLOW 26-125 LIT./MIN.	SLIGHT MEDIUM INFLOW 25-125 LIT./MIN.	SLIGHT, MEDIUM INFLOW 25-125 LIT./MIN.
FAIR - GOOD ROCK	HARD ROCK, TENDS TO OVERBREAK	HARD, GOOD ROCK, BLOCKY OVERBREAK	POOR ROCK, LESS OVERBREAK MORE OVERBREAK, ALTERED ZONES TEND SQUEEZING	SQUEEZING VERY POOR-SOFT	MEDIUM HARD - HARD ROCK, LESS OVERBREAK SOME TENDENCY TO SQUEEZING	MEDIUM HARD - HARD ROCK, SLIGHT OVERBREAK SOME FALL OUT FROM GROWN



MARBLE, CRYSTALLINE



SCHIST, GNEISS, PHYLL



TULUS, BRECCIA



ANDESITE (SYMBOLIC)

# DVOUKOLEJNÉ TUNELY PRO PRAŽSKÉ METRO

AUTOR: ing. JAROMÍR ZLÁMAL, METROPROJEKT PRAHA

**DOUBLE-TRACK TUNNELS FOR THE PRAGUE UNDERGROUND**  
THE ARTICLE DEALS WITH THE PRACTICAL APPLICATION OF THE NEW AUSTRIAN TUNELLING METHOD ON THE LINE IV. B OF THE PRAGUE UNDERGROUND WITH THE USE OF A DOUBLE-TRACK TUNNEL. THE CONFRONTATION WAS COMPARED WITH THE SOLUTIONS USED IN UNDERGROUND LINES IN LILLE AND PARIS.

V současné době se i v ČSFR stále častěji objevují aplikace nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Pro trasu IV. B pražského metra byl navržen jednokolejný traťový tunel, budovaný pomocí NRTM včetně použití izolací a vývoje betonážního vozíku. Současně s vývojem jednokolejného traťového tunelu metra byla s pracovníky TO Metrostavu několikrát konzultována otázka raženého dvoukolejného tunelu metra pro místa v Praze, kde by to bylo vhodné jak ze stavebního, tak z provozního hlediska.

Několik konkrétních míst v síti pražského metra bylo již vytyčováno a ražený dvoukolejný tunel byl na tato místa navržen. Jednalo se většinou o traťové úseky o větší délce mezi stanicemi s bočními nástupišti, kde porovnání ekonomické a časové úspory výstavby bylo zřejmé.

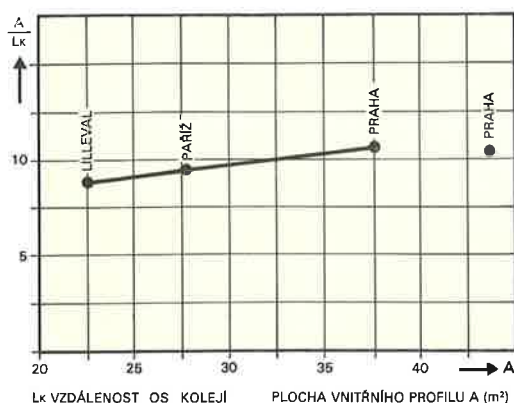
Osová vzdálenost traťových tunelů metra je nejčastěji 11–25 m. Při této vzdálenosti je díky malému výrubu a tím krátké době výstavby dosažen poměrně malý tlak na ostění tunelu. Tato skutečnost platí spíše u tunelů, budovaných klasickým způsobem; pro tunely, budované NRTM, již nemá tak zásadní význam. Rychlost výstavby je v důsledku nasazení těžké mechanizace velká a v hornině jsou iniciovány takové tlaky, které odpovídají únosnosti ostění tunelu. Jednokolejné tunely jsou intenzivněji provětrávány pomocí pístového účinku soupravy, než dvoukolejné tunely, ale nucené větrání dvou jednokolejných tunelů je nákladnější, než dvoukolejného tunelu, v důsledku většího aerodynamického odporu při menších hodnotách hydraulického poloměru jednokolejného tunelu.

Další nevýhodou dvou jednokolejných tunelů je obtížné použití těžké mechanizace v důsledku malé plochy výrubu. Při výstavbě jednoho dvoukolejného tunelu je možné nasadit několikafetové vrtací vozy, těžkou nakládací a dopravní techniku. Při budování vnitřního ostění dvoukolejného tunelu je při jednom betonážním cyklu možno efektivněji využít betonážní vozík a produktivita práce je mnohem vyšší než při betonáži dvou jednokolejných tunelů.

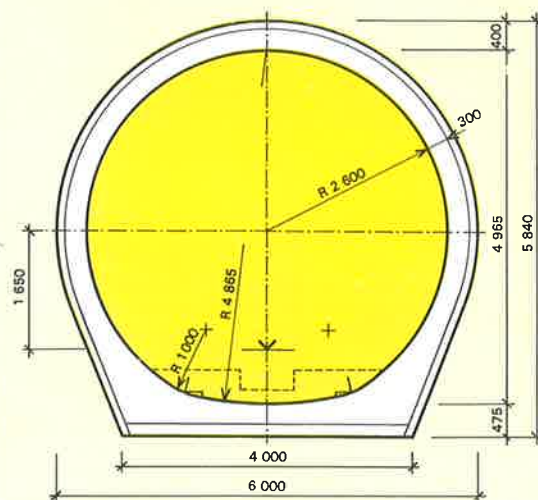
Při návrhu příčného řezu dvoukolejného tunelu byl použit průjezdný průřez metra a tolerance dle Provozně technických podmínek metra. Vedení kabelových lávek bylo navrženo ve dvou variantách, na stěnách tunelu a uprostřed mezi kolejemi. Rozdíl ve světlé ploše dvoukolejného tunelu je poměrně velký, proto varianta s kabelovými lávkami mezi kolejemi není pro pražské metro doporučována.

Výstavba vnitřního ostění dvoukolejného tunelu se předpokládá pomocí pojízdného betonážního vozíku. Při výstavbě tunelu by měly práce následovat v tomto pořadí: ražba, odvoz rubaniny, stříkaný beton s výztuží vnějšího ostění, betonáž opěrných bloků pojízdných kolem betonážního vozíku, izolace tunelů, betonáž vnitřního ostění tunelu.

Pro porovnání kvality návrhu příčného řezu bylo pražské řešení konfrontováno s dvoukolejnými tunely, používanými v podzemní dráze v Lille a v Paříži. V těchto městech jsou používána výrazně menší vozidla, osová vzdálenost kolejí v Paříži je 2,9 m a v Lille je 2,54 m, zatímco v Praze je osová vzdálenost kolejí 3,65 m. Světlá plocha dvoukolejného tunelu (počítáno od temene kolejnice) je



PRAHA



v Paříži 27,8 m<sup>2</sup>, v Lille 22,5 m<sup>2</sup> a v Praze 37,6 m<sup>2</sup>. Dvoukolejný tunel s kabelovými lávkami mezi kolejemi má světlou plochu profilu dokonce 43,8 m<sup>2</sup>. Kvalita návrhu příčného řezu pak byla testována kritériem poměru světlé plochy profilu tunelu k osové vzdálenosti kolejí

$$\frac{A}{l_k}, \text{ kde } A = \text{plocha [m}^2\text{]}, l_k = \text{vzdálenost os kolejí [m]}.$$

Tyto hodnoty byly zaneseny do grafu, kde se ukazuje, že pražský návrh je minimálně stejně hospodárný, jako návrhy z Lille nebo z Paříže, všechny tři hodnoty poměru plochy k osové vzdálenosti kolejí jsou v přímkové závislosti.

Dvoukolejný tunel s kabelovými lávkami mezi kolejemi má nesporně několik výhod. Osvětlení tunelu je jednoduché (umístěním svítidel do horní části lávek), v tunelu je možno umístit podstatně větší počet kabelových lávek, kabelové lávky mezi kolejemi částečně brání oslnění řidiče protijedoucí soupravy. Podstatně zvětšená plocha tunelu je však vážnou nevýhodou.

Porovnáme-li příčný řez jednokolejného tunelu budovaný NRTM a dvoukolejného tunelu, zjistíme, že světlá vnitřní plocha jednokolejného tunelu je 18,6 m<sup>2</sup> a je ve srovnání s dvoukolejným tunelem téměř přesně poloviční, plocha dvoukolejného tunelu je 37,6 m<sup>2</sup>. Rozdíl ve světlé ploše dvou jednokolejných tunelů metra a jednoho dvoukolejného tunelu je zanedbatelný ve srovnání se železničními tunelem a proto pro použití dvoukolejného tunelu musí

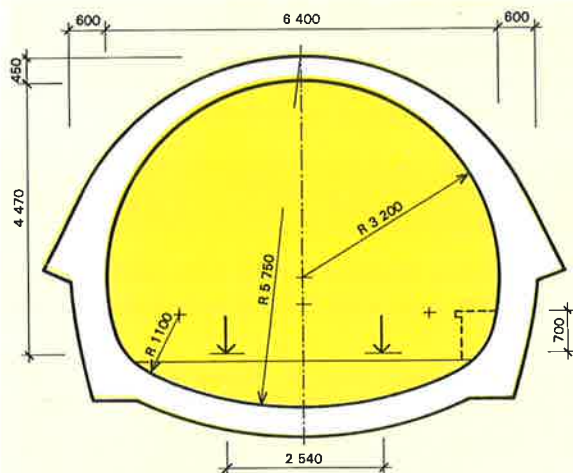
být jiné důvody, než úspora plochy výrubu. Jsou to např. rychlost výstavby, možnost nasazení těžké mechanizace apod.

Nebyly porovnávány ceny dvou jednokolejných tunelů a jednoho dvoukolejného tunelu. Cenové porovnání musí vzít do úvahy komplexní soubor prací a dodávek v čase tak, aby cena vypovídala o skutečně vynaložených financích na pronájem strojů, mzdy, spotřeby energií, množství nutných prostojů apod. Teprve potom bude známo, který způsob výstavby tunelů je pro dané místo výhodnější a bude v praxi použit. Dvoukolejné tunely metra, budované raženým způsobem NRTM určitě v pražském metru najdou uplatnění a je nutné dále v jejich vývoji pokračovat.

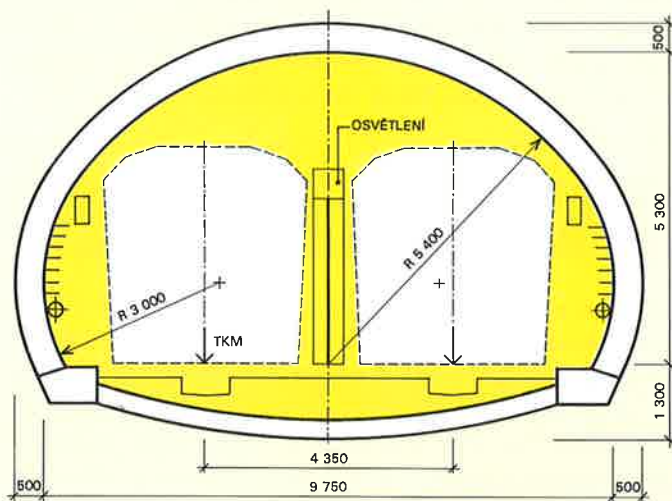
### LITERATURA:

- Daudurov M. I. (1952): Tunely; GTŽI Moskva  
 Chrapov V. G. (1989): Tunely a metra; Transport Moskva  
 Kochánek M., Štáta F. (1990): Betonáž vnitřního ostění; VÚ NO 3 – 326 – 837; Metroprojekt Praha  
 Szechy K. (1966): The art of Tunneling; Akadémiai kiadó Budapest  
 Zlámal J. (1991): Betonáž monolitického ostění; Metrostav Praha, VÚ N 03 – 326 – 837; Metroprojekt Praha

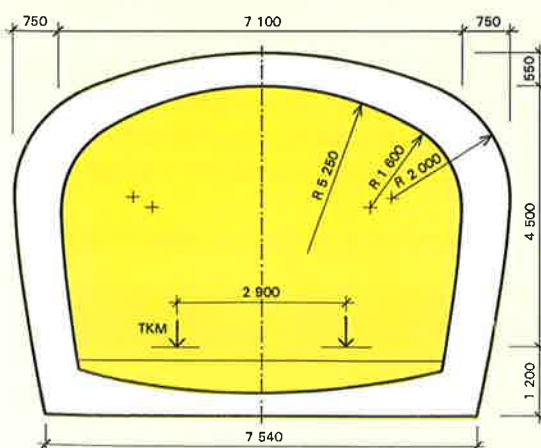
LILLE



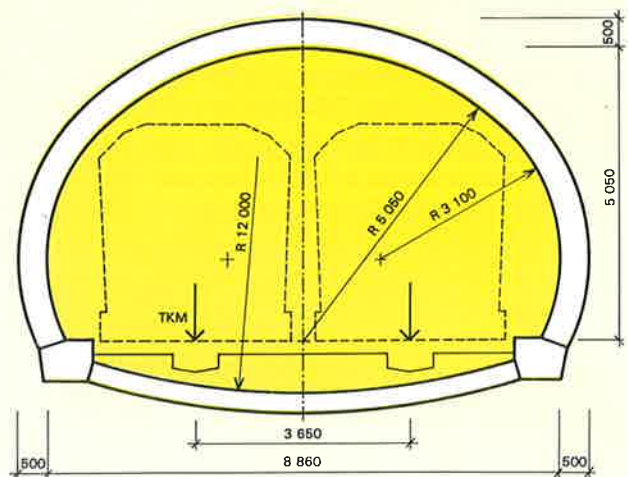
PRAHA



PAŘÍŽ



PRAHA



# NOVÉ AKTIVITY V RIEŠENÍ CESTNÝCH A DIAĽNIČNÝCH TUNELOV V ČSFR

## TUNEL BRANISKO

AUTOR: ing. LADISLAV TÓTH

RUDNÝ PROJEKT KOŠICE

### NEW ACTIVITIES IN SOLUTION OF ROAD AND ROADWAYS TUNNELS IN THE CSFR – THE BRANISKO TUNNEL.

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE SOLUTION OF THE BRANISKO ROADWAY TUNNEL THAT WILL BECOME A PART OF THE ROADWAY D-1 PRAGUE–VYŠNÉ NEMECKÉ (THE CSFR – C.I. S. FRONTIERS). THE LENGTH OF THE TUNNEL IS 3.400 METERS THAT IS THE DOUBLE LENGTH OF THE STRAHOV TUNNEL.

#### 1. ÚVOD

Tunel Branisko bude súčasťou diaľnice D1 Praha Vyšné Nemecké (hranice ČSFR a SNŠ). Pre bližšiu informáciu, pohorie Branisko sa nachádza medzi mestami Levoča a Prešov. V prípade podrobnejšieho popisu, medzi obcami Behárovce a Široké na rozhraní dvoch okresov, Spišskej Novej vsi a Prešova vo Východoslovenskom kraji.

#### 2. POPIS SÚČASNÉHO DOPRAVNÉHO RIEŠENIA

Spojnicou medzi Žilinou a Košicami je cesta I/18. V úseku pohoria Branisko je povrchovo vedená s veľkým počtom oblúkov a točiek, čím rýchlosť jazdy klesá na minimum. Obzvlášť veľký problém majú nákladné autá s príviesmi a kamióny, ktoré západný svah Braniska prekonávajú krokom. Pozdĺžny sklon cesty na viacerých úsekoch je 12% a vyšší. Ročne sa vynakladajú veľké investície na sanáciu cestného tela, ktoré sa postupne zosúva.

#### 3. STRUČNE K PRÍPRAVE STAVBY

Vláda Slovenskej republiky (diaľnice sú v kompetencii republikových vlád) svojím uznesením č. 405 zo dňa 23. 07. 1991 navrhla postup výstavby diaľničnej siete na Slovensku do r. 2005. Na základe tohto uznesenia bola Riaditeľstvom diaľnic objednaná štúdia u Dopravoprojektu Bratislava, ktorá v subdodávke, úsek tunel BRANISKO, objednala u Rudného projektu Košice. Nemaľý vplyv na tento postup malo aj založené konzorcium pod názvom D1 TATRY so sídlom v Košiciach. V súčasnosti je veľká realnosť výstavby tunela, ktorý vyrieši veľmi zlé podmienky dopravy v tomto úseku cesty I/18.

#### 4. GEOLOGICKÉ POMERY

Tunel bude razený v troch základných litografických typoch:

- flyšové súvrstvie – tvorené z pieskovcov s vápnitým tmelom
  - triasové súvrstvie – tvorené z kremencov s polohami bridlíc (werfén)
  - triasové súvrstvie – tvorené z dolomitov (stredotriasové)
- Vo werfenských kremencoch predpokladáme intenzívnejšie zvodnenie, ktoré je viazané na väčšie porušené zóny na styku s paleogénom, res. dolomitami. Tieto horniny sú výrazne tektonicky porušené, nepravidelne rozpukané a v dôsledku toho aj tlačivé. V obdobnom stave sa nachádzajú aj dolomity.

#### 5. TECHNICKÉ RIEŠENIE

Po zrealizovaní tunela BRANISKO bude tento najdlhším cestným tunelom v ČSFR. Jeho dĺžka 3400 m je dvojnásobok Strahovského tunela.

Ako sme uviedli úvodom, tunel je situovaný medzi obcami Behárovce a Široké a po čase bude súčasťou diaľnice D1 Praha-hranica SNŠ. Prevážna časť tunela bude razená v dolomitoch, z toho cca 700 m v silne podvrvených, v dôsledku čoho je nutné počítať so stratou súdržnosti a s bočnými tlakmi. Razenie tunela navrhujeme novou rakúskou tunelovacou metódou (NRTM). Pre potrebu razenia a vystuženia bol horninový masív zatriedený do III., IV. a V. triedy klasifikácie hornín pre NRTM podľa Pachera a Rabcewicza.

