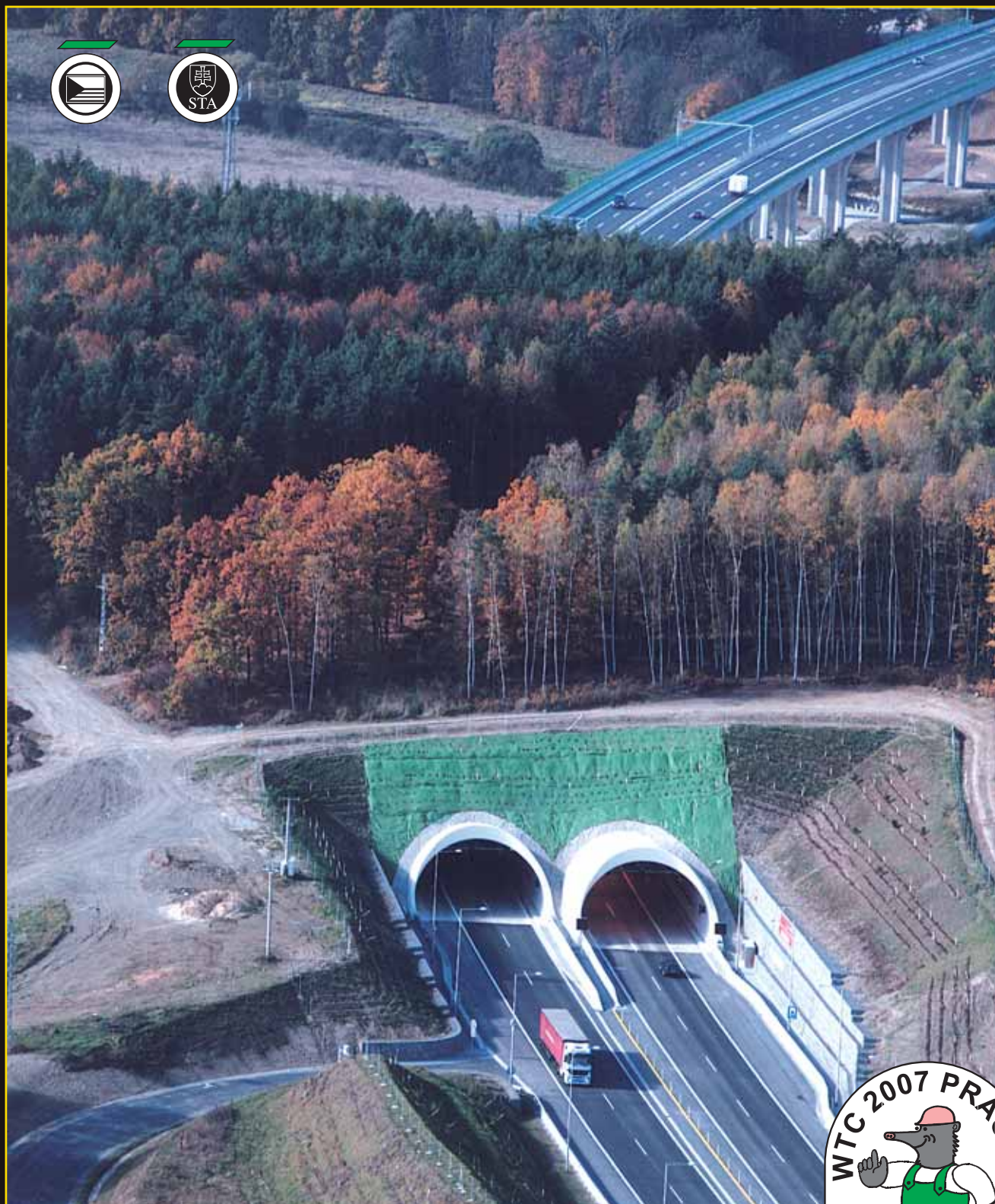


# Tuoni

č. 4  
2006

ČASOPIS ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES  
MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES



## EDITORIAL

V minulém čísle našeho časopisu se shodou okolností připomínalo výročí dvou významných stavebních firem, působících v oblasti podzemních staveb, které už podle svých názvů byly původně zaměřeny na výstavbu dolů. To je dobrá příležitost k zamyšlení nad vztahem hornictví a podzemního stavitelství a jeho vývojem.

V druhé polovině 20. století a vlastně ještě před asi 30 lety byly tyto obory u nás zcela odděleny. Velký rozsah a ekonomická síla uhelného a uranového hornictví kontrastovaly se sporadickými významnějšími podzemními stavbami. Odborná veřejnost byla také zcela rozdělena na důlní specialisty a stavbaře, kteří měli svá vlastní odborná fóra, periodika i publikace, přičemž kontakty obou skupin byly více než řídké. O něco lepší situace byla na Slovensku, kde se Banské stavby Prievidza snažily uplatnit v podzemním stavitelství i mimo oblast hornonitrianských dolů.

Situace se začala měnit s výstavbou pražského metra, na níž se významně podíleli organizace a pracovníci kladenských dolů. I mezi odborníky se objevil zvýšený zájem o využití poznatků a zkušeností druhé strany. V této souvislosti musím vzpomenout zakladatele časopisu *Tunel* ing. Jaroslava Grána, který jako jeden z prvních navázal užší styky s báňským výzkumem a praxí. Osvícenější báňští specialisté si zase začínali uvědomovat, že boom hornictví jednou skončí a že podzemní stavitelství je oblastí, kde budou moci v budoucnu uplatnit své znalosti.

Samozřejmě bylo postupně nutné zbavit se stereotypů a zjednodušených přístupů, daných rozdílnými podmínkami obou oborů. Je potřeba si uvědomit, že ačkoli technologické postupy ražení podzemních děl mohou být podobné, je zde základní rozdíl v přístupu k výslednému dílu. Pro stavitele je cílem a výsledkem vlastní podzemní dílo, zatímco pro horníka je důlní chodba pouze nutným prostředkem pro vlastní dobývání suroviny. S tím samozřejmě souvisí používaná technologie, náklady, životnost, ale i vztah ke kvalitě a její kontrola atd.

Obě strany se také musely vyrovnat s předsudky a pověrami. Tak mezi stavbaři se soudilo, že kvalita a životnost podzemních děl ražených v hornictví s vysokými postupy jsou naprosto nevyhovující, horníci naopak poukazovali na vyšší náklady a menší výkony při realizaci podzemních staveb.

K zásadnímu obratu došlo v nových politických a ekonomických podmínkách po roce 1990. Prudký útlum hornictví donutil důlní výstavbové organizace hledat uplatnění v podzemním stavitelství, současně nastal příliv báňských pracovníků i do stávajících stavebních firem. Došlo k propojení odborných skupin především v oblastech, kde se problematika podzemních staveb a hornické činnosti prolíná, tj zejména v oblasti geomechaniky a geotechniky, především v otázkách stability a výztuže podzemních děl. V současnosti můžeme najít příspěvky řady důlních odborníků např. v časopise *Tunel* nebo *Geotechnika*, odborné konference jako pravidelná *Geotechnika* nebo seminář *Zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu* mají pravidelně stavitelskou a hornickou sekci a také výuka na stavebních fakultách technických univerzit obsahuje problematiku podzemního stavitelství i důlní výstavby.

S rostoucím objemem podzemních staveb v České republice jako s ukazatelem růstu technologické a ekonomické úrovně společnosti je dnes těžiště činnosti jednoznačně na straně podzemního stavitelství, především tunelářství. To, že poznatky a zkušenosti z báňské činnosti se v této oblasti uplatňují, je jen ku prospěchu věci.

*Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.  
člen redakční rady časopisu Tunel*

## EDITORIAL

By coincidence, the previous issue of our magazine reminded us of anniversaries of two important construction companies active in the field of underground construction, which had originally been involved in construction for mines. It provides a good opportunity for me to contemplate on the relationship between mining and underground construction and its development.

In the second half of the 20th century and, as a matter of fact, even some 30 years ago, these industries were completely separated in our republic. The large extent and economic power of the coal and uranium mining industries contrasted with sporadic underground construction projects which would be worth mentioning. Even the pool of professionals was divided into two groups comprising mining specialists and builders, who had their own separate professional forums, periodicals and publications, while the contacts between the two groups were rather rare. The situation in Slovakia was slightly better. Slovakian Banské Stavby Prievidza tried to assert themselves in underground construction and even outside the area of the Upper Nitra mining region.

The situation started to change with the commencement of the construction of the Prague Metro. The contribution of organisations and employees of Kladno mines to the success of this project was significant. Increased interest in utilisation of the know-how and experience available on the other side appeared even among civil engineering professionals. In this respect, I must remember Mr. Jaroslav Grán, the founder of the *Tunel* magazine, who was one of the first persons to establish closer relations with mining research and practice. On the other hand, more enlightened mining specialists began to realise that one day the mining boom would end and underground construction was a future field where they would be able to sell their skills.

Of course, it was necessary to step by step get rid of stereotypes and simplified approaches ensuing from different conditions in the two industries. We must realise that even if work procedures for underground excavation are similar, there is a fundamental difference in the attitude towards the final product. The aim of builders is the underground works itself, while, for miners, an underground gallery is only a necessary means of extracting raw materials. Of course, the applied technique, costs, length of life, but also the attitude towards quality and quality management etc. are related to the above aims. In addition, both sides had to overcome prejudices and superstitions. For instance, builders believed that quality and longevity of underground structures built by the mining industry were absolutely insufficient as a result of too high advance rates, while miners pointed out higher costs and lower outputs existing in the sphere of underground construction.

A radical change occurred in the new political and economic conditions after 1990. Abrupt mining checks forced organisations providing construction for mines to seek work in the field of underground construction. At the same time, influx of miners in existing construction companies began. Professional teams joined their forces mainly in areas where the problems of underground construction and mining were mingled, namely in the field of geomechanics and geotechnics, above all regarding issues of stability and support of underground works. Today we can find papers by many mining professionals published, for example, in *Tunel* or *Geotechnika* magazines; read in technical conferences, e.g. the regular *Geotechnika* or the seminar "Rock mass consolidation, sealing and anchoring", which have regular construction and mining sections; even the teaching in civil engineering colleges of technical universities contains the issues of underground construction or construction for mines.

With the growing volume of underground construction in the Czech Republic, which is used as an indicator of the growth of technical and economic level of the society, the centre of gravity of activities is unequivocally on the side of underground construction, first of all tunnel construction. The fact that the mining know-how and experience are applied in this field is to the benefit of the whole industry.

*Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.  
Member of the Editorial Board*





## VÁŽENÍ KOLEGOVÉ A ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

každá společnost má ve své historii milníky, které ji opravňují k určité rekapitulaci vlastní historie. Taková chvíle v letošním roce nastala pro OHL ŽS. Dovoďte mi, abych se touto cestou pozastavil právě nad uplynulými roky naší akciové společnosti.

V roce 1952 vznikl státní podnik Železniční stavitelství Brno, jehož úspěšná činnost znamenala stabilní a progresivní rozvoj. V roce 1992 byl podnik transformován na akciovou společnost a rok poté přijal nový název ŽS Brno, a. s. Následné změny ve vlastnických vztazích a s tím i související snaha o zvýraznění vazby na nadnárodní španělskou společnost pro stavební činnost, koncese a služby – Skupinu OHL – vyústily v zatím poslední, ale neméně zásadní proměnu: v letošním roce jsme změnili název společnosti na OHL ŽS, a. s.

OHL ŽS, a. s., svými současnými aktivitami navazuje na bohatou tradici multioborové stavební výstavby. Máme tři oborové závody zaměřené na pozemní a dopravní stavitelství.

Nejčastěji býváme spojováni s oborem dopravních staveb – jsme nejen významným dodavatelem pro modernizaci tranzitních železničních koridorů (z poslední doby mohou jmenovat například vybudování části koridoru mezi Českou Třebovou a Přerovem, kde vyrostly čtyři tunely Krasíkov, Hněvkov, Třebovice a Malá Huba), rekonstruujeme také nádražní budovy a okolní prostory (například v létě dokončená rekonstrukce nádraží Ostrava-Svinov), podílíme se na stavbě řady tramvajových tratí (z nichž pravděpodobně nejzajímavější práce byla na založení mostních estakád tramvajové trati Hlubočepy – Barrandov v Praze), stavíme i velké silniční stavby (kde nemohu opomenout mimoúrovňovou brněnskou křižovatku Hlinky či Královopolské tunely v Brně).

Činnost OHL ŽS, a. s., je však mnohem širší. Podílíme se i na modernizaci městských infrastruktur (zejména na výstavbě kolektorové sítě v Brně a v Praze, rekonstrukci kanalizačních stok), výstavbě čistíček odpadních vod na řadě míst v celé republice. Věnujeme se rekonstrukcím historických objektů, realizujeme výstavbu budov určených pro kulturní, vzdělávací či zdravotnické instituce a věnujeme se i mnoha dalším aktivitám.

Působíme také v zahraničí, např. v Bulharsku, Černé Hoře, Chorvatsku, Bosně a Hercegovině, Maďarsku, Ázerbajdžánu či na Slovensku.

Kvalitní provedení stavebních prací v podzemí i na povrchu není myslitelné bez odborně zdatných, pracovitých a loajálních zaměstnanců. Investice do dalšího odborného růstu našich lidí i cílevědomá spolupráce s vysokými školami nám vytvářejí již nyní předpoklady pro další úspěšný rozvoj.

Vysokou prioritou pro naši společnost je rozvoj systémů řízení jakosti, bezpečnosti a životního prostředí. To potvrzuje i fakt, že jsme se jako první společnost v České republice a první stavební společnost v Evropě stali držitelem certifikátu „Uznání za excelenci“. Stejně tak neopomíjíme ani ekologický přístup k výstavbě a respekt k trvale udržitelnému rozvoji.

I přesto, že jsme změnili název společnosti, zachovali jsme vše, co jsme z dlouhé historie naší firmy považovali za dobré a inspirující. Zároveň chceme, aby nové jméno bylo pro všechny členy velkého týmu OHL ŽS impulzem k dalšímu osobnímu i firemnímu rozvoji. Osobně jsem rád, že právě teď a tady mohou být součástí procesu, který další vývoj společnosti jistě zkvalitní.

**Ing. Michal Štefl**

*předseda představenstva a generální ředitel OHL ŽS, a. s.  
Chairman of the Board of Directors and CEO of OHL ŽS, a.s.*

## DEAR COLLEAGUES AND TUNEL READERS

Every company has milestones in its life which give it the right to summarise its own history to a certain extent. Such a moment has come this year for OHL ŽS. Allow me to take this opportunity to remember the past years of the life of our company.

The year 1952 saw the birth of Železniční stavitelství Brno, a state enterprise whose successful activities made stable and progressive development possible. In 1992 the state enterprise was transformed into a joint-stock company and, the next year, the company was given a new name, ŽS Brno, a. s. Subsequent changes in proprietary relationships, which were associated, among others, with the effort to accentuate the relationships to OHL Group, a multinational Spanish company active in the fields of civil engineering, concessions and services, resulted in, for the time being, the last but not less significant change: We have changed the company name to OHL ŽS, a.s. this year.

OHL ŽS, a.s. follows its great tradition of multidisciplinary construction activities. We have three plants focused on building and railway and road construction.

Most frequently, the image of our company is associated with the field of railway and road construction; we are not only an important contractor for modernisation of transit railway corridors (among the recent contracts I can name the construction of a part of the corridor between Česká Třebová and Přerov comprising four completed tunnels – the Krasíkov, Hněvkov, Třebovice and Malá Huba). In addition, we reconstruct station buildings and the grounds around (for example the reconstruction of the station in Ostrava-Svinov); we participate in construction of a number of tramlines (the most interesting work on tramlines was the foundation of viaducts for the tramline between Hlubočepy and Barrandov); we also carry out large road construction contracts (I cannot neglect the grade-separated intersection Hlinka in Brno or the Královo Pole tunnels in Brno).

But the scope of activities of OHL ŽS, a.s. is much wider. We even participate in modernisation of urban infrastructures (mainly in the construction of the network of utility tunnels in Brno and Prague and reconstruction of trunk sewers), construction of sewage treatment plants in many places all over the Czech Republic. We engage in reconstruction of historic buildings, construction of buildings for cultural, educational or medical institutions and are involved in many other activities.

We are even active abroad, for instance in Bulgaria, Monte Negro, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Hungary, Azerbaijan or Slovakia.

High quality construction work in the underground or on the surface is unthinkable without skilled, hardworking and loyal employees. Investment in further professional growth of our employees and goal-directed co-operation with universities create today conditions for future successful development.

The development of the quality, safety and environmental management systems is a high priority for our company. It is confirmed by the fact that we are the first holders of the Award for Excellence in the Czech Republic and the first construction company in Europe holding this award. We devote the same attention to environmental aspects of construction and environmentally sustainable development.

Despite the fact that we have changed the company name, we have preserved everything our company considered to be good and inspiring. At the same time, we want the new name to be an impulse for all members of the large team of OHL ŽS to strive for further personal and company development. Personally, I am happy that just now and here I can be part of the process which is certainly going to increase quality of the further development.



### VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL,

naša spoločnosť GEOFOS, s. r. o., práve v tomto roku dovŕši 10 rokov pôsobnosti v stavebníctve na území Slovenskej a Českej republiky v oblasti inžinierskogeologického a geotechnického prieskumu. Takmer od začiatku svojej existencie je členom Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES, pretože od prvo počiatkov spoločnosti sa členovia pracovného kolektívu aktívne podieľajú aj na príprave podzemných a tunelových stavieb na diaľničnej sieti Slovenskej republiky. Sú to najmä stavby diaľničných tunelov na trase Hričovské Podhradie – Višňové – Vrútky s tunelmi Ovčiarisko, Žilina a Višňové, na trase diaľnice D3 Hričovské Podhradie – Čadca – Skalité s tunelmi Považský Chlmec, Svčinovec, Poľana. Inžinierskogeologické práce sú zabezpečované v rôznych etapách, od etapy štúdií, hodnotenia vplyvov na životné prostredie a etáp orientačného prieskumu. V etapách podrobného IG prieskumu to boli priame dokumentácie prieskumných štôlní a tunelov našimi terajšími pracovníkmi na pripravovaných, ale aj realizovaných stavbách Ovčiarisko, Branisko, Horelica, Višňové. Podieľali sme sa aj na geotechnickom dozore tunela Sitina. Tieto aktivity nadviazali na dlhoročné práce odbornej praxe na inžinierskogeologických prieskumoch projektovanej stavby Prečerpávacej vodnej elektrárne Ipeľ (1979–1993), s projektovanou alternatívou podzemnej elektrárne, ktorá by mala reprezentovať na Slovensku potenciálne jedinú stavbu tohto druhu (po Prečerpávacej vodnej elektrárni Čierny Váh, avšak s elektrárnou v telese priehrady na dolnej nádrži).

Okrem diaľničnej siete sú to v posledných rokoch aj IG práce na prieskumoch pre prvý železničný tunel po cca 50 rokoch v úseku Nové Mesto nad Váhom – Púchov, tunel Turecký vrch s dĺžkou takmer 1700 m. V roku 2006 bol ukončený komplexný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum v etape hodnotenia EIA pre tunel Diel na úseku modernizácie železnice Púchov – Považská Bystrica s cieľom posúdenia vplyvu výstavby tunela na kúpele Nimnica.

Spoločnosť aktívne a dlhodobo spolupracuje na riešených úlohách s vysokoškolskými pracoviskami katedry inžinierskej geológie FUK Bratislava, katedry geotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave a katedry geotechniky Žilinskej univerzity.

Súčasťou inžinierskogeologických, hydrogeologických a geotechnických prác na príprave podzemných diel nie je iba zabezpečenie kvalitných terénnych prác, ale najmä komplexné zhodnotenie a interpretácia inžinierskogeologických a geotechnických pomerov. Na základe odborných skúseností a entuziazmu kolektívu bol v spoločnosti skompletovaný softwarový systém na digitalizáciu získaných údajov pri dokumentácii a spracovaní výsledkov, ktorý s využitím princípov GIS dokáže veľmi rýchlo poskytnúť projektantom sledované požadované parametre.

V roku 2005 získala majoritný podiel v spoločnosti GEOFOS firma SG-Geotechnika, a. s., Praha. Naša spoločnosť tak nadviazala na predchádzajúcu spoluprácu na stavbách železničných tunelov na Morave i na historickú úspešnú vzájomnosť slovenských a českých inžinierskych geológov a geotechnikov. V spolupráci so spoločnosťou SG-Geotechnika a jej organizačnou zložkou na Slovensku naša spoločnosť v poslednom období riešila komplexný inžinierskogeologický prieskum na úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová s tunelom Čebrať a pripravuje sa na geologické a geotechnické práce pri razení prieskumnej štôlnie Poľana (trasa D3), ako aj na práce na začatej stavbe tunela Bôrik (trasa D1).

S aktívnou pomocou SG-Geotechnika, a. s., spoločnosť GEOFOS, s. r. o., rozšírila svoje činnosti o kompletné služby geotechnického terénneho skúšobníctva.

Spoločnosť, ako člen tunelárskej asociácie, má za cieľ sa ďalej rozvíjať v spolupráci s SG-Geotechnika, a. s., na tunelových stavbách a má záujem prispievať svojimi príspevkami v časopisoch a na pripravovaných odborných konferenciách ku skvalitňovaniu prác v odbore.

### DEAR READERS OF TUNEL MAGAZINE

This year our company GEOFOS, s. r. o., will top off 10 years of its engineering-geological and geotechnical survey activities within the construction industry in the Slovak and Czech Republics. It has been a member of the Slovak Tunnelling Association ITA/AITES nearly since the foundation of the company because members of its working team have actively participated in the preparation of underground structures and tunnels on the motorway network of the Slovak Republic since the very beginning of its existence. The main contracts were associated with motorway tunnels on the route Hričovské Podhradie – Višňové – Vrútky containing the Ovčiarisko, Branisko, Horelica and Višňové tunnels, and on the route of the D3 motorway Hričovské Podhradie – Čadca – Skalité containing the Považský Chlmec, Svčinovec and Poľana tunnels. The engineering-geological operations are carried out in various stages, starting from studies, environmental impact assessment and orientation survey stages. In the area of detailed EG surveys, our staff provided direct documentation of exploration galleries and tunnels at constructions being prepared or in progress, namely the Ovčiarisko, Branisko, Horelica and Višňové sites. We also participated in the geotechnical supervision over the Sitina tunnel. These activities were continuation of many years of professional practice in engineering-geological surveys in the design phase of the Ipeľ pumped storage scheme construction (1979–1993), where an underground power plant was one of design alternatives, which should represent potentially the only structure of this type in Slovakia (after the Čierny Váh pumped storage scheme, which, however, has the power plant incorporated into the lower reservoir dam structure).

In addition to the motorway network, the EG activities have been focused in recent years on surveys for the nearly 1700m-long Turecký Vrch tunnel, which is the first railway tunnel to be built after approximately 50 years, in the section between Nové Mesto nad Váhom and Púchov. A comprehensive engineering-geological survey in the EIA stage of the Diel tunnel in the Púchov-Považská Bystrica section of the modernised railway network was completed in 2006; the objective of the survey was the assessment of the impact of the tunnel construction on Nimnica spa.

The active and long-term co-operation of the company on problems solved by university working places of the department of engineering geology of the FUK Bratislava, the department of geotechnics of the faculty of civil engineering of the STU in Bratislava and the department of geotechnics of the University in Žilina has become a commonplace.

Part of the engineering-geological, hydrogeological and geotechnical work on the preparation of underground works is not only quality field work, but also comprehensive assessment and interpretation of engineering-geological and geotechnical conditions. Professional experience and enthusiasm of the team members were the basis on which a software system for digitisation of the gathered data was developed to be used in the phase of the data documentation and processing. The system uses the GIS principles to swiftly provide parameters required by designers.

In 2005, the majority share in GEOFOS was obtained by SG-Geotechnika, a. s., Praha. In this way, the previous co-operation of our company on constructions of railway tunnels in Moravia and the historic successful solidarity among Slovakian and Czech engineering geologists and geotechnicians has continued. Our company, in collaboration with SG-Geotechnika and its organisation department established in Slovakia, has recently solved a comprehensive engineering-geological survey for the Hubová-Ivachnová section of the D1 motorway containing the Čebrať tunnel, and is preparing for geological and geotechnical work in the course of the drive of the exploration gallery for the Poľana tunnel (the route D3) as well as for the Bôrik tunnel, which is already under construction on the D1 motorway.

GEOFOS, s. r. o., with active help of SG-Geotechnika, expanded its services by adding a comprehensive geotechnical field testing package.

The aim of the company, as a member of the tunnelling association, is to further develop co-operation with SG-Geotechnika, a. s., on tunnel constructions. They are interested in contributing to the process of improving quality of work in the industry through their own papers published in magazines and future technical conferences.

**RNDr. Antonín Matejček**  
riadiťel spoločnosti Geofos, s. r. o.  
Director of Geofos, s. r. o.

# BRNĚNSKÉ PODZEMÍ – HISTORIE, SOUČASNOST A BUDOUCNOST

## BRNO UNDERGROUND – THE HISTORY, PRESENCE AND FUTURE

ALEŠ SVOBODA, PETR MIČUNEK

### ÚVOD

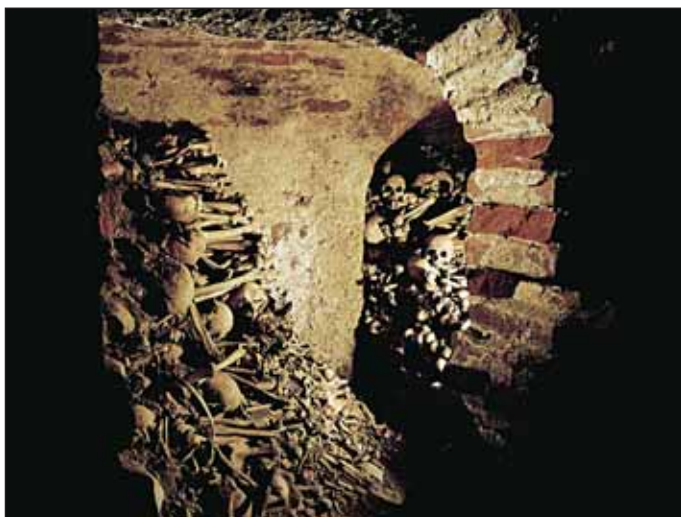
Historie brněnského podzemí je velmi bohatá a jeho rozsah s pokračujícím průzkumem stále roste. Nové objevy a nálezy každým rokem rozšiřují znalosti a doplňují chybějící souvislosti o době, kdy tyto stavby vznikaly a sloužily svému účelu. Dokladů o činnosti našich předků, které nám Brno prostřednictvím podzemí postupně nabízí, je zatím stále dost. Je to paměť města, která nám předkládá k posouzení, co ze zajímavé části historie ležící pod brněnskou dlažbou bude pro příští generace zachováno.

Budování podzemních staveb v historii i současnosti městských urbanistických celků je ovlivněno mnoha okolnostmi. Tak jako v minulosti i dnes je důležitým podnětem ke vzniku podzemních prostor potřeba disponovat v samém centru skladovacími a technickými zázemími, ke kterému se nyní připojuje i snaha o využití těchto objektů k potřebám kulturně-společenským. Jedním z mnoha faktorů, jež zásadně ovlivnily uplatnění této stavební činnosti v městě Brně, jsou příhodné geologické podmínky, umožňující jednoduchým a přitom poměrně bezpečným způsobem podzemní stavby zakládat a provádět.

### HISTORIE

Od samého počátku městského osídlení vznikaly stavby vyvolané potřebou skladovat potraviny v chladných prostorách. První podzemní sklípky měly tvar prosté jámy ve tvaru hrušky s kruhovým otvorem, hloubené až dva metry pod úroveň terénu. Sloužily vždy jen několik let, většinou k ukládání obilí (tzv. obilnice). Začátkem 13. století rostla potřeba větších prostor na uskladnění zboží určenému k prodeji. Hlavní příčinou byl příchod nových majetnějších osadníků a následný rozmach kupeckého a řemeslnického prostředí v rychle se rozvíjejícím středověkém městě. Konstrukce sklepů byla rozmanitá. Zpravidla ji tvořily desky (většinou jedlové) zapřené za dřevěné sloupy nebo trámy, kolíky opletené proutím a omazané jílovitou hlinou, nebo byly vyhloubeny do ulehle spráše bez dalšího vyztužení. Vstup do sklepa umožňovala vnější vstupní šachta s žebříkovým schodištěm. V některých případech byly stěny sklepa vyzděny z kamenů spojených jílem. Ty pak překrýval plochý trámový strop, na kterém leželo obytné přízemí s dílnou nebo kupeckým krámem.

Ve 14. století bylo Brno jedním z nejvýznamnějších měst českého království. Počet obyvatel stoupl na tehdy úctyhodných 7 500 a Brno se stalo třetím nejlidnatějším městem království. Vzdávající počet kupců, řemeslníků a šlechticů, kteří zakládali ve městě své rezidence, vyžadoval další prostor k ubytování nových obyvatel a skladování většího množství zboží i potravin. Domy byly postupně rozšiřovány a pod novými trakty vznikaly nové kamenné sklepy různých velikostí a počtů, propojené podzemními chodbami se sklepy původními. Se stabilizací hospodářské situace, rozvojem obchodu



Obr. 1 Nález kostnice u sv. Jakuba

Fig. 1 The discovery of the ossuary at St. Jakob church

### INTRODUCTION

The history of the underground in the city of Brno is very chequered and the extent of the underground keeps growing with continuing surveys. New discoveries and findings every year extend the knowledge and add missing contexts regarding the time when the underground structures originated and served their purposes. Brno's underground has been offering, step by step, sufficient numbers of documents proving the activities of our ancestors. It is the memory of the city, which submits for our consideration a question which parts of the interesting history lying under the surface of Brno streets should be preserved for future generations.

The development of underground structures in the history and presence of today's towns and cities is affected by many circumstances. Like in the past, also today an important impulse to develop underground spaces is a need for storage and technical background available in the very centre; a new impulse is added today - an effort to utilise those structures for cultural and social purposes. One of the many factors which fundamentally affected the development of this construction branch in Brno is the favourable geology, which allows foundation and implementation of underground structures in a relatively safe manner.

### HISTORY

Structures induced by a need for storage of foodstuffs in cool spaces originated from the very beginning of the urban settlement. The first little underground cellars originated in the form of a simple pear-shaped hole with a circular opening, which were dug as deep as 2m under the ground surface. They were used always only for several years, mostly for storage of grain. The need for larger spaces for the storage of goods intended for sale grew at the beginning of the 13th century. The main reason was the arrival of new, wealthier settlers and subsequent boom in the mercantile and artisanal environment in the fast developing medieval town. There were various types of cellar structures there. The structure usually consisted of boards (mostly made of fir wood) braced behind wooden posts or beams, pegs weaved round with wicker and covered with clay, or the cellars were dug in compact loess without any support. The entry to the cellar was possible through an entrance shaft with a ladder staircase. In some cases the walls of the cellar were lined with stone masonry with clay used as mortar. The walls supported a flat slab and girder floor. The living ground floor with a workshop or mercantile shop lay on the floor.

In the 14th century Brno was one of the most important towns in the Bohemian kingdom. The number of inhabitants grew to the then respectable 7500 and Brno became the third most densely populated town in the kingdom. The growing number of merchants, artisans and noblemen who built their residences in the town required new space for accommodation of new inhabitants and storing larger amounts of goods and foodstuffs. The houses were enlarged step by step, and new stone cellars originated of various sizes and numbers originated under the new bays. The new cellars were interconnected via underground galleries with the original cellars. A new stage of development of cellars started at the end of the 15th century, in a period of stabilisation of the economic situation, commercial development and growth of property owned by town dwellers. Owing to the application of mining methods with the excavation subsequently supported by brick vaults, the cellars even started to expand under courtyards. The 17th and 18th centuries saw expansion of cellars by means of excavation of new levels, irrespective of the surface buildings. Labyrinths of branching cellars originated not only under courtyards or neighbouring buildings, but also reaching far across street boundary lines, under courtyards, streets and squares.

### UNDERGROUND CONSTRUCTION PURPOSES

Underground structures under Brno can be divided into several groups according to the type and mode of application. Structures for military or defence purposes form the first group. They were built near the ramparts in the form of cellars and galleries of casemate for the purpose of storing military provisions and connecting strategic defence points. Military shelters under Petrov Hill and Špilberk Hill (built in the 20th century) also can



Obr. 2 Kostnice u sv. Jakuba  
Fig. 2 The ossuary at St. Jakub church

a narůstáním majetku měšťanů koncem 15. století začíná nová etapa výstavby sklepů. Použitím metody ražení důlním způsobem s následným zaklenu-tím cihlovou klenbou se sklepní prostory začínají rozšiřovat i pod veřejná prostranství. V 17. a 18. století pokračuje zvětšování sklepů hloubením dalších pater bez ohledu na nadzemní zástavbu. Vznikají rozvětvené sklepní labyrinty nejen pode dvory či sousedními objekty, ale zasahují hluboko před uliční čáry, pod veřejná prostranství, ulice i náměstí.

### ÚČELY UŽÍVÁNÍ PODZEMNÍCH STAVEB

Podle druhu a způsobu použití můžeme podzemní stavby pod Brnem rozdělit do několika skupin. Předně jsou to stavby vojenského či obranného charakteru. Byly stavěny v blízkosti opevnění jako sklepy a chodby kasemat za účelem uskladnění vojenského proiantu a z důvodů propojení strategických míst obrany. K nim můžeme přičíst i vojenské kryty pod Petrovem a Špilberkem vybudované ve 20. století. Další skupinu tvoří stavby technické, jako jsou studny, jímky, historické vodovody a kanalizační stoky včetně staveb kolektorových systémů vznikajících v současnosti. Největší a nejrozsáhlejší je skupina staveb komerčního zaměření: od původních sklípků a lochů přes domovní sklepy a rozsáhlá podzemní skladiště, v průběhu doby soustavně rozšiřovaná a opět zasypávaná, až po dnešní podzemní parkiny i obchodní centra.

### POČÁTKY SANACE BRNĚNSKÉHO PODZEMÍ

V době modernizací a přestavby domů i celých bloků byla sklepení, která ztratila původní funkci lednic či skladů vína a kupeckého zboží, často zavezena odpadky nebo sutí a zazděna. Staré štolý historických vodovodů přestaly být kontrolovány, studny a jímky byly zasypány a většina vojenských staveb zanikla při likvidaci městského hradebního systému. Novým dlážděním města v upravených uličních čarách byly odstraněny přirozené větrací průduchy a sklepní prostory začaly trpět nadměrnou vlhkostí. Nedokonalé vyplnění podzemní prostory s pokleslými záscopy společně s proměnlivým vodním režimem spodních pramenů a občasnými haváriemi vodovodního řádu způsobily, že stropní klenuté konstrukce začaly časem ztrácet svoji stabilitu a únosnost. Zřícení několika domů, propadání vozidel a přibývající úrazy vrcholící lidskými tragédiemi přiměly vedení města zabývat se brněnským podzemím se vší vážností.

Po havárii vodovodu v Pekařské ulici v únoru 1976 s tragickými následky, kdy se do rozbahněného výkopu historické kanalizační stoky propadla pětáctiřetiletá žena, rozhodla rada Národního výboru města Brna řešit situaci sanací brněnského podzemí. V roce 1977 bylo schváleno vypracování dokumentace o dosud objevených podzemních objektech a zahájení systematického průzkumu. Tímto úkolem byl pověřen Státní ústav pro rekonstrukci památkových měst a objektů (SÚRPMO). Pod vedením arch. Libora Hanáka a později Ing. Aleše Svobody začala vznikat dokumentace mapující veškeré podzemní prostory pod historickým centrem. Při shromažďování informací v brněnských archívech, podrobném průzkumu suterénů a sklepních prostor pod městem byla vypracována metoda systematického vyhledávání a vyklízení neznámých podzemních prostor. Do dnešní doby byly prozkoumány zhruba dvě třetiny bloků v historickém centru a Pekařské ulici. Průzkum by měl následně pokračovat v dalších lokalitách, neméně zajímavých jako např. areál hradu Špilberk, Mendlovo náměstí a prostor bývalých hradeb. A jelikož zajímavá historická podzemí vznikala i v nejbližším okolí původního středověkého města, budou průzkumy pokračovat i nadále a jejich dokončení není možné v současné době časově specifikovat.

### KOSTNICE U SV. JAKUBA

Během několika posledních let bylo při průzkumu brněnského podzemí objeveno a sanováno množství unikátních historických objektů a zajímavých

be added to this group. Another group comprises technical structures, e.g. wells, sumps, historic water mains and sewers, including the utility tunnel systems which are originating today. The group consisting of commercially orientated structures is the largest and most extensive of all groups. It starts from original little cellars and holes, through house cellars and extensive underground stores, which were continuously extended or, just opposite, backfilled during the time, up to today's underground car parks and shopping centres.

### BEGINNING OF REHABILITATION OF BRNO UNDERGROUND

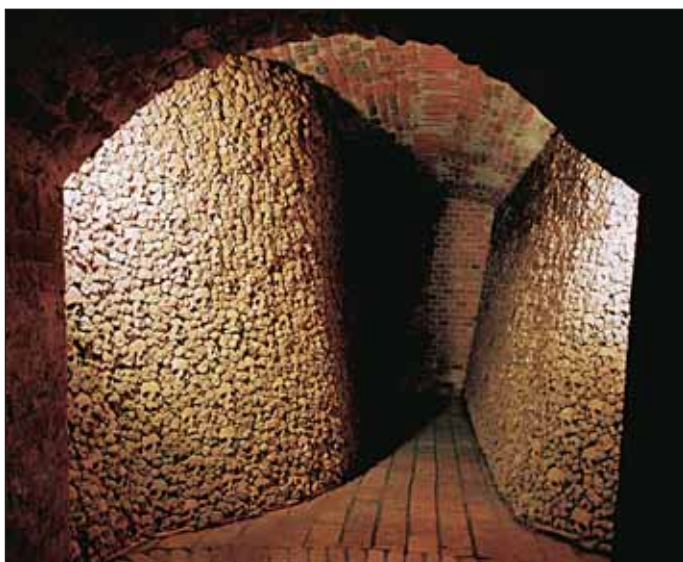
In the times of modernisations and reconstructions of houses and even complete blocks, cellars which had lost their original function of refrigerators or stores for wine and merchandise were frequently backfilled with spoil or debris and the entries were bricked up. Old galleries containing historic water mains were no more inspected, wells and sumps were back-filled and most of military structures were demolished in the process of removal of town ramparts. Natural ventilation holes were blocked by new pavement of streets laid up to changed street boundary lines, thus the cellar spaces started to suffer from excessive moisture. The imperfectly back-filled underground spaces (with the tops of the backfill sunk) together with the varying hydraulic regime of underground springs and occasional bursts of a water main caused that the vaulted roof structures started to loose stability and load bearing capacity. Several collapsed buildings, vehicles sinking through the pavement and growing numbers of injuries culminating with human tragedies made the city hall to address the issue of the Brno underground in complete earnest.

After a burst of a water main in Pekařská Street in February 1976 (a forty five years old woman sunk into a historic sewer covered with mud), the local Brno government decided to solve the situation through rehabilitation of the Brno underground. In 1977, the commencement of the work on documents on underground structures which had been discovered till that time and commencement of a systematic survey were approved. The National Institute for Reconstruction of Historic Towns and Buildings (SÚRPMO) was assigned this task. New documents mapping all underground spaces under the historic centre started to originate under the leadership of Arch. Libor Hanák and subsequently Ing. Aleš Svoboda. A method of systematic detection and emptying of unknown underground spaces was developed during the process of gathering information in Brno archives and detailed surveying of basements and cellars under the town. The survey of about two thirds of blocks in the historic centre and Pekařská Street has been completed till now. The survey is expected to continue in other locations, which are not less interesting, for instance the grounds of the Špilberk Castle, Mendel Square and the area of the former ramparts. As the interesting historic underground spaces even originated in the closest vicinity to the original medieval town, the surveys will further continue and it is today impossible to specify the completion date.

### ST. JAKUB OSSUARY

The several recent years saw a multitude of unique historic structures and interesting underground spaces discovered and rehabilitated during the survey of the Brno underground. It is a confirmation of the fact that the historic structures hidden under the pavement of Brno streets indeed belong among exceptional phenomena of this city. The fact that the historic and architectural value of these structures is so interesting logically led to the effort to make the spaces accessible to the wide public, thus to allow the public to see places hidden till lately under the historic core of Brno.

One of the most interesting discoveries is the find of a historic ossuary near St. Jakub church in Jakubské Square. A test pit located at the corner of the building No. 2 revealed a sound brick wall at a depth of approximately four metres. Once the wall had been broken through, human skeletal remains began to pour from the opening. The survey continued through a gallery driven along the outer side of the wall, toward the church. The second opening in the wall was made in that location, with the same result. The extent of the ossuary which was discovered by the survey had not been known then. The process of removing bones from the ossuary and storing them in other cellars (all of that under the supervision by archaeologists) took several months. Many new finds were revealed with the spaces emptying. The human remains, carefully stacked in the ossuary corridor, filled the space up to the crown of the vaults. The bones were stacked up in layers – skulls, shins, ribs etc. so that the corridor space was utilised as much as possible. The extensive complex discovered by the survey consisted of three cellars at a total length of 25m, which were completely filled with skeleton remains. The number of the skeletons was unassessable. The structure of the part of the ossuary which was situated under the square was stabilised and provided with supports. When the construction work had been finished, the remains were returned back to the original place; also very carefully, like our ancestors, with respect to the intention to make this historic rarity accessible for the public.



**Obr. 3 Kostnice u sv. Jakuba**  
**Fig. 3 The ossuary at St. Jakub church**

podzemních prostor. Znovu se tak potvrzuje skutečnost, že historické podzemní stavby ukryté pod brněnskou dlažbou patří opravdu k výjimečným fenoménům tohoto města. Jejich historická i architektonická hodnota je tak zajímavá, že logicky vyústila ve snahu tyto prostory zpřístupnit pro širokou veřejnost a umožnit tak nahlédnout do míst donedávna ukrytých pod historickým jádrem Brna.

Jedním z nejzajímavějších objevů je nález historické kostnice u kostela sv. Jakuba na Jakubském náměstí. Sondou umístěnou na rohu domu č. 2 v hloubce asi čtyř metrů byla objevena pevná cihelná zeď. Po jejím proražení se z otvoru začaly vysypávat lidské kosterní ostatky. Štolou z vnější strany podél zdiva průzkum pokračoval směrem ke kostelu. Tam byl proveden druhý průřez zdi se stejným výsledkem. Byla objevena kostnice, avšak její rozsah zatím nebyl znám. Během několika dalších měsíců probíhalo postupné vyvážení kostí do jiných sklepních prostor – vše pod dohledem archeologů. Před nimi se postupně, tak jak se prostor uvolňoval, objevovalo mnoho dalších zjištění. Výplň lidských ostatků dosahoval v této kostnici až do vrcholu klenob a chodba jimi byla vyplněna velmi pečlivě. Kostí byly skládány vždy po vrstvách – lebky, holení kosti, žebra... tak, aby vyplnily prostor chodby co možná nejvíce. Byl objeven rozsáhlý komplex tvořený třemi sklepními komorami v celkové délce 25 m, kompletně vyplněný dalšími kosterními ostatky v neodhadnutelném množství. Část kostnice, která byla situována pod náměstím, byla staticky zajištěna a po dalších technických úpravách začalo ukládání vyjmutých ostatků zpět na původní místo. A podle vzoru našich předků také velmi pečlivě a s ohledem na záměr: zpřístupnit tuto historickou zvláštnost i pro veřejnost.

### SKLEPENÍ DOMU MINCMISTRŮ

Další zajímavý nález byl učiněn v roce 1999 při průzkumu Dominikánského náměstí, v místech, kde původně stával dům mincmistra Bruna a později Mikuláše od Věže. Dům na rohu Panenské ulice a Rybného trhu (jak se tehdy Dominikánské nám. nazývalo) zabíral téměř třetinu celkové plochy dnešního náměstí. Právě v těchto místech byla provedena průzkumná šachta, která odhalila původní raně gotické zdivo a porušenou klenbu s lunetami. S postupem prací podél této zdi směrem k Nové radnici byl objeven prostor s kompletní klenbou velkého rozpětí. Klenba dosahující výšky 3,5 m (při šířce 7 m) však byla pod dlažbou náměstí, kde stále parkují automobily, v hloubce pouhých 60 cm! Délka původního sklepa je téměř 20 m a jeho kamenné zdivo s raně barokní klenbou a lunetami tvoří po vyklizení zásypu vpravdě monumentální prostor. Velikost prostoru a historická hodnota tohoto nálezu byla ve spolupráci s archeology inspirací k zajímavému záměru pro jeho využití. V místě původního schodiště byla navržena přístupová chodba napojená na suterén Nové radnice, který je vzdálen pouhých 7 m. Tímto zpřístupněním vznikla možnost využít nalezené prostory ke zřízení městského lapidária, kde by byly trvale umístěny gotické kamenné fragmenty ze zničené Královské kaple, která stála až do roku 1908 v těsném sousedství mincmistrovského domu. Zároveň by mělo lapidárium sloužit jako expozice Muzea brněnského podzemí přístupného široké veřejnosti. Prostory byly nazvány "Sklepení domu mincmistrů" a v roce 2005 byl celý záměr včetně expozice dokončen.

### ZELNÝ TRH

Ke zpřístupnění se rovněž připravuje podzemní labyrint pod Zelným trhem. Propojením několika sklepních komplexů vznikl velmi zajímavý



**Obr. 4 Mincmistrovský sklep, vstupní chodba před dokončením sanace**  
**Fig. 4 Master of mint's cellar; the entrance corridor before completion**

### MASTER OF MINT'S CELLAR

Another interesting find was made in 1999 during the survey of Dominikánské Square, in the location where a master of mint, Bruno (later Mikuláš od Věže) had in the past his house. The house on the corner of Panenská Street and Rybný Trh (the original name of Dominikánské Square) covered nearly a third of the overall area of the today's square. The test pit which was dug in this location discovered original Early Gothic masonry and a damaged vault with lunettes. The survey continuing along this wall toward Nová Radnice (New Town Hall) revealed a space with a complete large-span vault. Unfortunately, the vault with the height reaching 3.5m (at the span of 7m) was located just under the surface of the square in a place permanently occupied by parking cars, at a depth of a mere 60cm! The length of the original cellar is nearly 20m; the stone masonry with an Early Baroque vault and lunettes created a monumental space indeed once the backfill had been removed. The dimensions of this space and the historic value of this find were an interesting inspiration for the municipality co-operating with the archaeologists to utilise the space for an interesting purpose. An access gallery connected to the basement of the New Town Hall, which is found at a distance of a mere 7m, was designed to be in the location of the original staircase. This access allowed the municipality to utilise the discovered spaces for permanent installation of a stone collection consisting of Gothic stone fragments from the damaged Royal Chapel, which stood in the close vicinity of the master of mint's house. At the same time, the stone collection should be utilised as an exposition of the Museum of Brno Underground open to the wide public. The spaces were named "Cellars of Master of Mint's House". The entire project inclusive of the exposition was completed in 2005.

### ZELNÝ TRH SQUARE

Another underground structure is being prepared for opening, namely an underground labyrinth under Zelný Trh square. The very interesting space of the former mercantile cellars, which documents the brisk trading and marketing activities of Brno citizens continuing since the beginning of the 13th century to our days, originated by interconnecting several cellar complexes. The system of the cellars, which were originally utilised for storing foodstuffs, beer and wine aging and merchandise to be sold at the market, is very extensive and complicated. By making the cellars accessible and utilising them for presentation, for instance, of the history of viticulture or the Brno fairs, the city of Brno will obtain a new very attractive historic space.

### PRESENT TIME

The method of surveys which is currently utilised is based primarily on detection of existence of historic structures under the surface of streets and squares, town parks and courtyards and, if the relationships in the sphere of rights in property allow it, also in basements of existing buildings. All rehabilitation and survey activities are carried out step-wise, proceeding from one construction block to the next. The blocks were given numbers in compliance with a semi-finished rehabilitation programme. The sequence of the blocks being systematically surveyed also, more or less, follows the programme. The progress of the operations is co-ordinated with the ongoing or future operations and intentions of the Brno City Hall (the construction of primary and secondary utility tunnels, reconstruction of individual parts of the city centre, up-building of vacancies, emergency repairs of sunk road surface etc.).

prostor bývalých kupeckých sklepů dokumentující čilou obchodní a trhovou činnost Brňanů již od 13. století. Sklepy původně využívané k uskladnění potravin, zrní, piva a vína a k ukládání zboží určeného na trh jsou velmi rozměrné a spletité. Jejich zpřístupněním společně s případným využitím pro prezentaci např. historie vinařství a brněnských trhů získá Brno i zde velmi atraktivní a turisticky přitažlivou historickou prostor.

## SOUČASNOST

Metoda průzkumů používaná v současnosti zjišťuje především přítomnost historických staveb v podlží komunikací náměstí a ulic, městských parků a dvorů, a pokud to majetkoprávní vztahy dovolí, také v suterénech stávajících domů. Všechny sanační a průzkumné práce jsou realizovány postupně po jednotlivých stavebních blocích, které byly očíslovány v souladu s zpracovaným asanačním plánem a podle číslování je více méně dodrženo i jejich pořadí systematického průzkumu. Postup je koordinován s probíhajícími či navazujícími pracemi a záměry Magistrátu města Brna (primární i sekundární kolektory, rekonstrukce jednotlivých částí městského centra, zástavba proluk, havárie svršku komunikací atp.).