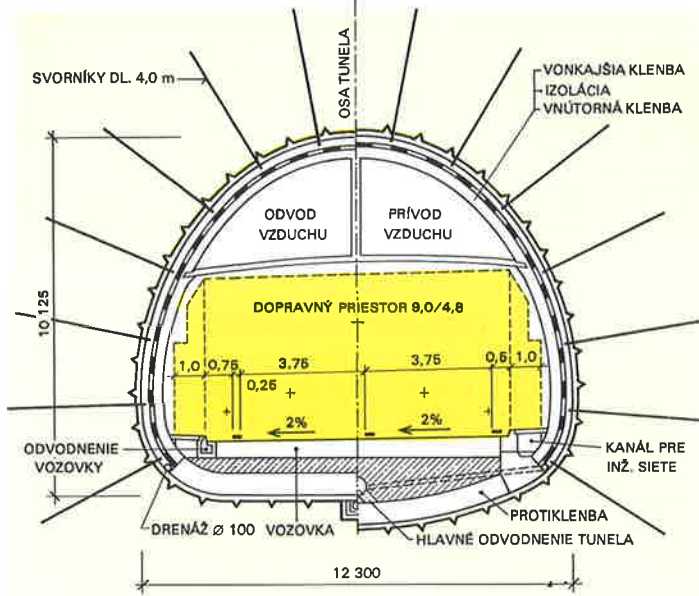
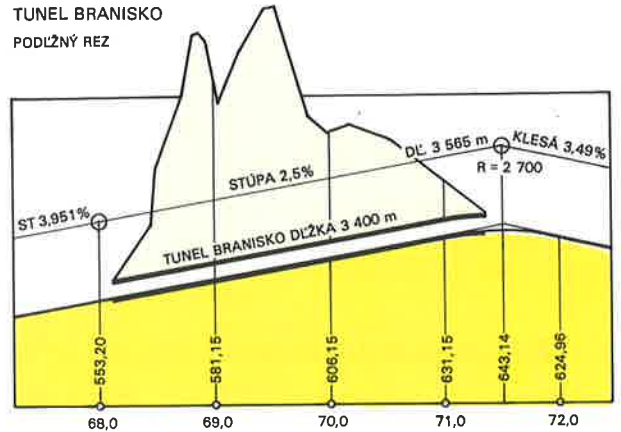
Definitívnu výstuž bude tvoriť ostenie zo železobetónu o hrúbke 300 mm a betónu tr. B 20. Betonáž sa bude realizovať do posúvneho debnenia po zhotovení medziľahlej hydroizolácie na báze mäkkého PVC. V tunely sú navrhnuté tri smerové oblúky R 2000 m, R 4000 m a R 2000 m, s navrhovanou prejazdovou rýchlosťou 80 km/h. Niveleta komunikácie v tuneli je vedená v sklone 2,5 %.

Súčasne bolo navrhnuté aj vetranie, osvetlenie a signalizácia.

#### 6. ZÁVER

Výstavbou diaľničnej siete na Slovensku sa má realizovať cca 32 km diaľničných tunelov a ako prvý z nich tunel BRANISKO. Táto stavba bude historickým prelomom v riešení cestnej a diaľničnej

PRIEČNY REZ DVOJPRUHOVÝM AUTOMOBILOVÝM TUNELOM BRANISKO

TUNEL BRANISKO  
PODLŽNÝ REZ

DIALNIČNÁ SIETĚ V ČSFR S VYZNAČENÍM TUNELA BRANISKO



siete pod vplyvom ekologických požiadaviek, ako aj nárastu cien pozemkov. Tieto aspekty budú jednotlivé stavby stláčať do podzemia, tak, ako je to vo vyspelých štátoch sveta.

BÝT DOBŘE INFORMOVÁN JE POŽADAVEK DOBY  
BÝT DOBŘE INFORMOVÁN JE PŘEDPOKLAD ÚSPĚCHU

PROTO JE ROZUMNÉ ČÍST

**METROSTAV**

ČTRNÁCTIDENÍK AKČIOVÉ SPOLEČNOSTI METROSTAV

VYDÁVÁ HOSPODÁŘSKÉ VEDENÍ A.S. METROSTAV

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

# ŽELEZNIČNÍ TUNEL č. 8a – NOVOHRADSKÝ NA TRATI BRNO–ČESKÁ TŘEBOVÁ

AUTOR: ing. MILAN KREJCAR

VOJENSKÉ STAVBY s. p.

## THE RAILWAY TUNNEL No. 8a – “NOVOHRADSKÝ”, ON THE ROUTE BRNO–ČESKÁ TŘEBOVÁ

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE RENOVATION OF THE RAILWAY TUNNEL INCLUSIVE THE BUILDING OF A NEW PARALLEL, SINGLE TRACK TUNNEL. A TECHNOLOGY WAS USED THERE WHICH HAD BEEN VERIFIED ON THE CONSTRUCTION OF THE 11<sup>th</sup> VINOHRADY TUNNEL IN THE COURSE OF RECONSTRUCTION OF THE RAILWAY JUNCTION PRAGUE – MAIN STATION.

### ÚVOD

Jednou z důležitých železničních tratí, která má být elektrifikována je trať Brno – Česká Třebová. Na této trati, která je vedena v morfologicky členitém terénu, jsou tunelové stavby, které svým prostorovým uspořádáním nevyhovují drážním předpisům, tj. průjezdovému průřezu 1 SME. Proto musí být tunelové stavby rekonstruovány. Jednou z těchto tunelových staveb v km. 175,100–175,700 je dvoukolejný tunel č. 8 – Novohradský, který byl uveden do provozu v roce 1848. Obezdvíka tunelové trouby je z řádkového, hrubého zdiva. Pojivo v ložných a styčných sparách je vyluhované. místy vypadané. Důsledkem je dotlačování zdiva a změna geometrie obezdívky.

Na způsob rekonstrukce tunelu nebyl jednotný názor. První návrh uvažoval s provedením rekonstrukce tunelu v traťových výlukách a zavedení jednokolejného provozu. Tento způsob rekonstrukce tunelu se

ukázal velmi náročný, jak po stránce technické tak i po stránce časové.

Po zvážení dopadů rekonstrukce tunelu na ekonomiku železničního provozu bylo rozhodnuto vybudovat nový, souběžný jednokolejný tunel. Po převedení železničního provozu do nového jednokolejného tunelu, provést sanaci obezdívky stávajícího tunelu a upravit železniční svršek pro jednokolejný provoz.

Po skončení všech stavebních prací bude v uvedeném traťovém úseku obnoven dvoukolejný železniční provoz.

25 m, nevstříčné s posunem 3,75 m. Jsou konstruovány jako ocelový prefabrikát, který se vkládá při montáži ostění. Portály a příportálové úseky jsou monolitické.

Z celkové kubatury výlomů a výkopů připadá na

- tunelovou troubu 36 000 m<sup>3</sup>
- vjezdový portál a předzářez 1 500 m<sup>3</sup>
- výjezdový portál a předzářez 2 350 m<sup>3</sup>

Celková doba výstavby byla stanovena na 56 měsíců, s ukončením stavby v roce 1992. Celkové stavební náklady v cenové úrovni 1990 jsou 141 mil. Kčs.

### ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

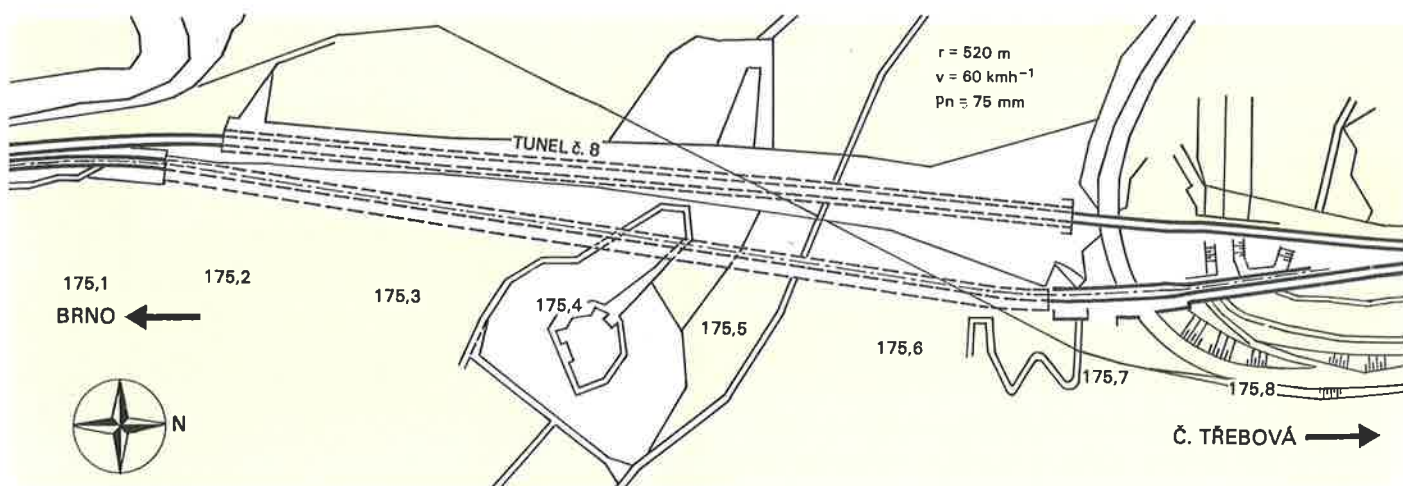
Nový jednokolejný tunel č. 8a má celkovou délku 554,255 m, z toho je 495,756 m raženo v přímé a 58,499 m v oblouku o  $r = 520$  m. Tunelová trouba je kruhového profilu 7,8/8,8 m s obezdívkou ze železobetonových prefabrikátů, používaných při výstavbě stanic pražského metra. Je opatřena oboustrannými záchrannými výklenky, které jsou umístěny v osové vzdálenosti

### INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území, ve kterém je prováděna výstavba tunelu č. 8a: je tvořeno biotitickými granodiority brněnského vyvřelého masivu. Místy se vyskytují žíly biotitických aplítů a biotitických žul.

Horniny jsou postiženy intenzivní tektonickou činností, která se projevuje značnou puklinatostí, výskytem poruch a poruchových pásem. Stupeň porušení hor-

Situace raženého tunelu



ninového masivu značně ovlivňuje způsob výstavby tunelu. V severní části zájmové oblasti se vyskytuje v blízkosti portálu rozvolněná hornina (podle GEOTESTU v délce cca 50 m) a horninový masiv je porušen poruchovými pásmy s proměnlivým směrem a sklonem. Převažující je systém S-J, který směrem k J přechází do systému SZ-JV s úkony 50–80 k Z až JZ a systém SV-JZ s úkony 70–80 k JV a SV. Mocnost poruchových pásem je udávána 1–2 m. Ve střední části zájmové oblasti je horninový masiv méně porušený. Ovšem vyskytují se zde dvě strmá pásma, která mají shodný směr se směrem trasy tunelu. V místech křížení těchto poruch s příčnými poruchovými pásmy je nebezpečí komínování horniny.

V jižní části zájmové oblasti je porušení horninového masivu menší než v předcházejících oblastech. Masiv lze charakterizovat jako pevný a relativně málo rozpukaný. V posudku GEOTESTU bylo však upozorňováno – na odlučnou plochu ve výšce cca 20 m nad nivelitou koleje, která je v indiferentní až labilní rovnováze. Další porušení horninového masivu je cca 30–40 m před projektovaným vjezdovým portálem. Masiv je prostoupen rozevřenými puklinami rovnoběžnými s povrchem terénu.

Z hlediska hydrogeologie jde o území chudé na podzemní vody, která je vázána na nepříliš mocnou vrstvu kvarteru a na poruchová pásma v horninovém masivu.

## TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Pro výstavbu tunelu bylo uvažováno s těmito technologiemi

1. Ražení s pomocí staničního erektoru a kolejového dopravního systému, s prefabrikovaným ostěním  $\phi$  7,80/8,80 m.
2. Ražení s využitím kolejové mechanizace vrtacího vozu a nakladačů a kolejového dopravního systému, ostění z vyztuženého stříkaného betonu, případně monolitické.
2. Ražení s využitím kolové mechanizace i dopravy, ostění z vyztuženého stříkaného betonu, případně monolitické.

### ad 1. Ražení s pomocí erektoru a železobetonového prefabrikovaného ostění $\phi$ 7,80/80

Použití této metody v delších úsecích, než na které byl erektor konstruován, (tj. délky stanic metra) a v pevných horninách bylo problematické.

Proto, pro geologické poměry Novohradského tunelu, byla zkoumána řada možností adaptací jako:

- přestavba erektoru pro umožnění mechanizace vrtacích prací (nový stroj)
- úpravy žebet. ostění – vylehčení při použití stávajících forem
- úpravy geometrického tvaru profilu – při stávajícím (ev. vylehčeném) ostění, s použitím nového ostění

Důlní kolejový horizontální dopravní systém bylo nutno doplnit o překládací zařízení pro nakládání na nákladní auta.

Tato technologie předpokládá předstihové vyražení směrové štoly s využitím vrtacího vozu VV4 a důlního nakladače.

### ad 2. Ražení s využitím kolejové mechanizace a dopravního systému s ostěním z vyztuženého stříkaného betonu vycházející z důlního dopravního a

strojového parku, používaného u VS s. p. v předcházející činnosti. Pro vrtání bylo navrženo použití vrtacího vozu VV4 (event. inovovaného VV 14 I s max. prodloužením ramene. Jeho dosah určoval nutnost provádění výrubu tunelu podkovitého tvaru ve dvou etážích. Dočasná výstroj byla navržena ze skruží, sítí a stříkaného betonu. Definitivní ostění bylo uvažováno ve dvou variantách –

- ze stříkaného betonu,
- monolitického, provádění do mobilního bednění

Důlní kolejový horizontální dopravní systém bylo nutno opět doplnit o překládací zařízení pro nakládání na nákladní auto.

Tato technologie neuvažovala předražku směrové štoly.

### ad 3. Ražení s využitím kolové mechanizace a dopravy, s ostěním ze stříkaného betonu se opíralo o mechanizaci vyráběnou a používanou Báňskými stavbami Prievidza a Čs. uranovým průmyslem.

Při použití strojů Báňských staveb Prievidza byl navržen vrtací vůz PNV 2200. Dosah vrtacího vozu určoval nutnost provádění tunelového výrubu ve dvou etážích. Odvoz rubaniny byl navržen nákladními auty přímo z tunelu.

Dočasná výstroj byla navržena ze skruží, sítí a stříkaného betonu. Definitivní ostění bylo uvažováno opět ve dvou variantách – stříkaný beton nebo monolitické, do mobilního bednění.

Použití vrtacího vozu s teleskopickými vrtacími rameny TVR 21 (výrobek čs. uranového průmyslu) na T 138 osazenými hydraulickými kladivy HVKS 125 (výrobek Permon Křivoklát) umožňovalo provádění výlomových prací celého profilu v jedné pracovní operaci. Dočasná výstroj byla uvažována též z vyztuženého stříkaného betonu, ale bylo možné využít schopnosti TVR 21 provádět svorníkovou výstroj. Definitivní ostění bylo opět buď ze stříkaného betonu nebo monolitické. Nakládání rubaniny bylo navrženo kolovými nakladači PN 2200 a odvoz z tunelu nákladními auty.

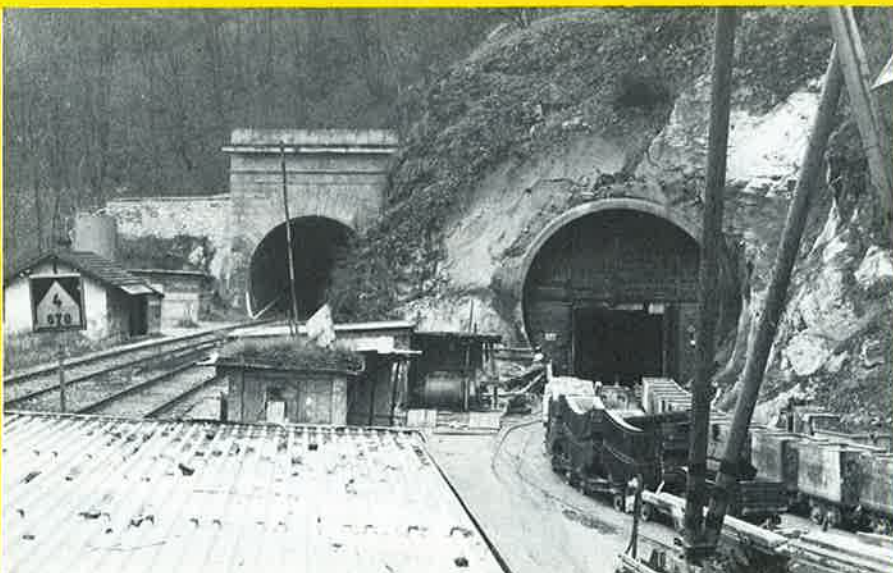
Pro provádění výstroje ze stříkaného betonu byl navržen stroj SSB 24 (resp. SSB 30), popřípadě manipulátor trysky a provozní plošina – vše výrobky čs. uranového průmyslu. Tato technologie předpokládala stejně jako u varianty 1 předražku směrové štoly.

Na základě provedených rozborů jednotlivých technologií byla doporučena varianta ražení s kolovou mechanizací a dopravou, s ostěním z vyztuženého stříkaného betonu.

Doporužený postup a strojní vybavení umožňovalo dosahování výkonů na úrovni technicky vyspělých států při vysoké produktivitě.

Vzhledem k nebezpečí náhlého vyjetí skalního bloku z čela výrubu, krátké doby

Tunel novohradský jižní portál – brněnský



stabilitosti a možnosti zabezpečení stropu a bočních stěn výrubu až po otevření celého profilu, bylo doporučeno členění výrubu štolou. Technologická štola byla ražena v ose tunelové trouby, v celé její délce, cca 1 m nad počvou tunelové trouby. V severní části tunelu byly štolou zastíženy zhoršené inženýrsko-geologické podmínky než byl předpoklad. Horninový masiv je prostoupen poruchovými pásmy a má vysoký stupeň rozpukání. Při ražení štoly došlo v této oblasti tj. v km 175,550–175,602, k výronu statické zásoby vody a k vykominování stropu štoly na výšku cca 4 m. Směrem k výjezdovému portálu bylo zastíženo mylonitované pásmo, které v připortálové oblasti bylo charakterizováno jako jílovitohlinitý štěrk až jílovitá hlína písčité se štěrkem. V místech portálu byly zastíženy kamenitohlinité sutě.

Zjištěné zhoršené geologické podmínky a křížující Březovský vodovod v nadloží

tunelu vedly k tomu, že doporučená technologie ražení nebyla realizována. Vzhledem k rozestavěnosti a termínu dokončení stavby bylo použito náhradní řešení, tj. ražení pomocí staničního erektoru s použitím trhacích prací a prefabrikované ostění. Vlastní ražení bylo přizpůsobováno stávajícím geologickým poměrům. V dobrých geologických podmínkách byla délka záběru dva prstence, v zhoršených podmínkách byl záběr zkrácen na jeden prstenc. Zabezpečení stropu a boků výrubu, případně čelby bylo prováděno stříkaným betonem v min. tloušťce 5 cm. V oblasti výjezdového portálu byl změněn postup výstavby, razicí práce byly prováděny ve směru staničení. V předstihu byla provedena stavební jáma, zajištěná mikropilotami a rozpěrnou deskou, do které byla opřena rozpěrná trámová konstrukce, která zabraňuje mělkým, plošným sesuvům. Dále byla provedena injektáž a kotvení my-

lonitovaného pásma z technologické štoly. Tato opatření umožnila dokončení razicích prací náhradní technologií.