Průzkumné práce probíhají v tomto pořadí:

- **stavební vývoj** – výchozí dokumentace stavebně-historického průzkumu. Shromažďuje všechny dostupné historické i současné materiály historického jádra, se zaměřením na parter a podzemní části domů. Využívá veškeré dostupné prameny, tj. staré mapy a plány města i jednotlivých objektů, ikonografii i historické fotografie. Součástí je také monitorování současného stavu suterénů nynějších objektů, stavu komunikací a parků, a na základě těchto poznatků doporučuje umístění jednotlivých průzkumných sond;
- **projekt zpřístupnění a vyklizení** – dokumentace technického řešení a zpracování stavebního průzkumu s přesným vyznačením postupu prací při realizaci průzkumu a dočasného zajištění objevených prostor. Vychází ze zpracovaného stavebního vývoje a doplňuje ho o současné informace technického charakteru (nynější umístění technických a inženýrských sítí, statickou stabilitu dotčených konstrukcí, metodiku provádění jednotlivých sond, šachet, štol a průřazů...);
- **stavební průzkum** – realizace průzkumných prací v konkrétních lokalitách zajištěná dodavatelskými firmami s koordinací archeologických a geologických průzkumů. Tyto práce probíhají pod stálou kontrolou zpracovatele projektu průzkumných prací, neboť aktuální situace při objevení podzemních objektů vyžaduje často zásahy a změny do pracovních postupů. Velmi často také dochází k rozšíření původních průzkumných záměrů na základě zjištěných skutečností. Všechny tyto práce jsou konzultovány se stavebními specialisty (statik, správci inženýrských sítí) i archeology a geology;
- **stavebně-historické zhodnocení** – vyhodnocení historické a památkové hodnoty objevených objektů včetně doporučení pro obnovu nebo adaptaci prostor z hlediska památkové péče. Dokumentuje písemnou i obrazovou formou dochované stavební konstrukce, architektonické detaily a zařazuje objekt do historických souvislostí původních stavebních situací. Doporučuje způsob zachování, případně nového využití objevených prostor a stává se podkladem pro následné stavebně-technické zajištění objektu;
- **statické zajištění** – zpracování dokumentace a realizační práce spojené se záchranou či zajištěním nalezených prostor z hlediska stavebně-technického. Řeší statické zajištění objektu i staveb s objektem souvisejícím, zajišťuje možnost vstupu, větrání, odvlhčení, případně dalších prací. Respektuje přítom původní historické materiály i postupy tak, aby nebyla pokud možno narušena historická hodnota objektu;
- **závěrečné vyhodnocení a dokumentace** – soubor stavebních, archeologických a geotechnických zpráv zkoumaného bloku s jeho vyhodnocením



Obr. 6 Mincmistrovský sklep pod Dominikánským náměstím  
Fig. 6 Master of mint's cellar under Dominikánské square



Obr. 5 Mincmistrovský sklep, vstupní chodba po dokončení sanace  
Fig. 5 Master of mint's cellar; the entrance corridor after completion

The sequence of the survey operations is as follows:

- **construction development** – source documents of the history survey of the structures. This operation collects all available historic and current materials on the historic core, targeted towards the ground floor level and underground parts of buildings. It uses all available sources, i.e. old maps and plans of the town and individual structures, iconography and historic photographs. Monitoring of the current condition of basements of existing buildings and condition of roads and parks is also part of the survey. The locations of individual survey pits is recommended on the basis of information obtained by monitoring of the current condition of the basements, roads and parks, which is also part of the survey.
- **design for making accessible and clearing out the underground spaces** – documents dealing with technical solution and performance of the structural survey with exact specification of the procedures of the survey operations and temporary stabilisation of the discovered spaces. This operation is based on the documents produced by the above "construction development"; it adds topical technical information (current position of utilities, structural stability of structures affected by the survey, methodology of execution of individual pits, shafts, galleries and breakthroughs, ...).
- **construction survey** - survey work carried out in particular locations by contractors, in coordination with archaeological and geological surveys. These operations are carried out under continual supervision by the author of the design for making accessible and clearing out the underground spaces because the actual situation encountered in the course of the discoveries of underground structures often requires changes in the work procedures. The original survey plans are often extended on the basis of new discoveries. All of the above-mentioned operations are consulted with building specialists (a structural engineer, administrators of utility networks), but also with archaeologists and geologists.
- **structural and historic assessment** – assessments of historic and heritage-related values of the discovered structures, including recommendations for renovation or adaptation of the spaces from the viewpoint of the care of historical monuments. It documents the preserved structures, architectural details in a written form and graphic form, and puts the particular structure in the historic context of the original construction layouts. It submits recommendations for the manner of preservation or new utilisation of the discovered spaces, and becomes the source document for subsequent stabilisation/support of the structure.
- **structural stabilisation/support** – development of documents and execution of the work associated with the preservation or stabilisation/support of the discovered spaces. It solves the structural stabilisation/support of the structure proper and the associated structures, provides the possibility of entry, ventilation, dehumidification and other building work items. In doing so, it respects the original materials and procedures so that the historic value of the structure is not corrupted, if possible.
- **final evaluation and documentation** – a set of construction reports, archaeological reports and geotechnical reports on the surveyed block with evaluation of the surveys once all of the survey operations have been finished. The discovered structures are plotted in a historic map of the underground, which documents all underground structures, both historic and new. Individual underground structures are further incorporated into so called "passports". The passport contains a summary of the history and presence of the discovered structure, detailed (geodetic) survey of all spaces, documents on the actual state and recommendations for other building work and maintenance of the structure.





Obr. 7 Podzemí pod Zelným trhem  
Fig. 7 Zelný Trh underground

po dokončení všech průzkumných prací. Nalezené objekty jsou zakresleny do historické mapy podzemí, která dokumentuje veškeré podzemní objekty historické i současné. Jednotlivé podzemní objekty jsou dále zpracovávány do tzv. pasportu, kde je shrnuta historie i současnost objeveného objektu, podrobné zaměření všech prostor, dokumentace současného stavu a doporučení pro další stavební práce a údržbu objektu.

## METODY SANACE

Metody sanace objevených podzemních prostor prošly od 70. let 20. století výrazným kvalitativním vývojem. Bylo to ovlivněno mnoha faktory – finanční náročností počínaje přes technické a technologické problémy koordinace s pokládáním inženýrských sítí a končící okrajovým zájmem příslušných orgánů památkové péče o jejich zachování či dokonce prezentaci veřejnosti. Sanace byla prováděna metodami, které historickou hodnotu nerespektovaly. Ve většině případů byla sklepení bez dostatečné dokumentace zasypávána pískem a injektována cementovým mlékem. Pískový zásyp byl však po čase, vlivem proměnlivého vodního režimu, postupně vyplaven a koláče ztvrdlého cementového mléka začaly přitěžovat klenbové konstrukce v nově se tvořících kavernách. Vedlo to pouze k tomu, že v dnešní době jsou tyto sklepní prostory znovu sanovány. Další způsoby sanačních metod reprezentuje použití tzv. rubové či lícové skořepiny. V případě použití lícových skořepin a metody statického zajištění stříkaným betonem (tzv. torkremem) docházelo prakticky ke zničení veškerých historických hodnot původních konstrukcí i architektonických detailů. K provádění rubových skořepin jako jediné nedestruktivní sanační metodě se přistupovalo pouze sporadicky.

V současné době, kdy se péče o historické hodnoty a zejména pak snaha o jejich prezentaci stala důležitou součástí regenerace památkového stavebního fondu, dozruly i sanační metody kvalitativních změn. Objevené prostory jsou staticky zajišťovány s použitím původních materiálů a dodržováním tradičních stavebních postupů. Novodobé konstrukce jsou prováděny s ohledem na celkovou architektonickou koncepci předpokládaného nového využití prostoru. Důležitým faktorem rekonstrukce podzemních objektů je obnovení systému větrání a odvlhčení veškerých konstrukcí. V případě náleží, které není možno z nejruznějších příčin zachovat (značné statické poruchy, mimořádná finanční či technická náročnost oprav, nízká stavebně-historická hodnota), je použita k vyplnění kaveren cementopopílková směs (KOPOS). Ta umožňuje dostatečnou a bezpečnou únosnost v nadloží s možností opětovného vytěžení bez destrukce původních historických konstrukcí.

## BUDOUČNOST

Neustálá stavební činnost v bezprostřední blízkosti historické zástavby, zastavování proluk objektů s několikapodlažními suterény, renovace historických objektů, budování kolektorů i nové úpravy povrchů ulic a náměstí zasahují většinou destruktivním způsobem do brněnského historického podzemí. Jen malá část objevených prostor má předpoklady k další existenci. Rozhoduje o ní nejen historická hodnota, stavebnětechnický stav a statická únosnost původních konstrukcí, ale také možnost realizace přijatelného vstupu a pravděpodobnost dalšího využití. Přesto se podařilo zachovat mnoho cenných a zajímavých podzemních objektů, které na svoji vhodnou prezentaci teprve čekají.

ING. ALEŠ SVOBODA, R – atelier s. r. o, svobales@seznam.cz  
ING. PETR MIČUNEK, OHL ŽS, a. s., pmicunek@ohlzs.cz

Autoři fotografií: Petr Baran a Petr Francán



Obr. 8 Podzemí pod Zelným trhem  
Fig. 8 Zelný Trh underground

## REHABILITATION METHODS

The methods of rehabilitation of the discovered spaces have undergone significant quality development since the 1970s. They were affected by many factors – starting with the financial demands, through technical and technological problems of co-ordination with the installation of utility networks and ending by insufficient interest of the relevant monument preservation authorities in preserving them or even presenting them to the public. The rehabilitation was carried out by methods which did not respect the historic values. In the majority of cases, the cellars were backfilled with sand, which was injected with cement slurry. But, after some time, the sand backfill was gradually washed away as a result of the unstable water regime. The hardened cement slurry crust started to act as a load on the cellar vault structures in the newly originating caverns. It resulted into the current situation where those cellars have to be “re-rehabilitated”. Other rehabilitation methods are represented by the application of so-called “outer shell” or “inner shell”. In the case of application of the inner shell and the method of providing structural support by means of sprayed concrete (shotcrete), virtually all of the historic values of the original structures and architectural details were destroyed. The outer shell, which is the only rehabilitation method without destructive effects, was applied only sporadically.

At the present time, when the care of historic values and primarily the efforts for presentation of the values have become an important part of regeneration of the national ancient monument fund, even the refurbishment methods have gone through qualitative changes. The discovered spaces are being structurally stabilised using original materials and traditional building procedures. Modern structures are being built with respect paid to the overall architectural concept of the planned new utilisation of the space. An important factor of rehabilitation of underground structures is renovation of the original ventilation systems and removal of moisture from all structures. When discoveries are made which cannot be preserved for various reasons (serious structural defects, extraordinary financial or technical demands of repairs, low historic values of the structures), the caverns are backfilled with cinder concrete (KOPOS). It provides sufficient and safe support in the overburden and, at the same time, re-excavation is possible without damaging the original historic structures.

## FUTURE

The uninterrupted building activities in close vicinity of historic buildings, unconstruction of buildings with multi-level basements in vacancies, renovation of historic structures, construction of utility tunnels and new pavement of streets and squares mostly have a destructive impact on the Brno historic underground. Only a small part of the discovered spaces is in the frame for continuing existence. The existence depends not only on the historic value, building condition and static load capacity of the original structures, but also on the possibility of construction of an acceptable entrance and probability of future utilisation. Despite this fact, many valuable and interesting underground structures were successfully saved which have not been presented to the public yet.

ING. ALEŠ SVOBODA, R – atelier s. r. o, svobales@seznam.cz  
ING. PETR MIČUNEK, OHL ŽS, a. s., pmicunek@ohlzs.cz

Photo: Petr Baran a Petr Francán

# REKONSTRUKCE KANALIZAČNÍHO SBĚRAČE „C„ V BRATISLAVĚ RECONSTRUCTION OF THE TRUNK SEWER „C“ IN BRATISLAVA

MIROSLAV JAROLÍM, KAZIMÍR KRAINA, MARIÁN ORAVEC

## ÚVOD

Hlavní kanalizační sběrač „C“ DN 2600/1650 je součástí soustavy pro likvidaci odpadních vod v Bratislavě. V úseku mezi ulicemi Vajnorská a Rožňavská podél ulice Tomášikovej je sběrač již v nevyhovujícím technickém stavu, nevyhovuje kapacitně a i jeho situování je v části trasy nevhodné. Problém kapacity existujícího úseku sběrače „C“ se nedal řešit jen rekonstrukcí, proto součástí díla je i nová větev „C-C“. Nově zřizovaný úsek bude navíc respektovat investice do výstavby areálů privátních investorů, výstavbu autobusové stanice před železniční stanicí Bratislava – Nové Mesto a další zastavění územní lokality.

### Základní údaje stavby:

<b>Objednatel</b>	Bratislavská vodárenská společnost, a. s., Bratislava
<b>Zhotovitel</b>	Združenie „Zberač C-SKANSKA“
<b>Podzhotovitel</b>	OHL ŽS, a. s.
<b>Projektant</b>	Hydroteam, spol. s r. o., Bratislava
<b>Název stavby</b>	Rekonštrukcia kanalizačného zberača „C“
<b>Místo stavby</b>	Bratislava III – Nové Mesto
<b>Zahájení stavby</b>	21. 4. 2006
<b>Ukončení stavby</b>	31. 8. 2007

Stávající kanalizační sběrač „C“ DN 2600/1650 prochází od ulice Vajnorská pod zelenou plochou při železniční trati Bratislava – Nové Zámky, dále před budovu stanice ŽSR Nové Město a pokračuje pod areálem pošty, kde se opět přimyká k železniční trati až do šachty Š17 na Rožňavské ulici. Délka tohoto úseku je 1148 m.

Výstavba nového sběrače „C-C“ DN 2000 v délce 1305 m je navržena protlačováním ocelové chráničky – trouby 2350 x 25 mm po úsecích asi 50 m a následně vtahováním sklolaminátové trouby DN 2000 SN 2500. Meziprostor je zaplněn betonovou směsí B15. Část



Obr. 1 Tlačná stanice na dně stavební jámy  
Fig. 1 The jacking station

## INTRODUCTION

The main DN 2600/1650 trunk sewer „C“ is part of the sewage disposal system in Bratislava. The structural condition of the section of the sewer between Vajnorská and Rožňavská Streets, along Tomášikova Street, is poor; it is inadequate in terms of capacity and of the situation of a part of the alignment. The problem of capacity of the existing section of the trunk sewer „C“ could not be solved by means of reconstruction. For that reason a new branch denominated the „C-C“ was designed. In addition, the newly built section will respect private development investments, development of a bus station in front of the Bratislava – Nové Mesto station and other development activities in the location.

### Basic data on the construction:

<b>Employer</b>	Bratislavská vodárenská společnost, a.s. Bratislava
<b>Contractor</b>	Združenie „Zberač C-SKANSKA“
<b>Sub-contractor</b>	OHL ŽS a.s.
<b>Designer</b>	Hydroteam spol. s r.o. Bratislava
<b>Project name</b>	Reconstruction of the trunk sewer „C“
<b>Project location</b>	Bratislava III – Nové Mesto
<b>Project commencement</b>	21. 4. 2006
<b>Project completion</b>	31. 8. 2007

The existing DN 2600/1650 trunk sewer „C“ passes from Vajnorská Street, under a green area along the railway line Bratislava – Nové Zámky, further in front of the building of the station ŽSR Nové Mesto and continues under the grounds of a post office, where it returns back to continue along the railway route, up to the Š16 shaft in Rožňavská Street. The length of this section amounts to 1148m.

The construction of the new trunk sewer section, the DN2000 „C-C“ branch at a length of 1305m, is designed to be carried out by jacking a 2350x25mm steel casing pipe, as a sequence of about 50m long sections, with each section provided with DN 2000 SN 2500 glass fibre reinforced plastic pipe pulled inside after the particular jacking step. The annulus is filled with B15-grade concrete. Part of the trunk sewer must be built by means of a traditional mined gallery because of collisions with existing utilities. The reconstruction of the DN 2600/1650 trunk sewer „C“ will be carried out by pulling new DN 1400 pipes inside the original trunk sewer from starting shafts provided in the locations of the original shafts.

The depth of the longitudinal alignment of the bottom of the sewer ranges from 4.75 to 6.67m.

With respect to the prescribed technique and the deadline for completion, the contractor decided to deploy three jacking sets for the works. Two sets were provided by Skanska and OHL ŽS brought one set.

## CHARACTERISTIC OF THE CONSTRUCTION AREA

From the morphological point of view, the area is found at the southeastern foot of the Malé Karpaty (Little Carpathians) mountain range, where the mountains pass to Danube Lowland. According to the completed geological investigation, major part of the excavation profile consists of granular sandy gravel and dense sand or argillaceous sand (in the upper part of the profile). In the bottom part, which rests on stiff clay existing at the depths of 14m and lower, there are medium grained gravels to coarsely grained



**Obr. 2** Ocelová chránička a čelo protlaku  
**Fig. 2** The steel casing pipe and front end of the pipe jack

sběrače je třeba z důvodu kolize se stávajícími inženýrskými sítěmi realizovat klasickou štolou.

Rekonstrukce sběrače „C“ DN 2600/1650 proběhne vtahováním nových trub DN 1400 ze startovacích jam v místech původních šachet do původního sběrače.

Niveleta dna sběrače se pohybuje v rozmezí 4,75 – 6,67 m pod terémem.

Vzhledem k předepsané technologii a termínu ukončení stavby se zhotovitel rozhodl, že na celý objekt nasadí tři protlačecí soupravy. Dvě soupravy nasadila Skanska a jednu soupravu OHL ŽS.

### CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ STAVBY

Z geomorfologického hlediska se území stavby nachází na jiho-východním úpatí Malých Karpat, kde tyto přecházejí do Podunajské nížiny. Dle provedeného geologického průzkumu se ve většině profilu ražby nachází písčité štěrky zrnité, ulehlé, resp. v horní části profilu hlinitý písek. Ze spodní části, jejímž podkladem jsou tuhé jíly v hloubkách od 14 m, vystupují štěrky středně- a hrubozrné s valouny 10 – 14 cm. Hladina podzemní vody je ustálena v hloubce 5 – 5,6 m pod terémem. Dle pozorování Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) se sezónně zvyšuje až o cca 2 m. Realizační práce probíhají za přítomnosti podzemní vody ve většině raženého profilu. Navrženou technologií má být minimalizováno čerpání podzemní vody i rozsah výkopových prací v dispozičně omezeném prostoru staveniště. Současně se eliminuje možnost sedání terénu ve vazbě na okolní výstavbu.

### TECHNOLOGIE

Stabilita stavebních jam je se zřetelem na dané hydrogeologické podmínky zabezpečena předražnými štětovicemi Larsen III N v kombinaci s rozpěrnými rámy, čímž se významně snížilo množství čerpaných vod a zároveň se zabránilo i vymývání drobných částic a sufózi. Dna jam jsou opatřena vrstvou monolitického betonu z důvodu uzavření přítoků ze spodní části a zároveň i montáže strojního zařízení do jam.

K realizaci protlaku ocelových trub 2350/25 mm byla vybrána protlačecí souprava českého výrobce ZSŽT 1,7/ING, jež byla upravena na možnost zatlačování trub o průměru nad 2 m. Hlavní tlačnou stanicí tvoří 12 kusů přímočarých hydromotorů, které pracují s tlakem 16 MPa. Hmotnost HTS je celkem 19 000 kg, z toho hmotnost tlačného suportu 8000kg. Hydraulická stanice typu HS-09-80 je situovaná na povrchu u startovací jámy. Zajímavý je i nízký příkon soupravy 5,5 kW. Při realizaci bylo dosahováno tlačné síly 6000 kN.

gravels with boulders the sizes of 10-14cm. According to observations by the Slovakian Hydrometeorological Institute, the ground water level seasonally rises even by more than two meters. The pipe jacking is carried out in the presence of ground water in the greater part of the excavated cross section. The proposed technique is expected to minimise the need for pumping water as well as the extent of earthmoving operations in the constrained site conditions. At the same time, it eliminates the possibility of the ground surface settlement in respect of the buildings existing in the vicinity.

### CONSTRUCTION TECHNIQUE

Stability of the construction trenches is provided, with respect to the given hydrogeological conditions, by Larsen III N sheet piles combined with bracing frames; this system allowed significant reduction of the volume of pumped water and, in the same time, prevented washout of small particles and underground erosion. The bottoms of the pits are covered with cast-in-situ concrete so that inflows from the floor are sealed and assembly of the equipment in the pits is possible.

A 1.7/IGN jacking set manufactured by SZŽT, a Czech Republic-based company, was selected for the jacking of the 2350/25mm steel pipes. The jacking set was modified to be capable of jacking pipes over 2m in diameter. The main jacking station (MJS) consists of twelve linear hydraulic motors, which work with a pressure of 16MPa. The total MJS weight amounts to 19,000kg, 8,000kg of that is the weight of the thrust carriage. A HS-09-80 hydraulic station is located on the surface, beside the starting pit. The low input of the set of 5.5MW is also interesting. The thrust achieved in the course of the pipe jacking amounted to 6000kN. The jacking set allows the operations to advance in three-metre steps; the joints of the steel pipes were rigid, welded around the whole circumference. Thus ground water was prevented from penetrating inside the pipeline. Because of the impossibility of controlling the jacking direction (the jacking set was unsteerable), the jacking operations encountered complications regarding maintaining the line and level of the pipe jack. The crews, despite the fact that they were very experienced, were not able to carry out the about 50m long stretch with the designed horizontal and vertical alignment maintained. The result was always the same: the pipe jack length remained unfinished and a counter-heading using traditional methods was applied as a substitute solution. The daily advance rate of 3.0m (0.375m per



**Obr. 3** Rozhraní protlaku a klasické štoly  
**Fig. 3** The interface between the pipe jack and traditional tunnel



Obr. 4 Sklolaminátová trouba DN 2000 v ocelové chrániče – zavážecí vůz  
Fig. 4 A GRP pipe DN 2000 in the steel casing pipe – the carriage

Protlačecí souprava umožňuje realizovat práce v třímetrových krocích, kdy spoje ocelových trub byly provedeny jako tuhé, svařované s celoobvodovým svarem. Tím bylo zabraňováno vstupu podzemní vody do prováděného díla. V průběhu realizace protlaku docházelo vzhledem k nemožnosti ovlivňovat směr protlačení (protlačecí souprava je neřiditelná) ke komplikacím v dodržení směru a nivelety. Osádky, ač velmi zkušené, nebyly schopny provést cca 50 m dlouhý protlak v daném směru a niveletě na plnou délku v parametrech daných projektovou dokumentací. Výsledkem bylo vždy nedokončení protlačování předemtného úseku a náhradní řešení protiražbou klasickou metodou. Denní postup při realizaci činil 3 m (0,375 m/osobu a směnu).

K zajištění dodržení směrových a výškových parametrů vedení protlaku bylo přijato několik opatření. Řezná hrana ocelového potrubí byla opatřena speciálním předstítkem, který zabezpečil možnost rektifikace korekce směru osádkou. Tlačené trouby nebyly vařeny celoobvodově, nýbrž bylo vytvořeno jejich „kloubové“ spojení. Vzájemná souvislost byla zabezpečována kluznými překrýváními příložkami z ocelové pásoviny prstencově rozmístěnými ve spoji ocelových trub. Problém s vnikáním spodní vody tupými spoji do díla byl vyřešen pomocí hydrovrtů snížením hladiny podzemní vody. Navrženou změnou technologie bylo dosaženo možnosti korekce vedení protlaku a bezproblémového dodržení parametrů díla. Nadále bylo dosahováno denního postupu 3 m. Zdlouhavé svářečské práce po vnějším obvodu ocelových trub v prostoru jámy byly nahrazeny menším počtem svárů uvnitř trub, ovšem s negativním časovým dopadem na proluky v odtěžování. Produktivita se však zvýšila na 0,5 m/osobu a směnu.

## ZÁVĚR

Variantním řešením ražeb by bylo i použití tunelovacího razicího stroje, což by vzhledem k délce nového kanalizačního sběrače bylo progresivní. Tato varianta však byla zamítnuta vzhledem k půdorysným poměrům sběrače a dále z důvodů kolizí se současnými, pro město nedotknutelnými, inženýrskými sítěmi. Nižší postupy při aplikaci tuzemského protlačovacího zařízení byly kompenzovány otevřením více pracovišť z budoucích kanalizačních šachet.

Článek se nezabývá vyspělými technologiemi, které vstupují do vnímání našich techniků a inženýrů a které jsou v časovém hledisku stále dostupnější, snaží se vyjádřit skutečnost, kdy v současné dynamicky se rozvíjející společnosti je někdy účelné vrátit se o pár let zpět a při implementaci nových poznatků novelizovat a prolongovat tradiční ověřená řešení.

ING. MIROSLAV JAROLÍM, mjarolim@ohlzs.cz,  
ING. KAZIMÍR KRAINA, OHL ŽS, a. s., Brno,  
MARIÁN ORAVEC, marian.oravec@skanska.sk,  
SKANSKA BS, a. s., Prievidza



Obr. 5 Pohled na část hotového díla  
Fig. 5 A view of a part of the complete work

person and shift) was achieved during the jacking operations. Several measures were adopted with the aim of maintaining the designed line and level. The cutting edge of the pipe was provided with a special pre-shield, which allowed the crew to rectify the direction. The pipes were not joined by welds along the whole circumference, thus a kind of articulated joints was created. Continuity of the pipeline being jacked was provided by internal sliding rings covering the joints of the pipes. The problem of water leaking through the butt joints inside the pipeline was solved by lowering the water table by means of well points. Owing to the proposed modification of the technique, the correction of the line and level of the pipeline during the jacking became possible and the works parameters were maintained without problems. The advance rate of 3.0m per day was a commonplace from then on. The lengthy welding operation carried out on the outer surface of the pipes in the starting pit was replaced with a smaller number of welds carried out inside the pipeline; although with a negative impact on the time because the mucking out had to be interrupted. On the other hand, the productivity increased to 0.5m per person and shift.

## CONCLUSION

Utilisation of a TBM existed as a variant of the excavation technique, which would have been progressive considering the length of the new trunk sewer. This variant, however, was rejected with respect to the ground plan conditions of the sewer and because of collisions with existing utility networks (in the section where the traditional mining method was utilised) which were untouchable for the municipality. The lower advance rates at the utilisation of domestic pipe jacking sets were compensated for through opening more working places in the locations of future manholes.

This paper does not deal with state-of-the-art techniques, which have begun to be perceived by our technicians and engineers and which are more and more easily accessible in terms of time. It tries to express the fact that it is sometimes reasonable even in the today's situation of our dynamically developing society to return several years back and innovate and prolong traditional proven solutions, concurrently with implementation of new knowledge.

ING. MIROSLAV JAROLÍM, mjarolim@ohlzs.cz,  
ING. KAZIMÍR KRAINA, OHL ŽS, a. s., Brno,  
MARIÁN ORAVEC, marian.oravec@skanska.sk,  
SKANSKA BS, a. s., Prievidza

# VÝZNAM REALIZÁCIE PRIESKUMNEJ ŠTÓLNE PRE TUNEL VIŠŇOVÉ

## THE IMPORTANCE OF THE EXPLORATION GALLERY DRIVEN FOR THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

ANTONÍN MATEJČEK, JÚLIUS BOHYNÍK

### PŘÍRODNÉ A GEOLOGICKÉ POMERY

Tunel Višňové je súčasťou diaľničného úseku D1 Lietavská Lúčka – Turany a po vybudovaní bude svojou dĺžkou 7 404 km najdlhším tunelom slovenskej diaľničnej siete. So zreteľom na jeho dĺžku, náročné geomorfologické pomery územia Malej Fatry v jeho koridore (obr. 1, 3), nebolo možné realizovať prieskum žiadnou inou metódou ako prieskumnou štôľňou.

Vývoj hodnotenia horninového masívu v koridore tunela Višňové je viazaný na zmeny koncepcie situovania trasy diaľnice v etapách inžinierskogeologických štúdií pred a v etape hodnotenia vplyvov na životné prostredie v rokoch 1995–1997. Na základe výsledkov hodnotenia bol odporúčaný tunelový variant A v severnej časti koridoru tunela (obr. 2).

V rokoch 1997–1998 bol realizovaný orientačný inžinierskogeologický prieskum (1) v spolupráci so spoločnosťou GEOFOS, s. r. o., Žilina. Pri prieskume boli využité tak metódy geofyzikálneho a vrtného prieskumu, ako aj zhodnotenia koridoru s využitím terénnych inžinierskogeologických metód s vypracovaním prognózy inžinierskogeologických, geotechnických a hydrogeologických pomerov v zmysle metodiky normy Sia198. Výraznou zmenou v príprave tunela v tejto etape prác bol návrh a projekčné prijatie zmeny smerového vedenia trasy tunela zo severnej do južnej časti koridoru pre prognózu priaznivejších pomerov tohto variantu. Zmena bola realizovaná už v priebehu etapy orientačného prieskumu.

Komplexné zhodnotenie inžinierskogeologických pomerov v etape realizácie prieskumných prác bolo spracované čiastkovými záverečnými prácami č. 1 až č. 7 a záverečnou správou v 12/2002 (3).

Na základe výsledkov doteraz vyrazených úsekov prieskumnej štôľne sú geologická stavba, ale najmä tektonický vývoj územia veľmi komplikované s výrazným dosahom na kvalitu a heterogenitu horninového masívu. Horninový masív Malej Fatry, v ktorej je situovaný koridor tunela, bol postihnutý deformáciami v etape herzýnskej, alpínskej tektoniky a v etape neotektonického vývoja. Na základe analýzy vývoja masívu, najmä najmladších etáp, bolo možné vysvetliť heterogenitu geotechnických pomerov, ale najmä zložitost' a aktivitu hydrogeologických pomerov, najmä v zónach s extenzným vývojom.

V zmysle regionálneho geomorfologického členenia Slovenska je územie v úseku diaľnice D1 Višňové – Dubná Skala súčasťou Fatransko-tatranskej oblasti. Masív zo strany Višňového (západný portál) patrí do celku Žilinskej kotliny. Masív Malej Fatry je súčasťou celku Malá Fatra, podcelku Lúčanská Fatra, oddielu Lúčanské Veterné hole. Východný portál leží na rozhraní celku Turčianska kotlina, podcelku Turčianske nivy.



Obr. 1 Morfologická členitosť severnej časti Lúčanskej Malej Fatry v koridore tunela Višňové

Fig. 1 Dissected topography of the northern part of the Lúčanská Malá Fatra in Višňové tunnel corridor

### NATURAL AND GEOLOGICAL CONDITIONS

The Višňové tunnel is part of the D1 motorway section between Lietavská Lúčka and Turany. Once the tunnel is completed, its length of 7.404km will make it the longest tunnel within the Slovakian motorway network. Because of its length and difficult geomorphological conditions of the area of the Malá Fatra mountain range through which the tunnel corridor passes (see Figures 1 and 3), no survey method was possible other than an exploration gallery.

The development of the assessment of the rock mass in the corridor of the Višňové tunnel is associated with changes in the concept of the motorway alignment in the stages of engineering geological studies before and during the environmental impacts analysis in the years 1995–1997. The results of the analysis led to a recommendation to use the tunnel variant A in the northern part of the tunnel corridor (see Fig. 2).

In 1997–1998, an orientation engineering geological survey (1) was carried out in co-operation with GEOFOS s.r.o. Žilina. The survey was performed using both geophysical and drilling methods and an assessment of the corridor by means of field engineering geological methods, resulting in a prognosis for engineering geological, geotechnical and hydrogeological conditions, which were carried out according to the principles required by the Sia198 standard. In this stage of the work, a substantial change in the preparation of the tunnel was brought about by a proposal, which was accepted, for a change in the tunnel alignment design. The horizontal alignment was relocated from the northern part of the corridor to the south because of a prognosis of better geotechnical conditions for this variant. The change was implemented as early as the stage of the orientation survey.

A comprehensive assessment of the engineering geological conditions in the stage of the survey operations was developed in partial closing studies No. 1 through No. 7 and the final report in December 2002 (3). The results of the assessment of the till now completed sections of the exploration gallery show that the geological structure, but mainly the tectonic history of the area, is very complicated, with a significant impact on quality and heterogeneity of the rock mass.

In terms of the regional geomorphological division of Slovakia, the area along the Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway is part of the Fatra-Tatra region. The massif from the Višňové side (the western portal) is part of the Žilina basin. The Malá Fatra massif is part of the Malá Fatra unit, sub-unit Lúčanská Fatra, section Lúčanská Veterná Hoha. The eastern portal lies at the boundary of the Turčianská basin unit and Turčianská flood plain.

In terms of seismism in the meaning of STN 73 0036 Seismic Action on Structures (09.1997), the area in question is found in a source area of seismic risk 2. The closest earthquake registered in the history occurred in Žilina, in the region of Minoľča. The basic seismic acceleration for this region is  $\alpha_T=1,0 \text{ m.s}^{-2}$ .

### THE BASIC CHARACTERISTIC OF THE EXPLORATION GALLERY AND VIŠŇOVÉ TUNNEL

The Višňové tunnel is designed within the corridor of the motorway route as a twin-tube tunnel, with the southern tunnel tube (STT) and northern tunnel tube (NTT). The 7480.23m long exploration gallery was driven with the aim of verifying the basic engineering geological conditions. The gallery was driven from 11/1998 to 08/2002. Part of the works was the excavation of a dismantling chamber (DM) for the purpose of dismantling a tunnel boring machine, which was carried out from 09/2002 to 11/2002. In the first stage of the works, after completion of cross passages, the exploration gallery will be used as an escape gallery for the previously completed STT (2).

Z hľadiska seizmicity v zmysle STN 73 0036, Seizmické zaťaženie stavieb (09.1997), sa predmetné územie nachádza v zdrojovej oblasti seizmického rizika 2. Najbližšie historicky zaznamenané zemetrasenie bolo zaznamenané v Žiline, v oblasti Minčola. Základné seizmické zrýchlenie pre túto oblasť je  $\alpha_T=1,0 \text{ m.s}^{-2}$ .

## ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA PRIESKUMNEJ ŠTOLNE A TUNELA VIŠŇOVÉ

Tunel Višňové je projektovaný v koridore trasy diaľnice ako dvojručový, s južnou tunelovou rúrou (JTR) a severnou tunelovou rúrou (STR). Pre overenie základných inžiniersko-geologických pomerov bola v JTR realizovaná prieskumná štôlna s dĺžkou 7 480,23 m. Prieskumná štôlna bola razená od 11/1998 do 8/2002. Súčasťou prác bolo aj vyrazenie demontážnej komory (DM) pre účely demontáže raziaceho stroja, ktorá prebehla v období 9/2002–11/2002. Prieskumná štôlna v prvej etape prác po úprave a vybudovaní prepojovacích chodieb bude slúžiť ako úniková štôlna pre skôr vybudovanú STR (2).

## METODIKA KOMPLEXNÉHO HODNOTENIA GEOTECHNICKÝCH POMEROV

Pre účely komplexného hodnotenia geotechnických pomerov bol horninový masív rozčlenený v hierarchických rovinách na nasledovné typy, bloky a úseky a s rovnakými vlastnosťami:

- 1) litologické typy v zmysle základného geologického členenia,
- 2) inžiniersko-geologické a geotechnické typy (ig, gt typ) hornín z hľadiska špecifikácie geotechnických vlastností,
- 3) kvázihomogénne bloky,
- 4) geotechnické úseky.

Litologické typy reprezentujú základné stratigrafické členenie. Podľa členenie v zmysle regionálnej inžiniersko-geologickej klasifikácie Slovenska je tunel situovaný v regióne jadrových pohorí, v oblasti vysokých pohorí – Malá Fatra a v regióne tektonických vkleslín s oblasťami vnútrohorských kotlín tektonického pôvodu, Žilinskou a Turčianskou kotlinou.

Na základe doterajších prác horninový masív je budovaný formáciami hornín:

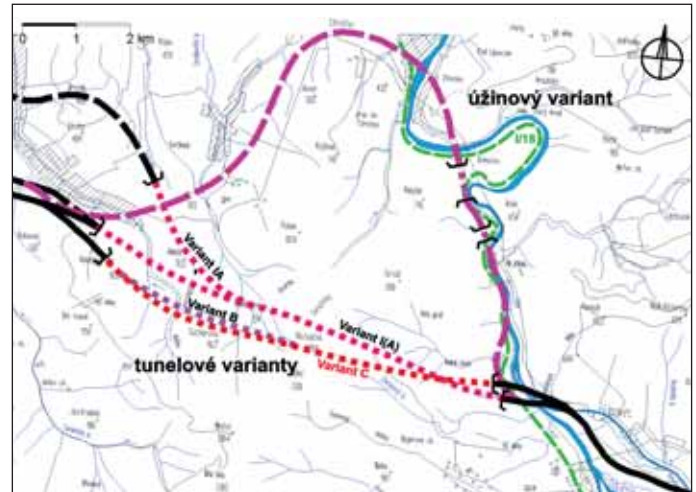
- **flyšovej formácie** zastúpenej ílovcovým komplexom centrálnokarpatského paleogénu,
- **pestrou pieskovo-slieňovcovo-vápencovou formáciou** komplexu vrchného triasu a spodnej jury (lias),
- **vápencovo-dolomitckej formácie**, zastúpenej komplexom triasových karbonatických hornín križňanského príkrovu Malej Fatry v západnej časti trasy tunela,
- **spodnou terigénnou formáciou** spodného triasu obalovej, malofatranskej jednotky,
- **formáciou variských granitoidov**, ktorá je reprezentovaná jadrom Malej Fatry.

(Viz tab. 1 na str. 14)

Razené úseky prieskumnej štôlny boli s postupom razenia, samostatne od ZP aj od VP, rozčlenené podľa zastúpenia ig a gt typov, tektonických a hydrogeologických pomerov do **kvázihomogénnych blokov**. Bloky už charakterizovali prevládajúce geotechnické podmienky razenia vyjadrené priradenými technologickými triedami v zmysle NRTM a TBM. Kritéria začlenenia razených úsekov do tried zodpovedali podkladom DSN, resp. boli v úseku TBM na základe možnosti hodnotenia prispôbené objektívnym podmienkam (upravená Sia198).

V úseku razenom zo ZP bolo v celej dĺžke vyčlenených 33 základných blokov s označením Z1-33, s 80 podblokmi. V úseku razenom z VP bolo vyčlenených 46 základných blokov s označením V1-46, s 112 vyčlenenými podblokmi. Celkom v masíve štôlny bolo vyčlenených 192 kvázihomogénnych blokov. Štôlna bola aj členená na úseky podľa triedy razenia. V celkovej dĺžke štôlny 7 480,3 m sa trieda zmenila 311 x. Počet vyčlenených úsekov poukazuje na výraznú heterogenitu horninového masívu. V každom úseku so zmenou zatriedenia bol charakteru masívu prispôbený rozsah a druh vystrojovacích prvkov na zabezpečenie stability výrubu.

Pre účely optimálneho členenia masívu pri raziacich prácach tunela bol horninový masív rozčlenený na **geotechnické úseky**. V masíve tunela Višňové bolo celkom vyčlenených 7 typov geotechnických úsekov 1-2-3-4-5-6a-6b. Pri rozčlenení boli zohľadnené zastúpenie predpokladaných ig a gt typov, najmä zo skupiny nepriaznivých, so zohľadnením geotechnických vlastností s interpretáciou možnosti výskytu nepriaznivých geotechnických pomerov.



Obr. 2 Variantné riešenia trasy diaľnice v etape hodnotenia EIA

Fig. 2 A design variant of the motorway alignment in the EIA stage

## THE METHODOLOGY FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF GEOTECHNICAL CONDITIONS

The rock mass was divided for the purpose of the comprehensive assessment of geotechnical parameters in hierarchic levels into the following types, blocks and sections with identical properties:

- 1) lithological types in the meaning of the basic geological classification,
- 2) engineering geological and geotechnical types (eg, gt types) of rock from the aspect of specification of geotechnical properties,
- 3) quasi-homogeneous blocks,
- 4) geotechnical sections.

The lithological types represent the basic stratigraphic categorisation. In terms of the regional engineering geological classification of Slovakia, the tunnel is located in a region of core mountain ranges, in an area of high mountain ranges (the Malá Fatra) and in a region of trough faults with areas of intramontane basins of tectonic origin (Žilina and Turčiansky basins).

According to the existing documents, the rock mass consists of the following rock formations:

- **a flysh formation**, which is represented by a clay complex of the central Carpathian Palaeogene,
- **a variable sandstone-marlstone-limestone formation** of the Upper Triassic and Lower Jurassic (lias) complex
- **limestone-dolomitic formation**, which is represented by a complex of the Triassic carbonate rock of the Križňany nappe of the Malá Fatra
- **a lower terigene formation** of the Lower Triassic of the nappe of the Malá Fatra unit,
- **a Variscan granitoid formation**, which is represented by the core of the Malá Fatra.

(See table 1 on page 15)

The mined sections of the exploration gallery were divided with the advancing heading, separately for the headings from the WP and EP, according to the proportions of the eg and gt types and the tectonic and hydrogeological conditions, into **quasi-homogeneous blocks**. The blocks already characterised the prevailing geotechnical conditions of excavation expressed by the excavation support classes specified for the NATM and TBM application. The criteria for the classification of the mined sections corresponded to the final design or, in the TBM section, were adapted to objective conditions where the assessments allowed it (amended Sia198).

There were 33 basic blocks determined within the whole length of the section driven from the WP. The blocks were marked W1-33; they consisted of 80 sub-blocks. There were 46 basic blocks determined in the section driven from the EP, marked E1-46, with 112 determined sub-blocks. In total, there were 192 quasi-homogeneous blocks determined in the massif passed through by the gallery. In addition, the gallery was divided into sections according to the excavation classes. The class changed three hundred eleven times along the total length of the

**LITOLOGICKÁ NEROVNORODOSŤ HORNINOVÉHO MASÍVU PRIESKUMNEJ ŠTOLNE  
(JUŽNEJ TUNELOVEJ RÚRY) SO ZÁKLADNÝMI GEOTECHNICKÝMI ÚDAJMI**

Vyčlenenie úseku v absolútnom staničení JTR		Dĺžka	Geologický vek	Dominujúce ig-typy	Inžinierskogeologická charakteristika	Pevnosť v prostom tlaku $\sigma_c$	Uhol vnútorného trenia $\phi$	Modul deformácie in situ
od	do	(m)				(Mpa)	(°)	(Mpa)
<b>CENTRÁLNO - KARPATSKÝ PALEOGÉN</b>								
1000	1115	115	paleogén - hutiansky vývoj	Ipz, Ipn, Iptp	flavec piesčitý, laminovaný až tenkodoskovitý s polohami siltovcov	4-20	18 - 30	12 - 45
				Pz, Pn, Ptp	pieskovec, lokálnec drobnozrnný zlepenec, doskovitý až lavicovitý			
1115	2399	1284	<b>MEZOZOIKUM - fatrikum - križňanská tektonická jednotka</b>					
1115	1258	441	lias - allgäuske vrstvy	Bstp	slienité bridlice, tmavosivej až čiernej, zbrídlíčnatené „kunerádsky zlom“	25 – 60	30 - 32	100 - 800
				Vstp	flóvité vápence „typ fleckenmergel“, „kunerádsky zlom“ - budinované			
			vrchný trias rét (kontaktná zóna)	Vvtp, Brtp	piesčité vápence, so zastúpením v budinách (rét) a bridlíc - úzke zóny			
1258	1780	522	stredný až vrchný trias (nečlenený)	Vgz, Vgn, Vgtp	vápenec gutensteinského typu, doskovitý až lavicovitý, lok. kras	30 – 100	36 - 48	300-1000
				Dz, Dn, Db, Dtp	dolomit tenkodoskovitý až masívny, polohy brekciovitých dolomitov			
				lktp	karbonatické flovice - karbonatický kataklazit, drvené dolomity s flóvitou výplňou a sadrovcom			
1780	2346	566	stredný až vrchný trias (nečlenený)	Vgn, Vgtp	vápenec doskovitý až lavicovitý, s zónami kliváží a zón brekcií	30 – 100	30 - 52	300 - 4 000
				Dn, Dtp	dolomit, tenkodoskovitý, ojedinele až lavicovitý, v poruchách až zvetraný - Dz podobne ako vápence Vgz - Vz.			
				Bk	brekcia karbonatická, hrdzavožltá, s rôznym stupňom litifikácie			
				TB	tektonická brekcia - všeobecne			
2346	2381	35	kataklazit regionálneho charakteru - nečlenený	Bk	kataklazit zemitého charakteru s úlomkami karbonátov	10 – 40	30 - 34	100 - 500
<b>MEZOZOIKUM - tatrikum - malofatranská (obalová) tektonická jednotka</b>								
2381	2399	18	spodný irias	Bqtp	kremitý pieskovec až kremenec, brekciovitý, kataklazovaný	20 – 50	35 - 40	300 - 800
				Brn, Brtp	bridlica flóvitá, červenofialová, kataklazovaná			
2399	8480	6081	<b>PALEOZOIKUM - Kryštalinikum</b>					
2399	2890	5289	kryštalinikum-mylonitizované	Gkn	tektonická melange, usmernenej, šmuhovitej textúry s budinami hornín	10 – 70	34 - 48	300 - 2400
				BrGtp	mylonitizovaný granitoid charakteru kryštalickej bridlice, čiernej farby, výraznej bridličnatej textúry			
				brmylGn, brmylGtp	granitoidný blastomylonit, usmernenej textúry, lokálne zbrídlíčnatený s polohami kryšt. bridlic			
2890	8480	5590	kryštalinikum	Gz, Gn, Gtp	granitoid prevažne tonalitového typu, všesmernej, nerovnomernej zrnitej, granitickej textúry	10 – 130	30 - 52	50 - 10000
				bGn	biotitický granodiorit, chloritizovaný, epidotizovaný, všesmernej textúry			
				pGn, pGtp	porfyrický granitoid, ružovosivý, s porfyrickými výrastlicami K-živcov, lokálne s prechodom do pegmatitoidov			
				hGn, hGtp	hybridný granitoid, tmavosivý, usmernenej textúry			
				MGn, MGtp	migmatizovaná rula až migmatit usmernenej až páskovanej textúry, ostro ohraničené resty			
				L	lamprofyr, zelený až tmavozelený			

Tabuľka 1

Vyššie definované členenie bolo možné na základe komplexného zhodnotenia geologickotektonických, inžinierskogeologických, geotechnických a hydrogeologických vlastností, so zhodnotením masívu v klasifikačných systémoch podľa RQD, ÖNORM B 2203, Sia 198, QTS, s vyjadrením technologických tried NRTM pre profil prieskumnej štólne a profil tunela v komplexných grafických výstupoch, v 100 m úsekoch štólne v mierke 1:100, mape geologicko-tektonickej nerovnorodosti masívu štólne v mierke 1:1000 a v pozdĺžnom profile štólne v mierke 1:5000/5000 (3).

gallery of 7480.3m. The number of the determined sections proves the significant heterogeneity of the rock massif. The scope of the excavation support and the amount and types of the support elements were adjusted in each section with the changing class, according to the character of the rock mass.

The rock massif was divided into geotechnical sections to allow optimum division in the course of the excavation. There were 7 types of geotechnical sections determined in the Višňové tunnel massif, i.e.