## ZÁVĚR

Výstavba tunelu č. 8a – Novohradského na železniční trati Brno–Česká Třebová, byla prováděna v období zásadních ekonomických změn.

Vzhledem k nepředpokládaným zhoršeným inženýrsko-geologickým poměrům a k délce tunelu nebylo ekonomicky únosné použít dvě technologie ražení. Proto byla použita technologie již ověřená při výstavbě III. Vinohradského tunelu, při přestavbě železničního uzlu Praha hl. nádraží.

V současné době jsou razicí práce prakticky ukončeny a byly zahájeny dokončovací práce.





# STABILITA KAVERNŮVÉHO ZÁSObNÍKU

AUTOR: ing. KAREL KLOSS

APLIKOVANÁ GEOTECHNIKA A EKOLOGIE s. r. o.

## STABILITY OF A CAVERN STORAGE – RESERVOIR

THE ARTICLE DEALS WITH THE SOLUTION OF STABILITY OF DRIFTS AND PILLARS OF THE NATURAL-GAS CAVERN STORAGE-RESERVOIR IN THE PŘÍBRAM BROD LOCALITY. THE SOLUTION OF STABILITY ORIGINATES FROM AN ANALYSIS OF THE STATE OF STRESS AND STRAIN (DEFOR- MATION) THAT WAS CARRIED OUT ON THE MATHEMATICAL MODELS WITH THE METHOD OF FINAL ELEMENTS.

V článku autora RNDr. M. Horáčka „Geologicko-průzkumné práce pro podzemní kavernový zásobník zemního plynu“ publikovaného v Tunelu č. 1/1992 byly popsány přípravné práce pro stavbu kavernového zásobníku plynu chodbového typu situovaného do středoečeského plutonu u Příbrami. Citovaný článek byl především zaměřen na inženýrsko-geologický, geotechnický a hydrogeologický průzkum, jehož cílem bylo potvrzení vhodnosti vytypované oblasti pro uvedený záměr. V rámci průzkumných prací byla též řešena problematika stability zásobníkových chodeb a mezichodbových pilířů, a to na základě vyhodnocení chování horninového masívu. Analýza chování horninového masívu byla realizována na modelových studiích, jejichž popis je obsahem dalšího textu.

### 1. ÚVOD

Pro získání informací o mechanickém chování masívu při výstavbě zásobníku plynu na uvedené lokalitě byly provedeny tři modelové studie. V první studii byla řešena stabilita horninového masívu okolí celého zásobníku s ohledem na sekundární napjatost od výlomu chodeb při proměnné šířce pilířů [Kloss: DZ3, 4/1991]. Ve druhé studii byla řešena stabilita chodeb s ohledem na možný výskyt průběžné diskontinuity v blízkosti profilu zásobníkové chodby [Kloss: DZ5, 11/1991]. Cílem třetí studie bylo získání představy o chování horninového masívu po uskladnění plynu při provozním tlaku 12,5 MPa a současně ověření poznatků získaných v předchozích dvou studiích [Kloss: DZ6, 2/1992].

Studie byly realizovány na rovinných matematických modelech metodou konečných prvků (MKP). Na těchto modelech byla postupně generována původní napjatost masívu, simulována ražba chodeb zásobníku a následně pak (ve třetí studii) modelováno zatížení masívu tlakem plynu

v chodbách. Při těchto modelových procesech byla zjišťována a vyhodnocována změna stavu napjatosti, způsob přetvoření a iniciace porušování masívu v mezichodbových pilířích, nadloží (stropu) a podloží (počvě) chodeb. Při řešení dané úlohy byly respektovány inženýrsko-geologické, geotechnické a hydrogeologické poměry zjištěné provedeným průzkumem na lokalitě [Horáček a kol.: DZ1, 6/1990, DZ2 3/1991, DZ4 10/1991].

Na základě poznatků získaných z modelových řešení MKP byla provedena analýza prognózovaného stavu napjatosti a přetvoření v okolí zásobníku plynu a odvozeny závěry týkající se stability a dimenzování chodeb a mezichodbových pilířů.

### 2. VLASTNOSTI MATERIÁLŮ

Všechny tři modely byly vytvořeny ze dvou typů materiálů blokových (a jednoho kontaktního ve druhé studii). Základní blokový materiál č. 1 má vlastnosti horninového masívu nedotčeného důlní činností, zatímco materiál č. 2 představuje „oslabený“ horninový masív v malé zóně v okolí výlomu. Při definování tohoto materiálu č. 2 se vycházelo z předpokladu, že vlivem silných koncentrací napětí v líci chodby dojde k přerozdělení napjatosti tak, že maxima se přesunou z líce dále do masívu a že vlivem seismických účinků od trhacích prací dojde k porušení horniny do určité hloubky masívu od líce chodby. Z těchto důvodů pak lze očekávat částečné snížení pevnostních a přetvárných parametrů v okolí výrubu v zóně, kterou zde nazýváme „oslabenou“.

Všechny kontaktní linie byly popsány jedním typem materiálu. Pokud byla kontaktní linie funkční, tj. modelovala diskontinuitu, pak měla přiřazeny hodnoty odvozené ze zkoušek a jiných zjištění, byla-li vyřazena, měla vlastnosti okolních hornin. Protože se v horninovém masívu nacházejí krátké pukliny neprůběžné a v celku s ne-

pravidelnou orientací, je zavedení diskontinuity domodelu hypotetické a slouží účelům ověřování možného stavu.

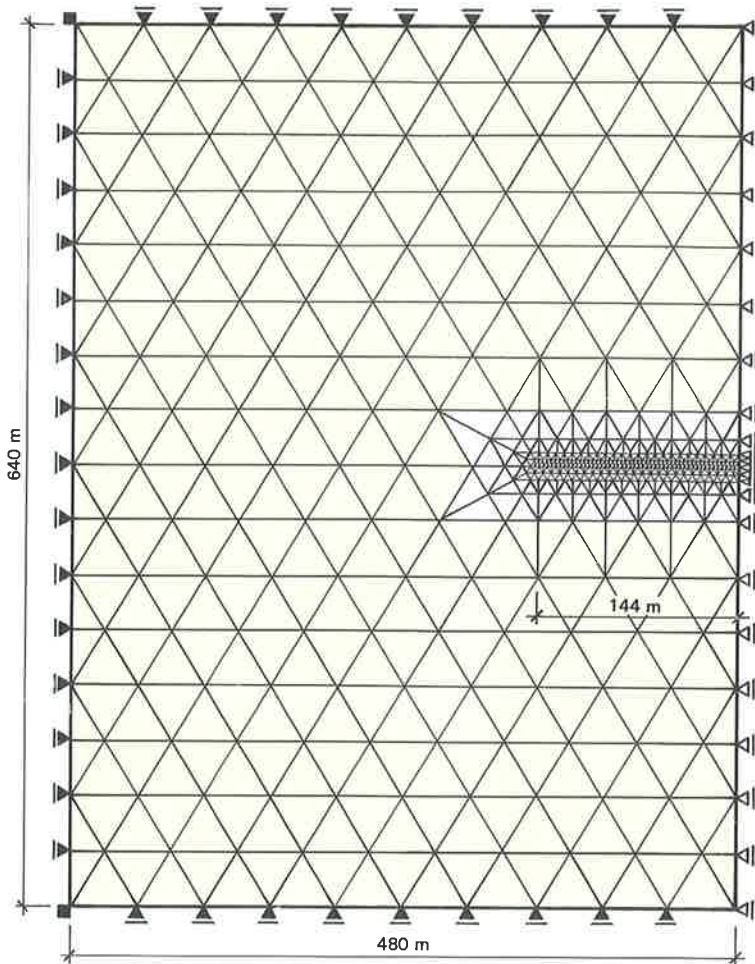
### 3. POČÁTEČNÍ NAPJATOST

Pro vytvoření počáteční napjatosti na modelech byla použita metoda superpozice zatížení od vlastní tíhy masívu a od bočního tlaku daného koeficientem  $K_b$ . Syntézou výsledků různých zkoušek a rešerší dostupných materiálů byl stanoven horizontální tlak v místě budoucího zásobníku  $\sigma_x$  a odtud pak stanovena velikost koeficientu bočního tlaku  $K_b = \sigma_x / \sigma_y = 1,4$ . Dále se předpokládalo, že průměrná objemová tíha nadloží zásobníku je cca 27 kNm<sup>-3</sup>.

### 4. MODEL CELÉHO ZÁSObNÍKU

Pro prvou studii byl zkonstruován osově symetrický model, který zobrazoval polovinu oblasti o rozměrech 960 m × 640 m, tj. oblast od hloubky – 680 m do hloubky – 1320 m pod povrchem terénu se zásobníkem polovičního rozsahu situovaným do hloubky – 1000 m. Model byl vytvořen 412 uzly a 764 prvky. Pro modelování zásobníku zde byl tvar chodeb a pilířů idealizován na obdélníky (obr. 1).

Cílem první studie bylo získání představy o rozložení napjatosti v okolí celého zásobníku plynu, tj. v okolí systému paralelních chodeb určitého profilu o určité šířce pilířů při okrajových podmínkách daných původní napjatostí a vlastnostmi horninového masívu. Ideou této práce bylo posoudit napjatost v okolí celého zásobníku z hlediska vytváření horninové klenby a stanovit velikost zóny okolí zásobníku, v níž bude napjatost ovlivněna vyraženými chdbami. Pro tyto účely byla provedena řada modelových variant, na nichž byl sledován vliv



OBR. 1

šířky pilíře na stav napjatosti a porušení masívu v okolí zásobníku. Dále byl na modelech alternován postup ražby s cílem posoudit přednost určitých technologických postupů ražby (obr. 4).

Na modelu první studie se dospělo k následujícím poznatkům: Vzhledem k vyšší horizontální složce původního napětí dochází ke zvýšeným koncentracím napětí ve stropu a počvě chodeb a nosná funkce pilířů se silně potlačuje. Absolutní hodnoty napětí včetně extrémů se u variant s různou šířkou pilíře příliš neliší. Při  $K_b = 1,4$  v hloubce 1000 m pod povrchem se hornová klenba nad zásobníkem nevytvívá.

### 5. MODEL CHODEB S DISKONTINUITAMI

Matematický model pro druhou studii zobrazoval obdélníkovou oblast v příčném řezu zásobníkem o rozměrech:  $78 \times 48$  m se dvěma symetricky umístěnými zásobníkovými chodbami uprostřed modelu. Do

modelu byly zabudovány kontaktní prvky umožňující modelovat průběžné diskontinuity jako kontaktní linie. Model byl vytvořen 640 uzly a 1010 prvky, z čehož 832 prvků bylo blokových a 178 prvků bylo kontaktních (obr. 2).

Cílem druhé studie bylo získání bližších informací o stavu napjatosti v těsném okolí chodeb zásobníku a vytvoření představy o účinku průběžné diskontinuity, potenciálně se vyskytnuvší v blízkosti profilu ražené chodby. Okrajové podmínky byly zavedeny dle předchozí studie MKP s tím, že v tomto modelu bylo umožněno zaktivovat jednu nebo více z jedenácti modelovaných průběžných diskontinuit ze dvou různě orientovaných systémů. Orientace diskontinuit na modelu byla odvozena ze zjištěných převládajících orientací puklin měřených na lokalitě. Umístění diskontinuity vzhledem k chodbám je hypotetické a vychází ze snahy maximalizovat získání informací z co nejmenšího počtu variant.

Práce byla zaměřena na stanovení nap-

jatosti v nejbližším okolí zásobníkových chodeb a zjištění jakým způsobem a do jaké míry může případný výskyt průběžné diskontinuity ovlivnit stabilitu výrubu. Napjatost masívu po výlomu dvojice chodeb je charakteristická sevřením profilu chodeb s koncentracemi obvodových tlaků ve stropu a počvě chodeb a výskytem tahových napětí. Jedná se o příčný radiální tah, působící ve směru do středu chodby, přičemž ve většině případů jsou tato tahová napětí větší než pevnost masívu v tahu, takže dojde k porušování líce chodeb, které se in situ projeví odprsky horniny do chodeb. Vyskytne-li se v masívu průběžná diskontinuita, budou maximální napětí a porušení se koncentrovat do míst, kde diskontinuita vyúsťuje do chodby resp. kde se diskontinuita chodbě maximálně přiblíží. Porušení masívu překročením tahové pevnosti jsou kombinována ve většině případů s porušením ve smyku, což signalizuje možnost vytváření uvolněných bloků v okolí průniku diskontinuity profilem chodby. V případě výskytu více průběžných diskontinuit v blízkosti profilu chodby, bude masív více porušen.

### 6. MODEL PRO VÝLOM A TLAKOVÁNÍ

Cílem třetí studie bylo získání představy o mechanickém chování horninového masívu v okolí chodeb zásobníku po uskladnění plynu při tlaku 12,5 MPa a současně ověření poznatků získaných v předchozích studiích. Práce byla zaměřena na zjištění účinků natlakování chodeb plynem na stabilitu chodeb a pilířů. K tomu účelu byl zkonstruován model s adekvátně zahuštěnou sítí prvků v okolí chodeb. Protože výrub chodeb před jejich tlakováním kopíroval postup prováděný v předchozí studii, lze považovat tento výpočet též za ověření některých výsledků modelování z předchozí práce (obr. 3).

Model zobrazoval příčný řez částí zásobníku plynu se dvěma symetricky umístěnými chodbami. Model byl vytvořen 844 uzly a celkem 1391 prvky. Z tohoto počtu bylo 1186 prvků blokových a 205 prvků kontaktních. Blokové prvky byly směrem k chodbám pozvolna zmenšovány až na velikosti trojúhelníků v líci chodeb se základem 0,6 m. V modelu byly konstruovány kontaktní linie v tomtéž uspořádání jako v modelu předchozí studie. Kontaktní linie nebyly však pro účely této studie aktivovány, tj., během modelování byly liniím přiřazeny vlastnosti okolních materiálů.

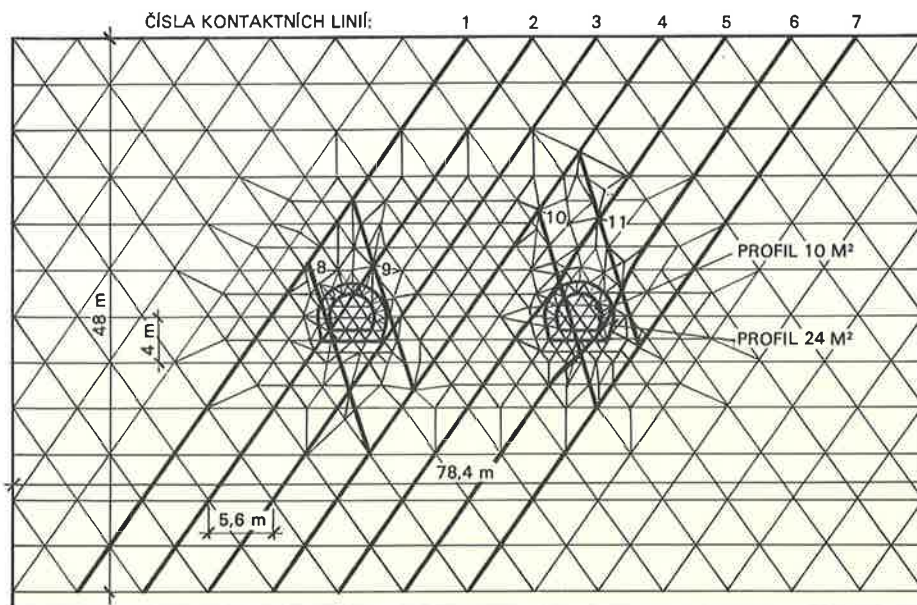
V rámci zadané úlohy byly modelovány dvě varianty zásobníku s chodbami profilu  $10 \text{ m}^2$  a  $24 \text{ m}^2$ . Vyrubání dvojice chodeb profilu  $10 \text{ m}^2$  bylo realizováno v pěti krocích. Nejprve se vyrubalo jádro levé chodby, potom se dorazila levá chodba na plný profil  $10 \text{ m}^2$ , dále se vyrubalo jádro pravé chodby a pak pravá chodba na plný profil

10 m<sup>2</sup>. Před tlakováním chodeb byl proveden jeden mezikrok. Mechanické chování masívu po vyrobání chodeb bylo analyzováno z výkresu posunutí, napětí a porušení (obr. 5). V další fázi byl zásobník tlakován na 12,5 MPa. Účinek tohoto procesu byl analyzován stejným způsobem. Obdobně se postupovalo při řešení varianty zásobníku plynu s profilem chodeb 24 m<sup>2</sup>.

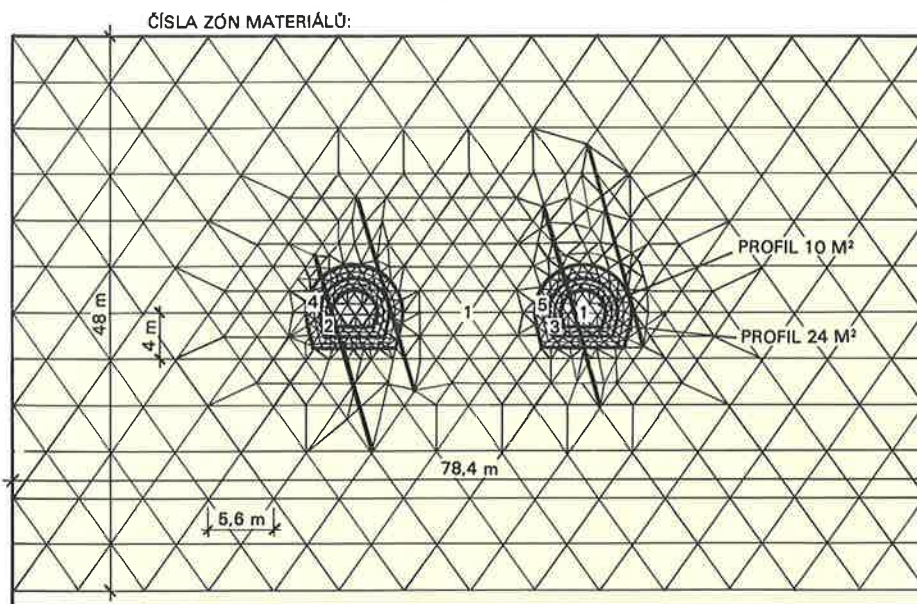
Chování horninového masívu v okolí chodeb po jejich vyrobání se projeví sevřením profilu chodeb. Sevření je charakteristické posunutím líce profilu do výrubu, koncentracemi tlakových obvodových napětí a výskytem radiálních tahových napětí. Modely demonstrují vyšší účinky sevření profilu po vyrobání jediné (první, na modelu levé) chodby s posunutím líce až 5 mm a jisté odlehčení napjatosti v okolí stávající chodby vyrobáním další (na modelu pravé) chodby v blízkém sousedství. Obvodová napětí jsou minimální v bocích chodeb a blíží se hodnotě nominální (37 MPa), zatímco v počvě a ve stropu dosahují téměř dvojnásobku. V rozích profilu při počvě byl naměřen tlakový extrém 95 MPa. Příčný tah se projevuje nejnepříznivěji v počvě chodeb, kde se také nalézá nejvíce prvků porušených buď samotným tahem nebo v kombinaci se smykem. Odůvodnění tohoto jevu lze hledat v tom, že rovná počva má menší odolnost proti sevření než zbylá klenutá část profilu chodby. Porušené prvky na obvodu chodeb se vyskytují početněji na straně mezichodbového pilíře.