**LITHOLOGICAL HETEROGENEITY OF THE ROCK MASS ALONG THE EXPLORATION GALLERY ROUTE (THE SOUTHERN TUNNEL TUBE) WITH BASIC GEOTECHNICAL DATA**

Absolute chainage of the section		Length (m)	Geological age	Dominating eg-types	Engineering geological characteristic	Unconfined compressive strength $\sigma_c$	Angle of internal friction $\phi$	Modulus of in situ deformation
from	to					(Mpa)	(°)	(Mpa)
<b>CENTRAL CARPATHIAN PALAEOGENE</b>								
1000	1115	115	Palaeogene – Hutniany history	<b>Ipz, Ipn, Iptp</b>	claystone – sandy, laminated to thinly plated, with siltite interlayers	4-20	18 - 30	12 - 45
				<b>Pz, Pn, Ptp</b>	sandstone, locally fine-grained conglomerate, platy to heavy-bedded			
1115	2399	1284	<b>MESOZOIC - Fatricum - križňany tectonic unit</b>					
1115	1258	441	Lias - Allgäu layers	<b>Bstp</b>	marlaceous shale, dark grey to black, cleaved „Kunerád Fault“	25 – 60	30 - 32	100 - 800
				<b>Vstp</b>	clayey limestone „fleckenmergel type“, „Kunerád Fault“ - budinované			
			Upper Triassic - Rhaetian (contact zone)	<b>Vptp, Brtp</b>	sandy limestone, present in boudins (rét) and shale – narrow zones			
1258	1780	522	Medium to Upper Triassic (non-differentiated)	<b>Vgz, Vgn, Vgtp</b>	Gutenstein-type limestone, platy to heavy-bedded, locally karst	30 – 100	36 - 48	300-1000
				<b>Dz, Dn, Db, Dtp</b>	dolomite thinly bedded to massive, layers of brecciated dolomite			
				<b>Iktp</b>	carbonatic claystone - carbonatic cataclasis, sheared dolomite with clayey filling and gypsum	10 – 30	20 - 36	100 - 500
1780	2346	566	Triassic (non-differentiated)	<b>Vgn, Vgtp</b>	limestone platy to heavy-bedded, with cleavage zones and brecciated zones	30 – 100	30 - 52	300 - 4 000
				<b>Dn, Dtp</b>	dolomite, thinly plated, sporadically to heavy-bedded, up to weathered in faults – Dz similarly to limestone Vgz - Vz.			
				<b>Bk</b>	carbonatic breccia, rusty-yellow, various degree of lithification			
				<b>TB</b>	tectonic breccia – generally			
2346	2381	35	Cataclasis of regional nature - non-differentiated	<b>Bk</b>	loamy cataclasis with carbonate fragments	10 – 40	30 - 34	100 - 500
<b>MESOZOIC - Fatricum – Malá Fatra (nappe) tectonic unit</b>								
2381	2399	18	Lower Iriassic	<b>Bqtp</b>	siliceous sandstone to quartzite, brecciated, cataclastic	20 – 50	35 - 40	300 - 800
				<b>Brn, Brtp</b>	clayey shale, red-violet, cataclastic			
2399	8480	6081	<b>PALAEOZOIC – Crystalline complex</b>					
2399	2890	5289	Crystalline complex - mylonitised	<b>Gkn</b>	tektonic mélange, aligned, smudgy texture with budines	10 – 70	34 - 48	300 - 2400
				<b>BrGtp</b>	mylonitised granitic rock, of crystalline schist character, black, pronounced schistous texture			
				<b>brmylGn, brmylGtp</b>	granitoid blastomylonite, aligned texture, locally cleaved, with layers of crystalline schist			
2890	8480	5590	Crystalline complex	<b>Gz, Gn, Gtp</b>	granitic rock mostly of tonalite type, omnidirectional, irregularly granular, granitic texture	10 – 130	30 - 52	50 - 10000
				<b>bGn</b>	biotite granodiorite, chloritised, epidotised, omnidirectional texture			
				<b>pGn, pGtp</b>	porphyritic granitic rock, pink-grey, with porphyric inlets, K-feldspar, locally with transition to pegmatitic rock			
				<b>hGn, hGtp</b>	hybrid granitic rock, dark grey, aligned texture			
				<b>MGn, MGtp</b>	migmatitised gneiss to migmatite aligned to banded texture, sharply bounded patches			
				<b>L</b>	lamprophyre, green to dark green			

Table 1

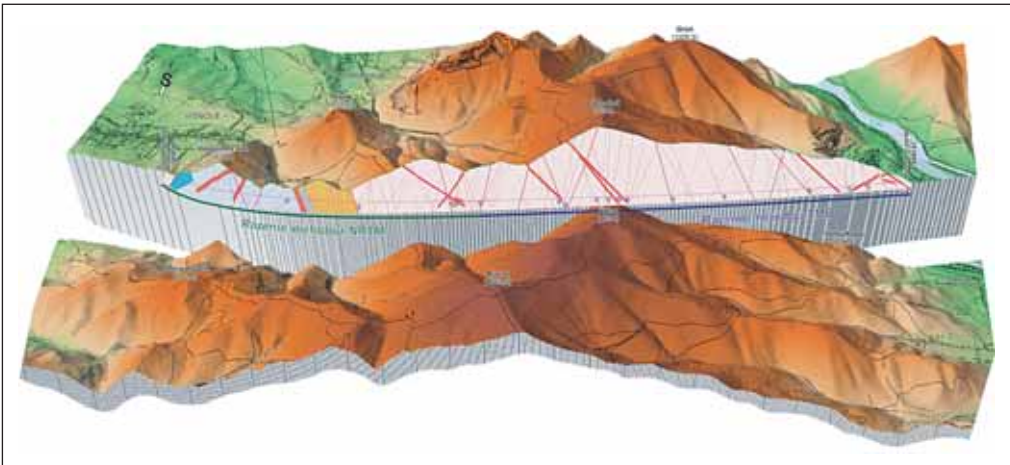
Geologicko-tektonické pomery, rozčlenenie masívu na bloky vymedzené najvýraznejšou tektonikou s vyjadrením najvýznamnejších prítokov do štôlne je znázornené 3D rezom masívom koridoru tunela (obr. 3).

Porovnanie predpokladaných geotechnických pomerov vyjadrených v dokladoch DSN a skutočne overenými geotechnickými pomermi je spracované zo strany zhotoviteľa stavby v príspevku uverejnenom v časopise Tunel 2/2003 (2).

sections 1-2-3-4-5-6a-6b. When the sections were being determined, the proportion of the anticipated eg and gt types was taken into consideration, primarily those from the group of the unfavourable ones, taking into consideration geotechnical properties, with interpretation of the possibility of occurrence of unfavourable geotechnical conditions.

The above defined division could be performed on the basis of a comprehensive assessment of geological-tectonic, engineering-geological, geotechnical and hydrogeological properties, carried out together





Obr. 3 3 D model masívu tunela Višňové s geologicko-tektonickou stavbou  
Fig. 3 A 3D model of the Višňové tunnel massif with geological-tectonic pattern

Z geologických pomerov v prieskumnej štôlne (JTR) boli pomery interpretované do STR v mape geologicko-tektonickej nerovnorodosti masívu v koridore tunela (obr. 4). Rozčlenenie vyrazenej prieskumnej štôlne do tried je aj vyjadrené zložitými stavebno-technologickými podmienkami razenia prieskumnej štôlne, ktoré boli zhodnotené v záverečnej správe (3) a v príspevku zhotoviteľa diela v časopise TUNEL 2/2003 (2).

Popri úsekoch s priaznivými podmienkami razenia, ktoré reprezentujú **výraznú časť** horninového masívu, boli realizáciou prieskumnej štôlne overené a interpretované úseky s nepriaznivými banskotechnickými podmienkami prác s prítomnosťou rizikových faktorov. Jednotlivé, základné riziká boli analyzované pre celý úsek vyrazenej prieskumnej štôlne.

### CHARAKTERISTIKA HLAVNÝCH RIZÍK

Na základe vyrazenej prieskumnej štôlne bolo prostredie zhodnotené ako heterogénne z hľadiska:

- pestrej litologickej stavby, mineralogického zloženia hornín, produktov tektonických procesov, výplňových hornín a zemín v zónach diskontinuit;
- viacetapového tektonického vývoja so zastúpením základných textúrnych prvkov (vrstevnatosť u sedimentárnych hornín), kryštalická bridličnosť (zbridličnatenie, usmernenie kryštalických bridlíc a mylonitov), zón kataklázy a budináže a dilatantných zón v pásmach masívu s relatívnymi gravitačnými pohybmi, s rôznymi základnými smermi orientácie týchto nehomogenít, ktorého odrazom je rôzny stav a rozloženie napätostí masívu v okolí výrubu, a to aj z dlhodobého hľadiska;
- rôzneho stavu kvality (geotechnických parametrov) jednotlivých typov hornín z dôsledku zložitosti výrazného vplyvu endogénnych a exogénnych činiteľov, najmä tektonického vývoja, zvetrávania, gravitačného rozvolnenia masívu a porušenia svahovými pohybmi;
- zložitosti hydrogeologických podmienok, s predpokladom prúdenia podzemnej vody v systémoch otvorených diskontinuit a zón zlomov, so zložitou štruktúrou hydrogeologických kolektorov. Vyrazením prieskumnej štôlne sa umelo porušil systém prirodzených bariér a podzemným vodám sa umožnilo intenzívne odtekať cez štôľnu. Tým sa porušili hydraulické pomery podzemných vôd v masíve. Zmena pomerov v tesnom okolí štôlne je nevratná. Smerom do širšieho okolia sa postupom času vytvorí nový, upravený režim so zmenenými hydraulickými pomermi;
- hydrochemických vlastností vody, agresivity a vyluhovacích vlastností na vystrojovacie prvky a konštrukčné materiály.

V podmienkach razenia prieskumnej štôlne boli overené nasledovné druhy a skupiny rizík:

- **strata stability výrubu** v čelbe a stenách formou uvoľňovania úlomkov, blokov, nadvýlomov najmä v masívoch s:
  - a) nepriaznivými sklonmi vrstevnatosti paleogénnych hornín a hornín liasu, dominantnými systémami otvorených diskontinuit so sklonom do výrubu, v zónach otvorených plôch s ťlovou výplňou, resp. v zónach smerných s osou štôlne (uvoľňovanie blokov zo stien),
  - b) nepriaznivými geotechnickými parametrami, v intenzívne tektonicky porušených zónach,

with categorisation of the rock mass in RQD, ÖNORM B 2203, Sia 198, QTS classification systems, with presentation of the NATM excavation support classes for the profile of the exploration gallery and profile of the tunnel in comprehensive graphic outputs, i.e. in 100m-long sections of the gallery on a 1:100 scale, in a map of geological-tectonic heterogeneity of the mass in the gallery on a 1:1000 scale, and in a longitudinal section through the gallery on a 1:5000/5000 scale (3).

The geological-tectonic conditions, the division of the massif into the blocks with the most distinct tectonics with expression of the most

significant inflows into the gallery is shown in a 3D section through the massif along the tunnel corridor (see Fig. 3).

Comparison of the anticipated geotechnical conditions expressed in the final design with the actually verified conditions was presented by the contractor in a paper published in TUNEL 2/2003 (2).

The geological conditions encountered by the exploration gallery (STT) were interpreted for the NTT in the map of geological heterogeneity of the massif within the tunnel corridor (see Fig. 4). The division of the completed exploration gallery into classes is also expressed by complex technical specifications for the exploration gallery excavation, which were evaluated in the final report (3) and contractor's paper published in the TUNEL issue No. 2/2003 (2).

Apart from sections with favourable excavation conditions, which represent a **significant part** of the rock massif, there were sections within the alignment which were proven by the exploration gallery and interpreted as unfavourable mining conditions with the presence of risk factors. The individual basic risks were analysed for the entire length of the completed exploration gallery.

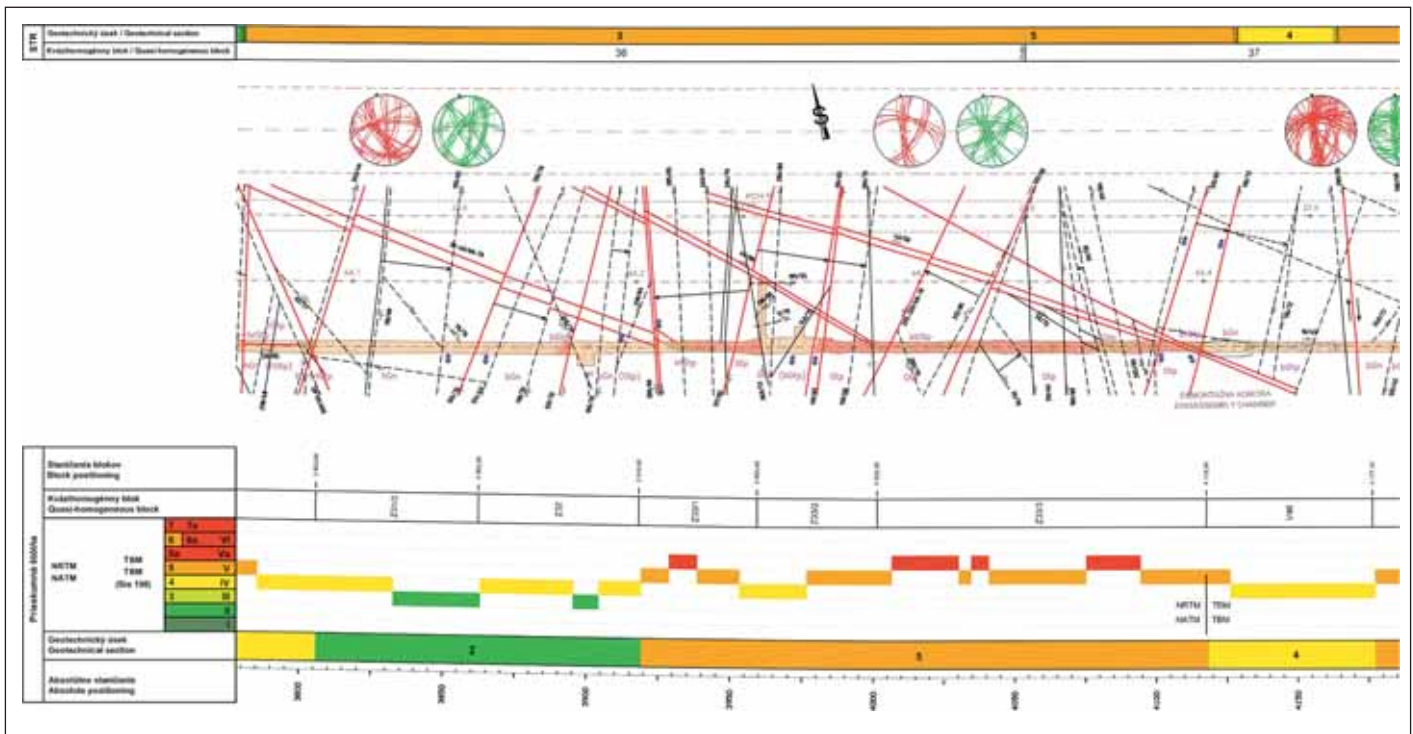
### CHARACTERISTIC OF THE MAIN RISKS

The environment was assessed on the basis of the information provided by the exploration gallery as heterogeneous in terms of:

- the varied lithological structure, mineralogical composition of rock, tectonic processes, filling rock and soils in discontinuity zones,
- the multi-stage tectonic history containing basic textural elements (layering in the case of sedimentary rock), crystalline schistosity (cleavage, alignment of crystalline schist and mylonite), cataclastic and boudinage zones, and dilatancy zones in the zones of the massif exhibiting relative gravity movements with various basic directions of orientation of these inhomogeneities; The varying state of the rock mass stress and distribution of the stress in the vicinity of the excavation, even in the long-term, is the consequence of this history,
- the varying state of quality (geotechnical parameters) of individual rock types resulting from the complicated nature of the significant influence of endogenous and exogenous factors, mainly the tectonic history, weathering, gravity loosening of the rock mass and failures due to mass movements.
- complexity of hydrogeological conditions with ground water assumed to flow in systems of open discontinuities and fault zones, with a complicated structure of aquifers. The excavation of the exploration gallery artificially disturbed the system of natural barriers and ground water was allowed to flow at a significant rate through the gallery. Thus the hydraulic conditions of ground water in the massif were disturbed. The change of the conditions in the close vicinity of the gallery is irreversible. A new modified regime with changed hydraulic conditions will develop in the more distant outer environment.
- hydrochemical properties of ground water, corrosivity and leaching properties acting on the support elements and building materials.

The following types and groups of risks were proven during the exploration gallery excavation:

- **loss of the excavation stability** at the face and side walls in the form of loosening of fragments, blocks or overbreaks, primarily in the rock mass exhibiting:
  - a) unfavourable slope of layers of Palaeogene rock and Liassic rock; dominating systems of open joints dipping toward the excavation face; in zones of open planes with clayey filling or zones approxi-



Obr. 4 Geologicko-tektonická mapa úseku prieskumnej štólne razenej zo ZP s vyčlenením na kvázihomogénnych blokov, tried razenia a geotechnických úsekov pre masív prieskumnej štólne (dole) a masív severnej tunelovej rúry (hore)

Fig. 4 Geological-tectonic map of the exploration gallery driven from the WP, with determination of quasi-homogeneous blocks, excavation classes and geotechnical sections for the massif passed by the exploration gallery (bottom) and massif to be passed by the northern tunnel tube (top)

- c) v zónach s prúdiacim, tlakovým účinkom podzemnej vody,  
d) vo výrazne rozvolnených zónach v okrajových častiach masívu, resp. v zónach katakláz;
- **strata stability v kalote** (v horninovej klenbe) čelby, resp. z predpolia, so vznikom nadvýlomov až závalov. Ku vzniku straty stability v kalote dochádzalo najmä:
    - a) v zónach smerných a otvorených diskontinuit (vo východnom okraji mezozoického masívu, vo vymedzených zónach v masíve kryštalinika),
    - b) v zónach s výrazným rozvolnením masívu, zvýraznený najmä pri krížení systémov a pri tlakovom účinku podzemnej vody. Takýmto prípadom je nadvýlom v úseku razenom NRTM zo ZP (obr. 4, 5), v bloku západne od demontážnej komory,
    - c) uvoľnením a „vytečením“ výplní, úlomkov, blokov horniny a zón porušenej horniny z priestoru kaloty a stien, najmä v miestach prítokov vody s tlakovým účinkom;
  - **nestabilita horniny a zeminy** ako produktu tektonického porušenia pri zmene vlhkosti a na styku s vodou ako:
    - a) objemové zmeny, napúčiavanie (dvihnutie koľajiska) v úsekoch ig typu Iktp, a mylonitizovaných granitoidoch,
    - b) rozbíjanie, zmena geotechnických vlastností na styku s technologickou vodou, z úrovne poloskalnej horniny na zemínu, zo zemín pevnej, tvrdej konzistencie pri otvorení na zeminy s mäkkou až kašovitou konzistenciou, v zónach katakláz v mezozoiku a v kontaktnej zóne mezozoikum-kryštalinikum, problém s odtážbou rozbrednutej rúbaniny,
    - c) prejav sadania a deformácii vystrojovacích prvkov (zatlačaním pätičiek, najmä však v zónach s degradáciou geotechnických parametrov horniny a zeminy) v zónach karbonatických kataklazitov – Iktp,
    - d) problém so zabezpečením kvality otekajúcej banskej vody do povrchového recipientu z dôvodu rozptýlenia ílových častíc v etape odtážby a čerpania vody, s dlhodobou sedimentáciou tohoto koloidného roztoku.

Väčšina zmien je spôsobená vplyvom minerálneho zloženia horniny, výplňových zemín, štruktúrnych väzieb a ílových minerálov, najmä zo skupiny smektitu, illitu a montmorilonitu, ako produktov dynamo-metamorfózy hornín.
  - **vývoj, rastom deformácii výrubu**, zvieranie stien podzemného diela v kataklasticky porušených zónach zosuvom porušenej paleogénu, mezozoika, kontaktných zón medzi tektonickými jednotkami (paleogén-mezozoikum; zóny kunerádskeho zlomu; mezozoikum-kryštalinikum; mylonitizované zóny kryštalinika; zbrídlíčenaté zóny

- mately parallel with the alignment of the gallery (blocks falling from the walls),
- b) unfavourable geotechnical parameters; in significantly tectonically disturbed zones,
- c) in zones under hydrostatic pressure of flowing ground water,
- d) in significantly loosened rock zones in fringe areas of the rock massif, or in cataclastic zones,
- **loss of the excavation stability** at the face of the top heading (the rock arch) or in the front zone, with occurrence of overbreaks or even caving. The loss of stability in the top heading occurred mainly:
  - a) in zones of joints crossing the gallery excavation at an acute angle and zones of open joints (on the eastern edge of the Mesozoic massif, in confined zones in the crystalline complex),
  - b) in zones with significant loosening of the massif, intensified most of all at crossings of the systems and in case of ground water pressure action. This is the case of an overbreak in the section driven by the NATM from the WP (see Figures 4, 5), in the block found west of the dismantling chamber,
  - c) releasing and “pouring” of the filling, debris, blocks of rock and zones of broken rock from the roof and side walls (mainly in locations of pressure water inflows),
- **instability of rock and soil** as a product of tectonic disturbance in the case of changed moisture and at the contact with water, for example:
  - a) volumetric changes, swelling (heaving of the rail) in the ig-type and Iktp-type, and in mylonitised granitic rock.
  - b) the rock becoming slushy, thus changing geotechnical conditions: at the contact with process water - from the level of semi-rock to soil, from hard and firm soil consistency to soft or even liquid when uncovered; in cataclastic zones and in the Mesozoic zone and the Mesozoic – crystalline complex contact zone; a problem with loading of the slushy muck.
  - c) manifestation of settlement and deformation of the support elements (settlement of footings, most of all in zones with the geotechnical parameters of the rock or soil degraded) in the zones with carbonatic cataclastics – Iktp,
  - d) the problem with quality of mine water discharging to a surface recipient - due to clay particles dispersion in the stage of the muck loading and water pumping, because of the process of sedimentation of the colloidal solution lasting very long.

The majority of the changes was caused by the mineral composition of the rock, the soil filling of joints, structural relationships and clay minerals, mainly those from the group of smectite, illite, montmorillonite, which are products of dynamic metamorphism of rock,



Obr. 5 Zával v úseku razenom technológiou NRTM v staničení 2900,0 m, na rozhraní blokov Z32 a Z33/1, po prívale podzemnej vody

Fig. 5 The collapse in the section driven by the NATM at 2900.0m chainage, at the intersection between the Z32 and Z33/1 blocks, after ground water breakout

v kryštaliniku, rozvolnené zóny s výrazným zvetraním v okrajovej časti kryštalického masívu). Maximálne deformácie boli namerané v zóne kataklazovaných karbonatických ílovcov s celkovou konvergenciou vo vodorovnom smere do 385 mm. Úsek bol sanovaný kompletným prebudovaním v etape výstavby únikovej štôlne;

● **sústredené ale aj rozptýlené prítoky až prívally podzemnej vody** s tlakovým režimom, tlakovým sufóznym účinkom vody v období razenia, alebo nestabilný vplyv skôr erodovaných a sufóziou vyplavených tektonických nehomogenít nevyplnených (korózný kras v mezozoiku) alebo sekundárne vodou vyplnených zón vplavením ílov s kašovitou konzistenciou (mezozoikum a kryštalinikum v okrajových častiach masívu). V dôsledku tlakovej sufózie rýchla zmena stability kataklazovaných a dynamometamorfovaných, zbridlíchnatých zón poloskalného až zemitého charakteru, najmä v zónach so stratou napätia (drvené, dilatantné zóny v mezozoiku a v kryštaliniku) za vzniku kaverien v okolí výrubu. Sústredené prítoky boli viazané najmä na:

- extenzívne, otvorené systémy nehomogenít v tektonizovaných zónach v kryštaliniku v smere SZ-JV, sprievodné zóny s kataklázou hornín spolu s bariérovým účinkom dynamometamorfovaných zón ílovitého charakteru,
- odľahčené, dilatantné, ale na smer razenia priečne zóny s prejavmi gravitačnej tektoniky najmä v okrajovej časti masívu a centrálnej časti masívu (okraj vrcholovej časti masívu kóty Rázsošná),
- bariéru tektonického kontaktu mezozoika a kryštalinika.

Prítoky podzemnej vody boli v karbonatickom úseku razenom zo ZP s trvalými výdatnosťami v poslednom úseku karbonátov v 1180–1340 m od ZP (bariérové vývery vody na tektonickom kontakte s kryštalinikom). Výraznejšie zvodnelé pásmo v úseku kryštalinika bolo až od staničenia 2900–2554 m od ZP, kde sústredené prítoky spôsobili zával a po jeho sanácii výraznú nestabilitu čelieb v zóne smerných porúch (obr. 4).

Pri razení od VP boli výrazné prítoky až prívally vôd registrované v úseku od 420–490 m po 2812–2827 m od VP, najmä v zónach 705–730 m, 993–995 m, 1112–1130 m, 1600–1850 m, 2 414–2421 m, 2493–2499 m. Prítoky vody boli v rozpätí od 20 do 110 l.s<sup>-1</sup>. Ďalšie výrazne zvodnené pásmo bolo v úseku 2810–2921 m s prítokmi nad 100 l.s<sup>-1</sup> a v zóne na staničení 3500–3509 m s prítokmi iba 20 l.s<sup>-1</sup>. Maximálny odtok zo štôlne razenej z VP bol nad 400 l.s<sup>-1</sup>. Voda otekala gravitačne. V čase hydrogeologického monitoringu masívu sú celkové odtoky z prieskumnej štôlne v rozpätí 160–240 l.s<sup>-1</sup>. Pri ďalších raziaciach prácach je možné predpokladať, že najmä zmenou hydraulických pomerov podzemných vôd sa čiastočne eliminujú rizikové účinky tlakových vôd, a nepriaznivé sufózne účinky. Realizáciou prepojovacích chodieb, ako súčasť prác na únikovej chodbe, bol overený aj po vyrazení štôlne stály deštrukčný vplyv hydraulického tlaku podzemnej vody v zónach SZ-JV prelomením a zdvihnutím betónového dna v prepojovacej chodbe PCH17. Odborný odhad na množstvo otekajúcej vody z tunela STR sa predpokladá po ustálení do cca 300 l.s<sup>-1</sup>.

● **čerpanie vody** ako rizikový faktor bol výrazný pri razení zo ZP, v úseku so stálym sklonom k VP. Maximálne čerpané množstvo vody bolo v rozpätí 140–150 l.s<sup>-1</sup>, nakoľko vodu bolo nutné odčerpávať

● **development and growth of deformations of the excavation**, convergence of side walls in cataclastically deformed zones, Palaeogene and Mesozoic zones disturbed by sliding, contact zones between the tectonic units (the Palaeogene-Mesozoic; the Kunerád Fault zone; the Mesozoic-crystalline complex; the mylonitised zone of the crystalline complex; cleavage zones in the crystalline complex; loosened layers with distinct weathering in the fringe areas of the crystalline massif). Maximum deformations were measured in the cataclastic carbonatic claystone with the overall horizontal convergence up to 385mm. This section was stabilised by complete reconstruction during the construction of the escape gallery.

● **concentrated or stray inflows, even inrush of ground water, hydraulic pressure**, internal erosion effects of pressure water during the excavation period, or the harmful influence on the stability resulting from earlier subsurface erosion of tectonic inhomogeneities, which were either unfilled (corrosion karst in the Mesozoic) or filled with liquid consistency clay brought by flowing ground water (the Mesozoic and the crystalline complex in fringe areas of the massif). A rapid change of stability of the cataclastic and dynamically metamorphosed cleaved zones of semi-rock degraded to the character of ground (mainly in zones with the stress lost, i.e. crushed and dilatancy zones in the Mesozoic and the crystalline complex), which was caused by subsurface erosion by pressure ground water; the change was accompanied by development of caverns in the vicinity of the excavation. The concentrated inflows were bounded most of all to:

- NW-SE trending extensive systems of open joints in tectonically disturbed zones in the crystalline complex; accompanying cataclastic rock zones together with the barrier effect of dynamically metamorphosed zones of exhibiting the character of clay.
- lightened dilatancy zones transverse in relation to the direction of the excavation, with manifestations of gravity tectonics mainly in the peripheral part of the massif and in the central part of the massif (a fringe area of the upper part of the Rázsošná hill massif),
- the barrier of the tectonic contact of the Mesozoic and crystalline complex.

Ground water inflows were encountered in the carbonatic section driven from the WP, with permanent yields in the last section of the carbonates at 1180-1340m from the WP (barrier springs at the tectonic contact with the crystalline complex). A more distinct saturated zone in the crystalline section was found between the 1180m and 1340m chainages from the WP, where the concentrated inflows caused a collapse and, when the collapse had been dissolved, significant instability of the excavation faces in the zone of joints nearly parallel with the gallery route remained (see Fig. 4).

Significant inflows, even inrushes of ground water were registered during the excavation from the EP in the section starting from 420-490m chainage and ending at the 2812–2827m from the EP; mainly at the 705-730m, 993-995m, 1112-1130m, 1600-1850m, 2414-2421m and 2493-2499m sections. The inflow rates varied between 20 and 110 l.s<sup>-1</sup>. Another saturated zone was encountered in the 2810-2921m section, with inflows over 100 l.s<sup>-1</sup>, and the 3500-3509m zone with inflows a mere 20 l.s<sup>-1</sup>. The maximum rate of the outflow from the gallery driven from the EP was higher than 400 l.s<sup>-1</sup>. Water flew away by gravity. The overall outflows from the excavation gallery measured during the hydrogeological monitoring varied within the interval of 160-240 l.s<sup>-1</sup>. It is possible to expect that the risk effects of pressure water and adverse underground erosion effects will be partially eliminated, mainly owing to the changed hydraulic conditions. The permanent destructive effect of the hydraulic pressure of ground water was proven after the excavation of the cross passages, which are parts of the work on the escape gallery. The concrete bottom of the cross passage CP17 in the NW-SE zones was broken and heaved. The rate of the outflow from the NTT once it has stabilised is estimated by experts at about 300 l.s<sup>-1</sup>.

● **water pumping** was a distinct risk factor during the excavation from the WP, in the section driven at a constant gradient descending toward the EP. The maximum pumping rate varied between 140 and 150 l.s<sup>-1</sup>; water had to be pumped from the entire length of the mined section, till the gallery excavation broke through. The concentrated inflows of water even represented a **high level risk to the work and risk of defects of electrical equipment** in the gallery and caused most of all defects of the TBM.

● **ground water chemistry and corrosivity**. Sulphurous water of the AX2 corrosivity rate in the meaning of STN EN 206-1 was determined on samples taken in the chainage section beginning at

## PROGNÓZNE ZASTÚPENIA GEOTECHNICKÝCH ÚSEKOV V MASÍVE STR

Geotechnický úsek	1	2	3	4	5	6a	6b	spolu v m
Dĺžka úseku v m	705,0	725,0	1355,0	1555,0	2210,0	234,0	620,0	7404,0
% zastúpenie úseku NRTM	9,5	9,8	18,3	21,0	29,8	3,2	8,4	100,0

## PERCENTAGE OF THE ANTICIPATED LENGTHS OF THE GEOTECHNICAL SECTION IN THE NTT MASSIF

Geotechnical section	1	2	3	4	5	6a	6b	together in m
Section length in m	705.0	725.0	1355.0	1555.0	2210.0	234.0	620.0	7404.0
% of the NATM section	9.5	9.8	18.3	21.0	29.8	3.2	8.4	100.0

Tabuľka 5 / Table 5

z celej dĺžky razeného úseku až do doby prerazenia štólne. Sústredené prítoky vody však reprezentovali aj **vysoké pracovné riziko a riziko porúch na elektrických zariadeniach** v štólne, najmä však najmä na raziacom stroji TBM;

- **chemizmus podzemných vôd a ich agresivita.** V zmysle STN EN 206-1 bola vo vzorkách vôd zistená síranová agresivita v úrovni **stupňa agresivity AX2** v úseku staničenia 705 m od ZP. Na základe deštrukcie striekaných betónov primárneho ostenia štólne v úseku cca 300–800 ZP a doplnujúcich chemických analýz hornín bol úsek s agresívnym prostredím rozšírený na tento celý úsek. Podľa STN 73 1210 boli všetky vody z úseku kryštalinika zatriedené do úrovne stupňa agresivity A1, ojedinele až A2 (Tomanovič, in.3) a vody boli hodnotené ako náporové z dôvodu korózie vylúhovaním (korózia I. druhu) a korózie uhličitej (korózia II. druhu);
- **rizikami**, ktoré boli zaregistrované v koridore tunela boli aj **zmeny v hydrogeologickom režime prameňov** a aktivity povrchových tokov v úzkej zóne nad prieskumnou štólňou. V etape razenia prieskumnej štólne sa vybuďoval a doplnil systém monitorovacích objektov (vrty v koridore tunela, merné objekty na povrchových tokoch) a zabezpečil sa stály monitoring;
- **riziko znečistenia povrchových tokov** prítokmi banskej vody čerpanej, alebo otekajúcej z prieskumnej štólne.

## SEVERNÁ TUNELOVÁ RÚRA TUNELA VIŠŇOVÉ

Geotechnické pomery a riziká v etape výstavby severnej tunelovej rúry sú predpokladané na základe prognózy geologicko-tektonickej stavby masívu a prognózy geotechnických pomerov z poznatkov prieskumnej štólne. Masív STR bol na základe zhodných kritérií ako prieskumná štólňa rozčlenený na kvázihomogénne úseky s vyčlenenými geotechnickými úsekmi.

Prognóza rozčlenenia je pri STR zaťažená najmä priestorovou interpretáciou poruchových zón mimo zóny štólne. Veľmi obtiažna interpretácia pomerov z masívu prieskumnej štólne do masívu severného tunela je v úsekoch smerných, regionálnych zlomov, ktorých priebežnosť môže byť ovplyvnená aj systémom mladších priečných zlomov. Podobne môže byť zmenená interpretácia v prípade inej kombinácie kríženia systémov poruchových zón. Podmienky razenia severnej tunelovej rúry budú zmenené najmä zmenou hydrogeologických pomerov. Stálym drenážnym účinkom vyrazenej prieskumnej štólne sa vo väčšine zvodnených zón zmenia tlakové pomery, a to k priaznivejšiemu stavu. Aj napriek tomu je predpoklad narazenia ojedinelých doteraz neotvorených zón s prítokmi, ktoré však budú podstatne menšie. Z hľadiska výrazného rizikového vplyvu systémov smerných porúch SZ-JV na raziene budú úseky s týmto zaťažením v profile STR výraznejšie z dôvodu dlhšieho úseku prekonávania porúch a z dôvodu prognózovaných tlakových účinkov vody. So zmenou hydraulických pomerov sa predpokladá aj zmena chemizmu podzemnej vody.

RNDr. ANTONÍN MATEJČEK, [matejcek@vud.sk](mailto:matejcek@vud.sk),  
ING. JÚLIUS BOHYNÍK, [bohynik@vud.sk](mailto:bohynik@vud.sk), GEOFOS, s. r. o.

the WP and ending at the chainage of 705m. With respect to destruction of the sprayed concrete primary lining in the section between the 300m and 800m chainages (WP) and an to results of additional chemical analyses, the corrosive environment section was extended to cover the entire length of this section. According to STN 73 1210, all waters from the sections comprising the crystalline complex rock were categorised as A1 rate of corrosivity, in isolated cases A2 (Tomanovič, in.3); the waters were assessed to be of an attacking type because of the leaching-type corrosivity property (the type I corrosivity) and carbonate-type corrosivity (the type II corrosivity).

- **the risks** which were registered in the tunnel corridor were also associated with **changes in the hydrogeological regime of springs** and activities of underground flows above the exploration gallery. A system of monitoring facilities (boreholes in the tunnel corridor, measurement facilities on surface water courses) was built and supplemented in the course of the exploration gallery excavation, and a continuous measurement system was arranged.
- **the risk of polluting surface water courses** by inflows of mine water pumped or flowing from the exploration gallery.

## THE NORTHERN TUBE OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

Geotechnical conditions and risks to be encountered in the tunnel tube construction phase are assessed on the basis of a prognosis for the geological-tectonic pattern of the massif and a prognosis for geotechnical conditions which was developed using the information from the exploration gallery. The NTT was divided on the basis of criteria identical with those obtained from the exploration gallery into quasi-homogeneous sections with determination of geotechnical sections.

The prognosis for the percentage along the STT length is affected mainly by the spatial interpretation of the fault zones outside the gallery zone. The interpretation of the conditions based on knowledge of the massif which was passed through by the exploration gallery extended to the massif to be encountered by the northern tube is difficult in the sections of regional faults nearly parallel with the tunnel alignment. The linear character of the fault may be disturbed by a system of younger transverse faults. Similarly, the interpretation may be changed in a case of another combination of crossing of the systems of fault zones. The NTT excavation conditions will be changed mainly by changing hydrogeological conditions. The pressure conditions will change (improve) in the majority of the saturated zones owing to the permanent drainage effect of the completed excavation gallery. Despite this fact, striking isolated aquifers which have not been opened yet is to be expected, although resulting in inflows with lower rates. In terms of the significant risk due to the NW-SE faults (crossing the gallery route at an acute angle) affecting the excavation, the relevant sections of the NTT will be more exposed to the risk since the sections where the faults will be passed through will be longer; pressure water effects are anticipated for those sections. Even changes in the ground water chemistry are expected to accompany the changes in the hydraulic conditions.

RNDr. ANTONÍN MATEJČEK, [matejcek@vud.sk](mailto:matejcek@vud.sk),  
ING. JÚLIUS BOHYNÍK, [bohynik@vud.sk](mailto:bohynik@vud.sk), GEOFOS, s. r. o.

## LITERATURA / REFERENCES

1. Danko J. et al.: Orientačný inžinierskogeologický prieskum pre tunel Višňové, GEOHYCO, a. s., Bratislava, 1998
2. Keleši, J.: Stavebno-technologické zhodnotenie razenia prieskumnej štólne Višňové, Doprastav, a. s., Bratislava, Tunel 2/2003, str. 2–11.
3. Matejček A., et al.: Podrobný inžinierskogeologický prieskum formou prieskumnej štólne vrátane geotechnického monitoringu, Združenie Višňové INGEO-GEOFOS-GEOexperts Žilina, 2002

# ZÁKLADNÍ GEOTECHNICKÁ ZPRÁVA – NÁSTROJ PRO ŘÍZENÍ GEOTECHNICKÝCH RIZIK PŘI TUNELOVÁNÍ

## GEOTECHNICAL BASE LINE REPORT – TUNNELLING GEOTECHNICAL RISKS CONTROL INSTRUMENT

ALEXANDR ROZSYPAL

### UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY

Mezi odborníky na podzemní stavby, ať už to jsou projektanti, stavbyvedoucí, investoři nebo specialisté na geotechniku, je zbytečné zdůrazňovat význam geologických poměrů pro optimální projekt i ražbu tunelu. Úroveň subjektů, provádějících u nás geotechnický průzkum, geotechnický monitoring nebo odborný geotechnický dozor, je u nás tradičně vyšší, než je evropský průměr. Přesto se stále znovu a znovu setkáváme s tím, že zvolené projektové řešení či použité technologie ražeb nejsou v zastížených geologických podmínkách nejhodnější. Občas to má za následek i poměrně rozsáhlé havárie a ekonomické ztráty.

Zjevnou příčinou je to, že poznatky o geologických poměrech nejsou ty, které jsou považovány za ty v rozhodovacím procesu v průběhu přípravy i provádění výstavby ty nejdůležitější. Přednost mají obvykle kritéria ekonomická (nízké náklady na ražbu, rychlost ražeb). A to přesto, že právě geologické poměry mají na ekonomiku nejvýraznější vliv.

Další příčinou je, že výstupy z jinak poměrně uspokojivě provedených geotechnických průzkumů jsou někdy bez podrobnějšího rozboru a odborného vysvětlení používány k rozličným účelům osobami bez patřičné geotechnické erudice. Například projektantem a statikem k návrhu typu a únosnosti ostění, dodavatelem k návrhu technologie ražeb, investorem do zadávacích podmínek jako podklad pro ocenění prací předkladateli nabídek na zhotovení tunelu. Není pak divu, že podrobný geotechnický průzkum může být pro některý z výše uvedených cílů použit nevhodně. Jinak správné údaje o vlastnostech hornin a horninového masivu mohou být pro různé účely nevhodně interpretovány a použity.

Proto se u velkých inženýrských a tunelových staveb v zahraničí, především ve Spojených státech, objevuje trend zpracovat dva základní typy geotechnických dokumentů. Jejich prostřednictvím se pak řídí jak zpracování projektové dokumentace pro stavební povolení, tak i výběrové řízení na dodavatele vlastní ražby.

Pro dokumentaci na stavební povolení stavby se zpracovává tak zvaná souhrnná geotechnická zpráva. Před vypracováním zadávacích podmínek pro výběrové řízení na zhotovitele stavby se zase vydává tak zvaná základní geotechnická zpráva (geotechnical base line report).

Souhrnná geotechnická zpráva obsahuje rekapitulaci všech geotechnických zpráv, posudků, expertiz, výpočtů atd., které byly v průběhu přípravy výstavby provedeny. Důležité je zdůraznění cílů, pro které byly ty či ony dokumenty pořízeny a vymezena doba jejich pořízení vzhledem k časové ose přípravy výstavby. Základním smyslem je souhrnné závěrečné zhodnocení geologických poměrů a geotechnických vlastností v konečném místě výstavby. Tato zpráva by měla být především podkladem pro projektanta a statika a měla by obsahovat charakteristické, případně i doporučené návrhové hodnoty parametrů hornin tak, jak budou použity do statických výpočtů ve smyslu Eurokódu 7.

Základní geotechnická zpráva se účelově zpracovává pro zadávací podmínky pro výběr zhotovitele stavby a pro řízení geotechnických rizik během ražeb. V českém překladu se začal používat název „základní geotechnická zpráva“.

Jejím cílem je především být vhodným podkladem pro ocenění nákladů spojených s výstavbou, stanovit kritéria pro posouzení, zda byly při ražbě zastíženy odlišné geotechnické poměry než ty, které byly uvedeny v zadávací dokumentaci a které předpokládal projektant. Tato zpráva je také základním geotechnickým dokumentem, na jehož základě volí jak investor, tak i dodavatel svou strategii řízení geotechnických rizik během ražby tunelového díla.

### SMYSL ZÁKLADNÍ GEOTECHNICKÉ ZPRÁVY

Smyslem základní geotechnické zprávy je vytvořit právní formulaci těch geotechnických podmínek, které investor vůči ostatním

### INTRODUCTION TO THE PROBLEMS

Emphasizing the importance of knowledge of geological conditions for an optimum design and excavation of a tunnel is certainly an unnecessary thing as far as underground construction professionals are concerned, no matter whether they are designers, site agents, employers or geotechnical specialists. The level of the subjects which carry out geotechnical investigation, geotechnical monitoring or professional geotechnical supervision has been traditionally higher in our republic than the average level in Europe. Despite this fact, we again encounter designs or tunnelling techniques which are not the most suitable for the particular geological conditions. From time to time the inadequacy results into extensive collapses and economic losses.

The obvious reason of this situation is the fact that the information about geological conditions is not the most important factor in the decision-making process during the course of the planning and implementation of an underground construction. Priority is usually given to economic criteria (low cost of the works, high advance rate of excavation). All of that occurs despite the fact that geological conditions influence the economy most of all factors.

Another cause of the problems is the fact that outputs of otherwise relatively satisfactorily conducted geotechnical surveys are sometimes utilised for various purposes without any more detailed analyses and technical explanations, by persons lacking adequate geotechnical education; for instance, by a designer and structural engineer specialised in designing the type and loading capacity of the lining, by a contractor experienced in designing the tunnelling technique, by an employer knowing how to prepare tender packages to be used by tenderers for cost estimations. No wonder that detailed geotechnical investigation may be utilised improperly in terms of some of the above-mentioned objectives. There are various purposes where otherwise correct data on properties of rock and rock mass may be improperly interpreted and utilised.

For this reason, large civil engineering and tunnelling projects abroad and primarily in the United States are showing a trend towards developing two basic types of geotechnical documents. The processes of development of the final design and/or the tender proceedings are controlled through these documents.

The final design requires development of so-called "Geotechnical Summary Report", while so-called "Geotechnical Baseline Report" is issued before the preparation of tender packages starts.

The Geotechnical Summary Report contains a list of all geotechnical reports, assessments, expert opinions, calculations etc. which were carried out in the construction planning phase. Important thing is to emphasise the objectives for which the particular documents were ordered and to specify the time in which they were developed, relative to the time axis of the construction preparation. The primary objective is a summary final assessment of geological conditions and geotechnical properties at the final location of the construction. Primarily, this report should provide grounds for the designer and structural engineer; it should contain characteristic and, if needed, also recommended design values of parameters of the rock types encountered, which will be introduced into structural analyses in the meaning of the Eurocode 7.

The Geotechnical Baseline Report is developed in the American practice to become part of tender packages and for geotechnical risk management during the tunnel excavation. It is issued to become a suitable background document for the construction cost estimation, to determine criteria for assessing whether the geotechnical conditions encountered during the course of the tunnelling work differ from those stated in the tender package and which were anticipated by the designer. This report is even a basic geotechnical document used by both the employer and contractor for selecting their geotechnical risk management strategies to be followed during the tunnel excavation.

### THE PURPOSE OF THE GEOTECHNICAL BASELINE REPORT

The purpose of the geotechnical baseline report is to create a legally binding expression of the geotechnical conditions which are guaranteed by the employer in relation to the other parties to the project, as well as those which are not guaranteed.

účastníkům výstavby smluvně zaručuje a naopak těch, které smluvně nezaručuje.

Toho se docílí dvěma způsoby. Za prvé je to prostřednictvím tak zvaných smluvních základů a za druhé prostřednictvím definice toho, co je považováno za odlišné geotechnické podmínky staveniště.

Jako smluvní základy se volí ty geotechnické parametry, které jsou v průběhu výstavby rozhodující pro úpravy technologie ražby a významně se tak promítají do skutečných nákladů na provedení díla. Jejich hodnoty jsou pak ve smluvních podmínkách dodavatelů ražeb zaručeny smluvně.

Druhým významným cílem základní geotechnické zprávy je jednoznačná formulace „Odlišných podmínek staveniště“. I tato formulace má právní povahu. Popisuje pro investora i pro dodavatele smluvně závazný postup zjišťování rozdílů mezi na stavbě zastíženými a v zadávacích podmínkách pro výběr zhotovitele stavby předpokládanými geotechnickými podmínkami.

Základní geotechnická zpráva ve Spojených státech tvoří obvykle standardní součást zadávacích podmínek pro výběr dodavatele stavby. To má velkou výhodu, protože součástí zadávacích podmínek pak již nemusí být často zavádějící a nepřehledný soubor všech geotechnických a geologických zpráv zpracovaných pro různé účely v různých fázích přípravy stavby, ne zřídka i různými autory. Tím se přirozeně vyloučí pozdější nedorozumění plynoucí z nedostatečně odborného používání rozličných geotechnických podkladů, které byly často připravovány s různou podrobností a pro zvláštní účely. Vyloučují se tak zavádějící hodnocení, chybné používání podkladů a pozdější spory mezi investorem a dodavatelem, které z toho vyplývají.

Ustanovení o odlišných podmínkách staveniště též obsahuje pro investora i dodavatele smluvně závazný postup pro úpravu oceňování víceprací dodavatele, ke kterým v případě odlišných podmínek staveniště dochází.

Hodnoty smluvních základů nemusí z fyzikálního hlediska představovat přesnou „geotechnickou skutečnost“. Většinou vycházejí z interpolace v rámci oboru hodnot geotechnických parametrů zjištěných průzkumem nebo jejich extrapolací nad meze tohoto oboru. Jejich volba nevyhází z potřeby projektanta či statika dimenzovat stavební konstrukci, ale především z potřeby investora řídit geotechnická rizika a jasně nastavit své smluvní vztahy s dodavatelem.

Hodnoty smluvních základů mají totiž přímý vliv na nabídkovou cenu dodavatele a na způsob, jak jsou prováděny cenové úpravy v průběhu výstavby. Volba hodnot smluvních základů se proto obvykle provádí za účasti investora. Jen tak mohou smluvní základy geotechnických parametrů odrážet přístup a rozhodnutí investora o rozdělení geotechnických rizik mezi účastníky výstavby a jejich řízení v jejím průběhu.

Základní myšlenkou, na které je postavena filozofie smluvních základů geotechnických parametrů a i ustanovení o odlišných podmínkách staveniště, je, že rizika odpovídající geologickým poměrům, které jsou horší než odpovídá stanoveným hodnotám smluvních základů, přebírá investor.

Toto pojetí vychází z představy, že je to zpravidla investor, kdo dodavateli „předává horninový masiv“ k provedení stavby. Je to totiž zpravidla právě on, kdo nechává provést geotechnické průzkumy, rozhoduje o jejich rozsahu a komplexnosti a nechává zpracovat i projektovou dokumentaci pro stavební povolení a dokumentaci pro zadání stavby. Je to obvykle proto i investor, kdo by měl nechat zpracovat i základní geotechnickou zprávu a učinit ji součástí zadávacích podmínek.

Proto také, pokud budou skutečné geotechnické poměry nepříznivější než ty, které byly stanoveny smluvními základy a kritérii uvedenými v ustanoveních o odlišných podmínkách staveniště, je to investor, kdo by měl dodatečně náklady dodavatele související s nutným reagováním na tyto změny (vícepráce) uhradit.

## USTANOVENÍ O ODLIŠNÝCH PODMÍNKÁCH STAVENIŠTĚ

Součástí základní geotechnické zprávy tedy je „Ustanovení o odlišných podmínkách staveniště“. Prostřednictvím tohoto ustanovení lze jednoznačně stanovit rozdíly mezi geologickými poměry, pro které byla zpracována nabídka dodavatele a které investor smluvně garantoval, a skutečnými podmínkami staveniště zastíženými při ražbě. Důležité je, že se stanovuje i způsob, jak se tyto rozdíly kvantifikují, a že se stanovuje způsobem jasným jak dodavateli, tak i investorovi. Podstatná je i skutečnost, že tyto způsoby jsou součástí smluvních dohod mezi investorem a dodavatelem.

Ustanovení o odlišných podmínkách staveniště má za cíl snížit nejistoty dodavatele o skutečných geotechnických podmínkách na staveništi při zpracovávání jeho cenové nabídky. Prostřednictvím ustanovení

It is achieved by two methods. Firstly, through so-called “contractual bases”; secondly, through defining which geotechnical conditions are considered to be differing site conditions.

The geotechnical parameters which are critical during the construction in terms of changes in the excavation means and methods and thus are reflected in the actual cost of the works are selected as the contractual bases. The values of these parameters are then guaranteed to the contractor by the contract.

The other significant objective of the geotechnical baseline report is to define in unambiguous wording the meaning of the term “Differing site conditions”. This wording has also a legal character. It describes the procedure, which is contractually binding for both the employer and contractor, for determination of differences between the actually encountered geotechnical conditions and conditions anticipated in the tender package.

The geotechnical baseline report is the usually a standard part of tender packages in the United States. The great advantage of this system is that there is no need for other geotechnical and geological reports which were developed for various purposes and in various phases of the construction planning, often even by different authors, which often form misleading and confusing packages. Naturally, this system prevents subsequent misunderstandings ensuing from insufficiently professional application of a variety of geotechnical documents, which were often prepared in differing degree of detail and/or for specific purposes. Thus misleading assessments, erroneous application of background documents and the resulting future disputes between the employer and contractor are avoided.

The stipulation concerning the differing site conditions even contains a procedure for valuation of contractor’s additional work required in the case of differing site conditions. This stipulation is also contractually binding for the employer and contractor.

From the physical viewpoint, the contractual values of the bases do not have to represent the accurate “geotechnical reality”. They are mostly based on interpolation within the range of values of the geotechnical parameters determined by the exploration or their extrapolation beyond the limits of this range. The selection of the values is not based on designer’s or structural engineer’s need to develop the structural design; it is based primarily on employer’s need to control geotechnical risks and explicitly define the contractual relationships with the contractor.

The values of the contractual bases directly affect the tenderer’s bid price and the method of the changes in the price carried out during the construction. For this reason, the values of the contractual bases are usually selected in the presence of the employer. It is the only possibility to guarantee that the contractual bases of the geotechnical parameters will reflect employer’s attitude and decision on the geotechnical risk allocation between the employer and contractor and the risk management during the construction.

The basic idea on which the philosophy of the contractual bases of geotechnical parameters and the stipulation regarding the differing site conditions is based is that the risks corresponding to geological conditions which are worse than the values of the contractual bases are allocated to the employer.

This concept is based on the idea that it is usually employer’s role to “hand the rock massif over” to the contractor for the implementation of the construction. The employer usually orders the geotechnical surveys, decides on their extent and complexity and orders the final design and the detailed design. For that reason, the employer should usually order also the geotechnical baseline report and make it part of the tender package.

For the same reason, if the actual geotechnical conditions are worse than those set as the contractual bases and the criteria contained in the stipulations regarding the differing site conditions, the additional cost incurred by the contractor due to the necessity for responding to the changes (additional work) should be born by the employer.

## STIPULATION FOR DIFFERING SITE CONDITIONS

The “Stipulation for differing site conditions” is part of the geotechnical baseline report. It allows the differences between the geological conditions contractually guaranteed by the employer, which the contractor used for the bid calculation, and the site conditions actually encountered during the excavation to be solved. It is important that the stipulation even defines the methods of quantification of the differences, and it describes in an unambiguous way which is clear to both the contractor and employer. Another important thing is that these methods are contained in the contract between the employer and the contractor.

The objective of the stipulation for differing site conditions is to bring down contractor’s uncertainties regarding the actual geotechnical site conditions during the bid pricing phase. Owing to the stipulation for differing site conditions and the contractual bases, the scope of the possible geotechnical risks allotted to the contractor is significantly reduced. It is so because the employer carries the risk by their own. Thus the contractor, with respect to the fact that they work in a competitive environment, may bring down the bid price.

o odlišných podmínkách staveniště a smluvních základů se dodavatel snižuje rozsah možných geotechnických rizik. Jejich část totiž bere investor tímto způsobem na sebe. Dodavatel tak může v soutěžním prostředí snížit svou nabídkovou cenu.

Pokud by všechna potenciální geotechnická rizika nesl dodavatel sám, musel by je krýt finanční rezervou tvořenou zvýšenou nabídkovou cenou. Tu by pak musel investor hradit bez ohledu na to, zda se tato geotechnická rizika ve skutečnosti projeví, či nikoliv. Ustanovení o odlišných podmínkách staveniště a smluvní základy jsou vytvořeny tak, aby se těmto zbytečným nákladům investora předešlo.

Ustanovení o odlišných podmínkách staveniště je v USA téměř vždy používáno jako standardní součást všeobecných obchodních podmínek nebo zvláštních technických podmínek smlouvy o provedení podzemního stavebního díla.

Důležité je, že toto ustanovení umožňuje v případě skutečného zastžení odlišných podmínek investorovi legálně dodavatel kompenzovat náklady na související vícepráce. Pružnost, s jakou jsou pak během výstavby projednávány požadavky na hrazení víceprací z důvodů odlišných podmínek staveniště, závisí na tom, jak výstižně a spolehlivě jsou geotechnické podmínky staveniště definovány a jak jednoznačně jsou pravidla pro jejich oceňování zapracována do smluvních dokumentů (prostřednictvím smluvních základů).

Čím jednoznačněji je ustanovení o odlišných geotechnických podmínkách staveniště popsáno, tím snadněji je pak možné během výstavby odlišné podmínky zjistit, určit a kvantifikovat.

## ZPRACOVÁNÍ ZÁKLADNÍ GEOTECHNICKÉ ZPRÁVY

Základní geotechnická zpráva by měla být vypracována zkušenými geotechnickými experty. Doporučuje se, aby to nebyl zpracovatel podrobného geotechnického průzkumu. V takovém případě by se totiž mohlo stát, že by případná nedostatečnost průzkumu nevyšla najevo.

Při zpracovávání základní geotechnické zprávy je důležitá nejen znalost geologických poměrů, ale i znalosti technologií výstavby konkrétní stavby, znalost zásad řízení geotechnických rizik i projektování a navrhování inženýrských konstrukcí. Tyto činnosti jdou zpravidla daleko za běžný rámec zkušeností obvyklých zpracovatelů geotechnických průzkumů.

Často je vhodné vytvořit tým složený z různých specialistů. Vždy ho však musí vést zkušený odborník geotechnik. Tým musí v každém případě zahrnovat i odpovědného zástupce investora. Důvodem je to, že závěry základní geotechnické zprávy nutně ovlivní strategii řízení rizik investora i cenovou strategii dodavatelů.

## ÚSKALÍ PŘI VYPRACOVÁVÁNÍ ZÁKLADNÍ GEOTECHNICKÉ ZPRÁVY

Základní geotechnická zpráva obsahuje samozřejmě i souhrnný vyčerpávající popis geotechnických a geologických poměrů na staveništi. Při jeho zpracovávání ovšem může vycházet pouze z dostupných podkladů získaných předchozími geotechnickými průzkumy. Spolehlivost základní geotechnické zprávy proto závisí na komplexnosti a rozsahu těchto průzkumů, na odborné úrovni jejich zpracovatelů a na složitosti a proměnlivosti geotechnických poměrů v předmětném území.

Proto může mít základní geotechnická zpráva i některé nedostatky. Například:

- Předpokládaná odezva horninového masivu na inženýrský zásah stavbou není dobře popsána.
- Stanovení hodnot smluvních základů je někdy neurčité, příliš všeobecné, mnohoznačné nebo jen kvalitativní bez zdůvodnění a vysvětlení. To má později za následek vznik sporů ohledně toho, co je ve smlouvě vlastně uvedeno.

Investor si musí být vždy vědom, že cílem základní geotechnické zprávy je stanovit a rozdělit riziko mezi smluvní strany a tak předejít nepravým nebo neplatným nárokům dodavatele.

## DŮSLEDKY NEVYPRACOVÁNÍ ZÁKLADNÍ GEOTECHNICKÉ ZPRÁVY

Obvyklým vážným nedostatkem současné české praxe je, že geotechnické poznatky shromážděné v průběhu přípravy stavby jsou do zadávacích podmínek výběrových řízení na zhotovitele stavby zapracovávány bez utřídění a hodnocení, prakticky ve stejné podobě, v jaké vznikly.

Smluvní dokumenty, které jsou později mezi investorem a dodavatelem stavby podepsány, zpravidla nestanovují odpovědnost za neodborné hodnocení geotechnických dat v těchto podkladech a za z toho vyplývající důsledky. Nabízející dodavatelé nemívají dostatek času ani dost zkušeností pro provedení dodatečných doplňkových

Should the contractor carry all of the geotechnical hazards alone, they would have to create a financial reserve to cover them by increasing the bid price. This increased bid price would have to be paid by the employer, no matter whether the geotechnical risks materialise or not. The stipulations for the differing site conditions and the contractual bases are developed with the aim of preventing the unnecessary cost incurred by the employer.

The stipulation for differing site conditions is utilised in the USA nearly always as a standard part of general conditions or special conditions of contracts for underground construction projects.

It is important for the employer that this stipulation allows them to legally compensate the contractor for the particular additional work when the differing conditions are really encountered. Flexibility of the discussions about the requirements for payment for the additional work associated with the differing site conditions depends on the works contract, how appositely and reliably the geotechnical site conditions are defined and how unambiguous the rules for the valuation (the contractual bases) are.

The more unambiguous description the stipulation for the differing site conditions, the easier process of identification, determination and quantification of the conditions during the construction.

## DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL BASELINE REPORT

A geotechnical baseline report should be carried out by experienced geotechnical experts. It is advised that it should not be the supplier of the detailed geotechnical investigation. It could happen in such the case that a potential insufficiency of the investigation would not come to light.

Knowledge of geological conditions must be combined with knowledge of the particular construction method, knowledge of geotechnical risk management, as well as knowledge of designing civil engineering structures. These activities are usually far beyond the usual scope of experience of the persons who carry out geotechnical investigation.

Establishing a team comprising various specialists is often a reasonable thing. But it always must be headed by an experienced professional geotechnician. In any case, a responsible representative of the employer must be a member of the team. The reason is the fact that the conclusions of the geotechnical baseline report will always affect employer's risk management strategy and contractors pricing strategy.

## PITFALLS IN THE COURSE OF THE WORK ON THE GEOTECHNICAL BASELINE REPORT

Of course, the geotechnical baseline report even contains a summary and comprehensive description of geotechnical and geological conditions on site. When the report is being developed, there are only the source documents available which were available during the previous geotechnical investigations. Reliability of the geotechnical baseline report therefore depends on complexity and scale of these investigations, the level of skill of members of the working team and complexity and variability of geotechnical conditions within the particular area.

For that reason, there even may be some flaws in the geotechnical baseline report. For instance:

- The expected rock mass response to the effects of the civil engineering construction is not correctly described.
- The determination of values of the contractual bases is sometimes vague, too much general, multisense or only qualitative, without giving reasons and explanation. This condition subsequently results into disputes regarding the meaning of the content of the contract.

The employer must always be aware that the objective of the geotechnical baseline report is to define the risk and allotment of the risk between the parties to the contract, thus to prevent client's unjustified or invalid claims.

## CONSEQUENCES OF A FAILURE TO DEVELOP THE GEOTECHNICAL BASELINE REPORT

A serious mistake usual in the current Czech practice is that the pieces of geotechnical information which were gathered during the construction preparation phase are incorporated into the tender package without being assorted and evaluated, virtually in the form in which they originated. The contractual documents which are subsequently signed by the employer and contractor usually do not all the responsibility for unqualified assessment of the geotechnical data in the tender package and for consequences of such defaults. The tenderers usually do not have enough time nor enough experience to be able to carry out additional supplementary surveys and to interpret and evaluate the geotechnical data available. Moreover, this data is usually contained in the tender package in a non-systematic way and without a unifying interpretation.

Under these circumstances, it is possible that the tenderer is not able to recognise an existing geotechnical risk. The reason is that identification and

průzkumů a pro výklad a vyhodnocení dostupných geotechnických dat. Ta bývají navíc v zadávacích podkladech uváděna nesystematicky a bez jednotičního výkladu.

Za těchto okolností se může stát, že nabízející dodavatel není schopen rozpoznat stávající geotechnické riziko. Identifikace a kvantifikace geotechnických rizik a vypracování variant možností jeho snižování totiž vyžadují souhrnné geotechnické vyhodnocení zkušenými odborníky s přihlédnutím k povaze té či oné stavby. Investor je z tohoto pohledu často v situaci podobné, ne-li stejné, jako nabízející potenciální zhotovitel stavby.

Pak dochází k tomu, že ve vysoce soutěžním prostředí nabízející dodavatelé předkládají cenově velmi podceněné nabídky. Investoři naopak nevytvářejí na krytí stávajících geotechnických rizik dostatečné finanční rezervy. Jsou-li pak následně na staveništi zastíženy nepříznivější geotechnické poměry než ty, které byly nedostatečně odborně odvozeny z nesystematického souboru geotechnických zpráv a podkladů různé úrovně, vznikají ze strany dodavatelů dodatečně značné nároky na peněžní kompenzaci. Investoři však na takový stav zpravidla nejsou připraveni a nemají pro něj v pohotovosti finanční rezervy.

## ROZHODNUTÍ PROVÁDĚNÁ PŘI ZPRACOVÁVÁNÍ ZÁKLADNÍ GEOTECHNICKÉ ZPRÁVY

Při zpracovávání základní geotechnické zprávy je třeba vždy rozhodnout:

- Které geotechnické i jiné parametry by měly být použity jako smluvní základy.
- Jaké konkrétní hodnoty těchto parametrů zvolit pro hodnoty smluvních základů.
- Jaká kritéria a postupy použít pro ustanovení o odlišných podmínkách staveniště.
- Jakým způsobem by měla být základní geotechnická zpráva vsazena do celkového rámce smluvní dokumentace na dodávku stavby tunelu.
- Jaké je rozdělení klíčových rolí a odpovědností mezi investora, dodavatele a projektanta při přípravě a používání základní geotechnické zprávy v průběhu výstavby.

## VÝBĚR GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ PRO SMLUVNÍ ZÁKLADY

Za smluvní základy musí být vybrané takové geotechnické parametry, které lze v průběhu výstavby bez potíží průběžně a spolehlivě měřit. Hodnoty těchto parametrů by měly souviset s požadavky na úpravy stavebních postupů či úpravy dokumentace během ražeb. Například pevnost, velikost deformace atp. Většinou se ale za smluvní základy volí geotechnické parametry mající přímý vztah k technologii výstavby. Například:

- Zařazení horninového masivu podél trasy inženýrského díla, podle některých zavedených klasifikací horninového masivu (RMR, Bienawski, Tesar, Barton atp.).
- Geotechnické kategorie a jejich předpokládané rozdělení podél trasy.
- Technologické třídy a jejich rozdělení podél trasy.
- Izočáry stejných poklesů povrchu terénu (poklesové kotliny nad trasou podzemního díla).
- Vrtatelnost, rozpovitelnost, lepivost, bobtnavost (tlačivost) atp. a jejich rozdělení podél trasy.
- Hydrostatický tlak, hladiny podzemních vod a předpokládané podmínky v oblasti podzemních vod a předpokládané podmínky do stavebních jam, zářezů či tunelů.
- Dopady výstavby na okolní stavby.
- Poruchové zóny a jejich prostorové parametry.
- Další geotechnické zdroje potenciálních problémů nebo rizik, které by mohly mít vliv na proces výstavby, jako jsou podzemní dutiny, balvany, průběh povrchu neztvrdělého skalního podkladu, výskyt plynu, kontaminované půdy či podzemní vody atp. (Mohou se uvádět jako množství na jednotku délky trasy, nebo jako procentuální zastoupení v trase).

Znovu je třeba zdůraznit, že parametry zvolené jako smluvní základy musí být možné v průběhu výstavby bez potíží měřit, či jinak jednoznačně stanovovat podle jasně stanovených pravidel.

Smluvní základy totiž musí umožnit snadnou odpověď na otázku „Odlišné od čeho?“ „Odlišné o kolik?“.

Následně musí umožnit určit objem víceprací v množství smluvních jednotek. Jejich vynásobením smluvními jednotkovými cenami pak již lze snadno spočítat finanční kompenzaci.

quantification of geotechnical risks and development of variants of possibilities to reduce them require a comprehensive geotechnical assessment carried out by professionals experienced in the particular type of the construction. From this viewpoint, the employer is often in a situation similar to, if not even identical with, that of the tenderer, a potential contractor.

As a result, tenderers, operating in the highly competitive environment, submit significantly underestimated bids. On the contrary, employers do not build sufficient reserves for the coverage of existing geotechnical risks. Subsequently, when more unfavourable geotechnical conditions are encountered than those derived insufficiently professionally from a non-systematically developed set of geotechnical reports and documents of various quality, contractors make claims for additional financial compensation. However, employers are not prepared for such situations and do not have financial reserves for them available.

## DECISIONS MADE DURING THE WORK ON THE GEOTECHNICAL BASELINE REPORT

When the geotechnical baseline report is being prepared it is always necessary to decide:

- Which geotechnical and other parameters should be used as the contractual bases.
- Which concrete values will be chosen for the values of the contractual bases.
- Which criteria and procedures will be utilised for the stipulation for the differing site conditions.
- How should the geotechnical baseline report be incorporated into the entire package of the works contract documents.
- How will the key roles and responsibilities be allotted between the employer, contractor and designer in the phases of preparation and application of the geotechnical baseline report during the construction.

## SELECTION OF GEOTECHNICAL PARAMETERS FOR THE CONTRACTUAL BASES

Geotechnical parameters suitable for the selection as contractual bases must be easy to measure continuously and reliably during the construction. The values of these parameters should be related to changes in construction procedures or changes in the design during the tunnel excavation, e.g. strength, magnitude of deformation etc. However, geotechnical parameters related directly to the tunnelling method are chosen most frequently, for example:

- Categorisation of the rock mass along the tunnel alignment according to some of common classification systems (RMR, Bienawski, Tesar, Barton etc.).
- Geotechnical categories and the anticipated distribution of the categories along the tunnel alignment.
- Excavation support classes and their distribution along the alignment.
- Ground surface isosettlement lines (settlement troughs above the tunnel alignment).
- Drillability, breaking characteristics of rocks, stickiness, swelling property (squeezing capacity) etc., and distribution of the properties along the tunnel alignment.
- Hydrostatic head, water table levels and anticipated conditions in the field of ground water, including guessing at the rates of seepage into construction trenches, open cuts or tunnels.
- Impacts of the construction on existing buildings.
- Weakness zones and their spatial parameters.
- Other geotechnical sources of potential problems or risks which could influence the construction process, such as underground cavities, boulders, the course of the unweathered rock interface, occurrence of gas, contaminated soil or ground water, etc. (They can be presented as an amount per an alignment length unit or as percentage of the occurrence along the alignment).

It is again necessary to emphasise that the parameters selected as the contractual bases must be measurable during the construction without problems or the unambiguous determination must be possible according to explicitly defined rules. The reason is that the contractual bases must make the questions “From what does it differ?” and “How much does it differ?” easy to answer. Subsequently, they must make the determination of the volume of additional work and number of contractual measurement units possible. Then the financial compensation can be easily calculated by multiplying the contractual units by contractual unit prices.

It is evident that the more unambiguously determined value of the contractual base, the easier determination of occurrence of differing site conditions, the degree of the difference and compensation for the contractor for additional work, if needed.



Je samozřejmé, že čím jednoznačněji bude hodnota smluvního základu stanovena, tím snazší pak bude pro smluvní strany určit vznik odlišných podmínek na staveništi, míru jejich odlišnosti, a určit případné kompenzace dodavatelé za vícepráce.

### NASTAVENÍ HODNOTY SMLUVNÍHO ZÁKLADU

Při nastavování hodnot smluvních základů se samozřejmě vychází z hodnot zjištěných geotechnickým průzkumem, laboratorními i polními zkouškami, či monitoringem. Vždy je však třeba přihlídnout k tomu, s jakou spolehlivostí mohly být dané parametry zjištěny a k jakému konkrétnímu účelu a v jakých konkrétních situacích budou smluvní základy použity.

#### Například:

Počet balvanů, které budou zastíženy v průběhu ražby kanalizačního sběrače, může mít pouze jen nepřímou souvislost s tím, kolik jich bylo zastíženo v průběhu geotechnického průzkumu při vrtání. Vrtání vrtů s poměrně velmi malým průměrem totiž nepředstavuje spolehlivou metodu pro zjištění množství balvanů v trase liniového inženýrského díla. Pokud tedy projektant a investor považují za pravděpodobné, že při ražbě sběrače bude zastíženo větší množství balvanů, než naznačují výsledky průzkumu (a taková situace by mohla významně ovlivnit technologii ražby sběrače, typ použitých strojů nebo způsob, jakým by taková zařízení byla vybavena nebo použita), může být ve smluvním základu uveden vyšší předpokládaný počet balvanů, než jaký bezprostředně naznačují výsledky vrtového průzkumu.

Stanovení náchylnosti jílovitých hornin k bobtnání nemusí být založeno jen na výsledcích laboratorních zkoušek, ale i na zkušenostech se skutečnou tlačivostí hornin na konstrukce z okolních staveb, nebo z jiných staveb, které byly v minulosti stavěny v podobných geologických podmínkách.

Ve výsledcích laboratorních nebo polních zkoušek pevnosti hornin může být značný rozptyl. Tato proměnlivost může souviset s proměnlivostí vlastností samotné horniny. Může však být způsobena i ne zcela stejnými podmínkami samotných zkoušek, přípravy vzorků a metodiky měření. Pokud za takového stavu nebude soubor výsledků zkoušek, dejme tomu pevnosti, považován za dostatečně výstižný, tak stanovení hodnoty smluvního základu pevnosti dotyčné horniny se může výrazně lišit od stanovení, které by bylo možné odvodit pouze bezprostředně ze změřených dat například statistickými metodami.

Při výběru typu geotechnického parametru pro smluvní základ a při stanovování jeho hodnoty je důležité v základní geotechnické zprávě popsat nebo uvést rozsah hodnot těchto parametrů zjištěných v průzkumu nebo přímými měřeními. Doporučuje se také vždy popsat nejistoty, za kterých byly hodnoty těchto parametrů určovány či odvozovány.

Nejjednodušším způsobem může být stanovena hodnota smluvního základu jako největší hodnota, nejmenší hodnota, průměr, nebo typická hodnota souboru změřených či jinak zjištěných hodnot určitého geotechnického parametru.

### PŘÍKLADY NASTAVENÍ HODNOT SMLUVNÍCH ZÁKLADŮ

Předpokládejme, že se bude razit tunel. Podél jeho trasy jsou zastoupeny dva typy horniny; jeden typ horniny je méně kvalitní a ražba v něm bude obtížnější než ve druhém typu. Poměrné zastoupení obou typů hornin po délce trasy tunelu není možné na základě provedeného geotechnického průzkumu spolehlivě stanovit. Na základě dostupných poznatků je však možné předpokládat, že méně kvalitní hornina se může vyskytovat na 30 % až 60 % celkové délky tunelu. Poměrné zastoupení obou těchto hornin bylo vybráno za smluvní základ a nyní je třeba s pomocí výše uvedeného poznatku stanovit jeho hodnotu.

Smluvní hodnota základu může být například investorem nastavena jako průměr největší a nejmenší hodnoty odhadu procentuálního zastoupení méně kvalitní horniny. To je 45 % délky tunelu. S pomocí takto jasně určené hodnoty smluvního základu budou jak dodavatel, tak investor vnímat geotechnická rizika, která každý z nich ponese.

Pokud poté dodavatel při kalkulaci své cenové nabídky vyjde ze svého odhadu, že méně kvalitní hornina bude pouze na 30 % délky trasy, pak rozdíl mezi smluvní hodnotou základu (45 %) a jím odhadnutou hodnotou (30 %) pro něj představuje riziko, které musí vzít na sebe.

Jestliže však skutečné zastoupení méně kvalitní horniny bude větší než hodnota smluvního základu, tak finanční odpovědnost za prokázané vícenálklady přechází z dodavatele na investora a to v rozsahu, který je úměrný míře překročení méně kvalitní horniny vůči hodnotě smluvního základu (45 %).

Pokud je smluvní základ nekvalitní horniny definován na úrovni 45 % a pokud dodavatel použije pro svou kalkulaci hodnotu 30 %, pak v rozsahu 30–45 % však není žádný důvod pro jeho právní nárok na kompenzaci. Pokud bude ale při ražbě tunelu zjištěno, že nekvalitní

### SETTING OF THE VALUE OF A CONTRACTUAL BASE

Naturally, the process of setting the values of the contractual parameters is based on the values identified by the geotechnical survey, laboratory testing and field testing or monitoring. It is, however, always necessary to take into account the question regarding the possible reliability of the determination of the given parameters and the particular purpose of the contractual bases application as well as the particular situations in which they will be utilised.

#### For example:

The number of boulders which will be encountered during the excavation of a sewer tunnel can be only indirectly related to the number which was encountered by boreholes drilled in the course of the geotechnical survey. The reason is the fact that drilling relatively small-diameter boreholes cannot be considered a reliable method in terms of determination of the quantity of boulders along the tunnel alignment. Therefore, if the designer and employer consider that the number of boulders to be encountered during the sewer tunnel excavation is likely to be higher than that indicated by the survey results (such a situation could significantly influence the excavation method, types of mining machines or the way of equipping or application of the machines), the contractual bases may contain a higher number of boulders than that indicated by the drilling survey.

The determination of swelling properties of clayey ground does not have to be based only on results of laboratory tests. The real squeezing capacity of clays experienced during construction of structures in the vicinity or other structures built in the past in similar geological conditions can also be utilised.

Results of laboratory testing or field testing of rock strength may exhibit significant scatter. This variability may be associated with the variability of the rock proper. However, it may also result from not absolutely identical conditions of the tests, preparation of samples and methodology of measurements. In such a situation, if the set of results of, for example, strength tests is not considered to give sufficiently true picture of this property, a different value of the contractual base for strength of the particular rock may be set than that which could be derived solely from the measured data, for instance by statistical methods.

The geotechnical baseline report should contain a description of parameters determined by the survey or by direct measurement, or show the range of the parameter values. It is important for the selection of the types of the geotechnical parameters for the contractual bases. It is recommended that the uncertainties under which the values of the parameters were determined or derived should always be described. The simplest method of determination of the value of a contractual base is to take the highest value, lowest value, an average or typical value of the set of values of the particular geotechnical parameter, which were determined by measurements or by another method.

### EXAMPLES OF SETTING OF THE CONTRACTUAL BASES

Let us assume that there is a tunnel to be driven through a rock massif consisting of two rock types; one rock type is of poorer quality, thus the excavation through this rock mass will be more difficult than through the other type. It is impossible to reliably determine the relative proportion of the two types in the rock massif along the tunnel alignment on the basis of the completed geotechnical investigation. It is, however, possible to make an assumption on the basis of the information which is available that the lower quality rock mass may be encountered along 30 per cent to 60 per cent of the total tunnel length. The relative proportion of the two rock types was selected as a contractual base; now the value of the contractual base must be determined using the above-mentioned information.

The contractual value of the base can be set by the employer, for example, as the average of the highest value and lowest value of the estimated percentage of the lower quality rock, i.e. 45% of the tunnel length. Such a perfectly clearly determined value of the contractual base will allow both the employer and contractor to perceive their own particular geotechnical risks.

If subsequently, for the purpose of the cost estimation, the contractor uses their own assumption that the lower quality rock will be encountered along 30% of the tunnel length, the difference between the contractual value of the base (45%) and the value assumed by the contractor (30%) represents the risk which the contractor must take.

If, however, the actual proportion of the lower quality rock is higher than the value of the contractual base, the financial responsibility for the proven additional cost will pass from the contractor to the employer, within a margin corresponding to the extent to which the value of the contractual base for the lower quality rock (45%) was exceeded.

If the contractual base for the lower quality rock is defined at the level of 45% and if the contractor uses the value of 30%, the contractor is not legally entitled to claim compensation. However, if the proportion of the lower quality rock encountered during the excavation amounts to 55% of the tunnel length and the contractor is able to prove that the cost incurred due to this fact was higher, the contractor is entitled to claim sufficient compensation to an extent corresponding to 10% added to the proportion of the lower quality

hornina zaujímá 55 % délky trasy, a pokud je dodavatel schopen prokázat, že to způsobilo vícenáklady, je oprávněn od investora požadovat dodatečnou kompenzaci v rozsahu 10 % zastoupení méně kvalitní horniny. A to přesto, že 55 % spadá do rozsahu odhadnutého geotechnickým průzkumem.

Podmínkou pro uplatňování tohoto přístupu je provádět během ražby tunelu hodnověrně, investorem i dodavatelem vzájemně odsouhlasené průběžné měření parametrů, kterými se kvalita horniny jednoznačně stanovuje.

Jiným příkladem strategie nastavení hodnoty smluvních základů je způsob stanovování jejich hodnot v případě ražby již výše zmíněného kanalizačního sběrače v šterkové terase s nepravidelným výskytem velkých balvanů.

Za parametr smluvního základu byl vybrán počet velkých balvanů v trase, které je nutno překonávat zvláštním opatřením.

Na základě geotechnického průzkumu bylo možné odhadnout, že počet balvanů v trase bude v rozmezí 200 až 300 kusů. Pokud se smluvní základ nastaví na hodnotu 300 kusů, tak tím investor dodavatel naznačuje, že jeho cenová nabídka by měla být zpracována tak, aby jeho náklady na ražbu počítaly s proražením 300 kusů balvanů. Investor dodavatelé uhradí proražení 300 ks balvanů bez ohledu na to, zda jich ve skutečnosti bylo případně méně. V takovém případě je pravděpodobnost vzniku odlišných podmínek staveniště (stanovenými počtem balvanů na trasu) velmi nízké.

Stejně tak však může být investorem hodnota smluvního základu nastavena na spodní hranici očekávaného rozmezí, a to hodnotou pouze 200 kusů balvanů na trasu. Pokud pak ve skutečnosti bude muset dodavatel při ražbě překonávat větší počet balvanů než 200, tak veškeré prokázané náklady s tím spojené bude muset plně hradit investor.

V tomto případě se tedy investor rozhodl pro podstoupení vyšší míry geotechnického rizika. Nicméně v takovém případě by měl investor s nejvyšší pravděpodobností obdržet od dodavatele podstatně nižší nabídkovou cenu na ražbu. Ta by totiž měla být oceněna pouze na očekávaný počet 200 kusů balvanů v trase. Investor ale zaplatí dodavatelé za větší počet balvanů než 200 pouze tehdy, jestliže se skutečně vyskytnou, a to přesně podle skutečného počtu.

Pokud je smluvní základ nastaven na hodnotu, která se při ražbě ukáže být odpovídající skutečnosti, tak investor obdrží od dodavatele optimální cenovou nabídku a nebude muset platit vícenáklady.

Pokud bude smluvní základ nastaven na průměr ve skutečnosti očekávaných hodnot, tak geotechnické riziko, že tomu tak nebude, sdílí ve stejné míře investor i dodavatel. Pokud ale budou skutečné geotechnické podmínky příznivější, než odpovídá hodnotě smluvního základu, má výhodu dodavatel. Jeho skutečné náklady totiž budou nižší než ty, které uvažoval v cenové nabídce investorovi a než bude cena, kterou dostane zaplacenou. Jeho dosažený zisk bude větší, než uvažoval v nabídce.

Pokud budou geotechnické podmínky horší, než odpovídá hodnotě smluvního základu, má výhodu opět dodavatel. Je to proto, protože příslušné vícepráce dostane od investora zaplacené.

Investor i dodavatel tedy mají možnost volit i různé strategie řízení geotechnických rizik.

Nastaví-li investor nízkou hodnotu smluvního základu, obdrží od dodavatele nižší nabídkovou cenu. Musí však počítat s tím, že během stavby bude muset pravděpodobně hradit určitý rozsah víceprací. Musí být proto na takové situace profesně i kapacitně personálně vybaven a musí mít pro takový případ i příslušné finanční rezervy.

(Pravdou ovšem je, že v našich podmínkách je u veřejných výběrových řízeních optimální použití takové strategie poněkud sešněrováno pravidly jako: „ vítězí vždy výhradně nejnižší cena, smluvní cena však nesmí být ve skutečnosti v žádném případě překročena o víc než x % atp.“).

Účastníci výstavby si musí být vědomi toho, že smluvní hodnoty základů uvedené ve smlouvě nejsou zárukou toho, že takto stanovené geotechnické parametry budou ve skutečnosti na stavbě zastíženy.

V žádném případě není smluvní hodnota základu hodnotou, se kterou by měl pracovat projektant, statik atp. Pro účely projektu, navrhování a dimenzování geotechnických konstrukcí je třeba charakteristické, návrhové a výpočtové hodnoty hornin stanovovat odlišně, a to v souladu s pravidly Eurokódu 7.

## PROVÁZANOST SMLUVNÍCH ZÁKLADŮ SE SMLUVNÍMI DOKUMENTY

Mezi základními ustanoveními základní geotechnické zprávy, smluvními základy, projektem, ustanovením o odlišných podmínkách staveniště, metodami výstavby, pravidly financování a smluvními dokumenty by měla být úzká provázanost. Jinak základní geotechnická zpráva,

rock, despite the fact that the 55% value is still in the range anticipated by the geotechnical investigation.

The condition for application of this approach is that the measurements of the parameters which are carried out for the purpose of unambiguous determination of the rock mass quality during the tunnel excavation must be continuous, credible and mutually approved by the employer and contractor.

Another example of the strategy of setting the value of contractual bases is the method of determination of the values of the bases in a case of excavation of a sewer tunnel through a gravel terrace with occurrence of large boulders.

The parameter which was selected for the contractual base was the number of large boulders encountered along the tunnel route, which will have to be overcome using a special measure.

It was possible to make the estimation on the basis of geotechnical surveys that the number of the boulders will vary from 200 pieces to 300 pieces. If the value of the contractual base is set at 300 pieces, it will mean that the employer suggests to the contractors that the bid price should be calculated considering the cost of breaking through 300 boulders. The employer will compensate the contractor for breaking through 300 boulders, irrespective of the possible fact that the actual number is lower. In such the case, the probability of origination of different site conditions (defined by means of the number of large boulders along the tunnel route) is very low.

On the other hand, the employer can set the value of the contractual base at the lower limit of the expected range, the value of 200 boulders for the entire tunnel length. Then, if the real number of boulders the contractor must overcome is higher than 200, the employer will be obliged to compensate the contractor for all documented cost incurred due to this fact.

In this case, the employer decided to take a higher degree of geotechnical risk. Nevertheless, in such the case it is highly probable that the employer should obtain substantially lower bid prices for the excavation from the tenderers. It is so because the excavation pricing should be based only on the anticipated number of 200 boulders to be encountered along the route. The employer will pay the contractor for a larger number of boulders than 200 only if it is really encountered, exactly according to the actual number.

If the contractual base is set at a value which will prove to correspond to the reality during the excavation, it will mean that the employer has received an optimum bid price and no additional payments will be required.

If the contractual base is set at the average of the actually expected values, the geotechnical risk that the reality will be different will be equally shared by the employer and contractor. However, if the real geotechnical conditions are more favourable than those corresponding to the value of the contractual base, the advantage is on the side of the contractor. The real cost of their work will be lower than the cost they calculated with in their bid price and than the price they will be paid. Their profit will be higher than they planned in their bid.

If the geotechnical conditions are worse than those corresponding to the value of the contractual base, the advantage is again on the side of the contractor. It is so because the relevant additional work will be paid by the employer.

It is obvious that both the employer and the contractor have various strategies of geotechnical risk management available to choose.

If the employer sets the value of the contractual base low, they will receive lower bids from tenderers. But they must expect that they probably will have to pay for a certain volume of additional work during the construction. For this reason, they must have human resources on site sufficient in terms of the profession and capacity, as well as adequate financial reserves in case of necessity.

(However, the truth is that, in the conditions of the Czech Republic, the optimum application of such the strategy is somewhat restricted by the public tendering rules, for instance: "the lowest bid always and exclusively wins, however, the contractual price must be never and on no account be exceeded in reality by more than x per cent etc.")

The parties to the project must be aware of the fact that the contractual values of the bases do not mean a guarantee that the geotechnical parameters determined in the above way will be actually met on site.

The contractual value of the base is by no means the value which should be used for calculations by the designer, structural engineer etc. The structural analyses and structural design of geotechnical structures require other methods of determination of characteristic, design and calculation values of rock mass conforming to the Eurocode No.7.

## LINKS BETWEEN THE CONTRACTUAL BASES AND THE CONTRACT DOCUMENTS

There should be close links between the principal stipulations of the geotechnical baseline report, contractual bases, the design, the stipulation for differing site conditions, construction methods, payment conditions and contract documents. Otherwise, the geotechnical baseline report, contractual bases and the stipulation for differing site conditions would be rather meaningless. The most frequent mistake made during the course of the application of the geotechnical baseline report and the stipulation for the contractual

smluvní základy i ustanovení o odlišných podmínkách staveniště ve valné míře postrádají smysl.

Nejčastější chybou při používání základní geotechnické zprávy a ustanovení o smluvních základech je právě nedodržování tohoto základního pravidla. Proto je účelné dodržovat následující postup:

Základní geotechnická zpráva by kromě stanovení smluvních hodnot základů měla obsahovat odůvodnění, proč a jak byl smluvní základ zvolen.

Při výběru parametrů pro smluvní základy se musí posoudit možnost jejich provázání se zvláštními technickými podmínkami. Ty musí stanovit, jak parametry smluvních základů jednoznačně měřit. Pokud to není možné, není vhodné takový parametr pro volbu smluvního základu použít.

Pokud například bude jako parametr pro smluvní základ stanovena rychlost přítoku podzemní vody v čelbě tunelu, tak ve zvláštních technických podmínkách je zapotřebí stanovit kde, kdy a jak budou měřeny přítoky podzemní vody v tunelu prováděna.

Je také třeba vzít v úvahu, že není možné ani účelné do základní geotechnické zprávy zahrnout úplně všechny možné geotechnické parametry, podmínky a okolnosti, které připadají v úvahu, a které mohou proces výstavby ovlivňovat. Vybírají se jen ty nejdůležitější.

Pro určité geotechnické podmínky, které by však mohly na stavbě místně nastat, ale může investor požadovat, aby měl dodavatel pohotovost technologické vybavení pro zmáhání určitých potenciálních složitých případů. Platby za takovou „pohotovost“ mohou být součástí smluvních podmínek. Avšak platby za skutečné zmáhání takových stavů se dějí pouze tehdy, pokud skutečně nastanou.

Jako příklad lze uvést zvládnání podstatně většího přítoku podzemních vod do stavební jámy, než předpokládal projekt, kontakt s podzemními dutinami při ražbě podzemního díla, zjištění, zpracování a likvidace kontaminovaných púd a podzemních vod, nebo potřeba mimořádně silné dočasné výztuže primárního ostění tunelu atp.

Velkou výhodou základní geotechnické zprávy je, že při její existenci všichni účastníci výstavby snáze vnímají stávající geotechnická i jiná rizika a s nimi související omezení projektu. Lépe pochopí zvláštní technické požadavky projektu vyplývající z nejistot o geotechnických poměrech a účinněji a s větším porozuměním se zapojí do řešení neobvyklých stavů, které v průběhu výstavby mohou nastat.

## ZÁVĚR

Základní geotechnická zpráva může být velmi účinným nástrojem pro řízení geotechnických rizik během ražeb tunelu.

Její využití může přispět nejen ke snížení skutečných nákladů na ražbu, ale i ke zvýšení kvality stavby. Vždy také usnadní řešení složitých situací, kdy jsou na staveništi zastíženy odlišné podmínky než ty, které byly předpokládány účastníky výstavby. Velmi významným přispěvkem základní geotechnické zprávy je zefektivnění celkového řízení výstavby od výběrového řízení až po předání staveniště a konečné vyúčtování.

Nepřímo tak přispívá i ke zvýšení bezpečnosti ražeb. Za většinou havárií a mimořádných událostí je totiž neúměrná snaha šetřit a pospíchat.

Do praxe byla základní geotechnická zpráva úspěšně zavedena ve Spojených státech, kde je i běžně používána. Za určitých okolností se lze setkat s tím, že souhrnná i základní geotechnická zpráva jsou vypracovány v jednom elaborátu.

Zkušenost amerických investorů ukazuje, že celkové náklady na stavbu s využitím základní geotechnické zprávy jsou v rozhodujícím počtu případů vždy menší než bez ní.

Na své úspěšné zavedení do praxe u nás ještě čeká, i když jsou pro to všechny předpoklady a její používání by mělo nepochybně stejný pozitivní efekt jako ve Spojených státech.

**DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,**  
rozsypal@geotechnika.cz  
Stavební geologie – Geotechnika, a. s.

bases is that the above-mentioned fundamental rule is not adhered to. It is therefore reasonable if the following procedure is maintained:

The geotechnical baseline report should contain, apart from determination of contractual values of the bases, the reasons why the particular contractual base was selected and how the selection was carried out.

The possibility of linking the parameters for the contractual bases to the special specifications must be judged during the process of selection of the parameters. The specifications must determine methods of unambiguous measurement of the parameters. If it is impossible, the particular parameter is not suitable as a contractual base.

If, for example, the rate of inflow of ground water at the excavation face is set as a parameter for the contractual base, it is necessary for the special specifications to contain a stipulation for the measurements of the inflows, i.e. when and how they will be carried out.

It also must be taken into consideration that it is impossible and unreasonable to incorporate all theoretically possible geotechnical parameters, conditions and circumstances, which may influence the construction process. Only the most important are selected.

However, for certain geotechnical conditions which might be locally encountered on site, the employer is entitled to require that the contractor should have equipment for handling certain potential complicated events available. Payments for such “preparedness for emergency response” may be part of the contract conditions, but payments for solving such states are made only if they really materialise.

As examples, we can consider the coping with substantially higher rate of ground water inflows into a construction trench than expected by the design; an encounter with underground cavities during the excavation; detection, treatment and disposal of contaminated soils and ground water; or a need for exceptionally strong primary support of the underground opening, etc.

A great advantage of the geotechnical baseline report is the fact that wherever it exists, all parties to the project are aware of existing geotechnical and other risks and restrictions upon the project associated with the risks. They better understand special technical requirements of the design following from uncertainties regarding geotechnical conditions; they engage themselves with a higher level of understanding in the process of solving the unusual states which may occur during the course of the construction.

## CONCLUSION

The geotechnical baseline report may become a very effective means of geotechnical risk management during tunnel excavation.

The application of this report can also contribute to reduction of the actual excavation cost and improvement of quality of the construction. It also always facilitates the solution of complicated situations where different conditions are encountered on site than those anticipated by the parties to the project. One of very important contributions of the geotechnical baseline report is the increased effectiveness of the overall project management process, from the tender proceedings up to the construction site handover and final invoice.

The report even indirectly contributes to the improvement of excavation safety. Most incidents and emergencies are results of inadequate efforts for savings and acceleration of the works.

The geotechnical baseline report has been successfully introduced into the practice in the United States, where it has been routinely utilised. Under certain conditions, it is possible to find a geotechnical baseline report and geotechnical summary report contained in one document.

The experience gathered by American employers suggests that the total cost of a construction where the geotechnical baseline report was applied is in most cases lower than without the report.

The report has still been waiting for successful introduction into the practice in the Czech Republic. All conditions for the introduction have been met and the utilisation would undoubtedly have the same effect as in the United States.

**DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,**  
rozsypal@geotechnika.cz  
Stavební geologie – Geotechnika, a. s.

## LITERATURA / REFERENCES

Avoiding and Resolving Disputes During Construction (1991). Technical Committee on Contracting Practices of the Underground Technology Research Council, American Society of Civil Engineers.

Avoiding and Resolving Disputes in Underground Construction (1989). Technical Committee on Contracting Practices of the Underground Technology Research Council, American Society of Civil Engineers.

Geotechnical Base Line Report (1997) – Publikace ASCE (American Society of Civil Engineers).

RozsyPAL, Alexandr. Projekt 38-05 Vedení podzemních děl v souvislé městské zástavbě. Kap. 6, str. 273-301 – Doporučení pro výběr metod monitoringu – základní geotechnická zpráva. Archiv SG-Geotechnika, a. s.

Veselý, Václav. Základní popis aplikace základní geotechnické zprávy při výstavbě tunelu na washingtonském letišti – interní sdělení. Archiv SG-Geotechnika, a. s. 2006.

# ZKUŠENOSTI Z RAŽEB JIŽNÍHO TUNELU NOVÉHO SPOJENÍ

## EXPERIENCE GAINED FROM THE EXCAVATION OF THE SOUTHERN TUNNEL OF THE NEW CONNECTION PROJECT

DAVID CYROŇ, ŠTEFAN IVOR, ŠTEFAN ORBÁN

### ÚVOD

Ražený stavební objekt (SO) 801.1 jižní tunel Nového spojení tvoří spolu se SO 800.1 severní tunel Nového spojení dvojicí tunelů, které se po svém úplném dokončení začlení do rozsáhlé stavby Nového spojení v Praze. Tato stavba propojí železniční stanice Praha hlavní nádraží a Masarykovo nádraží se stanicemi Libeň, Vysočany a Holešovice a dokončí tak úplnou přestavbu železničního uzlu Praha.

Řešení nové železniční trasy v oblasti Žižkova a Karlína bylo navrženo dvěma dvoukolejnými tunely pod horou Vítkov. Toto řešení se ukázalo jako nejvhodnější vzhledem k ochraně obou městských čtvrtí před vlivem železniční dopravy. Vyrazení jižního tunelu je velmi důležitou součástí celé stavby Nového spojení a představuje významný mezník směřující k jejímu dokončení plánovanému variantně nejdříve v roce 2009.

Účelem tohoto příspěvku je uvést základní technické údaje stavebního objektu 801.1. jižního tunelu Nového spojení, stručně postihnout skutečně zastižené geologické a hydrogeologické poměry a zmínit se o podstatných technologických postupech, které byly použity pro úspěšné vyrazení tohoto podzemního díla.

### ZÁKLADNÍ ÚDAJE A TECHNICKÁ DATA TUNELU

Region	Hlavní město Praha
Investor	Správa železniční dopravní cesty, s. o.
Projektant	SUDOP Praha, a. s.
Zhotovitel	Sdružení Nové spojení Praha – SKANSKA, a. s., SSŽ, a. s., Metrostav a. s., Subterra, a. s.
Uživatel	České dráhy, s. o.
Sledované období výstavby	5/2005 – 6/2006

Jižní vítkovský tunel je tvořen dvěma hloubenými úseky budovanými v otevřené stavební jámě a úsekem raženým. Tunel je veden v podélné ose vrchu Vítkova v přímých úsecích a směrových obloucích o poloměrech 647,80 m a 601,80 m. Nejdelší přímý úsek v tunelu je 495,561 m dlouhý. Ve směru ražby od výjezdového (východního) portálu je tunel navržen v celé délce úpadně ve sklonu 3,3 ‰.

Celková délka tunelu:	1365 m
Délka ražené části:	1251 m
Délka hloubené části:	východní (výjezdová) 69 m západní (vjezdová) 45 m
Plocha výrubu:	96–108 m <sup>2</sup> (podle třídy NRTM)
Šířka výrubu	12,8 m
Výška výrubu	9,5–10,4 m
Bezpečnostní výklenky oboustranné	po 25 m
Komory pro napínání trakčního vedení	– výrub těchto komor je 125,8 – 173 m <sup>2</sup>

Pozn.: Pokud jde o geologické a hydrogeologické poměry a provádění geomonitoringu lez najít podrobné informace v článku uveřejněném v čísle 2/2006 tohoto časopisu (Kössler, Teska – Geotechnický monitoring na tunelech Nového spojení).

### KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Konstrukce primárního ostění raženého dvoukolejného tunelu byla vytvořena standardně ze stříkaného betonu SB 20 (C16/20) vyztuženého plošně při obou površích dvěma ocelovými sítěmi. Konstrukce byla doplněna o ocelové příhradové obloukové rámy, o hydraulicky upínatelné svorníky (kotvy) a v úsecích v kalotě ohrožených nestabilitou výrubu navíc o obvodové ocelové jehly.

Použití a četnost jednotlivých výše uvedených prvků primárního ostění byly definovány v technologických třídách výrubu. Protože NRTM je založena na observaci – pozorování (měření) a popisu deformací či stavů, byly prvky ostění v případě potřeby modifikovány i v rámci technologických tříd. Tím se zvýšila bezpečnost výstavby v těžkých geotechnických podmínkách nebo se naopak snížením počtu prvků ostění využily příznivější geologické poměry, než bylo předpokládáno v projektové dokumentaci. Ke splnění těchto cílů byly zařídění a jeho

### INTRODUCTION

The mined structure #801.1, i.e. the Southern Tunnel of the New Connection and the structure #800.1, i.e. the Northern Tunnel of the New Connection project, are a pair of tunnels which will be incorporated into the extensive New Connection Project in Prague after their completion. This project is designed to connect Prague – Hlavní nádraží railway station and Prague – Masarykovo nádraží station with stations in Libeň, Vysočany and Holešovice districts of Prague. It will finish the overall reconstruction of the Prague rail junction.

The design of the new railway line in the area of the Žižkov and Karlín districts comprises two double-track tunnels under Vítkov hill. This design proved to be most suitable in terms of protection of both urban districts against the impact of railway traffic. The excavation of the Southern Tunnel is important part of the whole New Connection project. It represents a significant milestone heading towards completion of the project, which is scheduled in the earliest variant for 2009.

The purpose of this contribution is to present basic technical data on the structure #801.1, i.e. the Southern Tunnel of the New Connection Project, concisely describe the actually encountered geological and hydrogeological conditions and to mention substantial technical procedures which were used for successful completion of this underground structure.

### BASIC DATA AND TECHNICAL DATA ON THE TUNNEL

Region	Prague, the capital of the Czech Republic
Client	Správa železniční dopravní cesty s.o.
Designer	SUDOP Praha, a.s.
Contractor	Sdružení Nové spojení Praha, a group of companies consisting of SKANSKA, a.s.; SSŽ, a.s.; Metrostav a.s.; Subterra, a.s.
User	České dráhy, s.o.
Construction period covered	05/2005 – 06/2006

The Southern tube of the Vítkov tunnel comprises two cut-and-cover sections, i.e. sections built in an open trench, and a mined section. The tunnel runs along the longitudinal axis of Vítkov hill. The horizontal alignment consists of straight sections and curves with radii of 647.80m and 601.80m. The longest straight section of the line in the tunnel is 495.561m long. The tunnel is excavated on a 3.3 ‰ down gradient (viewed in the direction of the excavation from the exit (eastern) portal).