Natlakování zásobníku způsobí zvětšení profilu chodeb, které se projeví ztlaččením líce chodeb zpět do masívu, zmenšením obvodových tlaků a kompenzací příčných tahů. Hodnota ztlaččení se pohybuje v rozmezí 1–2 mm v líci levé (sevrnější) chodby a 2–3 mm v líci pravé chodby. Tlak plynu v chodbách zmenší radiální tahy. V klenbě (ve stropu a na bocích) se jejich výskyt téměř potlačí, v počvě nadále zůstávají, i když v omezeném počtu. Zde se také vyskytují, mezi porušenými prvky z předchozího kroku, prvky porušené tlakováním. Zvětšováním profilu chodeb v důsledku působícího tlaku plynu se zmenší obvodové tlaky svírající chodby a narostou menší hlavní napětí (tlaková), takže se sníží nebezpečná smyková napětí v okolí chodeb. Nicméně může dojít ve skutečnosti, zrovna tak jako na modelu, ke zvýšeným koncentracím tlaků v kritických místech obvodu profilu, jakým je roh profilu při počvě. Zde bylo na modelu odsazeno až 98 MPa.

Chování masívu po vyrobání chodeb většího profilu 24 m<sup>2</sup> má stejný charakter jako po vyrobání profilu menšího. Posunutí zde byla větší cca o 1 mm a obvodové tlaky podstatně vyšší ve stropu resp. počvě (cca 65 MPa resp. 50 MPa) než na bocích chodeb. Podobně natlakování zásobníkových chodeb profilu 24 m<sup>2</sup> má obdobný účinek



OBR. 2



OBR. 3

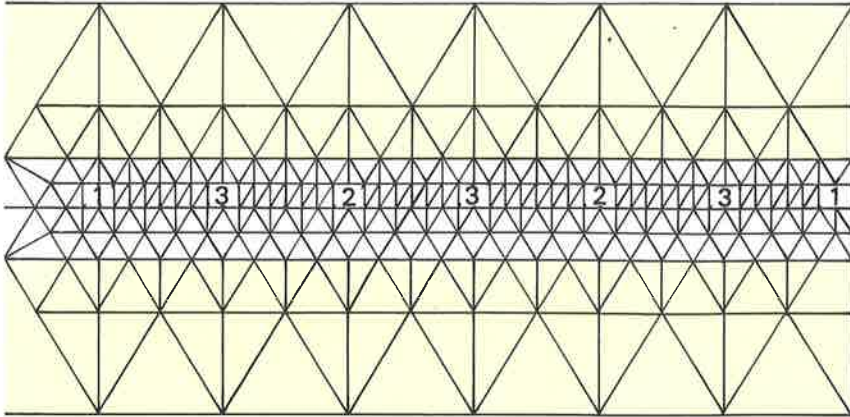
na horninový masív jako natlakování profilu 10 m<sup>2</sup>.

## 7. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

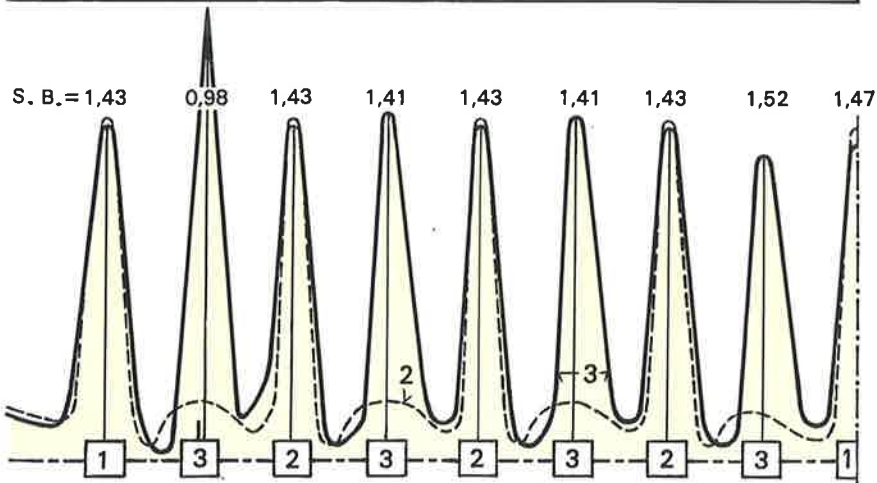
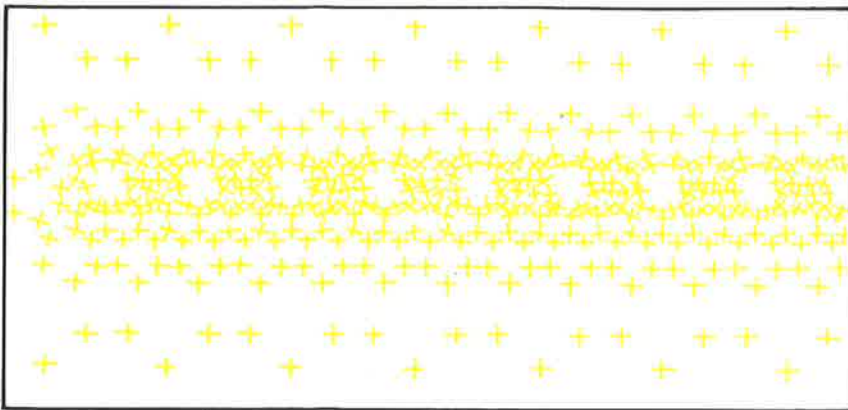
Z výsledků matematického modelování se dospělo k následujícím poznatkům: (A) Vliv vyrobání chodeb na napětí v jejich okolí zasahuje zhruba do vzdálenosti jednoho průměru chodby od líce profilu, z čehož lze odvodit minimální bezpečnou šířku mezichodbových pilířů: 8 m pro profil 10 m<sup>2</sup> a 12 m pro profil 24 m<sup>2</sup>. (B) Po vyrobání chodeb dojde k sevření profilů chodeb s vý-

skytem příčných tahů, které překračují většinou mez pevnosti a způsobují v kombinaci s vysokými obvodovými tlaky odprysky horniny do výrubu. (C) V prostoru výskytu průběžné diskontinuity, která protíná profil zásobníkové chodby, dojde k nedefinovatelným změnám napjatosti a v líci chodby, v místě průniku diskontinuity, k možnému vzniku uvolněných bloků. (D) Ze sledování kritických míst profilu chodeb bez průběžných diskontinuit vyplývá, že jisté zvýšení stability chodeb lze docílit ražením kruhového profilu. (E) Tlakování chodeb má opačný smysl namáhání než sevření od vyrobání a proto, jak bylo mo-

OBR. 4a DETAIL PRVNÍHO MODELU: POSTUP VÝLOMU — VARIANTA 3 — PILÍŘE 12 M



OBR. 4b NAPJATOST V OKOLÍ ZÁSOBNÍKOVÝCH CHODEB — VARIANTA 3 — PILÍŘE 12 M



OBR. 4c PRŮBĚH MAXIMÁLNÍCH SMYKOVÝCH NAPĚTÍ — VARIANTA 3 — PILÍŘE 12 M

delově prokázáno, nemá destrukční charakter.

## 8. ZÁVĚR

Popsané modelové studie podaly výstižný obraz o chování granitoidního masívu v okolí projektovaného zásobníku a poskytly informace potřebné k řešení problémů stability zásobníkových chodeb a mezichodbových pilířů. Zatímco první dvě studie MKP byly víceméně řešeny kvalitativně, výsledky třetí studie, vzhledem k jemnosti sítě, lze považovat za kvantitativně odpovídající skutečnosti v podzemí.

Existuje řada dalších problémů, které by měly být zodpovězeny před výstavbou zásobníku. Jsou to např. otázky účinků případných netěsností, resp. účinků úniku plynu do masívu nebo otázky účinků kolísání tlaku v zásobníku, kdy bude horninový masív namáhán na únavu, nebo otázky případného kotvení, ap.

1. Síť prvního modelu pro řešení napjatosti v okolí celého zásobníku
2. Síť druhého modelu pro řešení vlivu možné průběžné diskontinuity
3. Síť třetího modelu pro posouzení účinků výlomu a tlakování chodeb
4. Detail sítě a výsledky řešení prvního modelu
5. Grafické výsledky řešení třetího modelu

MAX. POSUN DO VÝRUBU 3,6 mm



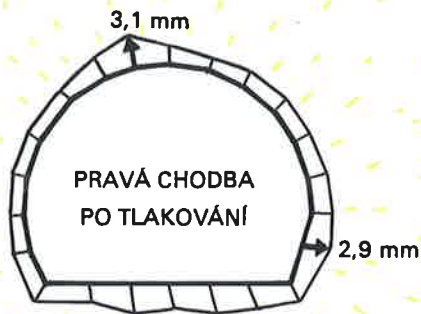
OBR. 5a

MAX. TLAKOVÉ NAPĚTÍ 95 MPa

PRAVÁ CHODBA  
PO VYRUBÁNÍ

OBR. 5b

MAX. POSUN DO MASÍVU 3,1 mm



OBR. 5c

MAX. TLAKOVÉ NAPĚTÍ 98 MPa

PRAVÁ CHODBA  
PO TLAKOVÁNÍ

OBR. 5d

PRAVÁ CHODBA

OBR. 5e

- OBR. 5a CELKOVÉ POSUNY V LÍCI A OKOLÍ PRAVÉ CHODBY PO JEJÍM VYRUBÁNÍ
- OBR. 5b HLAVNÍ NAPĚTÍ V PRVCÍCH V OKOLÍ PRAVÉ CHODBY PO JEJÍM VYRUBÁNÍ
- OBR. 5c ČÁSTEČNÉ POSUNY V LÍCI A OKOLÍ PRAVÉ CHODBY PO JEJÍM TLAKOVÁNÍ
- OBR. 5d HLAVNÍ NAPĚTÍ V PRVCÍCH V OKOLÍ PRAVÉ CHODBY PO JEJÍM TLAKOVÁNÍ
- OBR. 5e PORUŠENÉ PRVKY MODELU PO RUBÁNÍ TAHEM: ČÁRKOVANÉ SVISLE  
SMYKEM: ČÁRKOVANÉ VODOROVNĚ  
OBĚMA: KŘÍŽKOVANÉ  
A PO NATLAKOVÁNÍ  
SMYKEM: TEČKOVANÉ

# PODZEMNÍ GARÁŽE NA NÁMĚSTÍ J. PALACHA V PRAZE 1

AUTOŘI: Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, Ing. PAVEL LEBR  
VODNÍ STAVBY PRAHA a. s., STAVEBNÍ DIVIZE 05

**UNDERGROUND GARAGES IN JAN PALACH SQUARE IN PRAGUE 1**  
THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE COURSE OF THE CONSTRUCTION OF UNDERGROUND GARAGES IN JAN PALACH SQUARE AND ABOUT THE ESTABLISHMENT OF THE CONSTRUCTION OF UNDERGROUND GARAGES OF VODNÍ STAVBY PRAHA (WATER CONSTRUCTION WORKS PRAGUE), JOINT STOCK COMPANY, THE DIVISION 05 – SEE THE ABUNDANT PHOTODOCUMENTATION.

Automobilismus a životní prostředí měst. Jak uvést do souladu tento rozporuplný vtaž mezi provozem automobilů a obyvateli (uživateli) měst? Mnozí lidé navrhují radikální řešení a požadují vyloučit z měst nebo jejich velkých částí automobilovou dopravu. Je to ale reálné? Zřekne se moderní člověk svého pohodlí, zřekne se možnosti nezávislosti na veřejné dopravě, kterou představuje doprava vlastním nebo firemním automobilem?

Regulace automobilové dopravy je jistě žádoucí, ale radikální řešení není možné, protože se nezdaří; tuto individuální dopravu si lidé nenechají vzít a určitě v Československu stojíme před jejím dalším nárůstem.

Proto podzemní garáže jsou nutné, neboť jinak se parkovací místa v centrech měst nedají vytvořit. Nadzemní garáže jsou mrtvý prostor, který lze využít – jak říká oblíbené slovo poslední doby – daleko smysluplněji. A parkování v ulicích má kapacitu vyčerpanou a obtěžuje.

Je tedy jistě chválihodné, že se podařilo kladně rozhodnout o výstavbě podzemního parkingu na Palachově náměstí v Praze 1 a dokonce tuto výstavbu sladit s rekonstrukcí vzácné památky – pražského Rudolína. Palachovo náměstí leží v samém centru Prahy a je uzavřeno z jednotlivých stran zmíněným Rudolínem, Filozofickou fakultou Karlovy univerzity, Uměleckoprůmyslovou školou a vltavským nábřežím s Mánesovým mostem.

V závěru několikaleté rekonstrukce Rudolína se tedy toto náměstí stalo velkým stavenišťem, protože se zde pod ochranou podzemních prefabrikovaných stěn začala hloubit stavební jáma o půdorysných rozměrech cca 76×56 m hluboká přes 13 m. Dno stavební jámy zasahovalo tedy pod normální hladinu podzemní vody 5,6 m. Podzemní stěny byly zajišťovány dvěma řadami kotev.

Provedení vlastního založení konstrukce podzemních garáží – tj. realizaci odkladních vrstev, hydroizolace vč. ochranného potěru a vlastní základové železobetonové desky o tloušťce 1,0 m, získala akciová společnost VODNÍ STAVBY PRAHA, konkrétně její stavební divize 05 Praha.

Z hlediska provádění byly tři základní problémy:

- extrémně krátká lhůta pro provedení prací,
- technologie betonáže 1 m silné ŽB desky z vodostavebního betonu vč. dopravní náročností velkých kubatur betonu do centra Prahy,
- riziko zimního období (práce se prováděly v měsíci únoru a musely být ukončeny začátkem března 1992).

Extrémně krátkou lhůtu dodavatel musel akceptovat a při podpisu smlouvy přistoupit ještě na její další zkrácení, protože celá stavba parkingu byla zahájena se značným skluzem oproti předpokládaným termínům a přesto bylo nutné náměstí upravit vč.



Souběh zemních prací, kotvení stěn, hydroizolace a armování desky



Souběh zemních prací, kotvení stěn, hydroizolace a armování desky

sadových úprav do zahájení Pražského jara 1992, tj. do 12. 5. 1992, což byl termín pro oficiální znovuzahájení provozu v Rudolfinu. Harmonogram stavby proto vyžadoval skoro nepřetržitý sled prací. Snímky z realizace to dokazují. Zatímco v části stavební jámy se provádí kotvení podzemních stěn a zemní práce, v další drenážní systém a podkladní vrstvy, v části jámy blíže Rudolfinu se již provedl podkladní beton a fóliová hydroizolace a armuje se železobetonová deska. Pouze v nejnútějším technologickém odstupu pak nastupoval Montostav na montáž prefabrikované konstrukce parkingu.

Technologie betonáže základové železobetonové desky vycházela z projektu, který zpracoval PÚDIS Praha v prosinci 1991 pro Konstruktivu Praha, která byla investorem.

Základová deska tloušťky 1,0 m má půdorysné rozměry 75,6×56,4 m. Byla navržena z vodostavebního betonu HV4-B20 a vyztužena v obou směrech ocelí 10 425. Je to velkorozměrová konstrukce na pružném podkladě bez dilatací.

Z technologických důvodů byla betonáž rozdělena do šesti úseků, betonovaných vždy na celou tloušťku. Svislé pracovní spáry tvořil B-systém. Pro betonáž byl použit čerpaný beton, dodávky zajišťovala betonárna s. p. Zakládání staveb v Modřanech.

Projektant vyhodnotil korozní prostředí základové desky jako nepříznivé a předepsal pro zajištění životnosti její odizolování fóliovou hydroizolací a zvýšené krytí výztuže: dolní krycí vrstvu 50 mm a horní krycí vrstvu 35 mm. Horní povrch desky bude

v provozním stavu chráněn betonovou podlahou s pojízdnou vrstvou z plastbetonu.

Při přípravě betonáže vznikly určité obavy ze vzniku trhlin v základové desce, zejména pro její rozměry, tloušťku a použitý čerpaný beton.

Starosti nedělaly běžné trhliny vznikající především ztrátou vody v povrchových vrstvách betonu a smršťováním betonu v prvních týdnech jeho stáří. Tyto trhliny sahají mělce pod povrch a nevedí ze statického hlediska ani nesnižují korozní ochranu výztuže. Nebezpečné jsou trhliny, jejichž vznik je spojen s ohřevem a následným chladnutím konstrukce. Dochází k němu hydratací cementu během zrání mladého betonu. A právě tyto trhliny mohou dosáhnout velkých hloubek, případně staticky znehodnotit celou konstrukci.

Nejradikálnější opatření proti vzniku trhlin, jako použití zavlhlé betonové směsi s velkým kamenivem, cementu s nižším hydratačním teplem, chlazení betonové směsi, vnitřní chlazení konstrukce, dodatečné vyztužení při povrchu konstrukce apod., nebyla dostupná.

Vzhledem k objektivně nižšímu riziku než u extrémně ohrožených konstrukcí bylo předepsáno jen důkladné hutnění s druhotným hutněním v povrchových partiích konstrukce, dokonalé ošetřování mladého betonu a tepelná izolace vybetonovaných částí základové desky.