Total tunnel length:	1365m
Mined section length:	1251m
Cut-and-cover section length:	the eastern (exit) section 69m the western (entrance) section 45m
Excavated cross-section area:	96 – 108m <sup>2</sup> (depending on the NATM class)
Excavated cross-section width:	12.8m
Excavated cross-section height:	9.5 – 10.4m
Safety niches on both sides:	every 25m
Overhead line tensioning chambers	3x – excavation volumes of 125.8 – 173m <sup>2</sup>

Note: Regarding geological and hydrogeological condition and execution of geomonitoring, detailed information is available in the paper published in No. 2/2006 of Tunnel magazine (Kössler, Teska – New Connection Tunnels – Geotechnical Monitoring).

### THE TUNNEL STRUCTURE DESIGN

The primary lining of the mined double-track tunnel is of a standard design consisting of SC 20 (C16/20) shotcrete reinforced with two layers of steel mesh placed on both surfaces. The structure was complemented by lattice arches, water-expanded rock bolts and, in top heading sections threatened with instability of the excavation, by additional steel spiles around the excavation perimeter.

The specifications of the type and quantity of the above-mentioned elements of the primary lining were defined in excavation support classes. Because the NATM is based on observation (measurement) and description of deformations or

**TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA NRTM**  
**NATM SUPPORT CLASS**
*Členění výrubu / Excavation sequences*
*(rozměry jsou uváděny v m) (dimensions in m)*

	<b>3.</b> kalota – jádro Top heading – Bench	<b>4a.</b> kalota – jádro Top heading – Bench	<b>4b.</b> kalota – jádro – protiklenba Top heading – Bench – Invert	<b>5a.</b> kalota – jádro – protiklenba Top heading – Bench – Invert
šířka výrubu / excavation width	12,70	12,80	12,80	12,90
výška výrubu / excavation height	9,52	9,55	10,332	10,382
plocha výrubu / excavated cross-section area	96,22	97,51	106,84	108,13
tloušťka dočasného ostění SB 20 thickness of temporary SC 20 shotcr. lining	0,22	0,25	0,25	0,30
počet svorníků na délku 1 záběru number of rock bolts per round	8	8	10	12
délka svorníků / rockbolt length	3	4	4	4 až 6
min. únosnost svorníků v kN min. bearing capacity of rockbolts in kN	120	150	150	170

**Tab. 1 Přehled vybraných parametrů tunelu v třídách NRTM**  
**Table 1 Summary of selected parameters of the tunnel in the NATM classes**

úpravy ovlivněny podrobným geologickým sledováním a zejména kontrolním měřeni-  
 m deformací horninového masivu a zejména líce konstrukce primárního ostění.

**POSTUP VÝSTAVBY**

Na základě návrhu dodavatele stavebních prací firmy Metrostav a. s. byly pro-  
 vedeny při tvorbě realizační dokumentace tyto změny:

Kalota tunelu byla upravena tak, aby její tvar tvořil půlkruh, což umožnilo výro-  
 bu příhradového obloukového rámu o čtyřech stejných prvcích. Toto řešení zrychli-  
 lo a zjednodušilo osazení těchto prvků s vyloučením možné chyby ve tvaru ostění.

Postup ražeb byl zvolen pouze z východní strany, aby dlouhodobějšími sta-  
 vebními pracemi bylo co nejméně narušeno okolí západního portálu.

Ražba jižního tunelu Nového spojení proběhla úspěšně bez přerušení i pod budo-  
 vou Národního památníku na hoře Vítkov bez ohledu na původní podmínku sou-  
 běžné ražby obou tunelů (jižního i severního) pod budovou národního památníku.

Dodavatel spolu s projektantem upravili počet, tvar a polohu napínacích komor  
 pro trakční vedení a následně i spojovacích chodeb mezi jižním a severním tunelem  
 tak, aby minimalizovali dosah deformací na povrch a omezili škodlivé seismické  
 vlivy ůhacích prací, vzniklých při výstavbě těchto zvětšených atypických profilů.

**METODA VÝSTAVBY**

Ražba jižního tunelu byla prováděna podle zásad Nové rakouské tunelování  
 metody (NRTM) a způsob zajištění výrubu byl popsán technologickou třídou  
 výrubu, definující:

- typ členění,
- počet dílců záběrů a jejich maximální délku,
- výšku kaloty, jádra a protiklenby,
- tloušťku primárního ostění,
- vzdálenosti výztužných rámu,
- délku svorníků (kotev) a způsob zajištění čelby.



**Obr. 1 Rozrážka jižní tunelové trouby (JTT) vítkovského tunelu Nového spojení**  
**Fig. 1 Excavation of the Southern Tunnel Tube (STT) of the Vítkov tunnel of the New Connection project**

states, the elements of the lining were modified when necessary even within the  
 limits of the particular support classes. This approach improved the safety of the  
 construction work carried out in difficult geotechnical conditions or, to the contra-  
 ry, allowed reduction of the quantity of the elements of the lining in case of more  
 favourable geological conditions than those assumed in the design documents. To  
 meet those objectives, the classification and its modifications were affected by  
 detailed geological observation and above all by check measurements of deforma-  
 tions of the rock mass, mainly of the internal surface of the primary lining.

**CONSTRUCTION PROCEDURE**

The following modifications were introduced into the detailed design (design  
 of means and methods) based on contractor's (Metrostav a.s.) proposal:

The top heading cross section was changed to form a semi-circle; this measu-  
 re allowed production of a lattice girder consisting of four identical elements.  
 This design accelerated and simplified the installation of those elements and ex-  
 cluded possible deviations from the required shape of the lining.

The decision was made that the excavation be carried out solely from the east-  
 ern side so that long-term construction operations caused as little nuisance to the  
 neighbourhood of the western portal as possible.

The excavation of the Southern Tunnel of the New Connection project was  
 carried out successfully without interruption even under the National Monument  
 building on Vítkov hill, regardless of the original condition that both tunnels (the  
 Southern and the Northern) were to be driven under the National Monument buil-  
 ding simultaneously, in parallel.

The contractor together with the designer modified the quantity, shape and  
 position of the overhead line tensioning chambers and, subsequently, even the  
 cross passages between the Southern and Northern tunnels so that the reach of  
 deformations to the surface was minimised and the harmful seismic effects of  
 blasting operations, which originated in the course of the work on those enlarged  
 atypical profiles, were diminished.

**CONSTRUCTION METHOD**

The Southern Tunnel excavation was carried out using the New Austrian Tun-  
 nelling method (NATM); the excavation support was described by means of the  
 particular excavation support class, which defined the following details:

- the type of the excavation sequencing
- the number of partial headings and the maximum lengths of the headings
- the height of the top heading, core and invert
- the thickness of the primary lining
- the spacing of lattice girders
- the length of rockbolts (anchors) and the face support procedure.

The excavation face in the Southern Tunnel was divided horizontally. The defi-  
 nition level for the excavation was the level of the top heading, i.e. the 1st working  
 level, which was placed on the vertical axis of the cross section 1800mm above the  
 top of rail of the future track. This level was uniform for all support classes. The top  
 heading excavation was followed at the distance depending on the particular class  
 by continual excavation of the bench and, in the classes 4b and 5a, also by closing  
 the profile by invert. The support class 5a was applied only to the places where the  
 most unfavourable geotechnical conditions were encountered. Such the places were  
 identified in the vicinity of portals, namely where the mined sections of the north-  
 ern tunnel and the open trench ran alongside, and in adjoining short sections with  
 the subtle rock pillar that remained between the southern and northern tunnel. The

<b>TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA</b> <b>SUPPORT CLASS</b> <i>Části výrubu / Excavation sequences</i>	<b>3.</b> kalota – jádro Top heading – Bench	<b>4a.</b> kalota – jádro Top heading – Bench	<b>4b.</b> kalota – jádro – protiklenba Top heading – Bench – Invert	<b>5a.</b> kalota – jádro – protiklenba Top heading – Bench – Invert
členění / type of sequencing	horizontální / horizontal			
počet dílčích záběrů / number of partial headings	3	3	3	4
max. délka záběru – kaloty / max. advance length – top h. – jádra a opěr / core and side walls	4,0	2,0 3,0	1,5 2,0	1,5 1,0 2,0
odstup dílčích záběrů / distance between faces of partial headings	100 a více 100 and more	70 – 100	70 – 100 m	50 – 70 m
vzdál. uzavření prstence / distance of the ring closing	–	–	100 – 130 m	80 – 100 m
vzdálenost rámu / spacing of lattice girders	2,0	1,5	1,5	1,0
výška kaloty / top heading height	6,37	6,40	6,40	6,45
výška jádra / core height	2,30	2,30	2,30	2,30
výška počvy / invert height	1,030	1,030	1,632	1,632
vzdálenost kotvení od čelby distance of anchoring from the face	maximálně druhý zastríkaný záběrový postup in the second round provided with shotcrete (as the maximum distance)			
vzdálenost rámu od čelby distance of lattice girders from the face	max. 2 m	max. 1,6 m	max. 1,60 m	max. 1,50 m
zajištění čelby / face support	-	ukloněná čelba sklon 3:1 inclined face 3:1 incl.	uklon. čelba +SB 20 tl. 5 cm inclined face +SC 20 5 cm th.	dělení kaloty + jehly +SB20 tl. 10 cm divided top heading face + spiles +SC20 10 cm th.

Tab. 2 Popis parametrů technologických tříd  
Table 2 Description of the parameters of the support classes

Při ražbě jižního tunelu byla čelba tunelu členěna horizontálně. Určující rovinnou ražeb byla výška kaloty, tj. 1. pracovní úroveň, která byla umístěna na svislé ose příčného profilu 1 800 mm nad temenem budoucí železniční koleje. Tato výška byla jednotná pro všechny technologické třídy. Za kalotou tunelu s odstupem podle jednotlivých tříd probíhala kontinuální ražba jádra a v třídách 4b a 5a také uzavírání tunelu protiklenbou. Technologická třída 5a byla provedena pouze v místech s nejnepříznivějšími geotechnickými podmínkami. Bylo to v blízkosti portálu zejména v souběhu ražených úseků a hloubené stavební jámy severního tunelu a v krátkých navazujících úsecích se subtílním horninovým pilířem mezi jižním a severním tunelem. Ostatní technologické třídy výrubu byly využity na základě aktuálně zastižených geologických a geotechnických podmínek také s přihlédnutím na podzemní a nadzemní stavební objekty v blízkosti tunelu. Ochrana těchto objektů si vyžádala úpravu délky záběrových kroků s ohledem na účinky trhačích prací. Rozhodující byl odborný výpočet seismických projevů, ze kterého vyplynula limitní velikost trhavinových náložek v jednotlivých vrtech i na celou čelbu, ze kterých byla odvozena zkrácená délka záběru. S ohledem na omezení účinků trhačích prací byl před každým dalším postupem výrub zařídován kompetentními zástupci objednatele a zhotovitele. Určení technologické třídy výrubu se pak písemně zaznamenalo.

<b>TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA NRTM</b>	<b>Projekt</b> m	<b>Skutečnost</b> m
3	347	530,95
4a	282	448
4b	183,75	50,24
5a	412,47	135,25

Tab. 3 Porovnání projektovaných a skutečně zastižených technologických tříd NRTM v JTT

Do třídy 5a byla také zaříděna ražba výklenků pro napínání trakčního vedení. V trase jižního tunelu byly vyraženy celkem tři tyto komory. Ražba výklenků byla prováděna z navýšeného profilu dvoukolejného tunelu rozšířením kaloty v délce 9 m. V nejširším místě dosáhl výrub tunelu šíře 17 m. Při odtěžování jádra byly probrány také boky tunelu, čímž byl vytvořen profil o celkové velikosti 173 m<sup>2</sup>.

other support classes were utilised on the basis of actually encountered geological and geotechnical conditions and with respect to the underground and surface structures found near the tunnel. Protection of those structures required modification of the advance lengths with consideration given to the effects of blasting operations. Expert calculations of seismic effects were the deciding reference documents. The limiting weight of cartridges in individual blast holes and maximum charge weight were determined according to this calculation; the reduced round length was derived from those weights. With respect to the requirement for reduced impact of blasting operations, the excavation class was determined before each advance by competent representatives of the client and contractor. They recorded the determined support class in writing.

<b>NATM SUPPORT CLASS</b>	<b>Design</b> m	<b>Reality</b> m
3	347	530.95
4a	282	448
4b	183.75	50.24
5a	412.47	135.25

Table 3 Comparison of design and actually encountered NATM support classes in the STT

The excavation of the overhead line tensioning chambers was also put into the class 5a. Three chambers were excavated along the route of the Southern Tunnel. The excavation was carried out from a vertically extended profile of the double-track tunnel by widening the top heading along a 9m long section. In the widest point, the excavation width reached 17m. When the bench excavation was being carried out, the tunnel sides were also widened. The resulting excavated cross-section area reached 173m<sup>2</sup>.

#### MECHANICAL EQUIPMENT USED

The following principal equipment was used for the excavation of the whole southern tunnel:

- Atlas Copco L2C drill rig
- Liebherr R 932, R 934 excavator
- Volvo L120 E wheeled loader
- Volvo A25C tipping trucks
- Meyco Potenza shotcrete sets
- Atlas Copco DC 16/HL mobile platform



**Obr. 2 Záběrový krok v kalotě JTT před nanášením stříkaného betonu**  
**Fig. 2 An excavation cycle in the STT top heading before application of shotcrete**

### POUŽITÁ STROJNÍ MECHANIZACE

K vyrazení celého jižního tunelu byly použity tyto hlavní strojní mechanismy:

- Vrtací vůz – Atlas Copco L2C
- Razičí stroj – Liebherr R 932, R 934
- Kolový nakladač – Volvo L120 E
- Dumpery – Volvo A25C
- Stříkání betonu – Meyco Potenza
- Mobilní plošina – Atlas Copco DC 16/HL

### VRTÁNÍ A TRHACÍ PRÁCE

Jedna z hlavních operací razičického cyklu byla na jižním tunelu prováděna pomocí vrtacího vozu Atlas Copco L2C, který byl osazen systémem ABC, což je přídatné vybavení pro měření pozice a směru vrtné korunky. Tento systém je určený pro vrtání podle předem stanoveného vrtného schématu. S ohledem na snahu o snížení dynamických a seismických účinků trhacích prací na podzemní i nadzemní objekty se ukázalo praktické použití systému ABC jako velmi užitečné. Navržená vrtná schémata umožnila vyšší efektivitu provádění trhacích prací a spolu s vyšší úrovní vybavenosti vrtacího vozu se podařilo dosáhnout zkrácení pracovní operace vrtání. Trhací práce byly prováděny maximálně efektivně s použitím různých druhů a typů trhaviny iniciací elektrickým i neelektrickým roznetem. Zvláště vyzkoušení a zavedení emulzních trhaviny se ukázalo jako velmi účinné, jelikož umožnilo zkrátit dobu na vlastní nabíjení a snížit dobu nutnou na odvětrání prostoru předělu tunelu. Kratší doba odvětrání je dána nižším obsahem povýbuchového zplodin než u klasických trhavinových náložek. Použití neelektrického roznetu umožnilo přesnější načasování jednotlivých náložek, zkrátilo čas na adjustaci i nabíjení při zachování vyšší bezpečnosti prováděných činností.

### STŘÍKANÝ BETON

Provádění stříkaného betonu jako součásti konstrukce primárního ostění je jednou z technologicky velmi náročných pracovních operací. Její správné vyladění a postup provádění má velký vliv na kvalitu a funkčnost primárního ostění. Projektem předepsaná kvalita stříkaného betonu byla SB 20 (C16/20) v tloušťkách 220, 250 a 300 mm podle navržené technologické třídy. Receptura betonové směsi musela být odlaďena tak, aby po nástřiku průběh tuhnutí a ztuhnutí vyhovoval oboru J2 pro mladý stříkaný beton. Nanášení stříkaného betonu bylo prováděno mokrou cestou pomocí manipulátoru s pístovým čerpadlem typu Meyco-Potenza. Od začátku ražeb byly systematicky sledovány kvalitativní parametry dodávané směsi betonu jako teplota, konzistence, doba zpracovatelnosti a zaznamenáváno bylo množství urychlující přísady přidávané v trysce včetně teploty vzduchu na pracovišti závislé na roční době a intenzitě větrání v tunelu. Opakovaně byly prováděny instruktaž a vyhodnocování činnosti pracovníků provádějících nástřik betonové směsi. Spolu s dodavatelem přísad do stříkaného betonu byla vyhodnocována spotřeba a efektivnost využívání stovební chemie pro různé podmínky provádění stříkaného betonu. Před vysypáním mixu do násypky stroje Meyco-Potenza byla kontrolována konzistence dovezené betonové směsi. Hodnota sednutí odebraného vzorku podle Abramse musela vyhovět rozmezí 180 – 240 mm. Zkouška byla prováděna při první a druhé denní dodávce a následně při každé třetí dodávce a v případě pochybností o konzistenci dovezené směsi. Celkem bylo provedeno 4 až 5 zkoušek denně. V průběhu budování primárního ostění odebrala po nástřiku maximálně 2500 m<sup>2</sup> plochy sjednaná nezávislá laboratoř vzorky pro pravidelné kontrolní zkoušky pevnosti stříkaného betonu v tlaku a odvrtáním zjišťovala tloušťku nástřikané vrstvy primárního ostění. Kontrolní zkoušky sestávaly z měření nárůstu pevnosti stříkaného betonu do forem o velikosti 50 x 50 x 15 cm a jejich porovnání se spodní hranicí oboru J2 dle TKP staveb ČD – kap. Tunely, odst. 20.2.3.2. V intervalech měření prováděných penetrační jehlou byl zjišťován náběh tvrdnutí po 6, 15, 30, 60 a 120 minutách a po 12



**Obr. 3 Práce na levém opěří JTT**  
**Fig. 3 Work in the left side-wall area**

### DRILL AND BLAST WORK

Drill and blast work, one of the main operations of the excavation cycle on the Southern Tunnel, was carried out using an Atlas Copco L2C drill rig. It was equipped with the ABC system, an attachment measuring the position and direction of the drill bit. This system is designed for drilling according to a pre-set drilling pattern. The designed drill patterns allowed higher efficiency of the drill and blast operations and, together with a higher level of the equipment of the drill rig, we managed to shorten the drilling operation time. The blasting operations were performed with maximum efficiency using various kinds and types of explosives initiated by both electric and non-electric firing methods. Especially the execution of trial blasting and introduction of emulsion explosives showed very efficient because it made shortening of the charging time and reduction of the time required for defuming of the space at the excavation face possible. The shorter defuming time is possible owing to the lower content of blasting fumes than in the case of traditional charges. The utilisation of non-electric firing allowed more accurate timing of individual charges; it shortened the time for adjusting and charging operations with the higher level of safety of the operations maintained.

### SPRAYED CONCRETE

Application of sprayed concrete as part of the primary lining structure is one of technically very demanding work operations. Correct preparation and procedure of this operation significantly affects quality and functionality of primary lining. The design required SC 20 (C16/20) grade concrete sprayed at a thickness of 220, 250 and 300mm, depending on the support class. The concrete formula had to be adjusted so that the setting and hardening curve satisfied the field J2 for green concrete. Shotcrete was applied using the wet process by means of a manipulator with a piston pump of the Meyco-Potenza type. Quality parameters of concrete supplied to the site such as temperature, consistency or application life were systematically followed from the beginning of the excavation. The amount of accelerator added at the nozzle was recorded, including the ambient temperature at the workplace, which depended on the season and intensity of ventilation in the tunnel. Training and assessment of the work of the shotcreting crew members were performed regularly. Consumption and efficiency of utilisation of building chemicals in various shotcrete application conditions were assessed jointly with the supplier of additives in sprayed concrete. The consistency of the concrete supply was checked prior to pouring concrete from the transmixer to the Meyco-Potenza machine hopper. The



**Obr. 4 Pohled do vyražené JTT před rozrážkou tunelové propojky**  
**Fig. 4 A view down the excavated STT before the commencement of the cross passage excavation**



Obr. 5 Provedení odstřelu pomocí neelektrického roznětu  
Fig. 5 The non-electric shot firing system

a 24 hodinách byly ověřovány pevnosti metodou Hilti-Tester 4. Následně na odvrtaných válcích odebraných z forem provedla laboratoř zkoušky pevnosti nastříkaných vzorků v tlaku po 28 dnech. Celkem bylo odebráno a vyhodnoceno 19 kontrolních zkoušek stříkaného betonu. Kontrola tloušťky primárního ostění byla ověřována pomocí jádrových vývrtů, které se provedly in situ v místě určeném zástupcem stavebního dozoru na celou hloubku ostění až k líci výrubu. Na odebraných vzorcích se následně provedla zkouška pevnosti v tlaku po 28 dnech. Zkouška byla prováděna v četnosti na každých i započatých 250 m vyraženého tunelu. Celkem bylo provedeno 5 jádrových vývrtů. Všechny vývrtvy vyhověly pevnostně i ve srovnání s předepsanou tloušťkou primárního ostění.

## GEODETICKÉ PRÁCE

Ražená část jižního tunelu Nového spojení má délku 1 251 m. Z geodetického hlediska bylo nejtěžší úlohou rozmístění základního bodového pole (ZBP) na povrchu tak, aby konfigurací, přesností a stabilitou umožnilo ražbu s dostatečnou přesností pouze z jedné strany, tedy od východního portálu. Základní bod bodového pole je ocelový pilř stabilizovaný až do hloubky 20 m. Další body z důvodu stísněných podmínek (současná ražba severního i jižního tunelu) byly stabilizovány na okolních budovách a na zajištěných svazích v okolí tunelu. Před zahájením ražby pak bylo provedeno propojení východního a západního portálu polygonovým tahem okolo vrchu Vítkova a vypočtena kalkulace přesnosti prorážky, která prognózovala příčnou odchylku 57 mm při přesnosti určování ZBP do 5 mm na hladině významnosti 99 %. Prorážka tento odhad potvrdila. Byla dosažena příčná odchylka 50 mm a výšková odchylka 10 mm. ZBP v tunelu bylo budováno jako jednostranně připojený a orientovaný polygonový tah s délkou stran 120 až 150 m. Na stabilizaci byly použity hmoždinky a speciální pádla podle norského patentu. Velkou výhodou této stabilizace je, že body nezasahují do průjezdného profilu, a tím je minimalizována možnost jejich poškození. Na měření úhlů a délek byla použita vteřinová totální stanice Leica TC1800, měření výšek bylo provedeno pomocí nivelačního přístroje Leica NA 3003 se střední kilometrovou chybou 1 mm. Podrobné bodové pole tvořily konvergenční body určované ZBP přístrojem Leica TCRA 1205. Pro vedení ražby se maximálně osvědčil systém CATS (Computer Aided Tunnel System), který byl mimo kontrolu osazených příhradových rámu používán i pro nastavení do pracovní polohy vrtacího stroje Atlas Copco L2C. Systém ABC (režim regular) spolu s navrtáním podle přednastavených vrtných schémat a použití speciálních trhavinových náložek do obrysových vrtů výrazně snížily objemy nezaviněných nadvýlomů. Na zpracování naměřených dat byl využit v terénu i při zpracování výsledků program TMS Profile plus 3.04 od firmy Leica, což umožňovalo provádění rychlé a spolehlivé kontroly směrového a výškového vedení ražby. Zaměřovaný výrub byl zpracován pomocí programu Micro Station v 8.0 a nadstavbou ProGEO 1.00.

## ZÁVĚR

Slavnostní prorážka jižního tunelu Nového spojení se uskutečnila dne 23. 5. 2006. Tím byla ukončena nejobtížnější etapa výstavby tohoto dvoukolejného železničního tunelu. Byla naplněna snaha dodavatele firmy Metrostav a. s. o dokončení ražeb za co možná nejkratší dobu. Ražba 1251 m dlouhého tunelu byla dokončena za necelý rok, což představuje průměrný výkon více než 100 m vyraženého tunelu zajištěného primárními ostěními. Jako úspěšné lze vyhodnotit také zavedení progresivních změn a postupů při ražbě tunelu, které umožnily zefektivnit pomocné a souhrnné i hlavní operace ražebního cyklu. Přitom se podařilo dodržovat technologickou kázeň i bezpečnost práce. Použití nových postupů a technologických úprav spolu s rychlostí a kvalitou výstavby tunelu může významně přispět k úspěšnému dokončení výstavby jižní i severní tunelové trouby do roku 2008.

ING. DAVID CYRÓN, cyron@metrostav.cz,

ING. ŠTEFAN IVOR, ivor@metrostav.cz,

ING. ŠTEFAN ORBÁN, orban@metrostav.cz, METROSTAV a. s.

slump values had to comply with the 180 – 240mm range. The samples were taken from the first and second supply of the day and then every third supply and whenever the consistency of the concrete supply raised doubts. A total of 4 to 5 tests were conducted per day. An independent hired laboratory collected samples in the course of the construction of the primary lining when a maximum of 2500m<sup>2</sup> portion of the lining surface had been completed to perform regular check testing of compressive strength of shotcrete. It also measured the thickness of the primary lining on cored samples. The check testing consisted of measurement of development of strength of shotcrete sprayed into 50 x 50 x 15cm moulds and comparison of the results with the lower border of the J2 field according to Czech Railways' Technical Specifications, the Tunnels chapter, paragraph 20.2.3.2.

The rate of early strength development was determined by means of Vicat needle at intervals of 6, 15, 30, 60 and 120 minutes; concrete strength after 12 and 24 hours was verified with a Hilti-Tester 4 method. Subsequent testing of the compressive strength of the sprayed samples at 28 days was carried out by the laboratory. In total, 19 check tests of shotcrete were carried out. The thickness of the primary lining was verified by means of cored samples collected in situ, at points determined by client's supervision engineer. The depth of the cored boreholes reached through the lining up to the excavated rock surface. Compressive strength at 28 days was tested on the samples. The testing frequency was every 250m (even started 250m length) of the excavated tunnel. A total of 5 core samples were collected. All samples complied with the requirements for compressive strength and for the thickness of the primary lining.

## GEODETIC SURVEYING

The mined section of the Southern Tunnel of the New Connection project is 1251m long. In terms of geodetic surveying, the most difficult task was to design the fundamental geodetic surface control (FGC) so that its configuration, precision and stability allowed the excavation to be carried out only from one side, from the eastern portal, with sufficient precision. The basic point of the surface control is a steel pillar stabilised down to a depth of 20m. Because of constrained conditions (simultaneous excavation of the northern and southern tunnel), the other points were stabilised on surrounding buildings and on stabilised slopes in the vicinity of the tunnel. The eastern and western portal were interconnected by a traverse survey led around Vítkov hill prior to the commencement of the excavation operations. The calculation of the excavation precision predicted lateral deviation of 57mm at the precision of the survey of the FGC up to 500, at a significance level of 99%. The breakthrough proved that the prediction was correct. The actual transverse and vertical deviations amounted to 50mm and 10mm respectively. The underground FGC was built as an on one end connected and oriented traverse with the length of the traverse lines ranging from 120m to 150m. The traverse points were stabilised using dowels and special targets designed according to a patent registered in Norway. A significant advantage of this stabilisation is the fact that the points do not extend into the clearance profile, therefore the chance of damage is minimised. Angle and distance measurements were carried out using a Leica TC1800 total station (angular accuracy in seconds), level survey was performed with a Leica NA 3003 levelling instrument with a mean kilometre error of 1mm. The detailed minor control consisted of convergence points surveyed from the FGC with a Leica TCRA 1205 instrument. The Computer Aided Tunnel Surveying (CATS) system, which was used not only for checking on installed lattice girders but also for setting the Atlas Copco L2C drill rig into position, acquitted itself very well. The ABC system (in regular regime) combined with the drilling according to pre-set drill patterns and utilisation of special charges for contour holes significantly reduced the volume of accidental overbreaks. The measured data processing, both on site and in the process of assessment of results, was carried out using TMS Profile plus 3.04 program produced by Leica. Owing to this system, quick and reliable line and level control of the excavation was possible. The results of the excavation survey were processed using the Micro Station v8.0 program and the ProGEO 1.00 superstructure.

## CONCLUSION

The Southern Tunnel breakthrough ceremony took place on 23 May 2006. It was the end of the most difficult phase of the construction of this double-track railway tunnel. Metrostav a. s., the contractor, succeeded in its effort to finish the excavation within as short time as possible. The 1251m long tunnel drive was completed in less than a year time. It represents an average monthly advance rate exceeding 100m of the tunnel provided with primary support. Even the introduction of progressive changes and procedures into the tunnel excavation can be considered a success. They made an increase in efficiency of auxiliary and, in summary, even the main operations of the excavation cycle possible. At the same time, technological discipline and safety at work were successfully maintained. The application of new procedures and technical modifications, together with the speed and quality of the tunnel construction can significantly contribute to the successful completion of the Southern and Northern tunnel tubes by the year 2008.

ING. DAVID CYRÓN, cyron@metrostav.cz,

ING. ŠTEFAN IVOR, ivor@metrostav.cz,

ING. ŠTEFAN ORBÁN, orban@metrostav.cz, METROSTAV a. s.



# RAŽBA SEVERNÍHO VÍTKOVSKÉHO TUNELU NOVÉHO SPOJENÍ

## CONSTRUCTION OF THE NORTHERN VÍTKOV TUNNEL, NEW CONNECTION PROJECT

OLDŘICH ČEJKA, MIROSLAV CHYBA

### ÚVOD

V letních měsících roku 2005 zahájila společnost Subterra, a. s., práce na ražbě a budování primárního ostění severního vítkovského tunelu z východního (výjezdového) portálu v souběhu s realizací hloubeného západního (vjezdového) portálu. Po vyhloubení západního portálu na úroveň umožňující zahájení ražby tunelových trub bylo přistoupeno nejprve k vyražení části jižní tunelové trouby (JTT) a poté k zahájení ražby trouby severní (STT). Ke slavnostní prorážce kaloty severní tunelové trouby došlo po 329 dnech dne 29. června 2006. Dobírka jádra a dna STT pak probíhala ještě v průběhu měsíce července.

### GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Oblast vrchu Vítkova, pod kterým se provádí ražba severního vítkovského tunelu, je tvořena horninami šáreckého a zejména dobrotivského souvrství. Více – viz článek: Kössler, Teska – Geotechnický monitoring na tunelech Nového spojení (New Connection Tunnels - Geotechnical Monitoring) published in issue 2/2006 of this magazine.

Hydrogeologické podmínky měly být podle provedených průzkumů pro ražbu poměrně příznivé. Větší soustředěné přítoky do díla se nepředpokládaly, mohly se vyskytnout pouze menší průsaky podzemní vody – spíše dešťová voda prosakující z povrchu po puklinách a poruchách. Tyto předpoklady se v průběhu ražeb potvrdily.

### METODA VÝSTAVBY, KONSTRUKCE A POSTUP PRÁČÍ

Ražba tunelu je prováděna podle zásad Nové rakouské tunelovací metody s horizontálním členěním výrubu s výjimkou krátkého úseku u východního portálu, kde byla kalota pod malým nadložím členěna vertikálně. Ražení tunelu je zařazeno do technologických tříd 3, 4a, 4b a 5a. Délka záběru se pohybuje v závislosti na technologické třídě od 1 m do 2 m. Ostění je tvořeno stříkaným betonem třídy SB 20 v tloušťkách 0,25 až 0,4 m s vyztužením dvojicí ocelových sítí, příhradových 3- a 4prvkových příhradových rámu a systémovým kotvením ostění hydraulicky upínanými svorníky délky 3 až 6 m. V místech nestability přístropí kaloty byly použity předvrtávané ocelové jehly.



Obr. 1 Západní portál JTT včetně průzkumné štol  
Fig. 1 The western portal of the NTT, including exploration gallery

### INTRODUCTION

In summer, 2005, Subterra, a.s. commenced with excavation and installation of primary lining in the northern tube of Vítkov tunnel from the eastern (exit) portal in parallel with execution of the cut and cover western (entry) portal. After the construction pit for western tunnel portal was excavated to the level enabling commencement with construction of the tunnel tubes, works on the southern tunnel tube commenced and the northern tunnel tube followed. Ceremonial breakthrough of the calotte in the northern tunnel tube took place after 329 days on June 29, 2006. Excavation of the bench and invert of the northern tunnel tube continued until July.

### GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

Vítkov hill, under which the northern Vítkov tunnel is driven, consists of the Šárka and in particular the Dobrotiva Member rocks. More details are available in article: Kössler, Teska – Geotechnický monitoring na tunelech Nového spojení (New Connection Tunnels - Geotechnical Monitoring) published in issue 2/2006 of this magazine.

Hydrogeological conditions were expected to be quite favorable according to the available survey data. No major concentrated water inflow into the works was expected, only minor underground water penetration could have occurred – rather rain water infiltrating from the surface through cracks and faults. These assumptions were confirmed during the construction.

### CONSTRUCTION METHOD, DESIGN, AND PROGRESS OF WORK

Tunnel is constructed according to the principles of the New Austrian Tunneling Method with horizontal division of the excavation (with the exception of a short section near the eastern portal where the top heading was divided vertically with respect to the low overburden). Tunnel driving was included into the excavation support classes 3, 4a, 4b, and 5a. The round length was between 1 and 2 meters depending on the support class. Lining was made with SB 20 grade shotcrete and its thickness varied between 0.25 and 0.4 meters. The concrete was reinforced by two layers of steel mesh, 3- and 4-piece lattice girders, and by a system of 3–6 m-long friction rock bolts expanded by pressurized water. Pre-drilled steel needles were used in places with unstable top heading roof. Initial phases of the tunneling were performed under the protection of horizontal micropile umbrellas with the lengths of 15–21 m. Specific technical parameters for individual classes were identical also for the southern tunnel tube (see the previous article).

Portal walls of the cut and cover western portal consisted of vertical micropiles 108/16 mm with lengths between 15 and 18 meters divided into two levels. Stabilization of the walls has been achieved by permanent cable anchors with lengths between 12 and 16 meters with vertical distance of anchoring levels of 3.5 m. Heads of the micropiles were interconnected by an anchored reinforced concrete capping piece.

Driving of the northern Vítkov tunnel from the eastern portal commenced after ceremonial installation of St. Barbara's statuette on August 5, 2005. Total length of the mined part of the northern tunnel tube is 1,150 meters. Driving took place in all excavation support classes expected in advance; the top heading was divided vertically in the portal area due to the minimal overburden thickness. Disintegration of the rock massif was performed exclusively by machines in the first dozens of meters, later on also with blasting operations. Primary lining convergences were small and they have never achieved the limit values.

The following machinery was used during the tunnel construction: Liebherr 934 tunnel excavator, Caterpillar 925 excavator, 2 Volvo 120 E loaders, Atlas Copco boomer, Meyco Potenza mobile manipulator with pump and compressor, AC lifting platform, 2 x Volvo A 25D 4x4 Dumper, and 3 x Tatra 815, JCB 4 CX tractor-excavator.

Average monthly progress of the top heading excavation was 110 meters, maximal progress was reached in October, 2005 – 143 meters of the tunnel



Obr. 2 Začátek ražby JTT ze západního portálu  
Fig. 2 Commencement of the NTT excavation from the western portal

Úvodní části ražeb proběhly po ochranou horizontálních mikropilotových dešťníků v délce 15–21 m. Konkrétní technické parametry pro jednotlivé třídy jsou stejné jako pro jižní tunelovou troubu (viz předchozí články).

Portálové stěny hloubeného západního portálu jsou tvořeny svislými mikropilotami 108/16 mm délky 15–18 m ve dvou etážích. Stabilizace stěn je zajištěna pomocí trvalých lanových kotev délky 12–16 m s vertikální vzdáleností kotevních úrovní 3,5 m. Hlavy mikropilot jsou spřaženy kotveným železobetonovým trámem.

Ražba severního vítkovského tunelu z východního portálu započala po slavnostním osazení sošky sv. Barbory dne 5. srpna 2005. Celková délka ražené části STT činí 1150 m. Ražba probíhala ve všech předem předpokládaných technologických třídách, v oblasti portálu pak vzhledem k minimálnímu nadloží tunelu s ražbou kaloty členěnou vertikálně. Rozpojování horninového masivu probíhalo v prvních desítkách metrů výlučně strojním způsobem, později s pomocí trhacích prací. Konvergence primárního ostění byly malé a nikdy nedosáhly limitních hodnot.

Při ražbě byla využívána následující strojní sestava: tunelbagr Liebherr 934, bagr Caterpillar 925, 2 x nakladač Volvo 120 E, vrtací vůz Atlas Copco, mobilní manipulátor s čerpadlem a kompresorem Meyco Potenza, plošina AC, 2 x Dumper Volvo A 25D 4x4 a 3 x Tatra 815, traktorbagr JCB 4 CX.

Průměrný měsíční výkon při ražbě kaloty byl 110 m, maximální výkon byl dosažen v říjnu 2005 – 143 m kaloty tunelu. Větrání tunelu bylo navrženo jako separátní foukač s ventilátorem Körfmann GAL 1400 umístěným v tunelu s lufťovým tahem  $\varnothing$  1600 mm.

Po přípravných pracích bylo v polovině června 2005 zahájeno hloubení západního (vjezdového) portálu. Při výstavbě portálové části bylo nutné vyřešit problémy spojené s nepříznivou konfigurací terénu (příkré západní svahy Vítkova). Operativní řešení vyžadovala také doprava rubaniny na mezideponii vzhledem k ukončení provozu Hrabovské spojky až ke konci roku 2005. K dopravě rubaniny bylo přes Hrabovskou spojku vybudováno mostní provizorium s dvojicí dopravníkových pasů. Alternativně byla rubanina dopravována pomocí nákladních automobilů.

Problémovým místem západního portálu se dle předpokladu stal subtilní, v oblasti portálu JTT pouze cca 3,5 m široký, horninový pilíř mezi severním a jižním tunelem. Pilíř byl sepnut s primárním ostěním JTT tyčovými kotvami, u nichž došlo vzhledem k pohybům horninového masivu k nárůstu kotevních sil měřených pomocí osazených dynamometrů. Pro zabránění vyčerpání únosnosti kotev bylo původně navrženo rozmístění svorníků doplněno o další kotvy. V současné době se nárůst kotevních sil zastavil.

S ražbou JTT od západního portálu bylo započato 22. listopadu 2005, po dosažení výškové úrovně dna kaloty tunelu. Ražba probíhala v technologické třídě 5a strojním způsobem bez použití trhacích prací s délkou záběru 1 m. Ražba jádra a uzavírání dna protiklenbou probíhalo vzhledem ke geotechnicky citlivému úseku současně v délkách záběrů 2 až 3 m. Zároveň s ražbou byla likvidována průzkumná geologická štola. Horninové prostředí v její bezprostřední blízkosti bylo značně rozvolněno použitím trhacích prací při její výstavbě. Celkem bylo ze západního portálu vyraženo 43 m JTT. Konvergence



Obr. 3 Vertikální členění kaloty STT  
Fig. 3 Vertical division of the NTT top heading

calotte. Tunnel ventilation was designed as a separate blowing system with Körfmann GAL 1400 fan located in the tunnel and with the air duct having 1,600 mm in diameter.

After the preparatory works, excavation of the western (entry) portal commenced in the half of June, 2005. Problems with unfavorable terrain configuration had to be resolved during the portal area construction (steep western slopes of Vítkov). Operative solution was required also for transport of the loose rock to the temporary heap due to the end of Hrabovská spojka operation as of the end of 2005. In order to enable the loose rock transport, a temporary bridge with two belt conveyors was built over Hrabovská connection track. Alternatively, the loose rock was transported by lorries.

As expected, the subtle rock pillar between the southern and northern tunnel tube in the area of the western portal became the weak point of the construction. The pillar was attached to the primary lining of the southern tunnel tube by rod-type anchors on which increase of the anchoring forces measured by the installed dynamometers took place due to the rock massif movements. In order to avoid depletion of the load bearing capacity of the anchors, the design layout of the struts was complemented with other anchors. Increase of the anchoring forces has recently stopped.

Driving of the southern tunnel tube from the western portal commenced on November 22, 2005 when the level of the tunnel calotte bottom was reached. Driving was performed in the excavation support class 5a by machines without blasting works utilization; round length was 1 meter. Excavation of the bench and invert took place in one step along 2-3 meter sections in the geotechnically sensitive section. The exploratory geological gallery was destroyed during the tunneling progress. The rock environment in its close vicinity was disintegrated by blasting performed during its construction. 43 meters of the southern tunnel tube were constructed from the western portal. Convergences did not reach their limit values, maximal subsidence in a measured point was 20 mm. Due to the above-mentioned subtle rock pillar between both tunnels, the construction of the southern tunnel tube was a prerequisite for commencement with construction of the northern tunnel tube. In order to minimize the stability risks, the rock massif in front of the northern tunnel tube was left at the level of the calotte of the southern tunnel



Obr. 4 Vrtání kaloty STT  
Fig. 4 NTT top heading drilling



Obr. 5 Ražba kaloty STT  
Fig. 5 NTT top heading from the east



Obr. 6 Kalota STT z východu  
Fig. 6 NTT top heading from the west

nedosáhly limitních hodnot, maximální dosažený pokles měřeného bodu činil 20 mm. Výstavba úseku JTT podmiňovala vzhledem k již zmíněnému subtilnímu horninovému pilíři mezi oběma tunely zahájení ražby STT. Pro minimalizaci rizika porušení stability byl horninový masiv v prostoru před STT ponechán v úrovni vrchlíku kaloty JTT po dobu její ražby. K odtěžení došlo až po vyražení celého 43 m dlouhého úseku JTT.

Ražba STT ze západního portálu byla zahájena 6. března 2006, celkem bylo ze západu vyraženo 129 m. Ražba probíhala v technologické třídě 5a v kombinaci strojního rozpojování a rozpojování trhačemi pracemi. Postupy při pobírání kaloty a jádra+dna byly stejné jako u JTT. Vzhledem k nízkému nadloží v blízkosti portálu (úboční tunel) bylo provádění tunelového úseku technicky i organizačně náročné. Navzdory obtížným geotechnickým podmínkám nepřesáhly naměřené hodnoty konvergencí limitní hodnoty.

### RAŽBA V PROSTORU POD NÁRODNÍM PAMÁTNÍKEM

Úsekem ražby, na nějž se po právu soustředila pozornost všech zainteresovaných účastníků výstavby, bylo podcházení budovy Národního památníku na Vítkově včetně jezdecké sochy Jana Žižky.

V obou případech se jedná o atypické konstrukce, jejichž chování vlivem seismického zatížení trhačích prací či vlivem poklesů od ražeb bylo těžko předvídatelné. Oba objekty byly z tohoto důvodu nadstandardně sledovány nástroji monitoringu – důkladná pasportizace, měření poklesů husté bodové sítě, měření šířky trhlin, seismická měření každého odpalu atd.

nel tube during the period of its construction. The material was removed only after the complete 43 meters long section of the southern tunnel tube was completed.

Northern tunnel tube construction from the western portal commenced on March 6, 2006 and 129 meters of the tunnel were constructed from the west. The works took place in the support class 5a using the combination of machine disintegration and blasting works. The progress speed during top heading and bench+invert construction was identical to that reached in the southern tunnel tube. Execution of this section was difficult both from technical and organizational perspective due to the low overburden thickness near the portal (hillside tunnel). Despite of the difficult geological conditions, the measured convergences did not exceed the limit values.

### CONSTRUCTION UNDER THE NATIONAL MONUMENT

The section which justly received most attention of all parties involved in the construction was the passage under the building of Vítkov national monument with the equestrian statue of Jan Žižka.

In both cases, these were non-standard structures. Their response to seismic loading induced the blasting operations or to the subsidence caused by the tunneling works was difficult to estimate. Therefore, both buildings were carefully monitored by numerous monitoring tools – thorough condition survey, subsidence measurement within a dense network of points, crack width measurement, seismic measurement of each blast, etc.

The equestrian statue of Jan Žižka was secured by tubular scaffolding before commencement with tunnel construction in its vicinity. The purpose of the scaffolding was to stabilize the selected major peripheral parts of the statue – tail and right hand holding the mace. In addition to seismic sensors, the statue was also equipped with an anemometer because the structural calculation proved a significant influence of high wind speed on the statue stability. Combined effects of wind loading and seismic load caused by blasting could have resulted in its damage. On-line data was transmitted to a web page enabling the contractor to respond to identified values and to modify/discontinue the blasting operations.

The national monument building was equipped with permanent seismic stations and the measured values were automatically transmitted in form of SMS messages immediately after each blast. Whenever the defined limit seismic loading values were approached ( $v = 12 \text{ mm/s}$ ,  $f > 50 \text{ Hz}$ ) the drilling pattern was modified (reduced number of boreholes, reduced round length, lower quantity of explosive).

Reduced seismic load was certainly achieved also by usage of a semi-automated drilling system (Regular, Atlas Copco) enabling the crews to observe the alignment of individual boreholes, their precise distribution according to the drilling scheme, and identical length of the boreholes. The system works on the basis of entering the design horizontal and vertical alignment data specified in absolute geographic coordinates and the drilling pattern data in relative coordinates into the drilling machine's control system (using a PCMCIA card). The entered drilling pattern comprises the layout of the boreholes, their length, and inclination. The drilling machine is aligned by adjusting the drilling carriage fitted with cross staffs into the direction of the laser beam of the total station. Based on the identified position of the carriage, the machine's software can adjust the drilling pattern for the particular face. Machine operators then use the graphic display to navigate the carriage into the required position and inclination; drilling depth is indicated on a numeric display.



Obr. 7 Kalota po odpalu  
Fig. 7 Top heading after a blast

Jezedecká socha Jana Žižky byla před započítím ražby v její blízkosti zajištěna pomocí trubkového lešení. Jeho účelem byla zejména stabilizace vybraných hmotných periferních částí sochy – ohonu a pravé ruky třímající palcát. Socha byla vedle čidel pro měření seismiky vybavena i anemometrem pro sledování rychlosti větru. Statický výpočet totiž prokázal značný vliv vysoké rychlosti větru na stabilitu sochy. V případě složení účinků od zatížení větrem a seismického zatížení od provedeného odpalu mohlo znamenat její poškození. Výsledky měření byly online přenášeny na webovou stránku a umožňovaly tak zhotoviteli reagovat na zjištěné veličiny a upravit, či případně zastavit trhací práce.

Budova národního památníku byla vybavena stálými seismickými stanicemi a naměřené veličiny byly automaticky zaslány pomocí SMS zpráv neprodleně po provedení každého odpalu. V případě přiblížení se stanoveným limitním hodnotám seismického zatížení ( $v = 12 \text{ mm/s}$ ,  $f > 50 \text{ Hz}$ ) docházelo k úpravě vrtného schématu (redukce počtu vrtů, zkracování délky záběru či snižování množství použitých trhaviny).

Ke snížení seismické zátěže přispělo jistě i používání poloautomatického systému vrtání (systém Regular, Atlas Copco) umožňujícího osádkám dodržení sousosty jednotlivých vrtů, jejich precizní rozmístění dle vrtného schématu a identické délky vrtů. Systém funguje na základě zadání směrového a výškového vedení díla v absolutních zeměpisných souřadnicích daného projektem a vrtného schématu v relativních souřadnicích do systému vrtacího stroje (pomocí PCMCIA karty). Zadané vrtné schéma obsahuje rozmístění vrtů, jejich délku a sklon. Ustavení vrtacího stroje probíhá pomocí navedení vrtné lafety osazené záměrnými kříži do směru laserového paprsku totální stanice. Software stroje pak dle zjištěné polohy lafety dokáže „nasadit“ vrtné schéma na konkrétní čelbu. Obsluha stroje poté pomocí grafického znázornění na displejích navádí lafety do požadované polohy a sklonu, hloubka vrtání je znázorněna číselným údajem.

Dalším opatřením přispívajícím k redukci seismiky bylo použití neelektrického systému roznětu (Indet Shock), jehož výhodou oproti roznětu elektrickému je preciznější časování jednotlivých časových stupňů.

Ražba STT pod Národním památníkem Vítkov (NP) následovala s odstupem několika týdnů za již proběhlou ražbou JTT, kde poklesy nepřekročily předpokládané hodnoty. Úseky pod NP byly pro minimalizaci poklesů zaříděny do technologické třídy 4b (protiklenba), nadloží tunelu se pohybovalo kolem 40 m. Po přiblížení ražby STT k severo-východnímu rohu NP však došlo k překročení očekávaných hodnot poklesů a sledované body nevykazovaly trend ustálení. Bylo tedy přistoupeno k realizaci 8 ks injektovaných mikropilot 108/16mm délky 12–15 m pod krajními základovými patkami objektu pro vyztužení základové spáry a vyplnění případných dutin – jednou z možných příčin poklesů byl totiž nefunkční systém dešťové kanalizace v dané části objektu s negativním vlivem na stav základové spáry patek. Vývoj deformací se po provedení MP zastavil a další dodatečná opatření nebylo nutno přijímat. Ražba tedy proběhla i v tomto citlivém úseku bez větších komplikací.

## ZÁVĚR

Ražby severní tunelové trouby a úseku jižní tunelové trouby ze západního portálu proběhly za přispění všech účastníků výstavby bez vážných problémů. K úspěšnému výsledku přispělo dodržování technologické kázně, snaha o minimalizaci dopadů stavební činnosti na životní prostředí a plné respektování omezujících podmínek při ražbě tunelu. Z tunelářského hlediska byly přínosem správně zvolená a minimálně poruchová strojní sestava a zkušený pracovní kolektiv tunelářů a vedoucích techniků. K vysokým výkonům přispěly relativně příznivé geologické podmínky s dobrou stabilitou výrubu a prakticky úplná absence podzemní vody.

V současné době probíhá v prostoru západního portálu montáž tunelové formy v souběhu s betonáží definitivního ostění dna a základových patek hloubené části. Předpoklad zhotovení kompletní definitivní hloubené části je do konce roku 2006, poté se betonáž přesune do ražené části STT a bude pokračovat směrem k východnímu portálu. V severní tunelové troubě nyní probíhá profilace primárního ostění tunelu frézováním a aplikace jemnozrnné vrstvy stříkaného betonu jako podklad pro mezilehlou hydroizolaci.

OLDŘICH ČEJKA, [ocejka@subterra.cz](mailto:ocejka@subterra.cz),

MIROSLAV CHYBA, [mchyba@subterra.cz](mailto:mchyba@subterra.cz), SUBTERRA, a. s.



Obr. 8 Montáž bednicího vozu před západním portálem

Fig. 8 Assembly of the movable formwork

Usage of the non-electric priming system (Indet Shock) was another measure contributing to seismics reduction. Its main advantage in comparison with the electrical ignition is more precise timing of individual time steps.

Northern tunnel tube construction under the Vítkov national monument followed the southern tunnel tube with the time gap of several weeks knowing that the subsidence invoked by the southern tunnel tube did not exceed the expected values. In order to minimize the subsidence, sections under the national monument were classified as 4b (invert); the tunnel overburden thickness varied around 40 meters. When the northern tunnel tube approached the north-eastern corner of the national monument, expected subsidence values were suddenly exceeded and the monitored points did not show any stabilization trend. It was therefore decided to implement eight grouted micropiles 108/16mm with lengths between 12 and 15 meters under the outer strip footings of the building in order to reinforce the foundation base and to fill-in potential cavities. This was done because the possible causes of subsidence included malfunctioning rain sewer system in given part of the building with negative impact on the condition of the foundation base. Development of deformation stopped after the micropiles installation and no additional measures were therefore required. The tunnel driving therefore did not cause any major problems in this section.

## CONCLUSION

Driving of the northern tunnel tube and part of the southern tunnel tube from the western portal took place without major problems thanks to the assistance of all involved parties. Successful result was achieved thanks to the technological discipline, attempts to minimize the environmental impact of the construction, as well as full respecting of the limiting conditions during the tunnel construction. From the tunneling perspective, main benefits comprised correctly chosen failure-free machinery and experienced team of tunnel engineers and chief engineers. High performance was possible thanks to relatively favorable geological conditions with good excavation stability and virtually no ground water.

The tunnel formwork is currently being assembled in the western portal area in parallel with concreting of the final invert lining and the strip footings of the cut and cover part. It is expected that the cut and cover section will be fully completed before the end of 2006. The concrete casting operations will then move to the mined part of the northern tunnel tube and they will continue towards the western portal. The northern tunnel tube is currently subject to profiling of the primary lining by milling and application of fine-grained shotcrete which will serve as the base for an intermediate waterproofing system.

OLDŘICH ČEJKA, [ocejka@subterra.cz](mailto:ocejka@subterra.cz),

MIROSLAV CHYBA, [mchyba@subterra.cz](mailto:mchyba@subterra.cz), SUBTERRA, a. s.

# BEZPEČNOST DOPRAVY V ŽELEZNIČNÍCH TUNELECH

## SAFETY OF TRAFFIC IN RAILWAY TUNNELS

BOHUSLAV STEČÍNSKÝ

### ÚVOD

Bezpečnost železniční dopravy obecně a bezpečnost železniční dopravy v tunelech obzvlášť je záležitostí multidisciplinární a interdisciplinární. Na tuto problematiku lze nahlížet z různých pohledů a perspektiv a stejně tak bohaté je množství přístupů, které lze zohlednit při koncepčních volbách sloužících k zajištění nezbytně nutné, požadované, optimální nebo i nadstandardní úrovně bezpečnosti provozované dopravy.

Železniční doprava má oproti silniční dopravě, která je její hlavní konkurentkou, v oblasti bezpečnosti několik stěžejních výhod. Je to především výrazně větší direktivnost, absolutní profesionalita z hlediska osob zabývajících se výkony souvisejícími s provozováním dopravy a provozováním dráhy a především výraznější regulace pohybu dopravních prostředků po dopravní cestě. Tyto výhody železniční dopravy z hlediska bezpečnosti jsou zároveň nevýhodami z pohledu konkurenceschopnosti, protože železniční dopravu nezanedbatelným způsobem zdražují. Zároveň jsou však pro provozování železniční dopravy nezbytným předpokladem již od doby jejího vzniku. Není bez zajímavosti, že naprostá většina významnějších externalit (mimořádných událostí – nehod), které železniční dopravu provázejí, se děje na úrovních styků dráhy a pozemní komunikace, na železničních přejezdech, v naprosté většině zaviněním nezodpovědných řidičů nedodržujících pravidla provozu na pozemních komunikacích.

Z hlediska tunelů je podstatné, že veškerá pozitiva železniční dopravy se příznivě projevují i na úrovni bezpečnosti dopravy v železničních tunelech. Střety na přejezdech jsou pro tyto objekty irrelevantní, a tak samotná pravděpodobnost vzniku mimořádné události v tunelu odvozená z četnosti mimořádných událostí na železniční síti České republiky je relativně malá. Tato pravděpodobnost pochopitelně roste s rostoucí délkou tunelové trouby. S ohledem na charakter naší železniční sítě a délky stávajících tunelů lze úroveň bezpečnosti dopravy v nich považovat za standardní. Průměrný tunel na naší železniční síti má délku mezi 350 – 500 m a pouze 5 tunelů přesahuje svou délkou 1 km, přičemž žádný tunel není delší než 2 km. V současné době je však ve fázi projekční přípravy celá řada nových tunelů, které svou délkou výrazně přesahují provozované tunely. I z tohoto důvodu je problematice bezpečnosti v železničních tunelech věnována velká pozornost jak ze strany provozovatele dráhy a drážní dopravy, kterými jsou České dráhy, a. s. (ČD), tak ze strany vlastníka železniční infrastruktury a investora, kterým je Správa železniční dopravní cesty, s. o. (SŽDC).

Pokud je v úvodních odstavcích tohoto článku zdůrazňována úroveň bezpečnosti železniční dopravy jako takové, je to čínevo se snaže poukázat následně na nutnost optimalizovat v jednotlivých přístupech vazby bezpečnosti a ekonomiky. K otázkám bezpečnosti dopravy v tunelech lze přistupovat z pohledu pravděpodobnosti vzniku mimořádné události a následně z hlediska možného zvládnutí těchto mimořádných událostí. Z hlediska pravděpodobnosti vzniku mimořádných událostí je možné činit taková opatření, která tuto pravděpodobnost pokud možno minimalizují (preventivní opatření). Tato opatření mohou být běžná v rámci celé železniční sítě, nebo mohou být specifická pro tunelové objekty. Na opačném spektru možných přístupů je koncepční pohled, při němž havárii považujeme za jev jistý a veškeré úsilí se soustřeďuje na zajištění prostředků pro co možná nejlepší zvládnutí mimořádné události (represivní přístup). Tyto přístupy je obvykle nutné kombinovat. Vždy je však nutno posuzovat i efektivitu přijatých opatření. Vynaložené náklady by měly přinést odpovídající efekt. Z těchto důvodů je nutno zpracovat scénáře možných událostí (příčiny, rozvoj, dopady). Navrhnout opatření k minimalizaci ohrožení, rozvoje mimořádných událostí a jejich dopadů. Navržená opatření mají být podrobena ekonomické analýze z hlediska jejich efektivit a přidáné hodnoty. Celkový návrh koncepce bezpečnostního řešení by měl být podroben rizikové analýze. Tento proces musí být postupný a iterační.

### PODKLADY, BEZPEČNOSTNÍ STUDIE, LEGISLATIVA

Zvýšená pozornost začala být věnována problematice bezpečnosti dopravy v tunelech po sérii nehod, které se v tunelech udály na konci

### INTRODUCTION

Safety of railway traffic in general and the safety of railway traffic in tunnels in particular are multidisciplinary and interdisciplinary matters. This issue can be viewed from various angles and perspectives; the number of approaches which can be adopted in the process of making conceptual decisions in the area of providing the safety of the future traffic at a necessary level or a required, optimum or even above-standard level.

Compared with its main competitor, which is road transport, railway transport has several principal advantages in terms of safety: higher level of directive control, absolutely professional background in terms of persons performing the transportation processes and the railway operation processes, and primarily a higher level of control of movement of means of transport along traffic routes. The above-mentioned safety-related advantages of railway transport are at the same time disadvantages in terms of competitiveness because they considerably increase the cost of the railway transport. However, they have been a prerequisite for the operation of railway traffic since its origination. There is an interesting finding that the absolute majority of more significant accidents associated with railway traffic have happened at railway crossings, where irresponsible drivers breaching road traffic regulations caused the absolute majority of these accidents.

Regarding tunnels, the important fact is that all positives of railway traffic have even been translated into the level of traffic in railway tunnels. The accidents at railway crossings are irrelevant to the tunnels; therefore the probability of origination of any emergency in a tunnel, which is derived from the frequency of emergencies occurring within the railway network in the Czech Republic, is relatively low. Of course, this probability grows with the tunnel length increasing. With a view to the character of our railway network and the lengths of the existing tunnels, the level of safety in the tunnels can be considered as standard. An average tunnel in our railway network is about 350m to 500m long; only five tunnels are longer than 1 km, while none of them is longer than 2 km. However, there are currently several new tunnel projects in the designing phase which exceed the lengths of the operating tunnels. This is one of the reasons why the problems of safety in railway tunnels is paid great attention both by České dráhy, a.s. (ČD), the railway and railway transport operator, and Správa železniční dopravní cesty, s.o. (SŽDC), the owner of the railway infrastructure and investor.

The reason why the level of railway traffic is emphasised in the opening paragraphs of this paper is our effort to show the necessity for optimising the relationships between safety and economy. The issues of traffic in tunnels can be addressed from the aspect of probability of origination of an emergency and subsequently from the aspect of capability to handle the particular emergency. In terms of the probability of origination of emergencies, measures can be implemented which minimise this probability as much as possible (preventive measures). These measures can be common measures implemented all over the railway network, or they can be specific to tunnel structures. The conceptual viewing is on the other end of the spectrum of possible approaches, where an accident is considered to be an event, which will certainly occur and all efforts are focused on provision of means allowing as successful as possible handling of the emergency (the repressive approach). The above-mentioned approaches must usually be combined. However, even the efficiency of the adopted measures must always be assessed. The costs incurred should yield adequate effects. For this reason it is necessary to develop scenarios of possible events (the causes, development, impacts); to propose measures to be taken to minimise the dangers, development of emergencies and their impacts. The efficiency and added value of the proposed measures should be subjected to an economic analysis. The overall proposal of the concept of the safety design should be subjected to a risk analysis. This process must be carried out step by step, in an iterative way.

### SOURCE DOCUMENTS, SAFETY STUDY, LEGISLATION

Particular attention started to be paid to the issues of safety in tunnels after a series of accidents which occurred at the end of the twentieth century

dvacátého století (Mont Blanc, Tauernský tunel, lanovka v Kaprunu, tunel pod kanálem La Manche).

Jako jedna z prvních započala svou práci skupina expertů UNECE (Ekonomická komise OSN pro Evropu). V první fázi byla práce soustředěna na tunely obecně, bez rozlišování charakteru dopravy. Postupně se však specializovala skupina expertů pro tunely na pozemních komunikacích a pro tunely železniční. Výsledkem práce byla pro oblast železničních tunelů směrnice: Doporučení víceprofilové skupiny expertů pro bezpečnost v železničních tunelech.

Takřka souběžně byla zpracovávána směrnice Mezinárodní železniční unie (UIC): CODE 779-9 Bezpečnost v železničních tunelech. Tato směrnice je v současné době nejucelenějším přehledem možných opatření a přístupů sloužících k dosažení požadované úrovně bezpečnosti.

Posledním evropským legislativním aktem dotýkajícím se problematiky bezpečnosti v železničních tunelech jsou Technické specifikace interoperability – Bezpečnost v železničních tunelech (TSI SRT). Zpracování TSI zadala Evropská komise v rámci zajištění technické propojenosti železničních systémů v kontextu komplexu opatření sloužících k ozdravení a zvýšení konkurenceschopnosti železniční dopravy (takzvané železniční balíčky Evropské komise). TSI SRT byly schváleny v polovině tohoto roku a jsou pro železnice EU závazné. Obecně se rozlišují TSI pro vysokorychlostní a konvenční železniční systém. Nyní přijaté TSI jsou určeny pro konvenční i vysokorychlostní železniční systém. Aplikace této směrnice bude zatím závazná na vybraných tratích evropské železniční sítě, v budoucnu se však předpokládá rozšíření působnosti na všechny tratě evropského železničního systému. V České republice se TSI týkají všech koridorových tratí a vybraných tratí dohody AGC a AGTC.

Specifický předpis či právně relevantní podklad v České republice zabývající se bezpečností železničních tunelů neexistuje a s ohledem na přijatá TSI se ani nepředpokládá, že by vznikl.

Obecné zásady jsou stanoveny normou ČSN 73 7508 Železniční tunely. Z hlediska požární ochrany je základním právním předpisem zákon č. 133/1985 Sb., v platném znění (zákon o požární ochraně) a jeho prováděcí vyhláška č. 246/2001 Sb., v platném znění (vyhláška o požární prevenci). Vedle těchto dokumentů je v platnosti nařízení vlády č. 11/2002 Sb., v platném znění, kterým se stanoví vzhled a umístění bezpečnostních značek a zavedení signálů.

České dráhy zadaly v roce 2004 dvoustupňový projekt Bezpečnost v železničních tunelech. První fáze byla zpracována v roce 2004. Druhá fáze se zpracovává v tomto roce. V rámci tohoto projektu byla mapována nynější úroveň bezpečnosti provozu v železničních tunelech sítě České republiky; provedena studie přístupů a metodik rizikové analýzy. V tomto roce by mělo dojít k dokončení projektu a stanovení některých konkrétních postupů při návrhu bezpečnostního řešení železničních tunelů. Vedle této obecné studie je vhodné zmínit také konkrétní práce na projektu Nového spojení Praha–Beroun, který zadala SŽDC a v rámci něhož byla zpracována riziková analýza pro bezpečnost dopravy.

Vedle těchto podkladů existuje v Evropě iniciativa FIT (European Thematic network on Fire in tunnels), jejíž péčí byla zpracována kompilace evropských, národních směrnic pro požární bezpečnost v tunelech. A také projekt Up Tun (Upgrading Methods for Fire Safety in Existing Tunnels). Jak již název napovídá, jedná se o projekt, který má především nalézt způsoby jak zvýšit požární bezpečnost v existujících tunelech. Obě iniciativy FIT i Up Tun se zabývají jak silničními tunely, tak tunely železničními.

## BEZPEČNOSTNÍ KONCEPCE

Jak bylo řečeno již v úvodu, bezpečnostní koncepci lze zpracovat v zorném úhlu dvou základních premis:

- a) v závislosti na pravděpodobnosti vzniku mimořádné události v tunelu;
- b) s předpokladem, že k mimořádné události dříve či později dojde.

Ve skutečnosti se bezpečnostní koncepce obvykle zpracovává při vzájemném zohlednění obou těchto předpokladů.

S jistou mírou zjednodušení lze konstatovat, že u kratších tunelů (cca do 350 m) se nepředpokládá nutnost dodatečných bezpečnostních opatření oproti standardním opatřením v rámci železniční sítě. Pravděpodobnost vzniku nehody v těchto tunelech je malá a s ohledem na malé délky tunelů je zajištěna jak maximální možná délka únikové cesty z tunelu, tak podmínky pro eventuelní přístup represních složek pouze z portálů tunelu.

U tunelů s délkou nad 1 km již pravděpodobnost vzniku nehody mírně narůstá, ale především klesá pravděpodobnost možné sebezáchrany z prostor tunelu v případě vzniku mimořádné události.

Směrnice, které byly zmíněny v předcházející kapitole, obvykle pokrývají tunely délek od 1 km do 15 km. Horní hranice 15 km byla stanovena smluvně, není exaktně stanovenou hranicí. U tunelů s délkou nad 15 km

(the Mont Blanc and Tauern tunnels, the Channel tunnel, the Kaprun funicular tunnel).

A group of experts of the UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) was the first to start the work. In the initial phase, the work was focused on tunnels in general, without distinguishing between the traffic modes. However, two groups gradually developed specialised in road tunnels and railway tunnels respectively. The work in the field of railway tunnels resulted into the directive: Recommendations of the Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels (Rail).

The work on the CODE 779-9, Safety in Railway Tunnels, was carried out by the International Railway Union (UIC) nearly simultaneously. This directive is currently the most comprehensive overview of possible measures and approaches allowing us to achieve the required safety level.

The last European legislative act associated with the issue of safety in railway tunnels are the Technical Specification for Interoperability – Safety in Railway Tunnels (TSI SRT). The development of the TSI was ordered by the European Commission within the framework of technical interconnection of railway systems within the context of a complex of measures focused on improving and increasing the competitiveness of railway traffic (so called "Railway packages by the European Commission"). The TSI SRT were approved in the middle of 2006 and they are binding for EU railways. In general, we distinguish the TSI for high-speed railway system and the conventional railway system. The TSI SRT which were adopted now are intended for the conventional and highspeed railway system. For the time being, the application of this directive will be obligatory for selected lines of the European railway network, but their force is extended to cover all lines of the European railway system. In the Czech Republic, the TSI apply to all railway lines of the corridor and selected lines covered by the AGC and AGTC agreements.

No specific regulation or legally relevant document dealing with safety in railway tunnels exists in the Czech Republic and, with respect to the approved TSI, it is not expected that they would originate. General rules are defined by the standard ČSN 73 7508 Railway Tunnels. The fundamental legal regulation in terms of fire protection is the Law No. 133/1985 Coll. (the Fire Protection Act) as amended and the relevant implementing order No. 246/2001 Coll. (the Fire Prevention Order) as amended. Apart from the above-mentioned documents, the Ordinance No. 11/2002 Coll. is in force; it specifies the visual aspect and positions of safety signs and introduces signals.

In 2004, České Dráhy (Czech Railways) ordered the development of a double-stage project called "Safety in Railway Tunnels". The first stage was developed in 2004. The second stage is being developed this year. The works on this project consisted, among others, of mapping of the current level of safety of traffic in tunnels on the railway network in the Czech Republic and development of a study of approaches and methodologies of the risk analysis. The project should be completed and some particular procedures of designing safe railway tunnels should be developed in 2006. In addition to this general study, we should mention the particular work on the New Connection from Prague to Beroun Project, which was ordered by SŽDC and which contained, among others, a risk analysis for traffic safety.

The FIT initiative (the European Thematic network on Fire in Tunnels), which exists in Europe developed another document issued in addition to the above-mentioned ones, namely a compilation of European and national directives on fire safety in tunnels. The UPTUN initiative (Upgrading methods for Fire Safety in Existing Tunnels) is another element of the system. Both the FIT and UPTUN initiatives cover road tunnels as well as railway tunnels.

## THE SAFETY CONCEPT

As mentioned in the introduction, the safety concept can be developed from the viewpoint of the following two basic premises:

- a) with respect to the probability of occurrence of an emergency in the tunnel;
- b) on assumption that an accident will sooner or later occur.

In practice, safety concepts are usually developed with both above-mentioned assumptions taken into consideration.

It can be stated, with a certain measure of simplification, that the necessity for additional safety measures complementing standard measures applied within the railway network is not expected in the case of shorter tunnels (approximately up to 350m long). The probability of an accident in those tunnels is low and, considering the short length of the tunnels, the condition of the maximum allowable length of the escape route from the tunnel is met, as well as the condition for a contingent access of intervention forces, which is sufficient from the tunnel portals.

Regarding tunnels longer than 1 km, the probability of an accident slightly grows, but, the most important thing, the probability of successful self-rescue of passengers from the tunnel space in the case of emergency steeply diminishes. The directives mentioned in the preceding chapter usually cover 1km to 15km-

se předpokládá specifický přístup, který může být ještě rozsáhlejší a rozmanitější, než je stanoveno v uvedených podkladech. Je zřejmé, že u tunelů těchto délek již nemá smysl rozlišovat pravděpodobnost vzniku mimořádné události přímo v tunelu nebo mimo tunel. Pokud dojde k nehodě, je možnost sebezáchrany nebo represivní zásahu velmi malá, pokud nejsou zajištěny dodatečné podmínky umožňující jak sebezáchranu osob z ohrožených míst, tak přístup zachraňujících složek.

Obecně by každá bezpečnostní koncepce měla sestávat v kombinaci následujících opatření:

- a) opatření pro zabránění mimořádným událostem,
- b) opatření pro zmírnění rozsahu následků mimořádných událostí,
- c) opatření pro záchranu vlastními silami,
- d) opatření pro umožnění záchrany záchranými složkami.

Kombinace dodatečných prvků vybavení tunelů z hlediska bezpečnostní koncepce bude vždy závislá především na jednom parametru, kterým je délka tunelu.

V rámci zpracování ČSN 73 7508 Železniční tunely byla do textu normy zakotvena zásada vypracování „koncepce požárněbezpečnostního řešení“ a „projektu požárněbezpečnostního řešení“ pro každý tunel individuálně, na základě podrobné analýzy podmínek konkrétní tunelové stavby. Koncepce požárněbezpečnostního řešení je součástí přípravné dokumentace, resp. dokumentace k územnímu řízení. Požárněbezpečnostní řešení tunelového objektu je součástí projektu stavby.

Zásadním cílem bezpečnostní koncepce musí být minimalizace možnosti vzniku nehod a požárů a zajištění možnosti rychlého zásahu v případě, že krizová situace nastane, při snaze minimalizovat následky na lidských životech a následně majetku.

## ROZDĚLENÍ TUNELŮ Z HLEDISKA RIZIK

Hlavním kritériem, na jehož základě lze zařadit tunel pro potřeby bezpečnostní, je délka tunelové trouby. Každá hranice v rámci takového dělení je do určité míry volena konvenčně na základě kompromisního rozhodnutí. V České republice je dosud legislativně stanovena jediná hranice pro rozdělení tunelů, a tou je délka tunelové trouby 350 m. Tato hranice je dána vyhláškou Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb. v platném znění. Hranice byla stanovena na základě možnosti zvládnutí požáru z obou tunelových portálů. Tunely délky nad 350 m jsou považovány za objekty se složitými podmínkami pro zásah. Jedná se tedy o hranici, jejíž hodnota byla stanovena s ohledem na charakter represivních opatření.

Jako vhodnější dělení se jeví takové stanovení mezí, které vedle represivního pohledu ve větším rozsahu respektuje charakter železniční dopravy a možnosti preventivních opatření. Jako první mez lze stanovit délku tunelové trouby v závislosti na průměrné délce vlakové soupravy. Následující mez je potom stanovena jako hranice pro uplatnění plošných stavebně-technologických požadavků. Poslední rozhodující mez je dána potřebou nadstandardních opatření, která v žádném případě nelze plošně předepsat bez znalosti konkrétních podmínek.

Směrnice EBA, používaná v podmínkách německých drah (DB) a zpracovaná především s přihlédnutím k problematice vysokorychlostních tratí, považuje, z hlediska bezpečnostního, za tunely stavby s délkou nad 500 m. Od této hranice po hranici 1000 m lze v bezpečnostní koncepci akceptovat některá zjednodušení. Tunely s délkou nad 1000 m a do délky 15 000 m jsou považovány za rizikové a jsou u nich uplatňovány plošně některá stavebně-technologická opatření. Tunely s délkou nad 15 000 m musí být posouzeny specificky.

Obdobně přistupuje k členění jak směrnice UIC tak TSI SRT (hranice 20 km). Přičemž zásadní specifikace jsou stanoveny pro tunely délek od 1 km do 15 (20) km. U tunelů s délkou tunelové trouby nad 15 (20) km se předpokládá specifická analýza a další dodatečná opatření.

Naše železniční tunely tak lze konvenčně rozdělit do tří kategorií. Tunely s délkou do 350 m, od 350 m do 1000 m a nad 1000 m. U nově uvažovaných tunelů k tomu již přistupuje i hranice 20 km.

Tunely s délkou nad 1000 m jsou především tunely Vinohradské, kde systém tří (resp. čtyř) tunelových trub je navzájem propojen bočními únikovými štolami a tunel Špičácký, který je stavebně dvoukolejný provozovaný jednokolejně. U všech čtyř tunelů je umožněna zvýšená rychlost evakuace postižených osob z místa krizové situace. V případě Vinohradských tunelů (komplex tunelových trub) únikem do vedlejších tunelových trub, v případě tunelu Špičáckého díky vlastní prostorové úpravě světlého tunelového průřezu. Pátý provozovaný tunel s délkou nad 1 km je nový Krasíkovský tunel, který byl uveden do provozu v roce 2004. Tento tunel byl již navržen při zohlednění současných bezpečnostních požadavků. Přibližně uprostřed tunelové trouby je vstup do únikové štoly, který zajišťuje maximální délku únikové cesty pro cestující a vlakovou četou v případě havárie do 500 m.

long tunnels. The upper limit of 15km was set on the basis of an agreement; it is not an exactly determined limit. Tunnels longer than 15km are assumed to be assessed using specific approaches, which may be even more extensive and variable than the approach specified in the above-mentioned documents. It is obvious that there is no point in distinguishing between origination of an accident directly in the tunnel or outside the tunnel when tunnels with the length exceeding 15km are concerned. If an accident happens, the possibility of self-rescue or intervention is very low unless additional conditions allowing both the self-rescue of persons from endangered locations and access for the intervention forces are met.

In general, any safety concept should contain a combination of the following measures:

- a) accident prevention measures,
- b) measures mitigating the extent of consequences of accidents,
- c) measures making the self-rescue possible,
- d) measures making the rescue by rescue system units possible.

The combination of additional components of the tunnel equipment from the viewpoint of the safety concept will always depend primarily on one parameter, the tunnel length.

The ČSN 73 7508 Railway Tunnels standard contains a principle, which was incorporated into the standard during its elaboration, that the "concept of the fire safety design" and the "fire protection design" must be prepared individually for each tunnel, on the basis of a detailed analysis of conditions of each particular tunnelling project. The concept of the fire safety design is a part of planning documents or the design documentation for issuance of the zoning and planning decision. The fire protection design for a tunnel structure is part of the final design. The basic aim of the safety concept must be minimisation of possibilities of occurrence of accidents and fires, as well as creation of conditions allowing prompt response in case of a state of crisis, with an effort to minimise consequences in terms of human life losses and, subsequently, damage to property.

## CATEGORISATION OF TUNNELS FROM THE PERSPECTIVE OF RISKS

The main criterion applicable to the categorisation of a tunnel in terms of safety is the length of the tunnel tube. Any limit used for this categorisation is in some measure chosen conventionally, on the basis of a compromise. The only limit which has been set by the legislation of the Czech Republic for the division of tunnels into categories is the tunnel length of 350m. This limit is contained in the Order No. 246/2001 Coll. as amended (issued by the Ministry of Interior). The limit was determined with respect to the possibility of handling a fire from both tunnel portals. Tunnels longer than 350m are considered to be structures with conditions difficult for rescue intervention. It is therefore a limit with a value which was determined with respect to the character of repressive measures.

A categorisation system using limits which, apart from the repressive point of view, take more into account the character of railway traffic and possibilities of preventative measures. The first limit can be derived from the tunnel length in relation to the average length of the train sets. The next limit is then determined as a limit for satisfying global structural and equipment-related requirements. The last crucial limit is given by the need for above-standard measures which can be by no means prescribed globally, without knowing the particular conditions.

The EBA directive used in the conditions of German railways (DB), which was developed primarily with respect to the problems of high-speed railways, considers only tunnels longer than 500m to be tunnels in terms of safety. From this limit up to the limit of 1000m, it is possible for the safety concept to accept some simplifications. Tunnels with the length higher than 1000m and up to 15,000m are considered to be hazardous; therefore some structural and equipment-related measures are applied to them globally. Tunnels longer than 15,000m must be assessed specifically.

The approach of the UIC code as well as the TSI SRT is similar, with the limits of 15km and 20km respectively. The basic specifications are set for tunnel tubes over 15 (20) km long. Specific analyses and other additional measures are assumed for tunnels longer than 15km and 20km respectively.

Tunnels in the Czech Republic can be conventionally divided into three categories: tunnels up to 350m long, from 350m to 1000m long and longer than 1000m. The 20km limit is added in the case of the newly planned tunnels. The category of tunnels longer than 1000m is represented primarily by the Vinohradsky tunnels, where the system of three (or four) tunnel tubes is interconnected by parallel escape galleries, and the Špičák tunnel (a double-rail tunnel structure with one rail operating). All of the four tunnels allow increased speed of evacuation of persons from the scene of crisis. Regarding the Vinohradsky tunnels (a complex of tunnel tubes), the escape is possible via the neighbouring tunnel tubes; the Špičák tunnel evacuation is possible owing to a special arrangement of the net tunnel cross section. The fifth operating tunnel which is over 1km

## PRÁVDĚPODOBNOST VZNIKU MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI V TUNELU

V této části článku je uveden postup výpočtu pravděpodobnosti vzniku nehody v tunelu v rámci železniční sítě České republiky. Výpočet byl proveden v roce 2002 pro ověření předpokladů o nízké pravděpodobnosti vzniku havárie v tunelech Českých drah. Komentář k parametrům výpočtu je uveden v posloupnosti jednotlivých kroků.

Nejdříve bylo nutné vyjádřit pravděpodobnost vzniku nehody v tunelu za předpokladu, že pravděpodobnost železniční nehody je 1,0 (to znamená nehoda vznikla):

$$P_{NT} = \text{Celková délka žel. tunelů} / \text{Celková délka tratí} = 36,5 / 9444,0 = 0,0038648877$$

Tento výpočet vyjadřuje pravděpodobnost, s níž v případě vzniku nehody v železniční síti ČD bude místem nehody tunel. Tato hodnota je samozřejmě velmi vysoká a pravděpodobnost vzniku nehody v tunelu ( $P_{VNT}$ ) je podmíněnou pravděpodobností. Pravděpodobnost vzniku nehody v tunelu je uvažována jako podmíněna pravděpodobností vzniku nehody na železniční trati ( $P_N$ ). Výslednou pravděpodobnost vzniku nehody v tunelu potom dostaneme ze vztahu:

$$P_{VNT} = P_{NT} * P_N, \text{ kde } P_N \text{ je pravděpodobnost vzniku nehody na železniční trati v síti ČD.}$$

Určení  $P_N$  je teoreticky problematické, lze ji však odvodit ze statistické četnosti nehod za určité období. Pro naše potřeby uvažujeme s hodnotou nehodovosti převzatou ze Statistické ročenky ČD. V zájmu zjednodušení uvažujeme všechny nehody za rok 2001 s výjimkou nehod na přejezdech (střet se silničním vozidlem), které nejsou v tunelech relevantní. Tento přístup je konzervativní a jednoznačně na straně bezpečné z hlediska neoprávněného snižování pravděpodobnosti vzniku nehody. Nehod takto definovaných bylo v roce 2001: 2547. Pro výpočet četnosti vzniku nehody musíme toto číslo vztáhnout k celkovému množství situací, při nichž nehoda může vzniknout. Budeme předpokládat, že tato situace je dána celkovým množstvím realizovaných vlakových cest za rok. V tomto bodě je vhodné provést idealizaci relevantních hodnot. Vzhledem ke skutečnosti, že vypravené vlaky mají různý charakter, budeme uvažovat pouze průměrnou přepravní vzdálenost osobních vlaků a zavedeme pojem celkový počet idealizovaných vlaků. Celkový počet idealizovaných vlaků získáme dělením celkového počtu vlakových kilometrů osobní dopravy průměrnou přepravní vzdáleností. Průměrná přepravní vzdálenost v rámci vnitrostátní dopravy je 38,57 km, v rámci mezinárodní přepravy 223,62 km. Je zřejmé, že konzervativnější výpočet bude při užití hodnoty průměrné mezinárodní přepravní vzdálenosti. Celková hodnota vlakových kilometrů osobní dopravy za rok 2001 je 100 852 mil. Při zaokrouhlení vychází celkový počet idealizovaných vlaků:

$$100\,852 \text{ mil.} / 224 = 450,2 \text{ mil.}$$

Pravděpodobnost nehody jednoho idealizovaného vlaku odvozená od skutečné četnosti dle údajů z roku 2001:

$$P_N = 2547 / 450,2 \text{ mil.} = 5,65748556E-6.$$

Tuto hodnotu považujeme za pravděpodobnost vzniku nehody v síti Českých drah odvozenou z četnosti výskytu nehod v roce 2001. Pro úplnost je třeba dodat, že četnost výskytu nehod v roce 2001 nijak nevybočují ze statistického rozptylu v porovnání s předchozími roky.

$$P_{VNT} = 0,0038648877 * 5,65748556E-6 = 2,18655E-8$$

Dosažený výsledek, který hovoří o pravděpodobnosti výskytu nehody v železničním tunelu v síti ČD, je možno srovnat s předpokladem návrhového indexu spolehlivosti stavební konstrukce pro dosažení mezního stavu. Dle ČSN P ENV 1991-1 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí, příloha A, tabulka A.2 je informativní hodnota indexu spolehlivosti pro jeden rok  $\beta = 4,7$  pro mezní stav únosnosti. Tato hodnota indexu spolehlivosti odpovídá pravděpodobnosti poruchy  $P_f = 10^{-6}$ . Je zřejmé, že hodnota řádově koinciduje s hodnotou pravděpodobnosti vzniku krizové situace v tunelu. Pokud bychom pro srovnání použili hodnotu indexu spolehlivosti pro návrhovou životnost  $\beta = 3,8$ , bude pravděpodobnost poruchy  $P_f = 10^{-4}$ , přičemž je zřejmé, že pravděpodobnost vzniku krizové situace v tunelu se v závislosti na čase takto skokově nemění.

Z porovnání tedy vyplývá (při naznačeném stupni zjednodušení výpočtu), že dosažení mezního stavu únosnosti konstrukce v průběhu návrhové životnosti je pravděpodobnější než vznik krizové situace v tunelu. Tato nerovnice má opačné znaménko pouze v počátečním stadiu životnosti konstrukce a ani zde nedochází k řádově jiné úrovni spolehlivosti. Při interpretaci je nutno vzít v potaz, že vznik mezního stavu nutně neznamená kolaps konstrukce, stejně jako vznik krizové situace není ekvivalentní s jejím katastrofickým průběhem a důsledkem. V zájmu objektivity je ovšem nutno zdůraznit, že vznik krizové situace v tunelu konverguje ke katastrofickým důsledkům rychleji než při dosažení mezního stavu.

long is the new Krasíkov tunnel; it was opened for traffic in 2004. This tunnel design allowed for the current safety requirements. There is an entry to an escape gallery approximately in the middle of the tunnel length. The maximum length of the route for the escape of passengers and the train crew to a safe place in case of an accident is less than 500m.

## PROBABILITY OF AN ACCIDENT IN A TUNNEL

This part of this paper describes the process of calculation of the probability of an accident happening in a tunnel which is used within the network of railways in the Czech Republic. The calculation was carried out in 2002 with the aim of verifying the assumptions that the probability of accidents happening in tunnels operated by České Dráhy (Czech Railways) is low. The commentary to the calculation parameters is presented in the order of successive steps.

First of all, the probability of an accident in the tunnel had to be expressed under the assumption that the probability of a railway accident is 1.0 (this means that an accident has happened).

$$P_{NT} = \text{Aggregate length of railway tunnels} / \text{Aggregate length of railway lines} = 36,5 / 9444,0 = 0,0038648877$$

This calculation expresses the probability of an accident happening in a tunnel in the case of an accident happening within the network of Czech Railways' network. Of course, this probability is very high; the probability of an accident in a tunnel ( $P_{VNT}$ ) is conditioned by the probability of an accident happening on a railway track ( $P_N$ ). The resulting probability of an accident in a tunnel is obtained from the following relationship:

$$P_{VNT} = P_{NT} * P_N, \text{ where the } P_N \text{ is the probability of an accident happening on a railway track within the Czech Railways' network.}$$

The determination of the  $P_N$  is a problematic task, however, it can be derived from statistical frequency of accidents for a certain time. For our purposes, we calculate with the accident rate value borrowed from the Statistical Year-Book issued by Czech Railways. For the benefit of simplification, we take into consideration all accidents for 2001 with the exception of the accidents which happened at railway crossings (collisions with road vehicles), which are irrelevant. This is a conservative approach, which is unambiguously on the safe side regarding unjustified diminishing of the probability of an accident happening in a tunnel. The number of accidents covered by the above definition in 2001 amounted to 2547. For the purpose of the calculation of the accident probability, we must relate this number to the overall number of situations in which the accidents may happen. We will assume that this situation is given by the overall number of train trips carried out during a year. At this point, it is reasonable to idealise the relevant values. With respect to the fact that the trains set out to the tracks are of a various character, we will consider only the average transport distance for passenger trains; and we will introduce the term "total number of idealised trains". We will obtain the total number of idealised trains when we divide the total number of train-kilometres of the passenger transport by the average transport distance. The average transport distance within the framework of domestic transportation and international transport is 38.57km and 223.62km respectively. It is obvious that the calculation using the average international transport distance value will be more conservative. The aggregate value of the passenger transport train-kilometres for 2001 amounts to 100,852 million. If the figures are rounded off, we will obtain the following aggregate number of idealised trains:

$$100\,852 \text{ million} / 224 = 450,2 \text{ million}$$

The probability of an accident encountered by one idealised train derived from the real frequency according to the 2001 data is as follows:

$$P_N = 2547 / 450,2 \text{ million} = 5,65748556E-6.$$

We consider this value to be the value of probability of an accident happening within Czech Railways' network derived from the frequency of the occurrence of accidents in 2001. For the sake of completeness, we must add that the frequency of occurrence of accidents in 2001 by no means leaves the line of the statistical straggling compared with the previous years.

$$P_{VNT} = 0,0038648877 * 5,65748556E-6 = 2,18655E-8$$

The result obtained by the calculation, which shows the probability of occurrence of an accident in a railway tunnel within the Czech Railways' network can be compared with the assumed design index of reliability of a building structure calculated for the achievement of the ultimate state. According to the standard ČSN P ENV 1991-1 Basis of Design and Actions on Structures, Appendix A, Table A.2, the informative value of the reliability index for one year  $\beta = 4,7$  for the ultimate limit state. This value of the reliability index corresponds to the value of probability of failure  $P_f = 10^{-6}$ . It is obvious that this value coincides in the order of magnitude with the probability of development of a state of crisis in a tunnel. If the value of the probability index for the design life  $\beta = 3,8$  is used for the comparison, the probability of failure will be  $P_f = 10^{-4}$ , while it is obvious that the probability of origination of an emergency situation in a tunnel is not a matter of a step change.



## INTERDISCIPLINÁRNÍ CHARAKTER OTÁZEK BEZPEČNOSTI DOPRAVY V TUNELECH

V současné době se o železniční dopravě v Evropě, resp. o železnici a všem, co s ní souvisí (řeceno velmi laicky), hovoří jako o železničním evropském systému. Přičemž se rozlišuje konvenční železniční systém a vysokorychlostní železniční systém. V rámci konvenčního železničního systému, který je zatím jako jediný v širším zájmu České republiky (vysokorychlostní tratě jsou zatím pouze ve stadiu studií), se rozlišují takzvané subsystémy.

Subsystémy evropského konvenčního železničního systému jsou rozděleny na oblast strukturální a provozní:

- a) strukturální oblast tvoří:
  - a. infrastruktura,
  - b. energie,
  - c. řízení a signalizace,
  - d. dopravní provoz a management dopravy,
  - e. vozový park;
- b) provozní oblast tvoří:
  - a. údržba,
  - b. telepatické aplikace pro osobní a nákladní dopravu.

Při tvorbě TSI v oblasti vysokorychlostních tratí byly zpracovány jednotlivé TSI pro každý subsystém vysokorychlostního železničního systému. V případě konvenčního železničního systému se postupuje obdobně. Vedle TSI pro každý subsystém se však zpracovávají také TSI průřezového charakteru, které mají pokrýt specifické oblasti konvenčního železničního systému. Jedněmi z těchto průřezových TSI jsou TSI pro bezpečnost v železničních tunelech (Safety in railway tunnels – SRT). Vedle těchto TSI jsou zpracovány například TSI pro přístup osob se sníženou pohyblivostí nebo TSI pro hluk způsobovaný vozidly.

TSI SRT pokrývají čtyři subsystémy: infrastrukturu, energii, řízení a signalizaci a vozový park. Tím jsou charakterizovány základní subsystémy podléhající se na dosažení bezpečnosti dopravy v železničních tunelech. Úroveň zajištění bezpečnostních požadavků a existence bezpečnostních prvků v jednotlivých subsystémech mohou negativně či pozitivně ovlivňovat požadavky na bezpečnostní prvky v ostatních subsystémech. Jako příklad pro vysvětlení lze uvést funkci záchranné brzdy.

Záchranná brzda je prvkem vozového parku souprav pro osobní dopravu. Při běžném železničním provozu slouží k zastavení vlaku v případě jakéhokoliv krizového stavu, a to jak ze strany železničního personálu, tak ze strany cestujících. V tunelu se však tento prvek považuje za kontraproduktivní. Není totiž účelné, aby vlaková souprava, byť v jakémkoliv ohrožení, zastavovala v tunelu. Zásah v tunelové troubě je velmi problematický, v mnoha případech prakticky nemožný. Z tohoto důvodu je jako základní bezpečnostní koncept volena zásada, že vlak by neměl v žádném případě zastavovat v tunelu. Abychom tuto zásadu plnili, musíme zajistit časově omezenou deaktivaci funkce bezpečnostní brzdy, takzvané překlenutí nebo přemostění funkce záchranné brzdy. To je možné pouze u souprav, které jsou již konstruovány s vědomím potřeby tohoto opatření. Pokud je veškerá doprava v zájmovém tunelovém objektu provozovaná pouze těmito soupravami, dosáhli jsme opatřením na vozovém parku snížení pravděpodobnosti realizace mimořádné události v tunelu. Opatření na infrastrukturu pak mohou mít odlišný charakter než za předpokladu provozování souprav bez přemostění funkce záchranné brzdy.

Zároveň je s problémem zastavování vlakových souprav spojen subsystém řízení provozu a signalizace. Vlaková cesta je prvky signalizace na dopravní cestě rozdělena na traťové úseky. Hlavní tratě jsou zabezpečeny automatickým zabezpečovacím zařízením (autoblokem), který zajišťuje takový pohyb vlakové soupravy po dopravní cestě, jenž umožní obsazení jednoho traťového úseku pouze jednou vlakovou soupravou.

Tím je zajištěn bezpečný pohyb vlakových souprav po dopravní cestě a je zabráněno možnosti najetí a srážky souprav. Úseky autobloku nemohou být s ohledem na propustnost trati příliš dlouhé. U delších tunelů, s délkou cca nad 1 km, je nutné umístit hranici úseku autobloku a s ním spojenou návěst (signalizaci) do tunelové trouby. V tomto případě nelze vyloučit, že bude souprava zastavena v tunelu z důvodu organizace drážní dopravy. Nejedná se o mimořádnou událost, ale z důvodu potlačení možného vzniku paniky ze zastavení v uzavřeném prostoru je vhodné i tato zastavení pokud možno omezit nebo zcela vyloučit. To lze provést organizačním opatřením v rámci subsystému řízení a signalizace.

Pokud hovoříme o opatřeních pro zabránění mimořádným událostem a opatřeních pro zmírnění rozsahu následků mimořádných událostí, pak obvykle hovoříme o prvcích subsystému řízení a signalizace, energie a vozového parku. Snažíme se dosáhnout určité úrovně bezpečného pro-

It therefore follows from the comparison (at the above outlined simplification of the calculation) that the probability that the ultimate limit state of the structure will be reached during the design life is higher than that an emergency situation will originate. The probability is lower only at the initial phase of the structure life; nor in this case does the level of reliability change in its order of magnitude. When this relationship is being interpreted, it is necessary to consider the fact that the origination of the limit state does not necessarily mean a collapse of the structure, the same as in the case of origination of a state of crisis, which does not have to have a catastrophic course and consequences. However, for the benefit of objectivity, it must be emphasised that the development of a state of crisis in a tunnel heads towards to catastrophic consequences much faster than in the case of the limit state having been reached.

## THE INTERDISCIPLINARY CHARACTER OF SAFETY ISSUES OF TRAFFIC IN TUNNELS

Railway transport in Europe, or railway and everything that is associated with railway (expressed in a very lay manner), is currently referred to as the European railway system, while they distinguish a conventional railway system and high-speed railway system. So called sub-systems are distinguished within the framework of the conventional railway system, which is, for the time being, the only system in which the Czech Republic is interested (high-speed lines are currently in the stage of studies only).

The sub-systems of the European conventional railway systems are divided into two areas, i.e. the structural area and operational area, as follows:

- a) the structural area covers:
  - a. infrastructure
  - b. power,
  - c. control and signalling,
  - d. traffic operation and transport management,
  - e. rolling stock;
- b) the operational area covers:
  - a. maintenance,
  - b. telematic applications for passenger and freight transport

Individual TSI sets were developed for each sub-system of the high-speed railway system during the work on the TSI for high-speed railway lines. A similar procedure applies to the conventional railway system. Interdisciplinary TSI sets are also developed in addition to the TSI designed for particular sub-systems. They are intended to cover specific areas of the conventional railway system. One general-purpose TSI set covers the Safety in Railway Tunnels (SRT). Apart from this TSI set, a TSI set for the access of mobility impaired persons or a TSI set for noise from moving vehicles were developed.

The SRT TSI covers four sub-systems: infrastructure, power, control and signalling, and rolling stock. This is a characteristic of the basic sub-systems contributing to the achievement of safe traffic in railway tunnels. The level of compliance with safety requirements and existence of safety elements in the particular sub-systems may be negatively or positively influenced by requirements for safety elements in the other sub-systems. As an explanatory example, we can mention the function of an emergency brake.

The emergency brake is an element of passenger trains. During common railway operation, it is used for stopping the train in case of any state of crisis by railway personnel or by passengers. On the other hand, this element is even considered to be disserviceable inside a tunnel. It is because of the fact that it is unreasonable to stop a train set inside a tunnel, no matter which threat is being faced. Any intervention in a tunnel is very difficult, in many cases virtually impossible. For this reason the rule that a train should by no means stop in a tunnel is chosen to be the main safety concept. To be able to comply with this rule, we must be able to deactivate the emergency brakes for a limited time. This deactivation is called "bypassing" the emergency braking function. It is possible only in train sets which started to be designed with the necessity for this measure known. If all transport passing through the particular tunnel is carried out using solely those train sets, the aim of reducing the probability of an accident in the tunnel by means of measures affecting the rolling stock will be achieved. The character of measures affecting the infrastructure can be different than those designed under the assumption that train sets are operated without the emergency brakes "bypassing" function.

The issue of stopping train sets is at the same time associated with the operational control and signalling sub-system. The train path is divided into track sections by means of signals installed along the transport route. Main tracks are provided with a signalling system with automatic train protection (automatic block), which guarantees that the train set moves along the transport route where any particular track section can be occupied only by a single train set.



Obr. 1 Krasíkovský tunel  
Fig. 1 The Krasikov tunnel

vozování drážní dopravy a provozování dráhy v železničních tunelech, aniž bychom v tunelových objektech instalovali dodatečné, finančně nákladné prvky subsystému infrastruktury. To je, jak již bylo i dříve řečeno, obvykle možné u kratších tunelů. Naopak u tunelů delších délek již rostou i požadavky na vybavení, respektive na celkové koncepční řešení z hlediska subsystému infrastruktury.

Z pohledu stavebního je pochopitelně rozhodující stanovit v rámci projektové přípravy koncepci a poté řešení bezpečnostní problematiky z hlediska infrastrukturních prvků. Abychom byli schopni nemalé vynakládané prostředky použít smysluplně a efektivně, je nutné zpracovat pravděpodobné scénáře krizových situací, jejich řešení a dopady. Na základě těchto scénářů je možné posoudit ekonomickou efektivitu přijatých opatření a provést jejich definitivní návrh.

Bez tohoto interdisciplinárního přístupu není zaručeno efektivní použití prostředků v rámci subsystému infrastruktury. Velmi často se setkáváme s nekompetentním přenášením postupů běžných v tunelech pozemních komunikací na tunely železniční. Mnohdy tak může dojít k dublování bezpečnostních prvků, které jsou na tunelech pozemních komunikací jedinečné, na železnici však jejich obdoba tvoří standardní součást vybavení dopravní cesty. Stejně tak plošným přejímáním prvků vybavení silničních tunelů může dojít k situaci, kdy jsou tyto prvky relativně samoučelné nebo je jejich použití účelné pouze v některých konkrétních případech.