Druhotné hutnění potlačuje vznik trhlin v souvislosti se sedáním betonové směsi. Nemá probíhat příliš brzo. Správná doba pro



Armování dílů 5, 6 desky; na dílu 1, 2 se již montuje skelet parkingu



Armování dílů 5, 6 desky; na dílu 1, 2 se již montuje skelet parkingu  
Provádění podkladních vrstev vč. izolace

druhotné hutnění se spolehlivě určí tak, že ponorný vibrátor po vytažení z hutněné betonové směsi ještě nezanechá výraznou stopu na povrchu.

Pokud jde o ošetřování mladého betonu, bylo předepsáno zakrytí jeho povrchů nepropustnou fólií jako parotěsnou zábranou. Důležitost tohoto opatření je zpravidla nedoceněna. Přitom ztráta vody na povrchu, která se projevuje nepravidelnými povrchovými trhlinami, dosahuje při obvyklé teplotě a vlhkosti vzduchu a rychlosti větru kolem  $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , překvapující hodnoty  $1,2$  až  $1,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ . Vezmeme-li v úvahu, že odpařování vody zasáhne jen tenkou vrstvu při povrchu, je zřejmé, jaký význam má hermetické uzavření povrchu konstrukce.

Tepelná izolace snižuje teplotní gradient v zatvrdlém a tepelně aktivním betonu a je hlavním opatřením proti vzniku nejnebezpečnějších trhlin. Izolace může být odstraněna zpravidla po několika dnech.

V souvislosti s tepelnou izolací je třeba zdůraznit nebezpečí, které s sebou přináší ošetřování betonu postřikem studenou vodou. Konstrukce je v povrchových partiích vystavena tepelným šokům, které vyvolávají druhotné napětí s rizikem, že bude překročena pevnost betonu v tahu a tím i jeho integrita. Vlhčení postřikem však neprospívá ani tenkým konstrukcím a ve vyspělých zemích se tento způsob vlhčení stále více považuje za nouzové

opatření pro případ, že beton není možno chránit parotěsnou zábranou.

Aplikací uvedených opatření byla vybudována základová deska v dobré kvalitě bez trhlin a poruch, které by překračovaly hodnoty povolené projektem.

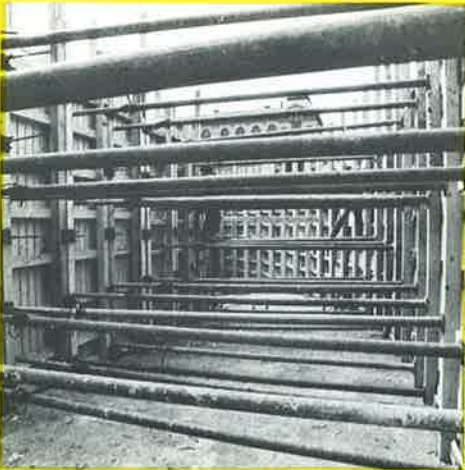
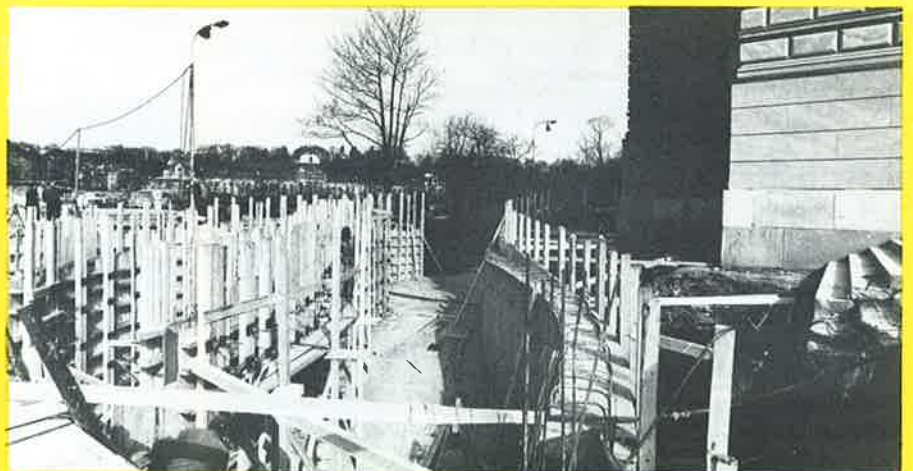
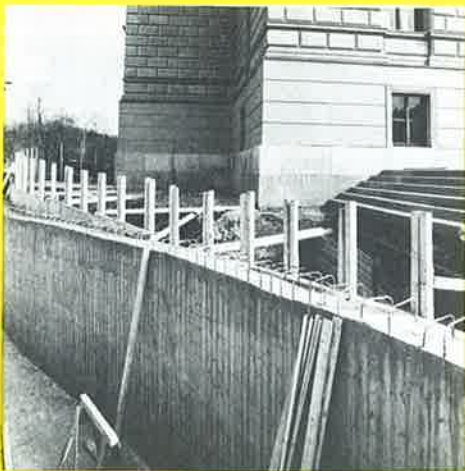
Příznivě se v tomto ohledu projevila i postupná betonáž po úsecích, takže zejména objemové změny se lokalizovaly na menší úseky konstrukce.

Riziko počasí (s výjimkou pouze 3–4 mrazivých dnů), odstranila sama příroda a tak připravená opatření pro betonáž a pro provádění fóliové izolace nemusela být používána.

Celou stavbu jako vyšší dodavatel zajišťoval a. s. Konstruktiva, zakládání vč. zemních prací s. p. Zakládání staveb, betonové zákl. konstrukce divize 05 a. s. Vodní stavby Praha, pro které hydroizolaci dodala firma Stavební izolace Praha s. p., Praha 1, Národní 27.

Vodní stavby Praha, divize 05 provedly ještě železobetonové konstrukce vjezdu a výjezdu do parkingu situované mezi nábrežím a Rudolfinem (viz obr. 6–9).

Stavba jistě prokázala, že i některé československé stavební firmy umí stavět rychle a kvalitně. Hrubá stavba garáží a definitivní úprava náměstí J. Palacha byly do zahájení pražského jara 1992 dokončeny.



Stěna výjezdu po odbednění

Detail rozepření bedněných stěn

Bedněné vjezdové a výjezdové rampy

Bedněné vjezdové a výjezdové rampy



# PODZEMNÍ STAVBY VE FINSKU

AUTOR: RNDr. JOSEF MÜHLDFORF

SG GEOTECHNIKA a. s.

## SUBTERRAIN CONSTRUCTIONS IN FINLAND

THE ARTICLE CONTAINS THE INFORMATION ABOUT SUBTERRAIN CONSTRUCTIONS IN FINLAND IN THE YEARS 1958–1986. IN CONCLUSION OF THE ARTICLE THE PRICES OF FINISHED BUILDINGS (SITES) ARE STATED.

V průmyslově vyspělých zemích stále stoupají požadavky na využití povrchu terénu. Dopravní a průmyslové stavby pohlcují stále více zemědělské půdy. Jsou poškozovány cenné krajinné oblasti. Mnohé objekty přímo ohrožují životní prostředí svými exhalacemi, hlukem nebo prašností.

Nepříznivou situaci pomáhá řešit situování takových objektů do podzemí. V Československu je tato možnost zatím využívána jen v omezeném rozsahu. V předkládaném článku proto přinášíme orientační přehled o rozsahu a způsobu využití podzemí ve Finsku, které má v tomto směru před Československem předstih.

Podzemní stavitelství je ve Finsku nesporně zvýhodněno vysokou kvalitou magmatických a metamorfovaných hornin, které tam jsou velmi rozšířeny. Stabilita výrubů v těchto horninách nemusí být zajišťována v takovém rozsahu, jak je obvyklé v Československu. Na druhé straně tam jsou ale nákladnější vlastní ražební práce. Ve velkém rozsahu je využívána vrtná technika a horniny jsou rozpojovány trhavinami. Vytěžená hornina je drcena a dále využívána jako šterk. Jeho prodejem jsou podzemní stavby zlevňovány. K tomu přispívá i ta skutečnost, že finská přírodní ložiska šterku jsou značně vyčerpána.

Při výstavbě podzemních objektů odpadají některé obtíže, obvyklé při výstavbě na povrchu. Minimální vliv na průběh výstavby má nepříznivé počasí. Mnohé, plošně i objemově rozsáhlé stavby lze realizovat i v silně zastavěném, městském prostředí při využívání plošně nenáročných přístupových cest. Přístup do hlouběji situovaných děl může být zajišťován úpadními štolami i z větších vzdáleností. Tak lze vybudovat podzemní objekty i pod centry měst, bez nepříznivého narušování dopravy a životního prostředí.

Vznikají však jiné problémy. Způsobují je nepředvídané vlastnosti hornin, horské tlaky a přítoky podzemních vod. Předějit jim lze řádným inženýrskogeologickým průzkumem horninového masivu a vhodným organizováním prací.

### PŘEHLED PODZEMNÍCH STAVEB

Uvádíme přehled podzemních staveb, které byly ve Finsku vybudovány v letech 1958 až 1986.

1. *Vodovodní přivaděče.* V uvedeném časovém období bylo ve Finsku vybudováno 32 dílších tunelů o celkové délce 201 675 m. Příčný profil 5 až 15,5 m<sup>2</sup>. Výjimečný je přivaděč pitné vody pro hlavní město z jezera Päijänne na severu země o délce 120 km. K systému zásobování vodou patří i podzemní úpravy a rezervoáry.

2. *Podzemní stoky* byly vybudovány v délce 87 714 m v 29

úsecích. Příčný průřez je v rozmezí 6 až 18 m<sup>2</sup>. Převážně jsou řešeny na gravitačním principu, jsou ale vybudovány i podzemní čerpací stanice, pokud je třeba překonávat výškový rozdíl.

3. *Čistírny odpadních vod.* Jsou vybudovány v kavernách o celkovém objemu 172 000 m<sup>3</sup>.

4. *Zásobníky ropy.* 34 kavernových zásobníků má celkový objem 10 664 000 m<sup>3</sup>. Nejmenší zásobník má objem 30 000 m<sup>3</sup>, největší 1 041 000 m<sup>3</sup>.

5. *Kryty pro ochranu obyvatelstva.* 27 objektů má celkový objem 849 600 m<sup>3</sup> (nejmenší 1000 m<sup>3</sup>, největší 165 000 m<sup>3</sup>). Některé kryty jsou využívány pro sportovní účely, jako parkoviště pro automobily apod.

6. *Užitkové tunely.* Slouží nejrůznějším účelům. Na příklad pro přívod chladicí vody v průmyslových objektech, pro zásobování aj. 34 objektů má celkovou délku 51 315 m při příčném průřezu 7 až 36 m<sup>2</sup>.

7. *Dopravní, silniční a železniční tunely.* Celková délka 10 818 m při příčném průřezu 25 až 84 m<sup>2</sup>.

8. *Podzemní síla na skladování písku a šterku, někdy spojená s podzemní drtírnou hornin.* 13 objektů představuje celkový objem 507 400 m<sup>3</sup>.

9. *Podzemní vodní elektrárny.* 5 objektů představuje objem 286 000 m<sup>3</sup>.

10. *Transformační stanice.* Jedna kaverna o objemu 12 300 m<sup>3</sup>.

11. *Podzemní prostory pro různá technická zařízení.* 16 objektů má celkový objem 503 000 m<sup>3</sup>.

12. *Výtopna* je umístěna v kaverně o objemu 30 000 m<sup>3</sup>.

13. *Městská doprava – metro, tunely a stanice.* Podzemní prostory mají objem 427 450 m<sup>3</sup>.

14. *Státní archiv a filmový archiv* jsou umístěny v podzemních prostorách o objemu 30 000 m<sup>3</sup>.

15. *Laboratoře pro nukleární fyziku* zaujímají prostor 125 000 m<sup>3</sup>. Plocha laboratoří je 15 000 m<sup>2</sup>.

16. *Kolektory.* Mají celkovou délku 5 000 m při příčném průřezu 15,5 m<sup>2</sup>.

17. *Mrazírenské skladiště.* Jeden objekt má objem 20 000 m<sup>3</sup>.

18. *Umělecká galerie.* Podzemní prostory byly vyraženy ve dvou fázích a jejich celkový objem je 32 000 m<sup>3</sup>.

Uvedený přehled podzemních objektů ve Finsku není vyčerpávající. Poskytuje však orientační informace o překvapivě velkém využívání podzemí pro nejrůznější, průmyslové, bezpečnostní i kulturní účely.

## CENY PODZEMNÍCH OBJEKTŮ

Výsledná cena podzemních objektů není tak vysoká, jak se obvykle předpokládá. V průběhu jejich využívání je pak dále snižována v důsledku minimálních nákladů na údržbu, která je v mnoha případech nižší, než u odpovídajících staveb na povrchu.

Cenu podzemních objektů rovněž významně snižují úspory, vzniklé ušetřením pozemků na povrchu, případně, v zastavěných oblastech, ušetřením povrchové zástavby. Dalšího snížení ceny podzemních objektů lze dosáhnout prodejem vytěžené horniny, pokud je technicky využitelná.

Připojujeme orientační ceny některých podzemních objektů v USD.

*Kolektor*, spojující elektrárnu v Salmisaari s Ruskeasuo (oblast Helsinek). Obsahuje dva teplovody o průměru 700 mm, potrubí pro přivádění vody o průměru 800 mm a velké množství kabelů. Kolektor je dlouhý 6,7 km, příčný průřez má 18 m<sup>2</sup> a celkový objem je 115 000 m<sup>3</sup>. Byl vystavěn za cenu 5,4 mil. USD, což představuje 47 USD/m<sup>3</sup>. Úroveň cen je z roku 1982.

*Zásobník na ropu* o objemu 500 000 m<sup>3</sup> na ostrově Mustikkama,

včetně tunelu, spojujícího zásobník s elektrárnou. Vypočtená cena je 19 USD/m<sup>3</sup>.

*Stoka* o délce 10,3 km, příčném průřezu 12,5 až 18 m<sup>2</sup> a celkovém objemu 205 000 m<sup>3</sup>; 60 USD/m<sup>3</sup> nebo 1 080 USD/m.

*Podzemní kryt*, nyní využívaný jako podzemní parkoviště, o objemu 80 000 m<sup>3</sup> (450 parkovacích míst), bez vnitřní výstavby: 42 USD/m<sup>3</sup> (rok 1983).

Cenu podzemních staveb významně zvyšuje cena vnitřního vybavení. Příkladem může být výstavba podzemního krytu:

*Podzemní kryt*, objem 72 000 m<sup>3</sup>, kapacita 11 641 osob. Cena zahrnuje projekční práce, dozor v průběhu výstavby, ražební práce, stříkaný beton, železobetonovou výztuž, vnitřní stavební práce, vybudování vytápění a zavedení vody, klimatizaci a vzduchotechniku, elektrické instalace, nátěry aj.: 126 USD/m<sup>3</sup>, tj. celkem 9 072 000 USD (rok 1985). Přepočteno na naši měnu při současném kursu to představuje přibližně 254 mil. Kčs, nebo 3 528 Kčs/m<sup>3</sup>.

*Uvedené údaje byly čerpány z knihy: Laine O. a kol. (1986) – Rock Engineering in Finland, Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki, 186 s.*



## PÚDIS

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

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

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

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

Věříme, že ani vás v případě vašeho zájmu nezklameme.

Další informace vám poskytneme na dále uvedených adresách:

### Vedení firmy PÚDIS Praha

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

### Středisko projektování dopravních staveb a inženýrských sítí

Na vodovodem 169, 100 00 Praha 10, telefon 77 52 53

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

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

### Středisko projektování tunelových, podzemních a pozemních staveb

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

### Středisko projektování dopravních staveb a inženýrských sítí

Legerova 69, 112 70 Praha 1, telefon 22 62 95

# SPOJKA NANTENBACH

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

## CONNECTING LINE NANTENBACH

THE ARTICLE INFORMS ABOUT THE CONNECTING LINE NANTENBACH IN NORTHERN BAVARIA ON THE RAILWAY-ROUTE WÜRZBURG – FRANKFURT a.M. THE OBJECTIVE OF THE ARTICLE IS TO REPRODUCE THE LESSON DRAWN RIGHT ON THE CONSTRUCTION SITE THAT IS CHARACTERIZED NOT ONLY BY THE TECHNOLOGY USED, BUT ALSO BY THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE IN THE COURSE OF THE CONSTRUCTION.

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

Následující příspěvek se týká pouze uvedených tunelů, které

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

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

Pro ucelenější přehled uvádím jen některé vybrané základní údaje:

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

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

### NÁVRHOVÉ PARAMETRY, KONSTRUKCE A METODA VÝSTAVBY

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

- nejvyšší rychlost 350 km/hod.
- max. podélný sklon 12,5 ‰
- min. poloměr směrového oblouku 7000 m

– vzdálenost os olejí 4,70 m

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

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

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

Tunely nejsou vybaveny žádným nuceným větracím systémem.

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

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

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

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

## POZNÁMKY K PROJEKTOVÉ DOKUMENTACI

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

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

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

Činnostmi úzce související s projektováním je i vypracování podkladů smlouvy o dodávce stavby. Smlouva patří mezi nejdůležitější dokumenty, ke kterým se účastníci stavby neščíslněkrát vracejí. Pro názornost lze uvést, že smlouva o dodávce tunelu Rammersberg včetně jejich nedílných součástí, technických a doplňujících podmínek, obsahuje 648 stran textu. Koncipování takovéto smlouvy není jen obrazem technických schopností inženýrské kanceláře, ale také i zkušeností, neboť ve smlouvě jsou do

podrobností rozpracovány především takové detaily, které již v minulosti znamenaly, nebo by mohly znamenat nejednoznačnosti a rozpory.

## VEDENÍ STAVBY

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

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

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

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

Nejméně na takové profesionální úrovni jako jsou dodavatelské organizace musí být i investor, v daném případě jeho zástupce, aby si při vedení stavby mohl zachovávat dostatečný nadhled. Podle dlouhodobých statistik ILF činí rozdíl celkových nákladů na porovnatelné stavby realizované jednak se stavebním dozorem (tak, jak jej provádí ILF) a jednak bez něj až 40 %. Jeho hlavní úkoly při vedení stavby lze velmi zhruba charakterizovat následujícími činnostmi:

- řídí a podrobně dokumentuje průběh stavby – inženýrská kancelář má na každém staveništi stálý dozor, který nejen dbá na to, aby prováděné práce byly v souladu s projektem a smlouvou, ale i protokolárně dokumentuje veškeré rozhodující činnosti, které se na stavbě dějí a vše co by mohlo mít vliv na technickou kvalitu a financování stavby. Přitom je vedení inženýrské kanceláře prostřednictvím těchto dozorů průběžně informováno. Tato ucelená dokumentace není samoučelná, ale umožňuje zpětně prakticky přesně analyzovat potřebné údaje v případě nastalých technických nebo finančních problémů či sporů.
- provádí průběžnou geologickou a hydrogeologickou dokumentaci – o funkci této dokumentace bylo již řečeno v kapitole o stavební metodě.
- provádí geotechnické měření – tato měření jsou v souladu s projektem.