Veškeré postupy, o nichž jsme dosud hovořili, jsou zaměřeny na zvládnutí takových krizových situací a mimořádných událostí, které se dějí vlivem porušení mechanismů, lidskou chybou, závadami apod. Pokud bychom aplikovali dané postupy na krizovou situaci související s teroristickým útokem, dostáváme se do situace, která je o poznání komplikovanější. Preventivní opatření v této oblasti nejsou prakticky v silách železničních podniků. Mnohá opatření by se musela soustředit na přísná bezpečnostní opatření monitorující pohyb osob. Jedná se například o monitorování interiéru vlakových souprav. Tento postup je již uplatňován například v příměstské dopravě Londýna atd.

V oblasti tunelů je relevantní monitoring přístupu neoprávněných osob do objektu tunelu apod. Většímu ohrožení budou pravděpodobně vystaveny tunely v intravilánu měst. Všechny směrnice a podklady, o nichž jsme doposud hovořili, tuto problematiku neřeší a odkazují na národní nebo spíše specifická opatření přijatá buď investorem, nebo místní exekutivou.

## VYHODNOCENÍ OPATŘENÍ V OBLASTI BEZPEČNOSTI TUNELŮ V ŽELEZNIČNÍ SÍTI ČESKÉ REPUBLIKY

V rámci projektu Bezpečnosti dopravy v železničních tunelech, který zadaly České dráhy, a. s., byla provedena mimo jiné Analýza stavu úrovně bezpečnosti železničních tunelů v ČR dle vyhlášky UIC 779-9. Tuto analýzu provedla Technická ústředna Českých drah (TÚČD). Na tomto místě nelze uvést širší podrobnosti. Celkový přehled o závěrech z této analýzy však podávají tabulky, které byly jedním z výstupů (viz tabulka 1, 2, 3).

Tabulka 1 se týká infrastruktury a její hodnocení je provedeno pro dvě úrovně. Pro úroveň „starých“, stávajících tunelů (ST) podle skutečného stavu a pro „nové“, připravované tunely (NT) jako předpoklad možného řešení.

Pro hodnocení jsou v tabulce uvedeny následující značky:

- A – je splněno;
- N – není splněno.

This system guarantees safe movement of train sets along the transport route and prevents rear-end collision and head-on collision of trains. The sections covered by the above automatic block system must not be too long with respect to the requirements for railway track capacity. For longer tunnels with the length of approximately 1km, the border between the automatically protected sections and the light sign which is part of the automatic protection system must be located inside the tunnel tube. Stopping of the train set inside the tunnel caused by the railway traffic control system cannot be prevented in this case. Such a situation does not constitute a state of emergency, however, to prevent the possibility of panic raised by the train stopping in the confined space, it is advisable to curtail such stopping or even make it impossible by means of an organisational measure proposed within the control and signalling sub-system.

Speaking about measures designed to prevent emergencies and measures mitigating the extent of consequences of accidents, we usually mean the elements of the control and signalling, power and rolling stock subsystem. We aim for achieving a certain level of safety of the railway transport operation and operation of railways in tunnels without installation of additional, cost demanding elements of the sub-system for infrastructure. It is possible, as already mentioned above, in the case of shorter tunnels. Requirements for equipment, or for an overall conceptual solution in terms of the sub-system of infrastructure, grow with the growing tunnel length.

From the civil engineering point of view, the most important thing is to determine the concept in the designing stage, then to solve the issue of safety from the aspect of the infrastructure elements. It is necessary for us, to be capable of utilising the considerable volume of investments reasonably and effectively, to develop presumable scenarios of states of crises, solutions for them and their consequences. The economic effectiveness of the proposed measures can be assessed and the final design of the measures can be developed on the basis of these scenarios.

The effectiveness of utilisation of the financial means cannot be guaranteed without this interdisciplinary approach. Incompetent transfer of procedures common for road tunnels to railway tunnels is a frequently met phenomenon. It may many times result into doubling the numbers of the safety elements which are parts of standard railway tunnel equipment and are supplemented by similar elements, which are unique only in terms of road tunnels. Similarly, utilisation of elements of road tunnel equipment without proper consideration may result into the situation where those elements become relatively purposeless or the utilisation may be purposeful only in some specific cases.

All of the procedures we have described till now are focused on handling states of crises and emergencies resulting from defects of mechanical equipment, human errors, default cases etc. If we apply those procedures to a state of crisis associated with a terrorist attack, we will get to a much more complicated situation. Preventative measures in this area are virtually beyond the capacity of railway companies. Many of the safety measures would have to be focused strictly on monitoring of movement of persons, for instance monitoring of the interior of trains. This procedure has already been applied to commuter rail lines in London etc.

Regarding tunnels, a relevant measure is the monitoring of unauthorised access of persons into a tunnel etc. Tunnels in rural areas will probably be exposed to higher risk. All of the directives and documents that have been referred to above do not solve this issue. They refer to national measures, or rather specific ones adopted either by the investor or local executive bodies.

## ASSESSMENT OF MEASURES ADOPTED FOR THE SAFETY IN TUNNELS WITHIN THE RAILWAY NETWORK OF THE CZECH REPUBLIC

The work on the project named Safety of Traffic in Railway Tunnels, which was ordered by České Dráhy a.s. (Czech Railways), consisted, among other documents, from the Analysis of the State of the Level of Safety in Railway Tunnels in the Czech Republic, which was carried out according to the UIC Directive 779-9. The analysis was carried out by Technická ústředna Českých drah (Czech Railways' technical laboratory). It is impossible to present more details in this paper. The overall survey of conclusions of the analysis is shown in tables, which were among the outputs of the analysis (see Tables 1, 2, 3)

Table 1 refers to the infrastructure; the assessment is divided into two levels: the level of "old" existing tunnels (ET), which is assessed according to the actual state, and the level of "new" tunnels (NT) found in the planning stage, which is assessed according to assumed possible solutions.

The following symbols are used in the table for the assessment purpose:

- A – implementation completed;
- N – not implemented.

Infrastruktura (I) / Infrastruktura (I)			NT / NT			ST / ET			Pozn. Note
			Do/Up to 350 m	350-1000 m	Nad/Over 1000 m	Do/Up to 350 m	350-1000 m	Nad/Over 1000 m	
<b>Prevence událostí</b> <b>Event prevention</b>	I-1	Monitorování rychlosti / signalizace Monitoring of speed / signalling	A	A	A	A	A	A	
	I-2	Rozhlasové (radiové) spojení: operační středisko – personál – cestující Wireless coverage: operations centre - personnel – passengers	A	A	A	A	A	A	a
	I-3	Detekce (náprava, traťový obvod) Detection (axle, track circuit)	A	A	A	A	A	A	
	I-4	Ovládací zařízení (zablokovaná brzda, přehřáté boxy) Control equipment (jammed brake, overheated boxes)	N3	N3	N3	N3	N3	N3	
	I-5	Uspořádání výhybek / Configuration of rail switches	A	A	A	A	A	A	b
	I-6	Kontrola trati / Inspection of track	A	A	A	A	A	A	
	I-7	Kontrola přístupu (bezpečnost – viz výkladový slovník – str. ) Access control	N5	N4	N4	N4	N4	N4	
	I-8	Inspekce podmínek v tunelu Inspection of conditions in the tunnel							
<b>Snížení účinků</b> <b>Diminishing consequences</b>	I-20	Jednotratové dvoutunely Single-track twin-tube tunnels	N5	N5	N5	N5	N5	N5	
	I-21	Průřez dvoutrátových tubusů Cross section of double-track tunnel tubes	A	A	A	N4	N4	N4	
	I-22	Požadavky požární ochrany na konstrukce Fire safety requirements for structures	A	A	A	N4	N4	N4	
	I-23	Detekce požáru, kouře (dýmu) a zplodin hoření v tunelech Detection of fire, smoke and combustion products in tunnels	N5	N3	N3	N5	N3	N3	
	I-24	Stabilní hasicí zařízení (sprinklery nebo podobné zařízení) Permanently mounted fire extinguishers (sprinklers or similar systems)	N5	N5	N5	N5	N5	N5	
	I-25	Zařízení pro odvod kouře/větrací systém Smoke extraction / ventilation system	N5	N5	N5	N5	N5	N4	
	I-26	Traťový drenážní systém (drenáž a zadržovací nádrže) Railway drainage system (drainage and holding tanks)	A	A	A	A	A	A	c
<b>Podpora úniku</b> <b>Escape support</b>	I-40	Únikové cesty (cesty, zábradlí, značení) Escape routes (ways, handrails, signage)	A	A	A	N	N	A	
	I-41	Nouzové osvětlení / Stand-by lighting system	N5	A	A	N5	N3	N3	
	I-42	Nouzové telefony/komunikační prostředky SOS boxes / communication facilities	N3	N3	N3	N3	N3	N3	
	I-43	Únikové vzdálenosti / Escape distances	A	A	A	A	A	A <sub>d</sub>	d
	I-44	Vertikální výstupy/přístup / Vertical exit routes / access route	N5	N5	N5	N5	N5	N4	
	I-45	Boční výstupy/přístup / Side exit routes/access route	N5	N5	N5	N5	N5	N4	
	I-46	Křížující se chodby / Cross passages	N5	N5	N5	N5	N5	N5	
	I-47	Paralelní služební a bezpečnostní tunel Parallel service and safety tunnel	N5	N5	N5	N5	N5	N4	
<b>Podpora záchrany</b> <b>Rescue support</b>	I-60	Prostředky pro uzemnění / Means for earthing	A	A	A	N3	N3	N3	e
	I-61	Přístup k tunelovým vstupům a výstupům Access to tunnel entries and exits	A	A	A	N5	N4	N4	
	I-62	Trať přístupná silničním vozidlům Railway track accessible for road vehicles	A	A	A	N5	N4	N4	
	I-63	Záchrané plochy na vstupech a výstupech z tunelů Areas for rescue teams at tunnel entries and exits	A	A	A	N5	N5	N4	
	I-64	Dodávka vody (na přístup do tunelu) Water supply (to the tunnel entry)	N5	A	A	N5	N5	N3	
	I-65	Dodávka elektrické energie pro záchranné služby Power supply for rescue services	N3	N3	A	N3	N3	N3	
	I-66	Instalace radiového spojení pro záchranné služby Installation of wireless communication for rescue services	N3	N3	A	N3	N3	N3	
	I-67	Spolehlivost elektrické instalace (požární odolnost) Reliability of electrical installation (fire resistance)	A	A	A	N3	N3	N3	
	I-68	Systém řízení Control system	N5	N5	N4	N5	N5	N4	
	I-69	Železniční dopravní prostředky pro záchranu (tunelová záchranná vlaková souprava) Rail-bound means of transport for rescue purposes (tunnel rescue train set)	N5	N3	N5	N3	N3		
	I-70	Silniční/železniční dopravní prostředky pro záchranu Road-Rail means of transport for rescue purposes	N3	N3	N3	N5	N3		

Tab. 1 Opatření infrastruktury  
Table 1 Measures relating to infrastructure

**ŽELEZNIČNÍ VOZOVÝ PARK (R)**  
**ROLLING STOCK (R)**

Prevence událostí Event prevention	R-1	Protipožární opatření (požární zatížení, zabránění šíření požáru) Fire prevention measures (fire load, fire spread prevention)	A
	R-2	Detekce požáru v soupravě (pohonné jednotky a/nebo vagóny) Fire detection in train (engine units and/or wagons)	N3
Snížení účinku Diminishing consequences	R-10	Indikátory vykolejení vlaku Train derailment indicators	N4
	R-11	a) Záchraná brzda / Emergency brake	A
		b) Udržování schopnosti pohybu / Keeping the moving ability up	A
	R-12	Hasicí přístroje (pohonné jednotky a/nebo vagóny) Extinguishers (engine units and/or wagons)	A
	R-13	Centrální řízení klimatizace / Central control of the air-condition system	N4
Podpora záchrany Rescue support	R-14	Schopnost rozpojit vlak / Possibility for decoupling train carriages	A
	R-15	Zajištění první pomoci v soupravě / First aid available on train	A
	R-20	Záchranné prostředky a provedení vagónů (včetně přístupu pro záchranné služby) Rescue equipment and design of wagons (including an access for rescue services)	N3

Tab. 2 Opatření vozového parku

Tab. 2 Measures relating to the rolling stock

**PROVOZ (O)**  
**OPERATION (O)**

Prevence událostí Event prevention	O-1	Provozní předpisy (zejména pro osobní/nákladní vlak) Operating instructions (primarily for passenger/freight trains)	A
	O-2	Předpisy pro přepravu nebezpečných látek / Dangerous substances transport regulations	A
Snížení účinku Diminishing consequences	O-10	Zastavení následujících a protijedoucích vlaků (mimo tunel) v případě události Stopping of following and oncoming trains (outside the tunnel) in case of emergency	A
	O-20	Informace cestujícím o situaci (příprava informací) Information for passengers on the situation (preparation of information)	N3
Podpora úniku Escape support	O-21	Kompetence personálu Personnel competency	
	O-30	Havarijní a evakuační plány Emergency and evacuation plans	N3
Podpora záchrany Rescue support	O-31	Námětová cvičení se záchrannými službami (komunikace a koordinace železnice/záchranné služby) Thematic exercises with rescue services (railways/rescue services communication and coordination)	A
	O-32	Informace o přepravě nebezpečných látek / Information on transport of dangerous substances	A
	O-33	Zajištění záchranných prostředků / Provision of rescue equipment	A

Pozn.: U nových tunelů ano  
Note: Yes for new tunnels

Tab. 3 Provozní opatření

Tab. 3 Operational measures

K „N“ je připojeno číslo dle stupnice (např. N3):  
 2 – lze řešit bez významnějších finančních nákladů (například školení, vzdělávání, informovanost)  
 3 – lze řešit s dostupnými finančními náklady  
 4 – lze řešit s extrémními finančními náklady  
 5 – opatření se nedoporučuje řešit z důvodu nepřijatelných extrémních nákladů nebo z jiného důvodu, který řešení znemožňuje.  
 V posledním sloupci jsou v poznámce uvedeny doplňující údaje s následujícím významem:  
 a – pokrytí traťovým radiovým spojením TRS do 40 %;  
 b – pokrytí TRS přes 95 %;  
 c – traťový drenážní systém bez zadržovací nádrže;  
 d – s výjimkou tunelu Špičácký;  
 e – jen u elektrifikovaných tratí.

Tabulky 2 a 3 jsou v rámci analýzy doplněny ještě řadou upřesňujících poznámek, které zde z důvodu rozsahu neuvádím. Tabulky v této podobě je tedy třeba chápat jako zevšeobecňující a informativní a je třeba na ně nahlížet v kontextu vyhlášky UIC 779-9.

**ZÁVĚR**

V tomto článku jsem se pokusil naznačit možné koncepční přístupy k otázkám bezpečnosti dopravy v železničních tunelech. Zdůraznil jsem nutnost komplexního přístupu a ekonomické nebezpečí plošného přejímání bezpečnostních prvků bez znalosti jejich skutečného uplatnění a využití. Dále bylo uvedeno stručné zhodnocení úrovně bezpečnosti současných železničních tunelů v síti České republiky. Článek neobsahuje specifikace konkrétních bezpečnostních prvků, které lze v rámci bezpečnostních řešení na tunelech uplatnit.

ING. BOHUSLAV STEČÍNSKÝ, [stecinsky@gr.cd.cz](mailto:stecinsky@gr.cd.cz),  
 ČESKÉ DRÁHY, a. s., generální ředitelství

The “N” is supplemented by a figure (e.g. N3) according to the following scale:  
 2 – solvable without more significant cost (e.g. training, education, awareness)  
 3 – solvable at a cost which is available  
 4 – solvable at an extremely high cost  
 5 – the implementation of the measure is not recommended because of an unacceptable cost of for another reason which makes the solution impossible.  
 The last column “Notes” contains symbols with the following meanings:  
 a – coverage by a railway wireless system TRS up to 40%;  
 b – TRS coverage up to 95%;  
 c – track drainage system without a holding tank;  
 d – with the exception of the Špičácký tunnel;  
 e – only on electrified tracks

The analysis contains additional details supplemented to the Table 2 and Table 3. They are not presented in this paper with respect to the extent of the paper. The tables presented in this form should be understood as generalising and informative tables; they must be viewed in the context of the UIC Directive 779-9.

**CONCLUSION**

This paper is my attempt to outline possible conceptual approaches to the issues of traffic safety in railway tunnels. I emphasised the necessity for a comprehensive approach and pointed out the economic threats following from global transfer of safety elements from road tunnels without knowing the conditions for proper application and utilisation of those elements. In addition, I presented a brief assessment of the safety level in existing tunnels within the Czech Republic's railway network. The paper does not contain specifications of particular safety elements which can be incorporated into tunnel safety designs.

ING. BOHUSLAV STEČÍNSKÝ, [stecinsky@gr.cd.cz](mailto:stecinsky@gr.cd.cz),  
 ČESKÉ DRÁHY, a. s., General Directorate

# REKONSTRUKCE JABLUNKOVSKÝCH TUNELŮ

## RECONSTRUCTION TO THE JABLUNKOV TUNNELS

JIŘÍ RŮŽIČKA, JAN KOREJČÍK

### ÚVOD

Jablunkovský průsmyk nedaleko Mostů u Jablunkova leží v nadmořské výšce 552 m. Z jedné strany je sevřen hřbety Moravskoslezských Beskyd, ze strany druhé masivem Slezských a Slovenských Beskyd. Průsmykem prochází rozvodí Černého a Baltického moře a v jeho těsné blízkosti se nachází naše hranice se Slovenskou republikou. Toto místo bylo vždy důležitou spojnici obou regionů a nejinak je tomu i dnes. Pro překonání průsmyku železnicí byly vybudovány dva jednokolejné tunely, jejichž stoletá životnost se pomalu blíží ke svému konci. Také nutnost modernizace tratí v rámci budovaných koridorů přispěla k rozhodnutí o rekonstrukci Jablunkovských tunelů.

### HISTORIE JABLUNKOVSKÝCH TUNELŮ

Jablunkovský tunel číslo I (tunel Kalchberg) byl postaven roku 1870 jako součást jednokolejné Košicko-bohumínské dráhy. Již v roce 1898 byla dokončena stavba druhé koleje v úseku Čadca – Jablunkov ve snaze zrychlit a finančně zefektivnit provoz trati, avšak s výjimkou tunelu. Jablunkovský tunel číslo II byl otevřen až roku 1917. Se stavbou bylo započato v roce 1914 a pro celou jeho délku byla zvolena moderní rakouská normální (anglická modifikovaná) tunelovací soustava. Pro výstavbu tunelu byl použit beskydský pískovec z nedalekého lomu.

Na začátku 2. světové války v roce 1939 byla v obou tunelech odpálena nálož a došlo k závalu s prolomením nadloží. Přitom se propadla i státní silnice nad tunelem. Roku 1940 bylo nadloží doplněno a destruované ostění obnoveno.

V dalších letech bylo provedeno několik částečných rekonstrukcí, poslední z nich v roce 1999. V rámci oprav byly některé pasy přestavěny a u některých byla dodatečně zřízena spodní klenba. Dále byly prováděny injektáže ostění i za rub ostění, odvodňovací vrty a také nové vyspárování zdiva. Mezi některými pasy byly zřízeny svodnice pro odvodnění líce ostění. V roce 1971 byl v tunelu zřízen železniční svršek ze zabetonovaných pražců. Ten se však neosvědčil, a proto byl v roce 1987 nahrazen klasickou konstrukcí z dřevěných pražců ve stěrkovém loži.

### GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Podloží severozápadní části zájmového území je tvořeno horninami slezské jednotky křídového stáří, převážně istebňanské pískovcové



Obr. 1 Poloha Jablunkovského tunelu  
Fig. 1 Location of the Jablunkov tunnel

### INTRODUCTION

The Jablunkov Pass near Mosty u Jablunkova lies at an altitude of 552m above sea level. The pass is lined by the crests of the Moravian-Silesian Beskydy Mountains and, on the other side, by the massif of the Silesian and Slovakian Beskydy Mountains. The divide between the Black Sea and the Baltic Sea runs along the pass; our border with the Slovak Republic is in the close vicinity. This location has always been and remains to be an important connecting line between the two regions. To allow the track to overcome the pass, it was necessary to build two single-rail tunnels. The 100-year service life of those tunnels is drawing to the end. Also the necessity for an upgrade to the railway track in the framework of the corridors being under construction contributed to the decision to reconstruct the Jablunkov tunnels.

### THE JABLUNKOV TUNNELS HISTORY

The Jablunkov (Kalchberg) tunnel #I was built in 1870 as part of the Košice – Bohumín single-track line. The second track in the Čadca – Jablunkov section was built, in the effort to accelerate and made more financially effective the operation of the line, as long ago as 1898, however, without the tunnel construction. The Jablunkov tunnel #II was opened as late as 1917. This construction began in 1914 using the modern Standard Austrian Tunnelling Method (the Modified English Method) for the entire length of the tunnel. The tunnel was built using Beskydy sandstone from a nearby quarry.

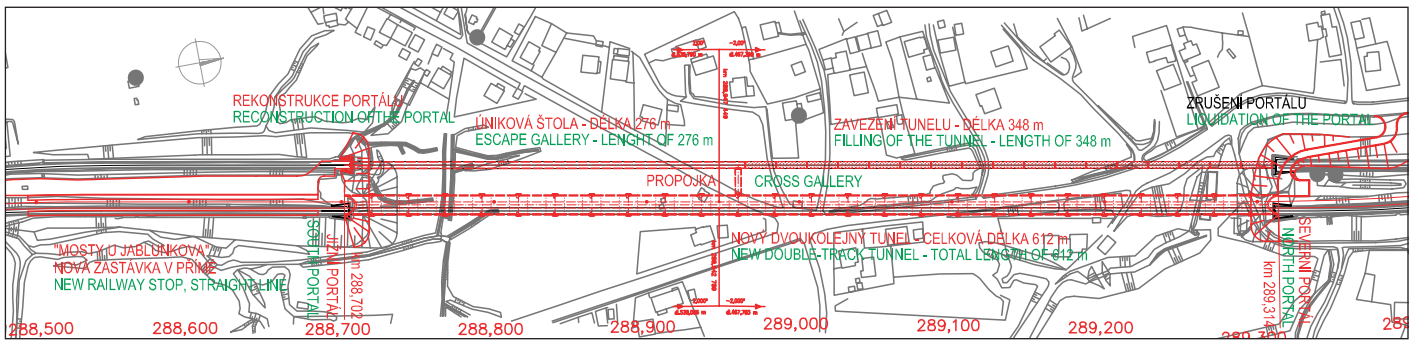
At the beginning of the World War II in 1939, charges were set off in both tunnels resulting in a daylight collapse. A secondary road leading above the tunnel also sank down. The cavity was backfilled and the damaged lining renewed in 1940.

The following years saw several partial reconstructions, the last of them in 1999. Some sections were re-built and some were provided with an invert. Apart from this, drainage boreholes, re-pointing of the masonry and grouting, both into and behind the lining, were carried out. Water collecting drains were installed between some of the rounds evacuating water from the external face of the lining. In 1971 the trackbed in the tunnel was replaced by a system with sleepers embedded in concrete. This system, however, had not acquitted itself well. For that reason it was replaced by traditional wooden-sleepers and ballast trackbed in 1987.

### GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The bedrock in the north-western part of the area of operations consists of the Cretaceous Silesian Unit, mainly the Istebné Sand layers. In the south-eastern and eastern part of the location, the Pre-Quaternary bedrock is formed by Palaeogene Krosněny Member of the Silesian Unit, which means flysch-type alternation of calcareous sandstone and mudstone. Mudstone intercalated with sandstone prevails in the southern part of the location. The interface between the Istebné and Krosněny Members is tectonic; the fault passes along the saddle, approximately in parallel to the tunnel centre line.

Due to the terrain configuration, there are several streams flowing from the surrounding slopes to the area of the pass and supplying the area of the tunnel cover with water. The entire length of the tunnel tubes lies in the Palaeogene bedrock consisting mainly of mudstone with sporadic clay layers and isolated sandstone intercalations. The cover is formed by about 2 to 6m thick layer of clayey loam, clay, made ground and sand with fragments, which is always saturated down to the level above the interface with the Palaeogene bedrock. This means that the tunnel tube is completely submerged under the water table. Water penetrates to this level along faults in the otherwise little permeable to impermeable environment. The locations



Obr. 2 Situace tunelu  
Fig. 2 Tunnel layout

vrstvy. V jihovýchodní a východní části lokality je předkvarterní podloží budováno paleogenními krosněnskými vrstvami slezské jednotky, to znamená flyšové střídání vrstev vápnatých pískovců a jílovců. V jižní části lokality se nacházejí převážně jílovce s proplásky pískovce. Styk vrstev ístebňanských a krosněnských je tektonický, zlom prochází sedlem podélně přibližně rovnoběžně s osou tunelu.

Vzhledem ke konfiguraci terénu stéká z přilehlých svahů do oblasti průmysku několik drobných vodotečí, které zavodňují oblast tunelového nadloží. Tunelové trouby leží v celé své délce v paleogenním podloží, tvořeném převážně jílovcem se sporadickými vrstvami prachovců a ojedinělými proplásky pískovců. Pokryvy tvoří asi 2 až 6 m silná vrstva jílovitých hlín, jílu, navážek a písků s úlomky, která je zvodnělá vždy až nad úroveň styku s paleogenním podložím. To znamená, že tunelová trouba je v celém rozsahu pod hladinou podzemní vody. Voda k ní proniká podél poruch v jinak málo propustném až nepropustném prostředí. Místa průsaků vody v tunelu částečně korespondují s oblastmi vodotečí na terénu, případně s terénními depresemi, v nichž se dlouhodobě zdržuje povrchová voda. Intenzita průsaků s určitou retardací kopíruje lokální dotaci atmosférickými srážkami.

## POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Jablunkovský tunel číslo I je dlouhý 606,58 m. Délka Jablunkovského tunelu číslo II je 608,20 m. Oba jednokolejné tunely jsou vedeny v přímé a jedná se o tunely vrcholové s maximálním sklonem 8,1 ‰. Nadloží dosahuje výšky až 24 m. Světla výška tunelové trouby činí cca 6 m, světla šířka 5,5 m. Jablunkovské tunely jsou provozovány elektrickou trakcí a traťová rychlost v daném úseku je 80 km/hod. Průjezdový profil tunelů pro provoz s elektrickou trakcí je nevyhovující.

## VÝVOJ A KONCEPCE REKONSTRUKCE TUNELŮ

Jablunkovské tunely jsou součástí III. železničního koridoru Cheb – Plzeň – Praha – Česká Třebová – Ostrava – státní hranice SR. Konkrétně leží v úseku Dětmárovice – Mosty u Jablunkova – státní hranice SR, který je důležitý pro propojení II. tranzitního koridoru Varšava – Vídeň se Slovenskou republikou. Rekonstrukce tunelů bude provedena v rámci optimalizace traťového úseku státní hranice SR – Mosty u Jablunkova – Bystřice nad Olší. Na tuto stavbu je v současné době vypracována přípravná dokumentace. Optimalizace úseku klade zvýšené nároky také na Jablunkovské tunely. Bude zde zvýšena rychlost na 120 až 140 km/hod pro klasické soupravy a na 140 až 160 km/hod pro soupravy s naklápěcími skříněmi. Je třeba upravit výškové vedení trasy a zvětšit příčný profil tunelu. Komplettní rekonstrukce je nutná i kvůli závadovému stavu tunelů.

Původní řešení uvažované v UTS (územně technická studie) předpokládalo přestrojení obou tunelových trub na dva nové jednokolejné tunely. Bylo by třeba odstranit ostění, poté rozšířit profil každé tunelové trouby a následně vybudovat nová ostění. Metroprojekt Praha, a. s., předložil nové řešení, při němž je Jablunkovský tunel číslo II rozšířen a přestrojen na tunel dvoukolejný. Po jeho uvedení do provozu měl být Jablunkovský tunel číslo I zrušen. Během připomínkového řízení k přípravné dokumentaci byl ale vznesen nadstandardní požadavek HZS Moravskoslezského kraje na vybudování únikové štoly pro nový dvoukolejný tunel, který investor nakonec akceptoval. Podle přepracovaného projektu bude zrušena pouze část jednokolejného tunelu a zbytek spolu s novou propojkou bude využit pro únikovou štolu.

Výhodou nového řešení je mimo jiné úspora času potřebného na rekonstrukci tunelů, a tím i kratší doba pro výluky na jedné koleji a odpadá problém střídavých výluk v obou tunelech. Bylo provedeno

where water seeps to the tunnel depth correspond partially with the locations of the watercourses on the surface, or with terrain depressions where long-standing accumulation of surface water occurs. The seepage intensity copies, with a certain retardation, the local amount of rainfall.

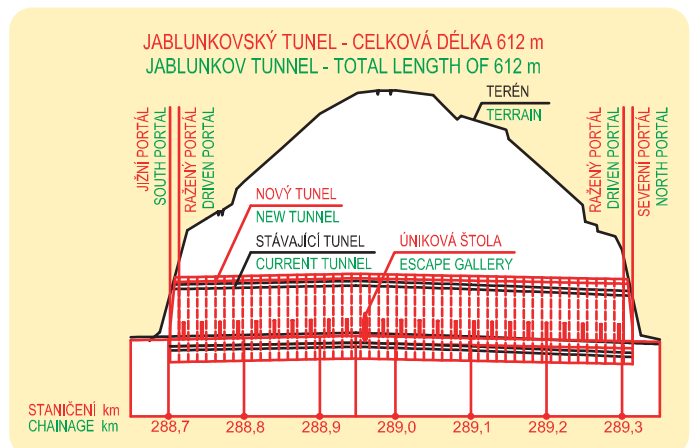
## CURRENT CONDITION

The Jablunkov tunnel #I is 606.58 m long. The length of the Jablunkov tunnel #II is of 608.20 m. Both single-rail tunnels are straight in ground plan. They are of the summit type, with a maximum gradient of 8.1 ‰. The overburden thickness reaches 24 m. The clearance height and width of the tunnel tube amount approximately to 6 m and 5.5 m respectively. The Jablunkov tunnels are electrified; the design speed for the given section is of 80 km per hour. The clearance envelope does not comply with the requirements for an electrified track

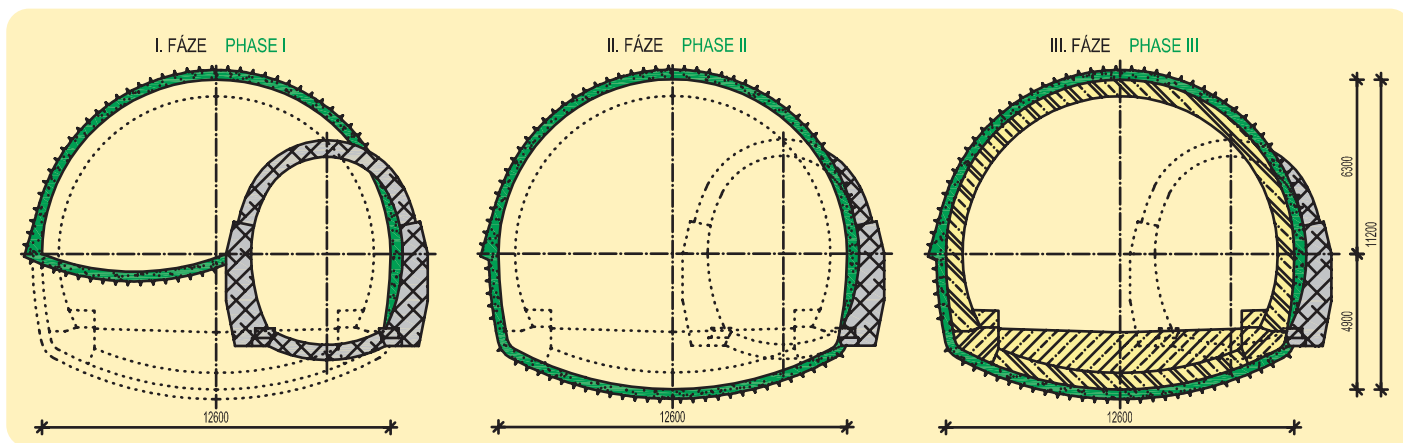
## DEVELOPMENT AND CONCEPT OF THE TUNNEL RECONSTRUCTION

The Jablunkov tunnels are parts of the railway corridor III Cheb – Plzeň – Prague – Česká Třebová – Ostrava – the state border with the SR. In particular they lie in the Dětmárovice – Mosty u Jablunkova – the Slovakian state border section, which is important for the connection of the transit corridor II Warsaw – Vienna with the Slovak Republic. The tunnels will be reconstructed in the framework of the construction lot “Optimisation of the SR state border – Mosty u Jablunkova – Bystřice nad Olší track section”. The design documentation for issuance of the zoning and planning decision for this construction lot has been just completed. The optimisation of this section puts increased demands also on the Jablunkov tunnels. The design speed will be increased there to 120 – 140 km/hour for traditional trains, and to 140 – 160 km/hour for trains with tilting bodies. The vertical alignment must be modified and the tunnel cross-section enlarged. The overall reconstruction is necessary also because of the defective condition of the tunnels.

The original solution which was under consideration in the regional planning and technical study assumed that both tunnels would be reconstructed to form a pair of new single-rail tunnels. The liners would have to be removed, then the profile of each tunnel tube enlarged and new liners erected. Metroprojekt Praha, a. s. submitted



Obr. 3 Převýšený podélný profil tunelu  
Fig. 3 Exaggerated longitudinal profile of the tunnel



Obr. 4 Postup ražby tunelu

- I. fáze – ražba a primární vystrojení kaloty  
 II. fáze – ubourání části původního tunelu a ražba s primárním vystrojením zbytku profilu  
 III. fáze – provedení mezilehlé izolace a betonáž definitivního ostění

Fig. 4 Excavation procedure of the tunnel

- Phase I – driving of the top heading with primary reinforcing  
 Phase II – demolition of the remaining part of tunnel, driving and primary support of the remaining part  
 Phase III – intermediate waterproofing, casting of the final lining

ekonomické posouzení obou variant včetně navazujících objektů a nové řešení je téměř o 90 milionů korun levnější. Úspora je dostatečná, aby pokryla náklady na likvidaci vyraženého tunelu a zvýšené náklady na úpravu předportálových částí. Rozšíření volného prostoru u portálů umožní lepší podmínky pro vybudování příjezdových komunikací pro zásahovou techniku. A díky přímému úseku dvoukolejné trati před jižním portálem nového tunelu lze vybudovat novou zastávku Mosty u Jablunkova, která nahradí nyní provozně nevyhovující zastávku v oblouku. Další výhodou nového řešení je možnost využití části vyrubané ostění nyníššího tunelu pro vyplnění profilu rušeného úseku tunelu. Tento materiál bude během výstavby uložen na mezideponii v blízkosti portálu, čímž budou minimalizovány náklady na přepravu.

## TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ROZŠÍŘENÍ TUNELU

Nově navrhovaný dvoukolejný Jablunkovský tunel má délku 612 m a je vybaven únikovou štolou. Osová vzdálenost kolejí je 4 m a tunel je navržen v přímé. Osa nového tunelu je vzdálena od osy starého jednokolejného tunelu 4 m. Dle sklonových poměrů se jedná o tunel vrcholový se stoupáním a klesáním 2 ‰. Tunel je navržen se spodní klenbou po celé délce tunelu a s uzavřenou mezilehlou hydroizolací. Důvodem je horninové prostředí, které tvoří převážně jílovce. Jsou to velmi měkké sedimenty se sklonem k tlačitosti. Světlá výška tunelové trouby činí cca 9 m, světlá šířka 11,4 m. Po obou stranách tunelu jsou vedeny služební chodníky, ve kterých jsou umístěny kabelovody, chráničky pro vedení inženýrských sítí a suchovod. Dále jsou na obou stranách tunelu po 24 m záchrané výklenky.

Ražená část délky 588 m bude budována dle zásad Nové rakouské tunelovací metody. Uvažuje se rozpojování horniny s využitím trhačích prací (především při demolici ostění současného tunelu), měkkí partie jílovců budou rozpojovány mechanicky. Ražba je navržena po dílčích výrubech s vodorovným členěním čelby, které jsou dostatečně velké pro nasazení výkonných mechanismů. Primární ostění je ze stříkaného betonu. Definitivní ostění je monolitické železobetonové a je dimenzováno na hydrostatický tlak podzemní vody, takže není třeba udržovat trvalý drenážní systém za rubem definitivního ostění. V podélném směru je členěno po pasech délky 12 m, přičemž ražba horní klenby bude prováděna do posuvného bednění.

Tunel bude realizován ve třech fázích. V první fázi bude v celém rozsahu vyražena kalota tunelu, která bude ihned primárně zajištěna stříkaným betonem. V této fázi je existující jednokolejný tunel využit jako prvotní dílčí výrub opěří nového tunelu. Rubaninu z kaloty bude možno odvážet ještě funkčním starým jednokolejným tunelem na železničních vagoněch do místa jejího definitivního uložení. Ve druhé fázi bude postupně bourána převážná část starého tunelu se současnou ražbou zbytku profilu nového tunelu, přičemž vnější opěra současně-

a new solution where the Jablunkov tunnel #II is enlarged and relined to form a double-rail tunnel. Once this tunnel has been brought into service, the Jablunkov tunnel #I was designed to be cancelled. However, a non-standard requirement was imposed by the HZS of the Moravian-Silesian region during the comments negotiation period for excavation of an escape gallery for the new double-track tunnel. The client eventually accepted it. According to the redesigned layout only a part of the single-track tunnel will be cancelled and the remaining part with a new cross passage will be utilised as the escape gallery. The advantage of this new solution is, among others, the savings in the time required for the reconstruction of the tunnels, therefore also a shorter time for closing one track for traffic; the problem of staggered closing of the tunnels is removed. An economic assessment of the two variants including associated structures was performed with a conclusion that the new solution is nearly CZK 90 million cheaper. This saving is sufficient to cover the costs of the removal of the abandoned tunnel and the increased cost of the work on the pre-portal sections. The extension of the free space at the portals will render better conditions for the development of access roads for emergency vehicles. Owing to the straight section of the double-rail track before the south portal of the new tunnel, a new intermediate station Mosty u Jablunkova can be built. It will replace the current intermediate station, which is inadequate because of its position within a track curve. Another benefit of the new solution is a possibility of utilising a portion of the demolished lining of the current tunnel for the backfill of the tunnel section that is to be cancelled. This material will be deposited on an intermediate stockpile near the portal, thus the transportation cost will be minimised.

## THE TUNNEL ENLARGEMENT TECHNIQUE

The newly designed Jablunkov double-rail tunnel is 612m long; it is provided with an escape gallery. The track centre distance is of 4m; the horizontal tunnel alignment is straight. The axis of the new tunnel is at a distance of 4m from the old single-rail tunnel. Regarding the gradient, the tunnel is of a summit type with an uphill and downhill gradient of 2.00‰. The tunnel design comprises the invert and closed waterproofing along the entire length. The reason is the rock environment consisting mainly of mudstones. These are very soft, squeezing prone sediments. The clearance height and width of the tunnel tube amounts approximately to 9m and 11.4m respectively. Service walkways with cableways and ducts for services and a dry hydrant line are on either side of the tunnel. Also on either side of the tunnel are safety recesses, built every 24m.

The 588m long mined section will be excavated using the NATM. Drill-and-blast techniques are under consideration (mainly for demolition of the lining of the current tunnel); softer portions of mudstone will be excavated mechanically. A horizontal excavation sequence is designed, with the sizes of the partial headings allowing utilisation of powerful equipment. The primary lining is from shotcrete. The cast in situ reinforced concrete final lining is designed to carry the full hydrostatic head from natural ground water. It is therefore unnecessary to maintain a permanent drainage system beyond the external face of the lining. In the longitudinal direction, the lining is divided into 12m long casting blocks, where the upper vault will be cast behind a travelling shutter.

The tunnel construction will be divided into three phases. The top



Obr. 5 Umístění nového dvoukolejného tunelu  
Fig. 5 Placement of the new double-track tunnel

ho tunelu je součástí primárního ostění nového dvoukolejného tunelu. Následně bude celý profil zajištěn primárním ostěním ze stříkaného betonu. Ve třetí fázi bude prováděna uzavřená mezilehlá hydroizolace a betonáž definitivního ostění tunelu.

Vjezdové hloubené úseky celkové délky 24 m budou budovány v zajištěné stavební jámě. Definitivní ostění hloubených úseků je navrženo z vodostavebního betonu a bude provedeno do oboustranného bednění. Nově navržené portály jsou stylově jednoduché a svým sklonem kopírují reliéf zatravněného terénu. Jejich začlenění do okolního prostředí je velmi přirozené a nenásilné. K oběma portálům jsou v rámci požárního zabezpečení přivedeny přístupové komunikace včetně nástupních a záchranných ploch pro hasiče.

## VYBUDOVÁNÍ ÚNIKOVÉ ŠTOLY A ZRUŠENÍ ČÁSTI TUNELU

Všechny úpravy stávajícího jednokolejného tunelu budou provedeny až po zprovoznění nového dvoukolejného tunelu. Úniková štola délky 276 m je vedena od jižního portálu přibližně do poloviny nepoužívaného jednokolejného tunelu a dále nově vybudovanou propojkou do místa záchranného výklenku dvoukolejného tunelu. Propojka bude provedena jako ražená s dvouplášťovým ostěním a uzavřenou mezilehlou fóliovou izolací. Bude v ní umístěna přetlaková komora. V části jednokolejného tunelu využitého pro únikovou štolu bude nejprve odstraněno kolejové lože a patřičně upraven povrch ostění. V další fázi bude provedena uzavřená fóliová izolace a definitivní železobetonové ostění.

Severní část jednokolejného tunelu bude důkladně zasypana převážně rubaninou z ražby nového tunelu, která bude do té doby uložena na blízké mezideponii. Zbytek profilu se zaplní po sekcích popílkobetonem, který bude po zatuhnutí a smrštění doinjektován. Použitím injektáže a uzavřené fóliové izolace dojde k podstatnému omezení drenážních účinků současných tunelů a hladina podzemní vody by se měla vrátit do své přirozené dlouhodobé polohy. Nakonec bude zbourán severní portál včetně šikmých křídel a bude provedena definitivní terénní úprava svahů včetně zatravnění. Jižní portál s nápisem Kalchberg 1870 bude zrekonstruován a zachován jako technická památka pro příští generace.

## ZÁVĚR

Navržené technické řešení uvažuje provést rozšíření tunelu i v nepříznivých geologických podmínkách. Je vhodně využito existujícího tunelu jako úvodního dílčího výrubu, který zároveň umožňuje v době ražby kaloty odvoz výrubu po železnici k přímému uložení do nově budovaných zásypů v jiných částech předmětné stavby a současně umožňuje přemístění zastávky Jablunkov-Mosty do provozně vyhovující polohy. V neposlední řadě je možno nasadit efektivně výkonnou techniku při ražbě, a tím zároveň zkrátit dobu výstavby. Použití uzavřené vodotěsné izolace znamená vyloučení drenážního systému za ostěním tunelu, což bude mít příznivý dopad na přirozený hydrologický režim vod v nadloží tunelu.

ING. JIŘÍ RŮŽIČKA, e-mail: ruzicka@metroprojekt.cz,  
ING. JAN KOREJČÍK, e-mail: korejcik@metroprojekt.cz,  
METROPROJEKT Praha, a. s.

heading excavation with shotcrete primary lining along the whole tunnel length will be carried out in the first phase. In this phase the current single-rail tunnel is utilised as a primary excavation sequence, namely a sidewall drift within the cross section of the new tunnel. It will be possible to get the muck from the top heading on railway wagons, via the still functional old single-rail tunnel up to the permanent stockpile. The second phase will consist of stepwise demolition of a major part of the old tunnel, carried out simultaneously with the excavation of the remaining portion of the new tunnel profile. The external sidewall of the current tunnel is part of the primary liner of the new double-rail tunnel. Subsequently the complete profile will be supported by shotcrete primary lining. The closed intermediate waterproofing will be installed and the final lining cast in the third phase.

The cut-and-cover entrance sections at a total length of 24m will be constructed in a box. The final lining of the cut and cover sections will be from water retaining concrete; a double-sided formwork set will be used for the casting. The design style of the newly designed portals is simple. The slope of the portals copies the shape of the surrounding grass-covered terrain. They are incorporated into the landscape in a natural and unforced manner. Access roads including mustering areas for fire brigades are provided at both portals as a part of the fire engineering design.

## NEW ESCAPE GALLERY CONSTRUCTION AND CANCELLATION OF A PART OF THE TUNNEL

All work on the current single-rail tunnel structure will be carried out after the new double-rail tunnel is opened to traffic. The 276m long escape gallery leads from the southern portal approximately to the mid point of the unused single-track tunnel and then through the newly built cross passage to a safety recess in the double-track tunnel. The cross passage will be mined, with a double-shell lining and a closed intermediate membrane waterproofing system. It will contain a positive pressure refuge. First of all, the ballast bed will be cleared from the part of the single-track tunnel that will be used as an escape gallery and the surface of the lining will receive a proper treatment. Subsequently, the waterproofing membrane will be installed and the final reinforced concrete lining cast.

The northern part of the single-track tunnel will be carefully backfilled mainly with the muck obtained from the new tunnel excavation, which will be deposited temporarily on an intermediate stockpile. The remaining portion of the cross section will be backfilled, section by section, with cinder concrete. Once the cinder concrete has hardened and the shrinkage process has been over, additional grouting will take place. By using cement grouting and a closed membrane waterproofing system the drainage effect of the existing tunnels will be reduced and the water table should return to its natural long-standing level. The last operations will consist of the demolition of the northern portal including skew wings, and final finishes of slopes including grass seed sowing. The southern portal with a sign Kalchberg 1870 will be reconstructed and maintained as a technical monument for future generations.

## CONCLUSION

The design requires that the tunnel be enlarged even in the unfavourable geological conditions. It reasonably utilises the existing tunnel as an initial partial heading, which will at the same time allow, the removal of the muck from the top heading excavation by rail to the direct deposition into the backfill carried out in other parts of the construction and, at the same time, the intermediate station Jablunkov – Mosty to be relocated to a position suitable for the operation. At last but not least, powerful mining equipment can be utilised effectively, thus the construction time can be reduced. The application of the waterproofing means exclusion of a drainage system behind the tunnel lining. This will have a positive effect on the hydrological regime of groundwater in the tunnel overburden.

ING. JIŘÍ RŮŽIČKA, e-mail: ruzicka@metroprojekt.cz,  
ING. JAN KOREJČÍK, e-mail: korejcik@metroprojekt.cz,  
METROPROJEKT Praha, a. s.



# PRÍSTAV VUOSAARI A CESTNO-ŽELEZNIČNÉ TUNELY PROJEKTU VUOLI VO FÍNSKU

## VUOSAARI PORT AND VUOLI ROAD/RAILWAY TUNNELS IN FINLAND

MILAN PASTIERIK, MIRKO SORONEN

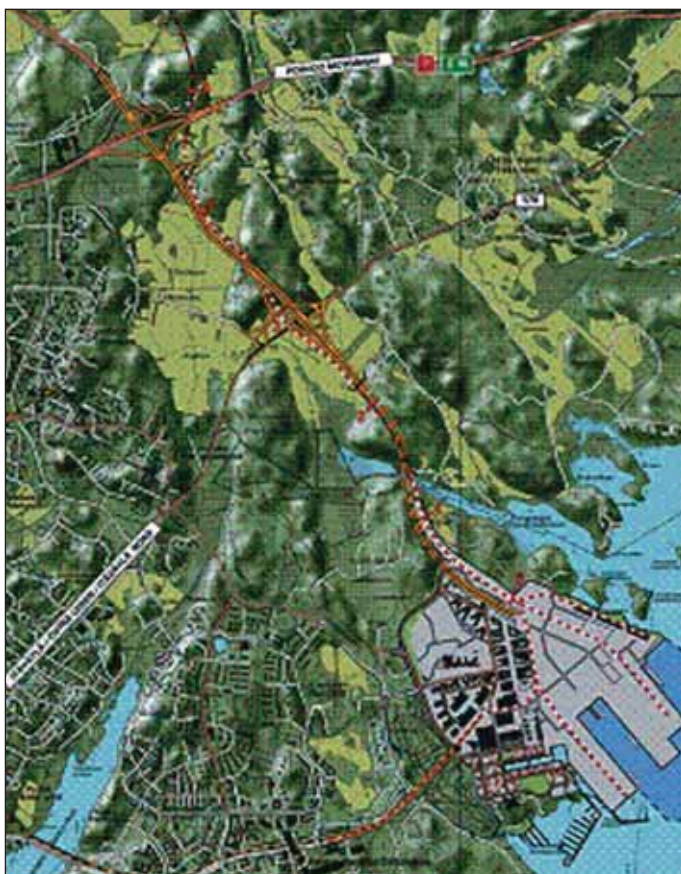
### ÚVOD

Prístav Vuosaari projektu VUOLI sa nachádza východne od Helsínk približne 15 km od medzinárodného letiska Vantaa. V roku 1992 bola oblasť Vuosaari vybraná ako miesto budúcej výstavby moderného nákladného prístavu na ploche 150 ha, ktorej súčasťou je budovanie obchodného parku, vodných ciest a dopravných prepojení 2 cestnými tunelmi Porvarinlahti, železničného tunela Labbacka a Savio (obr. 1). Stavba bola odštartovaná začiatkom roku 2003 a jej ukončenie je plánované na jeseň roku 2008.