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

v žádném případě nedošlo k průniku deformovaného ostění s požadovaným teoretickým světlym profilem.

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

- d) provádí geodetická měření – hlavním cílem této činnosti je kontrola geodetické služby dodavatele. Předmětem je především neustálá kontrola základní geodetické sítě, hlavních vytyčovacích bodů. Patří sem také poslední kontrola ustavení bedničního vozu před zahájením betonáže bloku a proměřování tvaru vnitřního ostění. Vyhodnocování měření je obdobné jako v předešlém odstavci.
- e) kontroluje fakturaci dodavatele – k této činnosti ještě přistupuje sjednávání a doporučení ke schválení veškerých dodatkových cen. Téma financování stavby by si zasloužovalo buď samostatný příspěvek, nebo je lze jednoduše charakterizovat: je to velmi tvrdý boj pro každého účastníka výstavby od zadávacího řízení až po konečnou bilanci stavby.
- Příklad průběžně prováděné technické dokumentace a jejího vyhodnocení je znázorněn na obr. 4 až 9.

## ZÁVĚR

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

Pro příklad zkusme porovnat časy výstavby srovnatelných částí obdobných staveb, (ražené části mezi portály tunelu Rammersberg a Strahovského tunelu u jedné ražené roury). Oba tunely jsou stavěny v obdobných geologických podmínkách. Delší ražený úsek Strahovského tunelu se zhruba vyrovná s větší plochou výrubu v příčném řezu tunelu Rammersberg. Jediný rozdíl je v tom, že Rammersberg je ražen v relativně volném terénu a Strahovský tunel v městském prostředí. Pro odhad časového průběhu výstavby Strahovského tunelu byl použit Zpravodaj Metro 01/1989 a informace publikované v tisku – MF ze dne 12. 2. 1992. (Začátek – zahájení ražby opěrných tunelů 10/1985, předpokládaný konec ražeb – odhadem 06/1992.)

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

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

# DRŽÍME SLOVO

## METROSTAV

### náročné stavby požadované na klíč

akciová společnost  
 Dělnická 12, Praha 7  
 FAX 8723 576  
 IČO 014 915



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

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

*Ve Wiesenfeldu, duben 1992*

## ZPRAVODAJSTVÍ MEZINÁRODNÍ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA/AITES



## 18. VÝROČNÍ VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ – MEXICO ACAPULCO 1992

Mezinárodní tunelářská asociace konala své 18. výroční shromáždění v ACAPULCO – MEXICO ve dnech 16.–20. května 1992, u příležitosti mezinárodního kongresu pod heslem „Kupředu, nové světy podzemí“, organizovaný mexickou tunelářskou asociací AMITOS. Shromáždění se zúčastnili zástupci, delegáti, pozorovatelé a členové pracovních skupin z 22 států z celkových 38 členských států mezinárodní asociace.

### ZASEDÁNÍ SE ZÚČASTNILY NÁSLEDUJÍCÍ ČLENSKÉ STÁTY

Jižní Afrika, Spolková republika Německo, Rakousko, Belgie, Brazílie, Kanada, Korea, Dánsko, Egypt, Španělsko, USA, Finsko, Francie, Itálie, Japonsko, Lesotho, Mexiko, Norsko, Nizozemsko, Velká Británie, Švédsko a ČSFR.

### NEÚČAST

Alžír, Austrálie, ČLR, Kolumbie, Maďarsko, Island, Indie, Maroko, Nový Zéland, Polsko, Portugalsko, Švýcarsko, Thajsko, Rusko, Venezuela a Jugoslávie.

Tunelářská asociace má nyní registrováno 41 nových členů (11 sdružení a 30 individuálních členů), kteří tak tvoří 156 členských zástupců včetně 5 rezignací a 6 doplňků.

### ZAJÍMAVOSTI Z MEZINÁRODNÍ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE

Do nového výkonného výboru kandidoval za ČSFR – sekretář Čs. tunelářského komitétu, který neměl patřičné štěstí neboť po dvou kolech, kdy bylo dosaženo vždy rovnosti hlasů, byl dle stanov člen určen mezi dvěma kandidáty a los určil pana De Lauthauwera z Belgie.

#### Nový výkonný výbor je tvořen:

C.J. KIRKLAND, <i>V. Británie</i> , bývalý prezident	do r. 95
J. F. BOUGARD, <i>Francie</i> , bývalý viceprezident	do r. 95
R. ROBBINS, <i>USA</i> , viceprezident	do r. 95
M. SERRANO, <i>Španělsko</i>	do r. 95
H. DUDDECK, <i>SRN</i>	do r. 95
W. De LAUTHAUWER, <i>Belgie</i>	do r. 94
E. ABDEL SALAM, <i>Egypt</i>	do r. 94
S. KIYOYAMA, <i>Japonsko</i>	do r. 93
A. GLERUM, <i>Nizozemsko</i>	do r. 93
C. BERENGUIER, <i>Nizozemsko</i>	do r. 93

### TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY (TUST)

TUST je oficiální časopis mezinárodní tunelářské asociace a mnoha spolupracujících organizací z různých zemí. V roce 1990 a 1991, v osmi vydáních časopisu bylo uveřejněno kolem 70 dokumentů z 30 zemí a z mnoha pracovních skupin ITA.

V posledních pěti letech, počet spolupracujících organizací se skoro zčtyřnásobil, z 6 v roce 1987 na dnešních 23. Tyto organizace uveřejnily zajímavé informace o svých aktivitách v zvláštních rubrikách.

### VZTAHY SE SPOJENÝMI NÁRODY (OSN)

Valné shromáždění (ITA) ukončilo svou čtyřletou zprávu, že ITA je připravena do OSN. Tato zpráva vyzývá k podporám asociace a k rozvoji jejich geografických reprezentací. Také ukazuje na to, že ITA spolupracuje s OSN agenturami k rozšiřování možností sponzorství a spolupráce týkající se tunelářských expertů.

Valné shromáždění potvrdilo připravenost Brazílie na sympozium zájímavé se o OSN a vztahy s ECOSOC, která by měla iniciovat studii „Gibraltarského průlivového tunelu.“

Další zasedání mezinárodní tunelářské asociace se uskuteční: V Amsterdamu (Nizozemsko) 18.–21. dubna 1993 u příležitosti konání mezinárodního kongresu „Volby tunelování“.

V Káhiře (Egypt) – 3.–7. dubna 1994 u příležitosti konání mezinárodní konference „Tunelování a podzemní podmínky“. V Stuttgartu (SRN) 6.–11. května 1995 u příležitosti konání konference oslavující 35. výročí založení STUVA.

Poslední informace je k průběhu konference v ACAPULCO, kde účastníci pracovali v 10 pracovních skupinách (tématicky zaměřených) od výzkumu až po mechanické tunelování.

– MK –

## ZPRAVODAJSTVÍ TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES



### PODZEMÍ MĚSTA JAKO EKOLOGICKÝ FAKTOR

Vysoká škola báňská v Ostravě, katedra hornické geotechniky a podzemního stavitelství ve spolupráci s Výstavbou ostravsko-karvinských dolů Ostrava uspořádala dne 29. dubna 1992 celodenní odborný seminář na téma Podzemní kolektory – ekologický faktor města.

Akce byla určena pracovníkům městských a obecních úřadů, projekčních a investorských organizací, uživatelům městských a inženýrských sítí a dodavatelským firmám. Účastníci byli seznámeni s problematikou podzemních kolektorů z hlediska jejich projekce, výstavby a provozu v organizmu města a některými novými technologiemi mikrotunelingu, kladení a asanace městských neprůlezných komunálních sítí, asanace podzemí historických objektů a čistěním odpadních vod.

Nad odborným seminářem převzali záštitu rektor VŠB prof. ing. Tomáš Čermák, CSc. a ředitel VOKD ing. Petr Plachý. Celá akce proběhla velmi úspěšně a setkala se s velkým ohlasem mezi zúčastněnými odborníky z celé ČSFR, Polska i studenty VŠB. Účastníci přijali doporučení, zasláné především na městské a obecní úřady. S ohledem na aktuálnost problematiky, dynamický rozvoj v daném oboru, s potřebou sladit tuto činnost s ekologickými požadavky a ochranou životního prostředí se doporučuje periodické konání podobných akcí. Pro potřeby pracovníků městských

obecních úřadů bylo doporučeno zřízení konzultačního a poradního centra na VŠB v Ostravě se zaměřením na

- navrhování, výstavbu a provoz městských inž. sítí,
- řešení problematiky využívání podzemí pro umístění objektů městské infrastruktury (sklady, garáže, odstavné plochy, COV, objekty CO a další),
- racionální řízení podzemního a nadzemního urbanismu,
- řešení problematiky deponií, skládek a odpadového hospodářství,
- řešení kolizních problémů ohrožujících životní prostředí městských aglomerací, rekreačních a chráněných oblastí,
- řešení problematiky financování staveb sdruženými prostředky a jinak,
- problematiku vlivů mělkého tunelování na povrch,
- problematiku vlivu důlní hornické činnosti na výstavbu a provozování městských kolektorů.

### 20. ZASEDÁNÍ ČS. TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

Jubilejní již 20. zasedání Čs. tunelářského komitétu ITA/AITES se uskutečnilo ve dnech 29.–30. dubna 1992 v Bratislavě (pod patronací s. p. Doprastav) za účasti 36 zástupců členských organizací včetně představitelů Strany zelených z České a Slovenské republiky.

Ve středu 29. dubna v dopoledních hodinách proběhlo pracovní zasedání komitétu, kde účastníci byli informováni o činnosti sekretariátu od posledního listopadového zasedání v Brně. Sekretář ing. Jaroslav Grán informoval mj., že ke dni zasedání má Čs. tunelářský komitét 36 řádných členských organizací a 7 individuálních členů. Komitét nabídl svým členům pomoc při organizování cesty na mezinárodní konferenci podzemních staveb v Delftu v Holandsku, která se uskuteční letos v létě a v nabídce je rovněž účast na mezinárodním sympoziu 21.–24. června 1993 v Lisabonu. Dále prof. ing. Aldorf informoval o průběhu soutěže o nejlepší diplomní práci za školní rok 1992/93 od studentů, kteří budou oceněni finančními odměnami od komitétu. O výsledku soutěže Vás budeme informovat po jejím ukončení.

V programu nebyla opomenuta ani účast čs. delegace na Valném shromáždění mezinárodní tunelářské asociace v Mexiku v druhé polovině května 1992 za účasti předsedy ing. J. Hesse a sekretáře ing. J. Grána a 2 zástupců a. s. Subterry. Každý z účastníků obdržel nové číslo zpravodaje „TUNEL“ a vedoucí redaktor



Vystoupení hostů na odborném semináři



Vedení Čs. tunelářského komitétu při zahájení 20. zasedání

dr. M. Kadlec požádal o aktivnější spolupráci členských organizací formou externí spolupráce na tvorbě článků, fotografií, inzerce nebo přímo ve vydavatelském systému zpravodaje.

Odpolední zasedání bylo věnováno diskusi všech účastníků na tiskové konferenci se zástupci tisku a Strany zelených z České a Slovenské republiky. Zajímavé bylo i vystoupení zástupce francouzské firmy, která nabízí hlavnímu městu Slovenské republiky vybudování metra (Hospodářské noviny uvedly, že se jedná o částku 16 miliard Kčs), ale vlastní jednání není ještě u konce, protože k této částce přidají se ještě úroky a podmínky, které zatím na veřejnost nemohou a tak Bratislavané si mohou o metru již 10 rok jenom snít. I ostatní diskusní příspěvky byly zajímavé a dokladovaly, že podzemní stavitelství má budoucnost a bude se rozvíjet od Šumavy až po Košice.

Druhý den čtvrtek 30. dubna 1992 byl bohatý na překvapení neboť pořadatelé připravili výlet k rakouským kolegům. Za deštivého počasí vyrazili všichni účastníci kromě vedení komitétu lodí po Dunaji proti proudu k rakouskému městu Melk na exkurzi železničního tunelu Säusensteinu. Zástupci Čs. tunelářského komitétu navštívili vídeňskou radnici, kde byli přijati prvním vice-radním panem Hansem Mayrem, který v rakouské metropoli má na starosti dopravu, finance a výstavbu. V rámci rozhovoru nabídl Čs. tunelářskému komitétu možnost spolupráce, případnou návštěvu na 4 týdny čs. odborníků ve Vídni, aby lépe poznali výstavbu metra i systém radnice při budování dopravní sítě. Po skončení všichni odjeli na výše uvedený tunel, který má délku 4 692 m, stavba byla zahájena 15. října 1990 a provoz bude zahájen v roce 1994.

Společný oběd v malé rakouské hospůdce a dále cesta do Vídně uběhla jako voda. Ve Vídni naši rakouští hostitelé ještě ukázali výstavbu jedné ze stanic metra, poté následovalo malé občerstvení a několik dotazů a pak již cesta lodí zpět do Bratislavy. Poté již zpět cesta do Prahy a dalších míst naší vlasti.

20. zasedání Čs. tunelářského komitétu bylo úspěšné, zástupci byli spokojeni a již se těší na 21. zasedání, které se uskuteční na podzim v Košicích na pozvání ing. Tótha.

Nakonec lze uvést, že se zástupci a. s. Metrostav sešli na přátelském posezení se zástupci s. p. Doprastav a a. s. Hydrostav, aby si vyměnili své zkušenosti z provádění privatizace i perspektiv společné spolupráce v různých oblastech. Dvoudenní zasedání komitétu znovu tak přispělo k vzájemné informovanosti a výměně posledních zkušeností v oblasti podzemních staveb.

– MK –

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB



## MEZI- KONTINEN- TÁLNÍ TUNEL

**AUTOR: ing. RICHARD  
ŠNUPÁREK, CSc.,  
VĚDECKOVÝZKUMNÝ  
UHELNÝ ÚSTAV,  
OSTRAVA-RADVANICE**

Úspěšná řešení velkých tunelových staveb v posledním období umožňuje pomýšlet na projekty, které byly ještě v nedávné době fantazií. V USA bylo v roce 1991 ustaveno konsorcium společností a nevládních organizací, náplní jehož činnosti je podpora projektu výstavby železničního tunelu, spojujícího pod Beringovou úžinou Čukotku s Aljaškou a tím i euroasijský se severoamerickým kontinentem.

Podobný projekt se poprvé objevil na počátku 20. století, avšak vzhledem k technickým a politickým problémům byl brzy opuštěn. Dnešní úvahy vycházejí především ze záměrů spojení surovinových zdrojů Sibiře a Dálného východu s výkonným severoamerickým a kanadským průmyslem, přímé železniční spojení prudce se rozvíjejících dálnévýchodních zemí („5 asijských tygrů“ a výhledově i Japonska) se severoamerickým trhem a samozřejmě v neposlední řadě spojení evropského a amerického prostoru. Autoři projektu jsou přesvědčeni, že z ekologických a energetických důvodů se stane železniční doprava v budoucnu hlavním způsobem přepravy zboží a materiálů.

Navrhovaná trasa železnice a tunelu pod Beringovou úžinou je zdánlivě nevýhodná tím, že vede na sever až k polárnímu kruhu a na amer. kontinentě pak opět směřuje k jihu. Je to ovšem pouze zkruslení vlivem běžného kartografického zobrazení. Pohled na polární mapu (obr. 1) ukazuje, že zejména u spojení Dálný východ – americký kontinent je to téměř nejkratší spojení po zemském povrchu (např. nejkratší spojení mezi Pekingem a Chicagem je situováno ještě severněji než projektovaná trasa železnice).

Celý projekt (obr. 2) zahrnuje dostavbu a propojení železniční sítě jak na asijské tak na americké straně. Na asijské straně se jedná o cca 3500 km železnice z Tyndy přes Jakutsk až na Čukotku, na americké straně pak železniční trať z Nome do Fairbanku a dále propojení aljašské železnice do Kanady (přes Cease Lake resp. Fort Nelson) v celkové délce cca 1500 km.

Stavba vlastního tunelu se ve světle dnešních poznatků nejeví jako mimořádný technický problém. Existence 2 ostrovů uprostřed Beringovy úžiny (Velký a Malý Diomed – obr. 3) umožňuje rozdělit tunel na 3 úseky v délce 22; 2,5 a 22 km (tedy jednotlivé délky kratší než délka raženého tunelu pod lamanšským kanálem). Největší hloubka moře v oblasti trasy tunelu je 54 m a pevný granitový masiv, tvořící dno úžiny, umožní bezpečnou ražbu v projektované houbce 65 m pod dnem moře. Stávající projekt předpokládá ražbu 1 pilotního tunelu průměru 6 m a 2 železničních tunelů o průměru cca 10 m.

Předpokládané náklady na celý projekt v úrovni cen r. 1988 činí



Členové vedení čs. tunelářského komitétu při exkurzi v Rakousku a návštěvě stavby železničního tunelu se svými hostiteli.



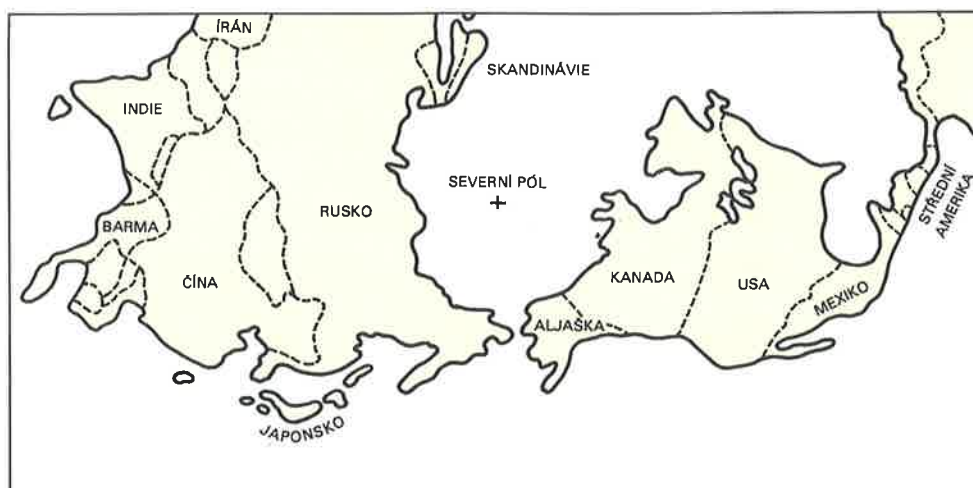
37 miliard US dolarů, z toho vlastní tunel by stál 15 miliard USD. Vedle vládní účasti USA, Kanady a Ruska se předpokládá značný podíl soukromého kapitálu. Zajímavý je návrh využití starého amerického systému při osidlování divokého západu – prodeje pozemků v pásmu cca 50 mil po každé straně trasy železnice, což je vzhledem k četným přírodním zdrojům v této oblasti (nafta, zlato, diamanty apod.) jistě atraktivní.

Pro naši technickou veřejnost je zajímavé, že jedním z hlavních propagátorů tohoto „projektu 21. století“ je Čechoameričan pan George Koumal, prezident firmy ETI US Inc. z Arizony (z jehož materiálů autor těchto řádků čerpal) a členem uvedeného konsor-

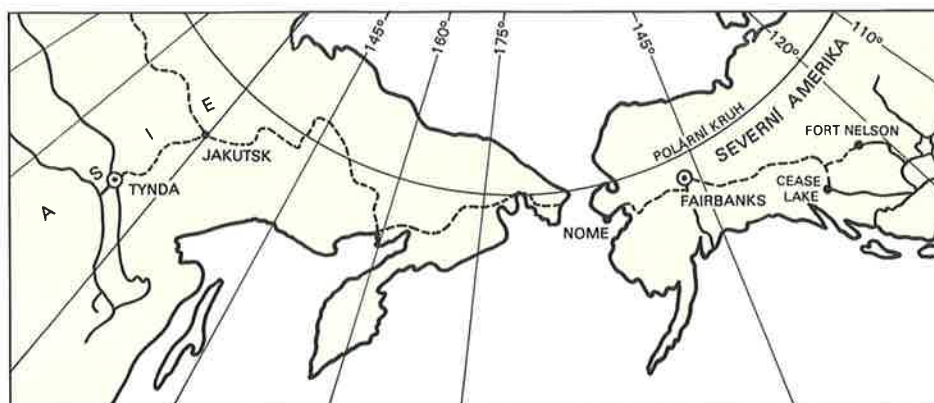
cia je i československá organizace – VVUÚ v Ostravě-Radvanicích.

### PITNÁ VODA PRO VÍDEŇ

Hlavní město Rakouska Vídeň je jedno z mála měst na světě, které je zásobováno pramenitou pitnou vodou, přivedenou z horských pramenišť. Velkorysé zásobování vysoce kvalitní vodou bylo vybudováno již za vlády císaře Františka Josefa I.

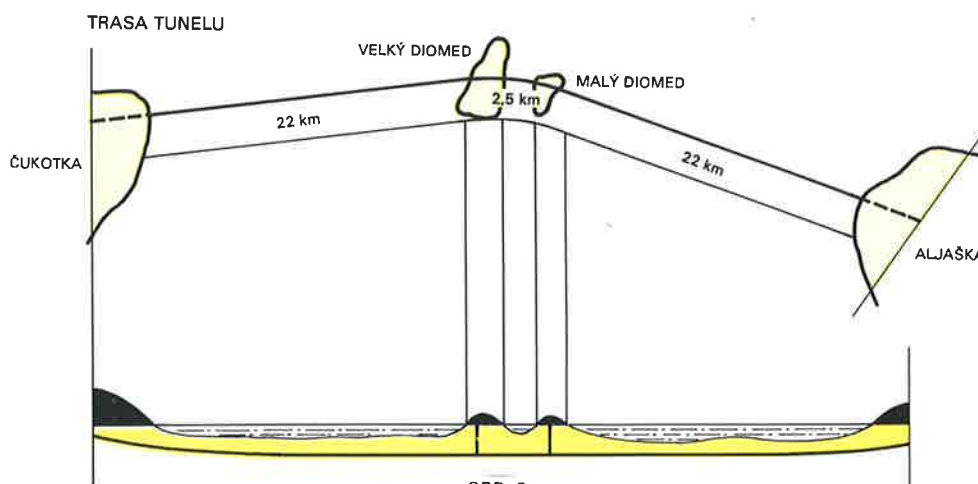


OBR. 1



----- PLÁNOVANÁ ŽELEZNICE  
 ————— STÁVAJÍCÍ ŽELEZNICE

OBR. 2



OBR. 3

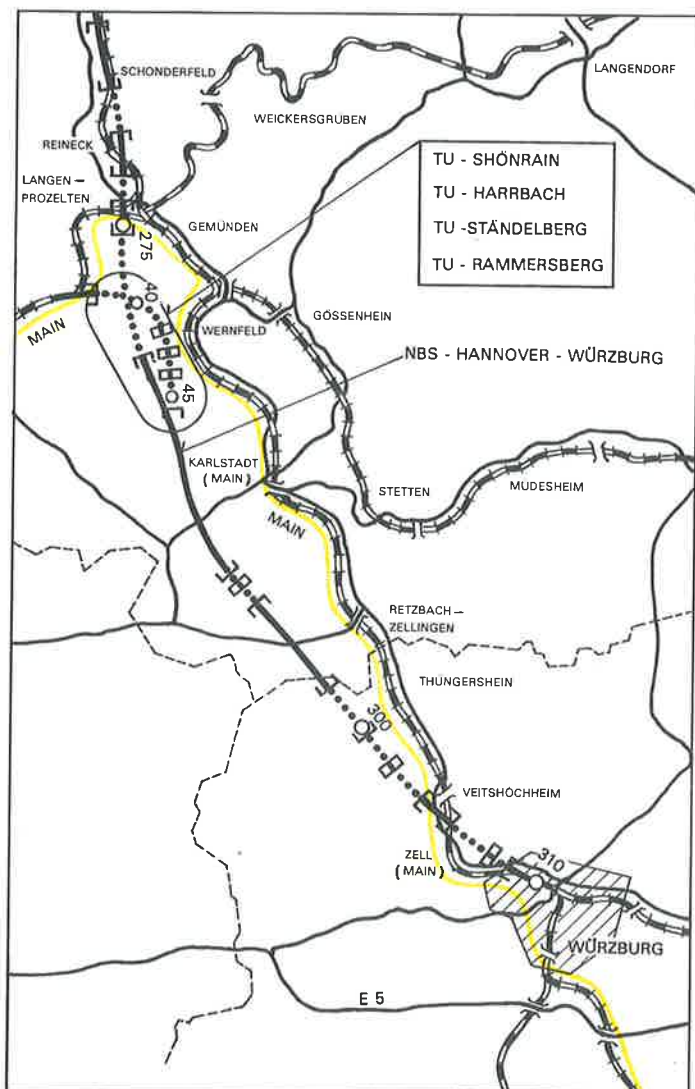
I. vídeňský přivaděč z horských pramenišť byl uveden do provozu v roce 1873. Prudký vzrůst počtu obyvatel Vídně nedostatek vody ještě zvýšil. Vídeňská rada došla k závěru, vybudovat II. přivaděč z jiných horských pramenišť.

Ze všech rozsáhlých průzkumů vycházela jako nejvýhodnější oblast štýrské Salzy s horským masivem Hochschwab. Prameny zde zaručovaly i v zimním období minimální vydatnost 177 500 metrů kubických za den (2,05 m<sup>3</sup> za sec).

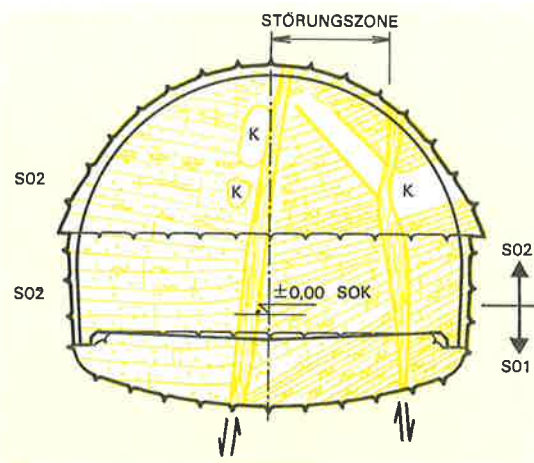
Po intenzivní práci byl podrobný projekt II. vídeňského přivaděče se všemi soutěžními, stavebními a dodacími podmínkami hotov a v květnu 1903 ve slavnostním sále vídeňské radnice vystaven.

Trasa přivaděče, dlouhého cca 170 km, se skládá ze 77,02 km štol, 74,129 km dlouhého uzavřeného kanálu, 100 akvaduktů o celkové délce 6,2 km, jednoduchých trubních mostů délky 1,1 km a 19 shybek z potrubí o světlostech od 900–1200 mm.

Vlastní stavební práce byly zahájeny v prosinci 1901 odstřelem na portálu v údolí Steinbach u Güstligu. Prvních 400 metrů štol bylo vrtáno ručně. Po zřízení příjezdních komunikací a instalaci strojního zařízení se začalo v únoru 1903 vrtat pomocí elektrických vrtaček. V září 1903 byl vyražen konečně první kilometr štol. V témže roce byla zahájena i ražba z opačné, štýrské strany. Po vyražení úseků štol ručně byla v roce 1904 zahájena strojní ražba.

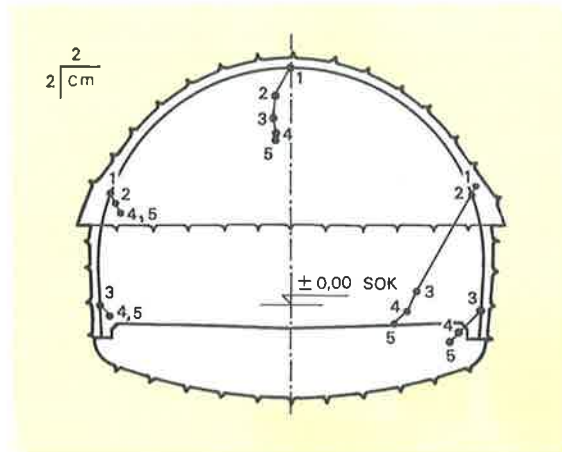


## GEOLOGIE



STRATIGRAFIE: PLATTENSANDSTEIN S 02  
CROTHERIENSCHIEFER S 01  
LITHOLOGIE: S 02: PLATTIGER SANDSTEIN BIS MASSIGER  
SCHLUFF- UND TONSTEIN  
STÖRUNGSZONE: NE- FLAKE DES HARRBACHER GRABENBRUCHS  
TONIC BIS SANDIGE MYLONITE MIT HARNISCHEN

## PROFIL S BODY PRO MĚŘENÍ DEFORMACÍ



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

## LEGENDE

- 1  $\frac{1a-1i}{2a-2i}$  23. 03. 91 10 TAGE NACH EINBAU KALOTTE  
2  $\frac{2a-2i}{4a-4i}$  26. 27. 06. 91 1 TAG NACH STROSSENDURCHGANG  
3  $\frac{3a-3i}{4a-4i}$  22. 25. 07. 91 RINGSCHLUSS SPRITZBETON SG AM 20. 06. 91  
4  $\frac{4a-4i}{4a-4i}$  11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

Velký přítok vody ( $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) však znemožnil další práce. Teprve po vyražení odvodňovací štoly a strojním čerpání vody byl možný další postup ražby.

Ve vzdálenosti 5 km od portálu byla postavena elektrárna, zajišťující energii především pro provoz elektrických vrtaček. Ve štole bylo vedení z neizolovaných vodičů umístěno pod stropem, přičemž napětí bylo transformováno na 500 V a teprve na čelbě se snížilo na potřebných 220 V.

Rubanina byla dopravována k portálu drážkou s elektrickou lokomotivou a elektricky poháněným vrátkem, který rubaninu dopravil na deponii, umístěnou ve výši 10 metrů nad úroveň štoly.

Větrání zajišťovaly dva za sebou zapojené důlní ventilátory o profilu 600 mm, které dodávaly na čelbu  $30 \text{ m}^3$  vzduchu za minutu. Čelba byla elektricky osvětlena a vybavena telefonní stanicí.

Dopravu zajišťovaly benzinové důlní lokomotivy. Práce na stavbě štoly probíhaly nepřetržitě ve třech směnách po osmi hodinách.

Na obou stranách štoly pracovalo 150 dělníků. Maximální denní postup byl 6 metrů, největší měsíční byl 139 metrů. To jsou zajímavé výkony i při srovnání s dnešními, když přihlédneme k současnému strojnímu parku.

Prorážka hlavní štoly u Güstlingu se uskutečnila 18. 1. 1906.

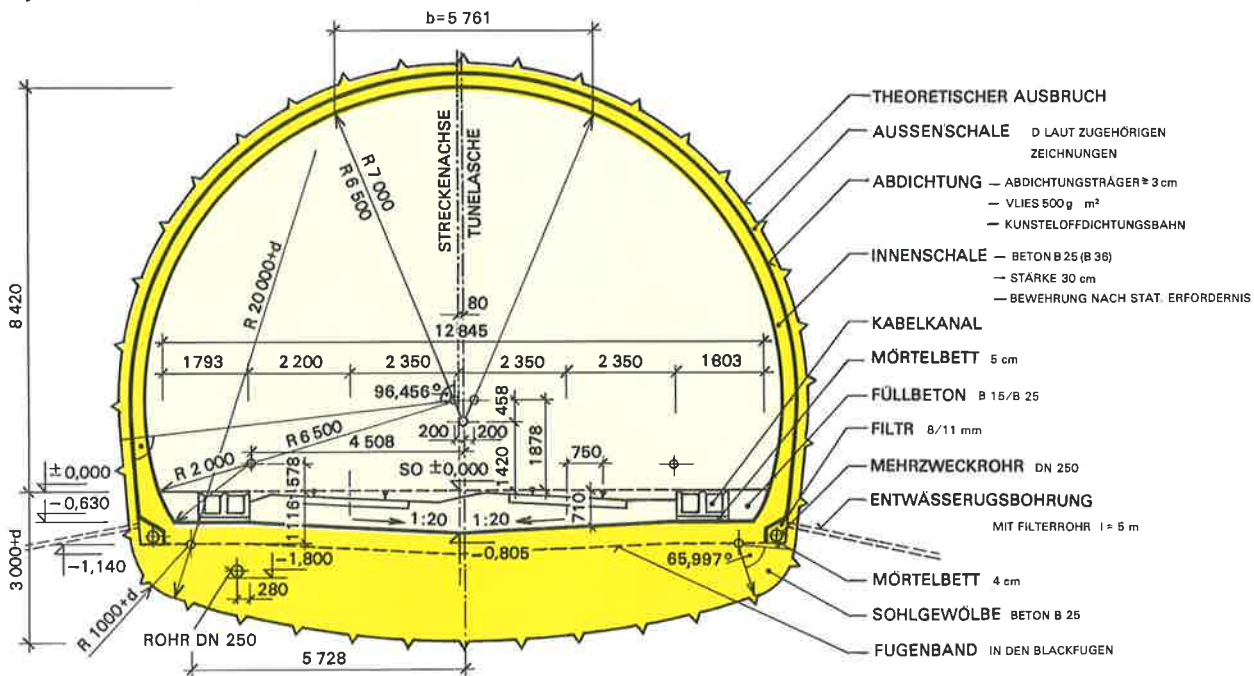
Tolik tedy o ražené části II. vídeňského přivaděče.

Celé dílo v délce cca 170 km patří mezi největší díla města Vídně na začátku tohoto století. Slavnostní zahájení provozu přivaděče se zúčastnil sám císař František Josef, který ze skleněného poháru, speciálně vyrobeného pro tuto příležitost, vypil první doušek skvělé horské pramenité vody.

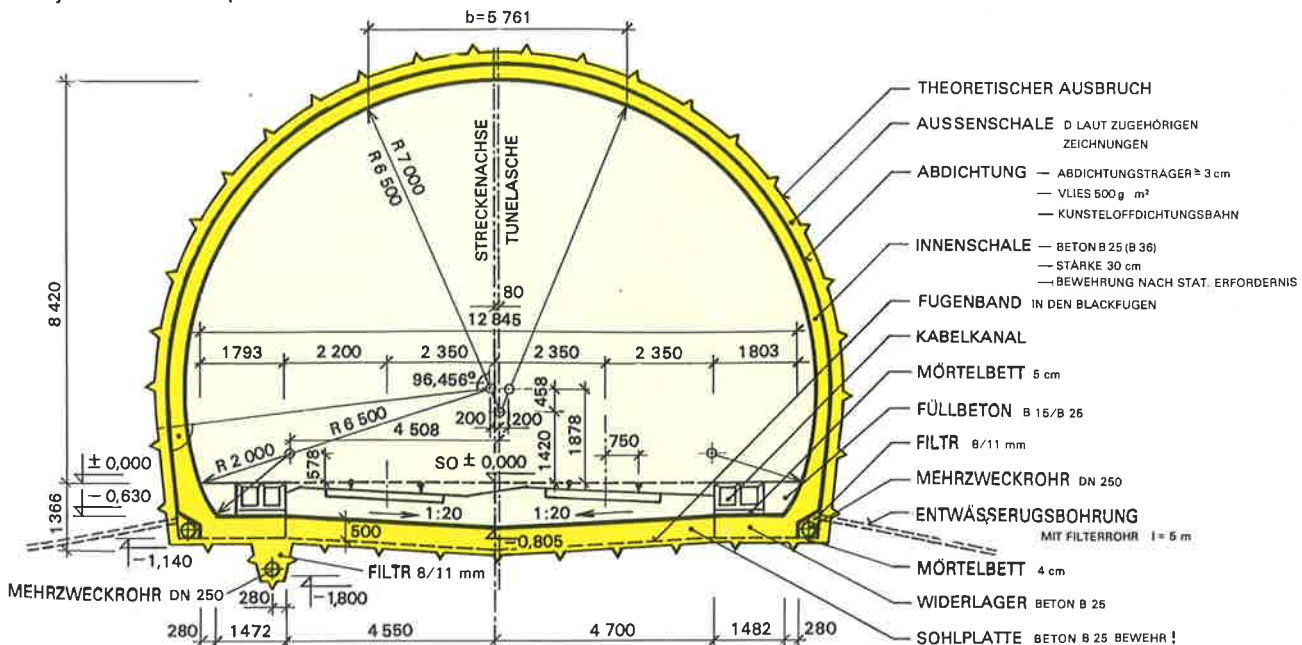
Psal se 2. prosinec 1910.

Výtah z článku ing. Novotného, zpracovaného podle sborníku, vydaného magistrátem města Vídně k 75. výročí II. přivaděče pitné vody.

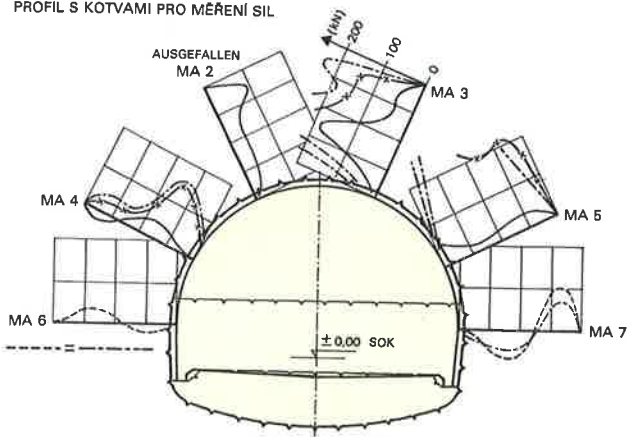
Příčný řez tunelem se spodní klenbou



Příčný řez tunelem se spodní deskou



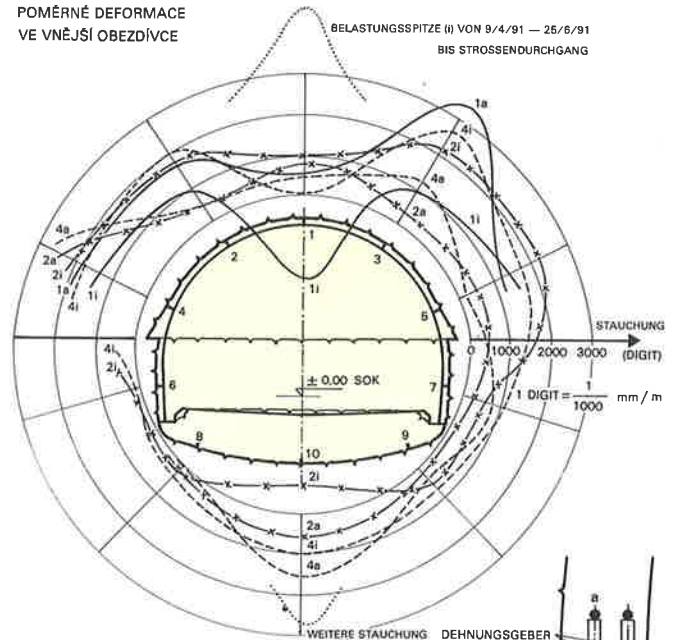
PROFIL S KOTVAMI PRO MĚŘENÍ SIL



LEGENDE

- 1 — 1a — 1i 23. 03. 91 10 TAGE NACH EINBAU KALOTTE
- 2 — 2a — 2i 26. 27. 06. 91 1 TAG NACH STROSSENDURCHGANG
- 3 — 3a — 3i 22. 25. 07. 91 RINGSCHLUSS SPRITZBETON SG AM 20. 06. 91
- 4 — 4a — 4i 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

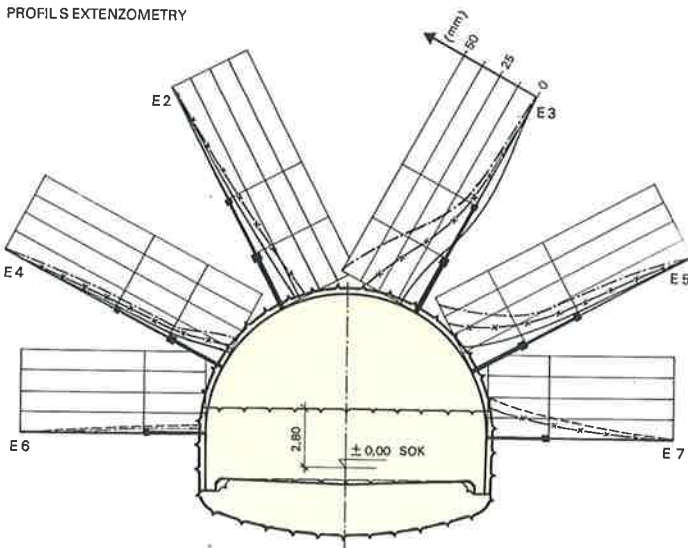
POMĚRNÉ DEFORMACE VE VNĚJŠÍ OBEZDÍVCE



LEGENDE

- 1 — 1a — 1i 23. 03. 91 10 TAGE NACH EINBAU KALOTTE
- 2 — 2a — 2i 26. 27. 06. 91 1 TAG NACH STROSSENDURCHGANG
- 3 — 3a — 3i 22. 25. 07. 91 RINGSCHLUSS SPRITZBETON SG AM 20. 06. 91
- 4 — 4a — 4i 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

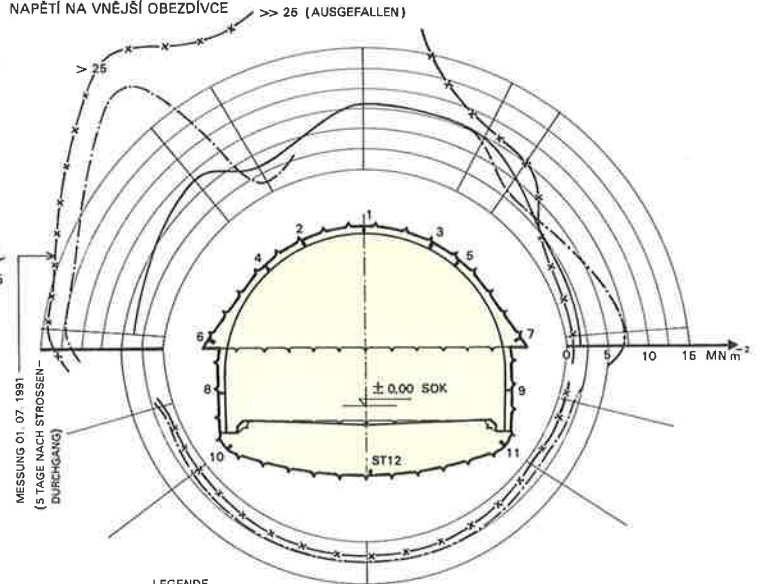
PROFILS EXTENZOMETRY



LEGENDE

- 1 — 1a — 1i 23. 03. 91 10 TAGE NACH EINBAU KALOTTE
- 2 — 2a — 2i 26. 27. 06. 91 1 TAG NACH STROSSENDURCHGANG
- 3 — 3a — 3i 22. 25. 07. 91 RINGSCHLUSS SPRITZBETON SG AM 20. 06. 91
- 4 — 4a — 4i 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

NAPĚTÍ NA VNĚJŠÍ OBEZDÍVCE >> 25 (AUSGEFALLEN)



LEGENDE

- 1 — 1a — 1i 23. 03. 91 10 TAGE NACH EINBAU KALOTTE
- 2 — 2a — 2i 26. 27. 06. 91 1 TAG NACH STROSSENDURCHGANG
- 3 — 3a — 3i 22. 25. 07. 91 RINGSCHLUSS SPRITZBETON SG AM 20. 06. 91
- 4 — 4a — 4i 11. 08. 91 MA6, MA7, E6, E7

**PRO VÁS  
NAVRHNE A PROVEDE**

**RAŽENÁ LINIOVÁ  
PODZEMNÍ DÍLA**

**KANALIZAČNÍ SBĚRAČE  
ODVODŇOVACÍ ŠTOLY A JÁMY  
VODNÍ PŘIVADĚČE  
MĚSTSKÉ KOLEKTORY  
ŠTOLY PRO DÁLKOVÉ HORKOVODY  
SILNIČNÍ A ŽELEZNIČNÍ TUNELY  
ŠIKMÉ PŘIVADĚČE A CHODBY  
VĚTRACÍ A DOPRAVNÍ ŠACHTY**

**KAVERNY — PODZEMNÍ HALOVÉ  
PROSTORY**

**PODZEMNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD  
SKLADY EKOLOGICKY  
NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ  
CHLADÍRENSKÉ SKLADY  
ZÁSOBNÍKY PLYNU A ROPY**

**SUBTERRA Praha,  
Bezová 1658, 147 14 Praha 4  
telefon (02) 478 16 09  
FAX (02) 466 179**

**NABÍZÍME MODERNÍ ŘEŠENÍ  
VAŠEHO STAVEBNÍHO ZÁMĚRU,  
ODPOVÍDAJÍCÍ SVĚTOVÉMU TRENDU  
ÚSPORA ZA CENY POZEMKŮ  
EKOLOGICKY ŠETRNÝ PRŮBĚH  
VÝSTAVBY  
MINIMÁLNÍ KOLIZE S POVRCHOVOU  
ZÁSTAVBOU  
NÍZKÉ PROVOZNÍ NÁKLADY**

**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
**SUBTERRA**  
UNDERGROUND  
CIVIL ENGINEERING  
BEŽOVÁ 1658  
147 14 PRAHA 4  
CZECHOSLOVAKIA  
PODZEMNÍ  
INŽENÝRSKÉ STAVBY

**VODNÍ STAVBY**

odštěpný závod 05 Praha  
Dobronická 635, 148 27 Praha 4 - Libuš

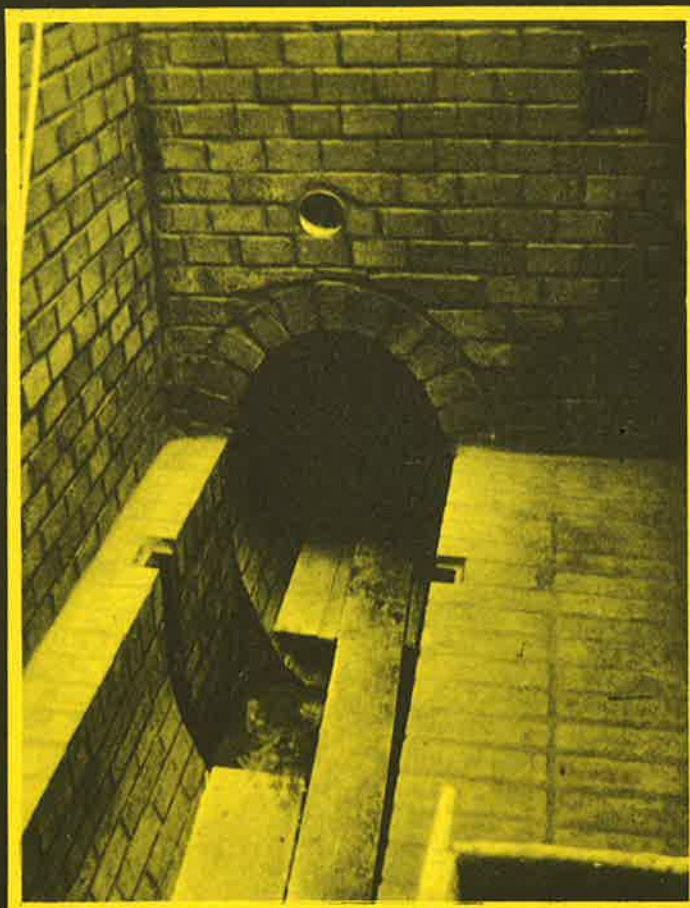
telefon 471 44 84  
dálnopis 123 547  
FAX 471 3254

**ODŠTĚPNÝ ZÁVOD 05  
VODNÍCH STAVEB PRAHA**

Vám zajistí vodohospodářské a inženýrské stavby  
všeho druhu s užitím řady specializovaných technologií  
jako např. štolovací práce, protlaky, kanalizační zdvo,  
vodotěsné betony a pod.

Podle potřeby zajistíme odběratelům i investorskou  
přípravu staveb od průzkumných prací a projektu  
až ke kolaudaci.

Máme kvalifikaci i zkušenosti a vyjdeme vstříc všem  
požadavkům investorů.



**STAVEBNÍ GEOLOGIE**



**GEOTECHNIKA a. s.**

V oboru inženýrské geologie a geotechniky je největší odbornou firmou s nejdélejší tradicí v ČSFR

**NABÍZÍME VÁM:**

veškerou posudkovou a konzultační činnost v oblasti zakládání staveb, rekonstrukcí stavebních objektů a geologie životního prostředí

**Jsme připraveni pro Vás provést:**

průzkum základové půdy pro občanskou i průmyslovou výstavbu  
průzkum pro složitě komunálních odpadů, popílku, strusky a toxických průmyslových odpadů  
průzkum pro vodohospodářské stavby všeho druhu  
průzkum pro územní plány, rozšiřování a rekonstrukce měst a obcí, určování geofaktorů a sestavování inženýrsko-geologických map  
průzkum pro podzemní stavby — tunely, štoly, podzemní sklady a zásobníky  
průzkum pro navrhování jam a zářezů, jejich zabezpečení a odvodnění  
řešení stability skalních stěn a svahů přirozených i umělých  
řešení stability zemních svahů a svážných území  
řešení dynamické stability proti seismickým účinkům přírodním i technickým včetně porušení staveb vlivem trhacích prací  
zajištění všech potřebných zkoušek v terénu i v laboratořích, včetně monitoringu  
veškeré potřebné výpočty s použitím zjištěných a ověřených hodnot  
projekční práce základových konstrukcí, podzemních stěn, pilotových základů a projekty sanací sesuvů všeho druhu  
průzkum radonových emanací

**NAŠÍM CÍLEM JE HÁJIT VAŠE EKONOMICKÉ ZÁJMY POMOCÍ KOMPEXNOSTI A VYSOKÉ ODBORNOSTI NAŠICH PRACÍ**

**NAŠI SPECIALISTÉ VÁM POMOHOU NALÉZT RELATIVNĚ NEJVHODNĚJŠÍ ŘEŠENÍ VAŠICH PROBLÉMŮ**

**VYZVĚTE NÁS K NÁVŠTĚVĚ, PRO VÁS ZCELA NEZÁVAZNĚ**

Informace:  
Stavební geologie Geotechnika a. s.  
Geologická 4  
152 00 Praha 5

  
Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.  
ředitel

Telefon: 590 688, 590 709  
Telefax: 590 689, 590 710

**Ceny pozemků v centrech evropských měst neustále stoupají. Stejně tak tomu je a bude zejména v Praze, Plzni, Brně a Bratislavě.**

**V případě, že jste majiteli obdobných realit příslušného rozsahu, je čas kvalifikovaně posoudit jejich možné zhodnocení. Například výstavbou objektů umístěných do podzemí pro tolik potřebné sklady, garáže, výrobní nebo obchodní prostory, výstavní a společenská centra, speciální provozy a podobně.**

**Na základě seriózní dohody Vám zpracujeme projektovou studii dalšího možného využití Vašeho pozemku, zajistíme její projednání s kompetentními orgány města, případně podníme ke spolupráci další investory. Dohodnutý objekt postavíme tzv. na klíč, v dohodnutém termínu.**

**Těšíme se na setkání s Vámi.**

# **METROSTAV**

**FIRMA, SE KTEROU STOJÍ ZA TO KONZULTOVAT  
VAŠE INVESTIČNÍ ZÁMĚRY**

170 00 Praha 7, Dělnická 12

FAX 87 53 87

telex 12 12 21

telefon/tuzemsko 80 82 75

telefon/zahraníčí 80 94 53



**Cesta  
k vrcholu  
Škodaexport,  
a. s.**

**DODÁVKY - KOOPERACE  
- KONTRAKTY**

**s významnou sférou  
československých producentů  
- 51 akcionářů akciové společnosti  
ŠKODAEXPORT pro vývoz a dovoz zařízení  
v odvětvích:**

**zařízení parních, vodních a jaderných elektráren  
zařízení válcoven, sléváren, lictích strojů, pecí  
elektrické lokomotivy a trolejbusy  
zařízení pro ekologický provoz - odsiřování, bezprašná výroba  
zařízení provozů, studijních místností a laboratoří  
zařízení pro osobní a nákladní dopravu  
zařízení pro potravinářský a stavební průmysl**

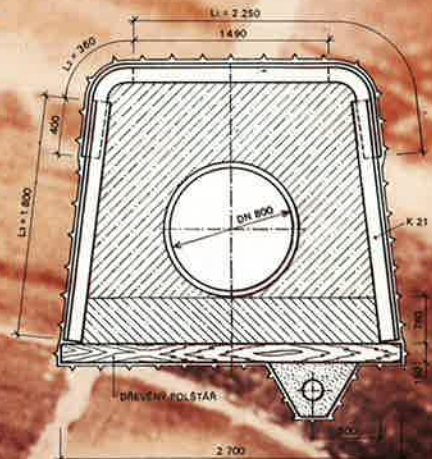
**Dovoz zboží, zařízení a strojů, jejich distribuce v Československu  
zajišťuje Škodaexport ve spolupráci se spol. s r. o. Contest a fy  
Gloria.**

**Přímý kontakt: Škodaexport, a. s.  
113 32 Praha 1, Václavské nám. 56  
Tel.: 21 31, telex: 122413 skex c, fax: 269563**



# INGSTAV BRNO

KLASICKÁ ŠTOLA PRO DN 800



K.21 — DL 1 800 mm    LB.1 — DL 2 500 mm    VZDÁLENOST FAZNIC 0,5 m

## BUILDING AND RECONSTRUCTIONS OF ENGINEERING SERVICE SYSTEMS BY SHIELD TUNNELLING TECHNOLOGY OFFERS

### BUILDING OF ENGINEERING SERVICE SYSTEMS (sewer, water, and gas systems, cables) by shield tunneling

- DN 63 through DN 180 mm by FlowTex® technology
- horizontal directed drilling followed by in-drawing PE HD pipeline to the distance of 200 m for water and gas pipelines and cables
- DN 150 through DN 400 mm by Dr. Soltau's® microtunneling technology using earthenware and polymer-concrete pipes
- DN 400 through DN 2200 mm by pipe jacking of ferroconcrete pipes and INGSTAV® type steel equipment
- DN 1,600 through DN 3200 mm by shielding with INGSTAV® type shields for sewers with internal earthenware protection for collectors with complete supporting
- gallery-driving in 16 m<sup>2</sup> excavation incl. final supporting for all lines and pipings
- shaft sinking under difficult geological conditions

### RECONSTRUCTION OF ENGINEERING SERVICE SYSTEMS (sewer, water and gas systems) by shield tunnelling from DN 150 through DN 3000 mm, namely

- pipeline cleaning
- TV camera pipeline inspections (for diameters exceeding 100 mm)
- design of line maintenance and reconstructions
- cooperation with renowned firms

Further information available with:

Ingstav Brno a. s., Kopečná 20

657 15 Brno p. p. 115

Technical Department

Tel.: 0042/5/324 251

Telex: 631 92

Fax: 0042/5/338 132