Projekt VUOLI, ktorý zabezpečuje dopravné prepojenia, zahŕňa Fínsku správu ciest, Fínsku správu železníc a Fínsku námornú správu. Tá sa stane jeho vlastníkom po dokončení stavebných prác.

### FAKTY A ČÍSLA

Celkové náklady na projekt VUOLI	508,5 mil. EUR
z toho tunely Labbacka a Porvarinlahti	23,7 mil. EUR
Tunely Porvarinlahti	2 x 1,7 km
Tunel Labbacka	0,6 km
Tunel Savio	14 km
Vodné cesty	36 km
Obchodný park	73 ha
Nákladný prístav	150 ha
Plocha získaná zasypáním mora	90 ha
Železničný most Porvarinlahti	154 m



Obr. 1 Plán prístavu Vuosaari s polohou severného a južného portálu  
Fig. 1 Layout plan Vuosaari harbour with the position of northeast and southern portals

### INTRODUCTION

The harbour of Vuoli is found east of Helsinki, approximately 15km from Vantaa international airport. In 1992, the Vuosaari region was selected as the place for the future construction of a modern freight harbour on an area of 150 hectares. Part of the construction will be a shopping park, waterways and traffic connections through the Porvarinlahti twin-tube motorway tunnel and Labbacka and Sivuio railway tunnels. The work on the project started at the beginning of 2003 and its end is planned for autumn 2008.

VUOLI project, which ensures the transport connection, is jointly financed by the Finnish Road Administration, Finnish Railway Administration, and Finnish Marine Administration, which will become the owner of the completed work.

### FACTS AND NUMBERS

Total costs of VUOLI project	€ 508.5 million
from that Labbacka and Porvarinlahti tunnels	€ 23.7 million
Porvarinlahti tunnels	2 x 1.7 km
Labbacka tunnel	0.6 km
Savio tunnel	14 km
Waterways	36 km
Commercial Park	73 hectares
Cargo port	150 hectares
Area obtained by filling the sea	90 hectares
Porvarinlahti railway bridge	154 m

### PORVARINLAHTI AND LABBACKA TUNNELS

Skanska BS has participated in the construction of the above-mentioned tunnels since 15 August 2005 when work started on the northern portal successively of three tunnel tubes (Figure 2). The excavation was preceded by finishing of the portal by blasting and stabilisation of the portal by the installation of steel anchors and steel fibre reinforced shotcrete. The road tunnels will interconnect the port with Keha III motorway ring and the railway cargo traffic will pass over the 19 km long link from the port to Kerava region where it will connect to the main railway network.

### ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT (EIA)

The study of environmental impact took place between 1994 and 1995 and it has not been exceeded so far as regards the scope of published works and proposals in connection with other construction projects in Finland. The main reason is that the port as well as Labbacka and Porvarinlahti tunnels are located directly in the area of marshlands and swamps covered by Natura 2000 environmental program aimed at preserving the natural heritage within EU member states (Figure 3). The project therefore comprises an extensive monitoring and protection program covering both underground and surface waters, vegetation, and birds.

### GEOLOGICAL CONDITIONS AT THE CONSTRUCTION SITE AND STRUCTURAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ROCK ENVIRONMENT

From the regional geological perspective, the construction site is located in Svekofenoidy province and it consists mostly of dark, very fine to vitreous metamorphosed basalt with occasional occurrence of light pink, coarse-grained granite, quartzite veins and light metamorphosed carbonates. The rocks in the massif formed 1750-1900 million years ago during mountain building processes known as Svekokarelian

## TUNELY PORVARINLAHTI A LABBACKA

Firma Skanska BS sa podieľa na výstavbe uvedených tunelov od 15. augusta roku 2005, keď boli začaté práce na severnom portáli postupne na troch tunelových rúrach (obr. 2). Samotnému razeniu predchádzala konečná úprava portálu pomocou trhacích prác a taktiež jeho zabezpečenie osadením oceľových kotiev a striekaným betónom s oceľovou mikroarmatúrou. Cestné tunely budú spájať prístav s diaľničným okruhom Keha III a nákladná železničná doprava v celkovej dĺžke 19 km bude smerovať z prístavu do regiónu Kerava, kde sa napojí na hlavnú železničnú sieť.

### HODNOTENIE ÚČINKOV VÝSTAVBY NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE (EIA)

Environmentálna štúdia účinkov na životné prostredie prebiehala v rokoch 1994 až 1995 a dodnes nebola prekonaná, čo sa týka rozsahu publikovaných prác a návrhov v porovnaní s inými projektmi výstavby vo Fínsku. Hlavným dôvodom je fakt, že samotný prístav s tunelmi Labbacka a Porvarinlahti sa nachádza priamo v oblasti močarísk a mokradí, patriacich do chráneného prírodného územia Natura 2000, ktorého cieľom je zachovanie prírodného dedičstva v rámci členských krajín Európskej únie (obr. 3). Súčasťou projektu je preto rozsiahly program monitorovania ochrany podzemných a povrchových vôd, vegetácie a vtáctva.

### GEOLOGICKÉ POMERY STAVENISKA A ŠTRUKTÚRNO MECHANICKÉ VLASTNOSTI HORNINOVÉHO PROSTREDIA

Z regionálne geologického hľadiska patrí územie staveniska do provincie Svekofenoidy a je tvorené prevažne tmavými, veľmi jemnozrnými až sklovitými metamorfovanými bazaltmi s občasným výskytom svetlo ružových, hrubozrných žúl, kremenných žíl a svetlých metamorfovaných karbonátov. Horniny skalného masívu boli formované pred 1750–1900 mil. rokov počas horotvorných procesov známych aj ako Svekokarélsky orogén. Na základe laboratórnych skúšok a meraní podľa pevnosti v jednoosom tlaku patria horniny k veľmi až extrémne tvrdým, s pevnosťou medzi 200 až 333 MPa. Horniny sú zdravé, nezvetrané a pretkané systémom puklín bez výrazných zlomov alebo iných tektonických porúch. Hornina je na zlomoch hydrotermálne premenená a pukliny sú v poruche prevažne vyplnené kalcitom, jemnozrným pyritom a hnedočerveným ílom. Na základe geologického mapovania na čelbách tunelov boli vyčlenené tri hlavné puklinové systémy so smermi sklonov 180–190/81, 270/80 a systém 297/20, ktorý však nie je pravidelný. Pukliny sú priebežné, uzavreté a zväčša bez výplne. Ich povrch je drsný až stupňovitý, zriedkavo zvlhnutý. Rozstupy medzi puklinami sú vo vzdialenosti medzi 400 až 900 mm, teda stredné až veľké. Kvalita horniny, jej pevnosť spolu s celkovým charakterom diskontinuít v horninovom masíve, prítomnosťou vody a napätovým faktorom, sú základom klasifikácie systému Q horninového prostredia počas razenia tunelov.

### RAZENIE TUNELOV A JEDNOTLIVÉ VYSTROJOVACIE TRIEDY NA ZABEZPEČENIE STABILITY MASÍVU POČAS VÝSTAVBY

Razenie tunelov prebieha pomocou vrtno-trhacích prác s použitím vrtných vozov Atlas Copco Boomer 353 a Tamrock Axera a emulzných a práškových trhacích typu Kemix a Anniiti. Spôsob odpaľovania je neelektrický, systémom NONEL (obr. 4). Vrtnú schému cestných tunelov tvorí 184 vrto, v železničnom 165 vrto priemeru 48 mm a 4 nenabíjané zálomové vrty priemeru 102 mm (obr. 5). Vrtné stroje sú vybavené počítačom, ktorý



Obr. 3 Príjazdová cesta k severnému portálu s pohľadom na chránené územie NATURA 2000

Fig. 3 The access road to the northern portal with a view of the NATURA 2000 protected area



Obr. 2 Severný portál s tunelmi B, A, R pred začiatkom razenia

Fig. 2 The northern portal with the B, A, R tunnels before the driving commencement

orogeny. According to laboratory testing and measurements based on the uniaxial compressive strength, they belong among very hard to extremely hard, with the strength varying from 200 to 333 MPa. They are sound, unweathered and interwoven with a system of fissures without noticeable faults or other tectonic disturbances. The rock is hydrothermally metamorphosed at the faults with joints mainly filled with calcite, fine-grained pyrite and brown-red clay. Three main joint systems were determined on the basis of geological mapping at the tunnel excavation faces, with the trend 180-190/81, 270/80 and a 297/20 system, which, however, is not regular. The joints are persistent, closed, and mostly without any filling. Their surface is coarse to stepped, rarely undulated. The spacing between the joints varies between 400 and 900 mm, i.e. it is of the medium density. Rock quality and its strength together with the overall character of the discontinuities in the rock massif, presence of water, and the stress factor represent the basis of the Q system of rock mass classification during tunnels construction.

### DRIVING OF TUNNELS AND INDIVIDUAL EXCAVATION SUPPORT CLASSES FOR SECURING THE MASSIF STABILITY DURING THE CONSTRUCTION

The tunnels were driven by the drill-and-blast technique using Atlas Copco Boomer 353 and Tamrock Axera machines and emulsion and powder explosives of Kemix and Anniiti types. NONEL non-electric blasting technology was used (Figure 4). The drilling scheme of the road tunnels consists of 184 boreholes, the railway tunnel had 165 boreholes with the diameter of 48 mm, and four non-load grip shots with the diameter of 102 mm (Figure 5). The drilling machines were equipped with computers and laser enabling determination of the machine position before drilling; subsequent drilling was then fully automated.

Three basic support classes for road tunnels and railway tunnel construction were determined based on the geological survey, drilling and mapping works, seismic and gravimetric measurement, with Q limit values of 1–4, 4–10, and 10–40 in the profiles with overburden thickness exceeding 5 meters and four special classes for portal areas (20 meters from the portals) and for the sections with overburden height below 5 meters.

Steel reinforcement in individual classes was made from CT M22 mechanical anchors and from encapsulated rock bolts T25 with lengths of 3 and 4 meters fitted in both longitudinal and cross profile at the spacing between 1.5 and 2 meters depending on the Q value.

Critical part of the railway tunnel profile was a 50 meters long section about 30 meters from the portal (in the direction of tunnel driving) where the overburden thickness was as little as 1.5 meters at some places. Blasting operations at the face will be divided into three parts with gradual advance in advance heading, roof brushing, and fitching to the final profile with the maximal step length of 2 meters (Figure 6). Tunnel stability will be secured by an umbrella consisting of titanium anchors in the tunnel calotte (length of 8 meters) with spacing of 4 meters and by eight three-meter galvanized anchors on the sides. The



Obr. 4 Čelba cestného tunela a zapojenie rozvetnenej siete neelektrického systému NONEL

Fig. 4 Road tunnel excavation face with the NONEL non-electric priming wires

s využitím laserového lúča zaistiť polohu stroja pred vrtnaním a následné vrtnanie je potom zabezpečené automaticky.

Na základe geologického prieskumu, vrtných a mapovacích prác, seizmických a gravimetrických meraní boli stanovené 3 základné vystrojovacie triedy pre raziene cestných tunelov, respektíve železničného tunela s okrajovými hodnotami Q v rozmedzí 1–4, 4–10 a 10–40 v profiloch s nadložími väčšími ako 5 m a štyri špeciálne triedy pre oblasti portálov so zaradením v dĺžke do 20 m a pre úseky s hrúbkou nadložia menšou ako 5 m.

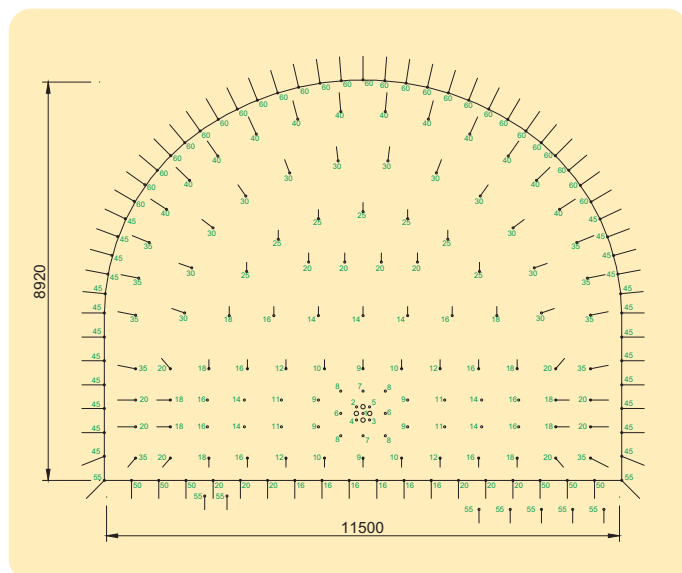
Ocelový výstuž tvorí v jednotlivých triedach mechanické kotvy CT M22 a lepené svorníky T25 dĺžky 3 a 4 m, ktoré sa osádzajú v pozdĺžnom a priečnom profile vo vzdialenostiach 1,5 až 2 m v závislosti od hodnoty Q.

Kritickým miestom v profile železničného tunela je približne 50 m dlhý úsek vo vzdialenosti 30 m od portálu v smere raziene, kde hrúbka nadložia v niektorých miestach dosahuje len 1,5 m. Trhacie práce v čelbe budú rozdelené na 3 časti s postupom raziene v predrážke, pribierke stropu a pribierke bokov na konečný profil s maximálnym záberom dĺžky 2 m (obr. 6). Stabilita tunela bude zabezpečovaná dáždňikom z titanových kotiev v kalote tunela v dĺžke 8 m s preložením po 4 m a osadením ôsmich, 3 m dlhých galvanizovaných kotiev po stranách. Súčasťou výstuže v tejto vystrojovacej triede je ďalej osadenie dvoch vrstiev ocelevej mrežoviny a 40 cm hrubej vrstvy striekaného betónu s ocelovou mikroarmatúrou prekrytú finálnou 5 cm hrubou vrstvou hladkého striekaného betónu. Keďže postup raziene bude v tomto úseku spomalený, projektant prijal rozhodnutie o zhotovení prerážky z cestného tunela a tým možnosti raziene na čelbe železničného tunela v predstihu v miestach s nadložími o hrúbke väčšej ako 5 m, aby nedošlo k ohrozeniu plánovaného termínu ukončenia projektu. Profil tunela má plochu 73 m<sup>2</sup>, šírku 8,4 m a výšku 9,5 m. Priebeh raziene cestných tunelov na plný profil s plochou 90 m<sup>2</sup> je po prekonaní priportálových úsekov bezproblémový, s dĺžkou záberu 4–5 m na odpal. Šírka cestných tunelov je 11,5 m a výška 8,9 m (obr. 7).

Po vyrazení 482 m úseku železničného tunela bude raziene postupne prechádzať ponad cestné tunely v križovaní na dĺžke 114 m. Výškový rozdiel medzi počvou železničného tunela a korunou cestných tunelov je v tomto úseku maximálne 15 m. Šírka pilierov medzi cestnými tunelmi je 10,5 m. Každých 100 m je medzi cestnými tunelmi plánované ich prepojenie únikovými chodbami šírky 4 m a výšky 4,75 m.

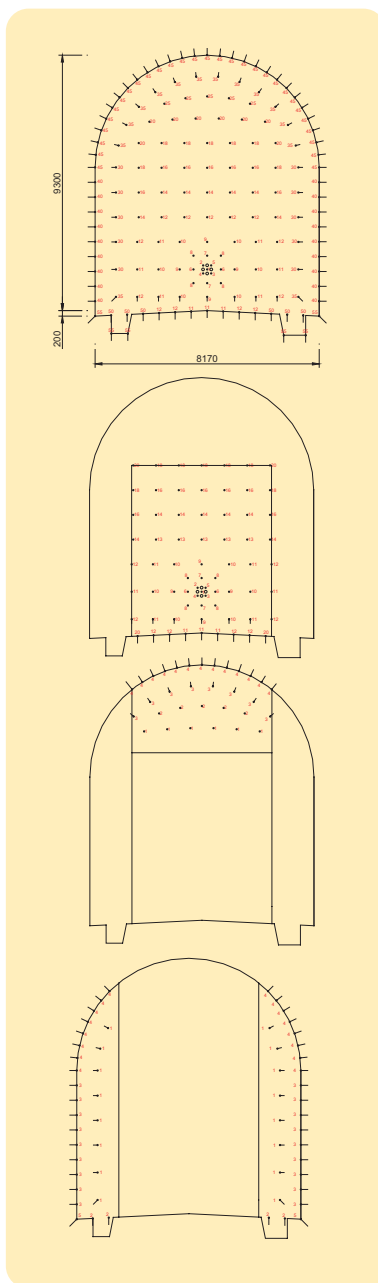
Obr. 6 Vrtná schéma postupu raziene železničného tunela v úseku s nízkym nadložími

Fig. 6 Drilling pattern for the excavation sequences under shallow cover



Obr. 5 Vrtná schéma cestného tunela Porvarinlahti

Fig. 5 Drilling pattern for the Porvarinlahti road tunnel



support in this class furthermore consists of two layers of steel mesh and 40 cm layer of steel fiber reinforced shotcrete covered with final 5 cm thick layer of smooth shotcrete. As the driving progress will be slower in this section, the designer decided to make a break-through from the road tunnel thus enabling continuation with railway tunnel construction in places with the overburden thickness higher than 5 meters in order to comply with the planned term of project completion. The tunnel profile has the cross-section of 73 square meters, width of 8.4 meters, and height of 9.5 meters. The course of road tunnels driving to the full profile of 90 square meters was without any problems after overcoming the portal sections, the advance length was 4–5 meters per blast. The road tunnels were 11.5 meters wide and 8.9 meters high (Figure 7).

After the 482 meters, the railway tunnel was about to cross the road tunnels in the length of 114 meters. The height difference between the railway tunnel floor and the road tunnels crown was less than 15 meters in this section. Width of the pillars between the road tunnels was 10.5 meters. Every 100 meters, the road tunnels will be interconnected by cross passages with the width of 4 meters and height of 4.75 m.

## TUNNELS GROUTING IN RELATION TO THE PROTECTED NATURAL ENVIRONMENT (NATURA 2000)

Direct contact of the environment protected by Natura 2000 and construction of the tunnels, which takes place directly under the marshland, forced the designer to propose a complex system of grouting profiles in all three tunnel tubes (Figure 8). The grouting, purpose of which is in particular to protect the marshland and swamps from possible underground water level lowering and drying due to the tunneling and blasting works, has been carried out since the beginning of tunnels construction. In Porvarinlahti tunnel, grouting is applied every 10–15 meters with borehole length of 15–20 meters, i.e. with the minimal overlap of 5 meters at the pressure of 1–3 MPa. The grouting profile of the road tunnels has 31 boreholes in this section and the grouting mixture of water and



Obr. 7 Čelba cestného tunela v relácii k rozmerom vrtacieho voza  
Fig. 7 Road tunnel excavation face relative to the dimension of the drill rig

### INJEKTÁŽ TUNELOV VO VZŤAHU K CHRÁNENÉMU PRÍRODNÉMU PROSTREDIU SYSTÉMU NATURA 2000

Bezprostredný kontakt chráneného prostredia Natura 2000 a razenia tunelov, ktoré prebieha v niektorých úsekoch priamo pod močarínami daného územia, prinútilo projektanta k návrhu komplexného systému injektážnych profilov vo všetkých troch tunelových rúrach (obr. 8). Injektáž, ktorej účel je hlavne ochrana močarísk a mokradí pred prípadným poklesom podzemných vôd a vysychaním v dôsledku ťažby a trhacích prác, sa vykonáva od začiatku prác na tuneloch. V tuneli Porvarinlahti sa injektáž aplikuje každých 10–15 m s dĺžkou vrtov 15–20 m, teda s prekrytím minimálne 5 m pri tlaku 1–3 MPa. Injektážny profil cestných tunelov má v tomto úseku 31 vrtov a injektážna zmes vody a cementu typu mikro a rapid sa mieša v pomere W/C=1, ktorý sa, ak je potrebné, v dôsledku veľkých únikov zmesi mení až na pomer W/C = 0,8–0,6.

Kvalita injektáže sa overuje vodnými tlakovými skúškami v 4 štyroch vrtov v klenbe tunela, každých 5 m postupu, pri tlaku 1Mpa v trvaní 5 min. Veľkosť Lugeonovho čísla bola v jednotlivých meraných úsekoch po injektáži menšia ako 0,2. Po vyrazení 140 m dĺžky tunela a s postupne zvyšujúcou sa hrúbkou nadložia do 20 m bude injektáž vykonávať len v takom prípade, keď výsledky vodných tlakových skúšok a z nich vypočítaná hodnota Lugeonovho čísla bude v rozmedzí 0,2–0,6–1,8, keď sa injektuje postupne buď iba v klenbe, alebo v klenbe a bokoch alebo v celom profile.

V prípade vodných skúšok a vypočítaných hodnôt Lugeonovho čísla vyšších ako 5 pravdepodobne by mohli dôjsť opäť k zmenám a ďalší postup razenia by závisel na rozhodnutí projektanta. Vodné tlakové skúšky sa budú robiť po navrtaní 21 m dlhých vrtov.

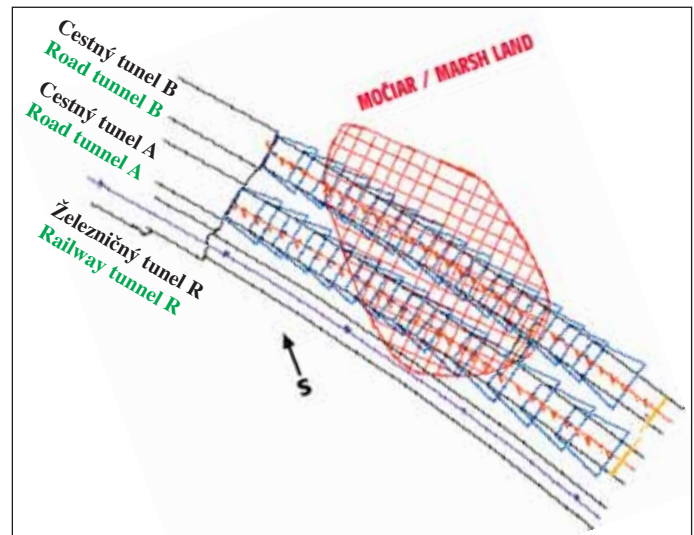
V železničnom tuneli Labbacka, kde prebiehala spočiatku injektáž prvých 30 m v rovnakých rozstupoch, prišlo k zmene projektu na základe nových dát z dodatočne vykonaného geofyzikálneho prieskumu, ktorého výsledkom bolo zistenie menšej hrúbky nadložia, ako sa pôvodne v projekte predpokladalo. Injektované úseky sa skrátili na 4 m s rovnakou dĺžkou vrtov 15 m a celkovým počtom 26 vrtov pri injektovaní plného profilu, alebo 9 vrtov pri injektovaní klenby v striedavom poradí. Počas razenia bude tiež potrebné prevrtávať korunu tunela až po sedimentárnu výplň močiaru jedným kontrolným vrtom, ako doplnok k novým informáciám z geofyzikálneho prieskumu.

### ZÁVER A ZHODNOTENIE POSTUPOV RAZENIA

Po prekonaní kritických priortálových úsekov a rozšírení cestných tunelov na plný profil razenie prebieha bez problémov s priemerným postupom 100 m za mesiac na jednu tunelovú rúru. V prípade priaznivých geologických podmienok a výsledkov vodných tlakových skúšok sa postup výrazne urýchlil a zvýšil o 50 až 80 metrov, a to hlavne v dôsledku vynechania časovo náročnej injektáže. Postup razenia v železničnom tuneli v úseku s veľmi nízkym nadložím je plánovaný na 2 m za týždeň. Po vyrazení pre-rážky z cestného do železničného tunela bude postup na jeho druhej čelbe pokračovať v koordinácii s razením v cestných tuneloch. Trhacie práce budú pokračovať opäť na plný profil a injektáž, podobne ako v cestných tuneloch, bude aplikovaná len v prípade nepriaznivých geologických podmienok a na základe výsledkov vodných tlakových skúšok.

ING. MILAN PASTIERIK, e-mail: milan.pastierik@skanska.sk,  
SKANSKA BS a. s., PRIEVIDZA

ING. MIRKO SORONEN, e-mail: mirko.soronen@skanska.fi



Obr. 8 Plán severného portálu s tunelmi a močiarom v ich nadloží  
Fig. 8 Layout plan of the northern portal with the tunnels and marsh land above

cement of mikro and rapid types was mixed in the proportion of W/C=1 which was changed up to W/C = 0.8–0.6 where necessary due to high losses of the mixture.

Grouting quality is verified by suitable water pressure tests in four boreholes in the tunnel vault, every 5 meters of construction advance at the pressure of 1MPa for 5 minutes. The Lugeon's number was lower than 0.2 in individual measured sections after the grouting. With 140 meters of the tunnel length already constructed and with increasing overburden thickness of up to 20 meters, grouting will be performed only when the results of water pressure tests and the Lugeon's number calculated from them will be between 0.2–0.6–1.8 when grouting is gradually performed only in the vault and on the sides or within the whole profile.

Results of water tests and calculated values of the Lugeon's number higher than 5 could result in another change and the subsequent tunneling progress would depend on the designer's decision. Water pressure tests will be performed after drilling of 21 meters long boreholes.

In Labbacka railway tunnel, where identical grouting spacing was used during initial 30 meters, the design was changed based on the new data obtained from an additional geo-physical survey which resulted in determination of a lower overburden thickness than originally expected. The grouting sections were shortened to 4 meters with equal borehole length of 15 meters and with the total number of 26 boreholes in the event of full profile injection or 9 boreholes in the event of alternating vault grouting. During the period of the tunneling, it will be also necessary to drill one test hole up to the sedimentary level of the marshland as an addition to the new information obtained within the framework of the geo-physical survey.

### CONCLUSION AND ASSESSMENT OF THE DRIVING PROGRESS

After overcoming the critical portal sections and after extension of the road tunnels to the full profile, tunnels were driven without any problems with average advantage rate of 100 meters per month in each tunnel tube. Favorable geological conditions and results of water pressure test are expected to further increase the construction advance rate by additional 50 to 80 meters, mainly due to aborting the time consuming grouting. Construction advance rate in the railway tunnel section with very low overburden is planned to be 2 meters per week. After the break-through from the road tunnel into the railway tunnel is completed, progress on its second face will continue in coordination with the road tunnels. Blasting works will again continue in the full profile and grouting, similarly to the road tunnels, will be applied only in unfavorable geological conditions depending on the water pressure test results.

ING. MILAN PASTIERIK, e-mail: milan.pastierik@skanska.sk,  
SKANSKA BS a. s., PRIEVIDZA

ING. MIRKO SORONEN, e-mail: mirko.soronen@skanska.fi

# POZNATKY ZE ZKUŠEBNÍHO POŽÁRU V TUNELU VALÍK

## INFORMATION GAINED DURING FIRE TEST IN VALIK TUNNEL

JIŘÍ SVOBODA, VLADIMÍR VLČEK, JIŘÍ POKORNÝ, PETR KUČERA, JAN HORA

### ÚVOD

Základní požadavky na vyzkoušení požárního zabezpečení tunelu v Česku jsou dány technickými podmínkami „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“ (TP 154). Zkoušky jsou součástí první hlavní prohlídky tunelů. U tunelu Valík to byl navíc požadavek HZS PK uplatněný při projednávání dokumentace ke stavebnímu povolení. Po dohodě s pracovníky HZS PK a GR HZS byly zkoušky rozděleny na 2 části, a to na zkušební požár v tunelu v době před hlavní montáží technologie a naopak zkoušku IZS až po úplném dokončení a namontování veškeré technologie v tunelu.

### ZKUŠEBNÍ POŽÁR

Před uvedením tunelu Valík na dálnici D5 do provozu byl dne 25. 5. 2006 proveden zkušební požár. Při tomto požáru byl vyzkoušen vliv přirozeného větrání a následně nucené větrání na šíření kouře v tunelové troubě. Byl také ověřován vliv velikosti raženého profilu tunelu, reverzace ventilátoru na šíření kouře. Koncepce požární zkoušky byla navržena na základě matematických modelů zpracovaných výzkumným ústavem TUPO. V předstihu byly zpracovány modely typu pole a zónové modely. Cílem bylo odhadnout velikosti požáru a možné průběhy teplot v prostoru při tepelném zatížení 5MW.

### ZADÁNÍ POŽÁRU

Požár osobního automobilu byl simulován hořením 170 litrů automobilového benzínu (BA) v otevřené nádrži o ploše 4 m<sup>2</sup> umístěné ve středu vozovky jižní tunelové trouby (JTT). Po celou dobu hoření/požáru byly v čase snímány teploty, hustoty toku tepla, rychlosti proudění vzduchu v tunelu. Dále bylo vzorkováno ovzduší v blízkosti pražského portálu pro chemickou analýzu k určení hlavních toxikantů, celkové vydatnosti zplodin hoření a tepelného výkonu požáru. V blízkosti/okolí pražského a rozvadovského portálu byla měřena meteosituační (teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru).

Zkušební požár byl proveden 2x:

- 1) za nuceného větrání jedním ventilátorem;
- 2) za přirozeného větrání (proudění vzduchu portál Rozvadov – portál Praha), následně spuštění ventilátoru.

O den dříve byly provedeny opakované zkoušky pomocí vyvíječe studeného kouře při obdobném zadání funkce ventilace, zúžení profilu tunelu apod. Problémem byla již příprava zařízení tak, aby byla všechna zařízení schopna současně činnosti (odchylný pracovní režim jednotlivých vyvíječů). Nutná doba zahřívání je minimálně 40 min.

### ZÁVĚRY MATEMATICKÝCH MODELŮ, NAVRHOVANÁ TECHNICKÁ OPATŘENÍ PRO OCHRANU VLASTNÍ TUNELOVÉ TROUBY

Za předpokladu výkonu požáru 5MW, geometrických rozměrů tunelu a předpokládaných vnějších podmínek byly modelováním stanoveny nejvyšší teploty plynů v posuzovaném prostoru 250 °C, skokové difference se v ojedinělých případech blížily 350 °C.

Průměrná výška plamene měla dosahovat 4,5 až 5,1 m nad povrchem hořících látek. Na základě teplot stanovených modelováním se předpokládalo, že prognózované teploty ani výška plamene nemohou tepelně negativně působit na stavební konstrukci tunelu. Přesto byla chráněna konstrukce tunelu od kóty -10 m do vzdálenosti +20 m (měřeno od osy tepelného zdroje). Ostění bude obloženo od výšky +5 m nad podlahou po horní klenbu. Pro ochranu konstrukce bylo použito rohoží ORSTECH DP80 připevněných hmoždinkami na obezdvíku a zajištěných průběžnými pojišťovacími lankami. Ochrana obezdvíky byla navržena na základě výpočtových modelů provedených v předstihu výzkumnou organizací HZS-TUPO.

### INTRODUCTION

The basic safety requirements for the fire system testing in the Czech Republic are given by technical requirements “Operating, Management and Maintenance of Road Tunnels” (TP 154). The test are part of the first main tunnel inspection. Moreover, in the case of Valik Tunnel, this was a condition stipulated by HZS PK during construction permission hearing. After agreement with HZS PK and GR HZS, the fire tests were divided into 2 parts, the test fire in the tunnel before the main tunnel equipment installation and IZS test after complete assembly of the tunnel equipment.

### FIRE TEST

Before the start of operation of the Valik Tunnel on D5 Motorway, there was the fire test performed on 25.5.2006. During this test, the function of natural ventilation on smoke spreading in the tunnel tube was tested, followed by the same for artificial ventilation. The effect of the tunnel cross section and reverse operation of ventilation fan was also monitored. The concept of the fire test was designed as a result of mathematical models prepared by research institution TUPO. In advance the field and zone models were prepared. The aim was to assess the size of the fire and potential temperature development by 5MW fire.

### FIRE TEST DESIGN

The car fire was simulated by burning 170 l of petrol (BA) in open tank with area of 4 m<sup>2</sup> placed in the middle of roadway of the South Tunnel Tube (JTT). During the whole duration of fire the temperatures, densities of thermal flow and speed of air flows were monitored in time. Further, the sampling of air in the Prague portal vicinity for chemical analysis of main toxic substances, total abundance of combustion products and thermal rate of the fire were performed. In the vicinity of both, Prague and Rozvadov portals, the meteorological conditions were monitored (temperature, relative air humidity, velocity and direction of the wind).

The fire test was performed 2x:

- 1) during artificial ventilation with one fan
- 2) during natural ventilation (the air flow direction from Rozvadov portal to Prague portal), with subsequent starting of ventilation fan.

A day earlier the repetitive tests by cold smoke initiator, by similar functioning of ventilation, tunnel profile reduction, etc. were carried out. The problem was to prepare the test equipment for concurrent functioning (different work regime of particular initiators). The time period needed for heating is 40 min.

### MATHEMATICAL MODEL RESULTS, PROPOSED TECHNICAL MEASURES FOR TUNNEL TUBE PROTECTION

Based on the assumptions of 5MW heat release rate of the fire, tunnel cross section and expected outside conditions, the highest gas temperatures 250°C in the assessed space were determined by the model; temperature jumps in sporadic cases were close to 350°C.

The average height of the flame was estimated to be 4,5 to 5,1 m above the burning surface. Based on the temperatures gained by modelling it was supposed that neither predicted temperatures nor the flame height could negatively affect the tunnel lining. Nevertheless, the lining was protected in distances -10m to +20m (measured from the heat source axis). The lining was protected from the invert to the level +5m. For protection the ORSTECH DP80 mats were used; they were fixed to the lining by dowels and secured by continuous steel strings. The lining protection was designed according to the mathematical models carried out by research institute HZS-TUPO.

Prognosis of the thermal field was performed by using zone and field type models, both in reduced scale and in the model with approximately realistic tunnel dimensions. Modelling was done assuming conditions similar to the ones expected during the experiment.

The results of modelling gave assurance that the temperatures during the fire test will not cause lining damage.

Prognóza teplotního pole byla uskutečněna s využitím zónových modelů a modelu typu pole, a to ve zmenšeném měřítku a v modelu s přibližně reálnými rozměry tunelu. Modelování bylo provedeno za podmínek blízcích se předpokládaným podmínkám připravovaného experimentu.

Výsledky modelování vedly k přesvědčení, že teploty dosažené při požárních zkouškách nezpůsobí poškození tunelového ostění.

Měření při zkouškách předpoklad získaný modelováním potvrdila. Shodu mezi predikovanými a naměřenými hodnotami lze posuzovat jako přijatelnou.

Modelování požáru je nesporně perspektivní oblastí, která nalezne své uplatnění v řadě praktických aplikací. Kombinace reálných zkoušek a modelování se jeví jako optimální postup, který vede k úspoře finančních prostředků.

## PŘEDMĚT MĚŘENÍ

Při požárních zkouškách bylo snímáno v čase:

- **teplotní pole**
- **teploty ovzduší ve svislé rovině** podélnou osou tunelu na pozicích -50 m, -20 m, -5 m, 0 m (pozice nádrže s BA), +5 m, 10 m, 15 m, 35 m a 80 m (směr proudění vzduchu v tunelu) ve třech výškových hladinách 2,5 m, 4 m, 8 m, viz příloha 1,
- **teploty na ostění JTT** na pozicích -5 m, 0 m, 5 m, 10 m a ve výškových hladinách 0 m, 4 m a 6,5 m, viz příloha 2,
- **bezprostředního okolí plamene hořícího BA** v otevřené nádrži na pozici 0 m;
- **pole hustot toku tepla**
- na pozici -5 m ve výšce 1,5 m na podélné ose JTT,
- na pozici 0 m ve 2,5 m vzdálenosti od okraje nádrže kolmo na podélnou osu JTT ve výškách 1,5 m a 2,5 m,
- na pozici +5 m a ve 2,5 m vzdálenosti kolmo na podélnou osu JTT,
- na pozici +5 m ve výšce 1,5 m na podélné ose JTT;
- **šíření horkého kouře**
- na pozicích +40 m a +80 m po celém profilu a v podélném směru JTT,
- na rozhraní ražené a hloubené části pražského portálu JTT ve výšce 4 m na podélné ose;
- **koncentrace vybraných toxikantů** v ovzduší požáru na podélné ose a rozhraní hloubené a ražené části pražského portálu JTT se vzorkováním ovzduší na výškových hladinách 4 m, 6 m a 8 m (na svislici);
- **rychlosti proudění vzduchu v tunelu;**
- **meteosituaci na portálech;**
- **odhad tepelného výkonu požáru.**

## ČASOVÝ PLÁN ZKUŠEBNÍHO POŽÁRU

Středa 24. 5. 2006 14<sup>00</sup>–17<sup>00</sup> zkouška šíření studeného kouře.

Čtvrtek 25. 5. 2006 vlastní cvičení. Tunel byl kompletně uzavřen po celý den včetně příportálových úseků za pomoci pracovníků PČR, oddělení dálniční policie Svojkovice.

7<sup>30</sup>–8<sup>30</sup> školení pracovníků a návštěvníků VIP

9<sup>00</sup>–10<sup>00</sup> 1. požár – nucené větrání, po odvětrání následovala prohlídka místa požářiště pro odborníky

13<sup>00</sup>–14<sup>00</sup> 2. požár – přirozené větrání s následným spuštěním ventilátoru

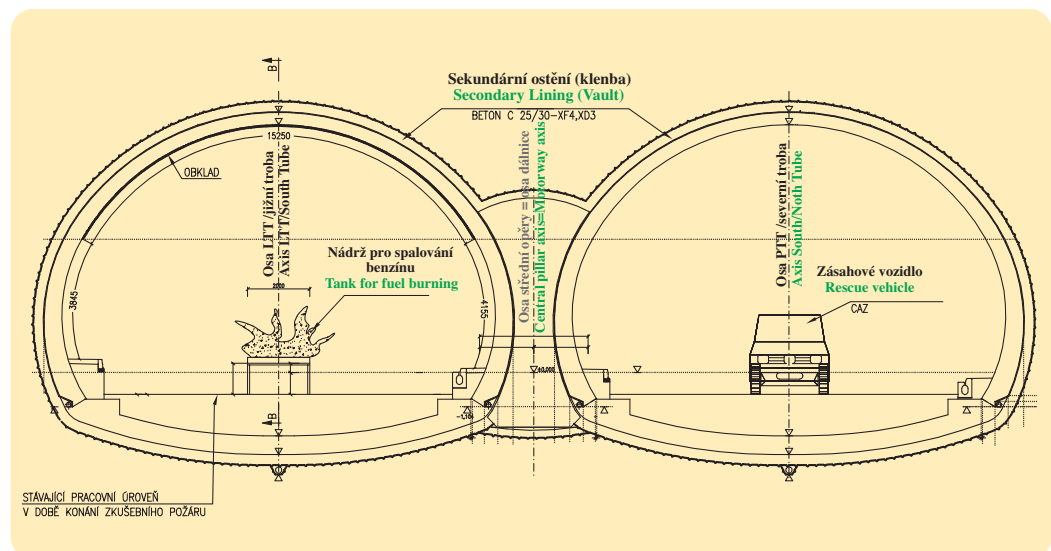
## DÍLČÍ ZÁVĚRY

### Zkoušky „studeným“ kouřem

Technické zabezpečení zkoušek kouřovými vyvíječi je značně problematické. V našem případě došlo k tvorbě studeného kouře v množství cca 20m<sup>3</sup>/s., zapůjčená zařízení byla vyrobená různými výrobci, činnost vyvíječů není kontinuální, je cyklická. Chování studeného kouře bylo zásadně odlišné od chování kouře při skutečném požáru. Z důvodů scházejícího

Obr. 1 Příčný profil tunelu v místě požáru

Fig. 1 Tunnel cross section at the fire location



The measurements during the actual tests confirmed the modelling prediction. The compliance between predicted and measured values could be judged as reasonable.

Fire modelling is certainly a promising area, which might find use in many practical applications. Combination of real tests and modelling seems to be optimum approach, leading to financial savings.

## MEASUREMENTS

During the fire test the following characteristics were measured in real time:

### • thermal field

- **air temperatures in vertical plane** through longitudinal tunnel axis in - 50m, - 20m, - 5m, 0m (position of fuel tank with BA), + 5m, 10m, 15m, 35m a 80m (direction of air flow in the tunnel) in three levels 2,5m, 4m, 8m, see Attachment No.1,

- **lining temperatures** in positions - 5m, 0m, 5m, 10m and in levels 0m, 4m a 6,5m, see Attachment No.2,

- **immediate vicinity of burning BA flame** open tank in position 0m.

### • thermal flow field density

- in position -5m in level 1,5m on longitudinal tunnel axis,

- in position 0m in 2,5m distance from the tank edge, perpendicular to longitudinal tunnel axis in levels 1,5m and 2,5m,

- in position +5m and in 2,5m distance perpendicular to longitudinal tunnel axis

- in position +5m and in the level 1,5m on longitudinal tunnel axis.

### • Spreading of hot smoke

- In positions +40m and +80m in the whole tunnel profile and in longitudinal direction

- In the boundary between mined and cut and cover sections in the Prague portal in level 4m on the longitudinal tunnel axis

• **Concentration of selected toxins** in the air on longitudinal axis, in the boundary area of the mined and cut and cover sections in the Prague portal, with air sampling in the levels 4m, 6m a 8m (on vertical line)

• Air velocity in the tunnel

• Meteorological situation on portals

• Assumption of heat release rate

## FIRE TEST TIME SCHEDULE

Wednesday 24.5.06 14<sup>00</sup>–17<sup>00</sup> test of cold smoke spreading

Thursday 25.5.06 the fire test itself. Tunnel was completely closed during the day including sections next to the portals; this was achieved with help of police, Motorway Police Svojkovice department.

7<sup>30</sup>–8<sup>30</sup> training of workers and VIP visitors

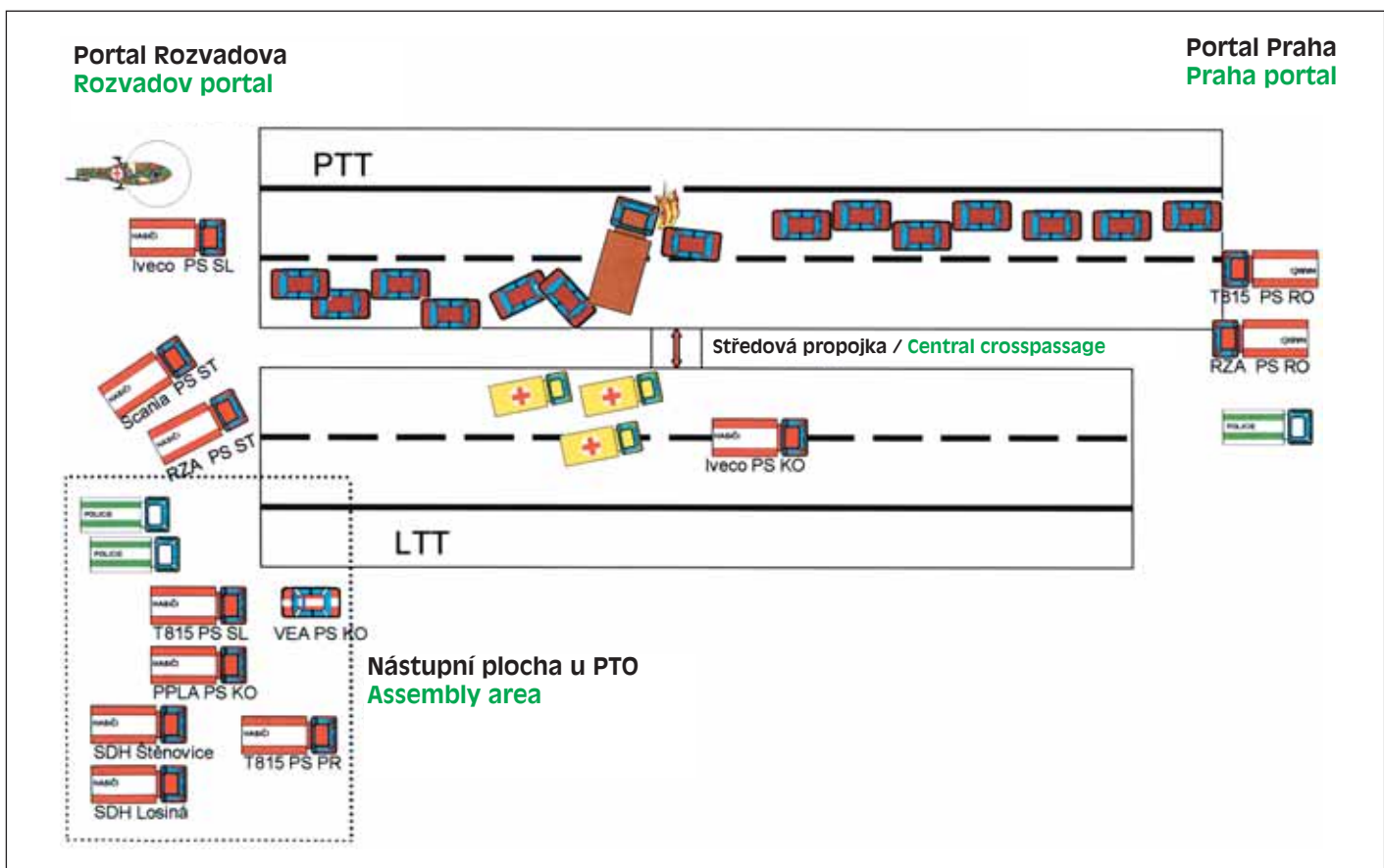
9<sup>00</sup>–10<sup>00</sup> 1st fire – artificial ventilation, after ventilating the experts visited the fire area

13<sup>00</sup>–14<sup>00</sup> 2nd fire – natural ventilation with subsequent starting of the ventilation fan.

## DISCUSSION OF RESULTS

### “Cold” smoke tests

There is a serious problem with this type of the test. In our case the smoke volume of 20m<sup>3</sup>/s was produced. The rented equipments were



Obr. 2 Schéma nasazení  
Fig. 2 Rescue scheme

vztakového efektu je podobnost s reálnými situacemi pouze hypotetická. Chybí zde kompletně možnost sledování teplotního pole. Rychlost pohybu studeného kouře se blížila rychlosti větru přirozeného větrání v tunelu.

Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že ověření funkčnosti požárněbezpečnostního vybavení tunelu za pomoci studeného kouře je naprosto nevhodné.

## ZKOUŠKA „TEPLÝM“ KOUŘEM

Teploty kouřových plynů byly při druhé požární zkoušce vyšší než při první. Teploty na povrchu stavebních konstrukcí, případně hustoty tepelných toků, byly u obou zkoušek přibližně srovnatelné, přičemž vyšších měřených hodnot bylo u druhé zkoušky dosahováno po delší časový úsek. Činností ventilace dochází k intenzivnějšímu ředění kouřových plynů a vzduchu, což je příčinou nižších teplot plynů.

Výpovědní hodnota ověřovacích zkoušek v tunelu Valík je omezena několika faktory. Zejména šlo o první zkoušku svého druhu v ČR. Vzhledem k chybějícím zkušenostem s podobnými projekty panovaly obavy z možného poškození tunelu nebo zařízení. Vlastní metodika zkoušek je tedy výsledkem nutného kompromisu v několika důležitých aspektech.

Prvním aspektem byla povaha a výkon energetického zdroje. Lze předpokládat, že pro přiblížení se reálným podmínkám požáru je vhodné koncipovat energetický zdroj o výkonu min. 15 MW, přičemž palivem jsou pevné látky. Použitím kapalné hořlavé látky a redukcí výkonu na 5 MW byly ovlivněny mimo jiné doba trvání požáru, rozložení teplot v teplotním poli, hodnota hustoty tepelného toku, množství zplodin hoření. Lze konstatovat, že naměřené hodnoty byly nižší, než jakých bude dosaženo při skutečném požáru.

Dalším aspektem posuzování chování plynů při požáru nebylo stanoveno optimální situování zkušebního požáru. Stav, kdy směr proudění vzduchu ventilátorem je shodný s přirozeným prouděním vzduchu v tunelové trubce, je optimální ze všech možných situací. Výrazně složitější jsou situace, kdy ventilátor usměřuje tok plynů proti směru přirozeného proudění.

Nelze stanovit v obecné rovině pro všechny tunely, že systémy nuceného větrání proudovými ventilátory (podélné větrání) musí, nebo opačně nemohou být v činnosti bezprostředně po vzniku mimořádné

made by different manufacturers, the operation of smoke initiators is not continuous, it is periodical. Cold smoke behaviour is fundamentally different to the smoke behaviour during the real fire. Because of missing uplifting effect, the similarity to the real situation is only hypothetical. What is completely missing is the possibility to monitor thermal field. The cold smoke velocity was close to the air velocity caused by natural ventilation.

Based on the above fact, it could be stated that the test of fire safety tunnel equipment using the cold smoke is completely unsuitable.

## „HOT“ SMOKE TEST

The smoke gases temperatures during the second test were higher than during the first one. The temperatures on the lining surfaces, or the thermal flow densities were in both tests similar; the higher measured values during the second test were obtained for the longer time period. By action of ventilation, the diluting of smoke gases is more intensive, resulting in lower gas temperature.

The confidence to the values gained during tests in Valík Tunnel is limited by few factors. Firstly, it was the first test of this kind in the Czech Republic. Owing to missing experience with similar projects there were concerns in respect of possible tunnel lining or tunnel equipment damage. The test methodology itself is therefore a result of compromising few important aspects.

First aspect is character and output of energy source. It could be assumed that to get closer to the actual fire conditions, the energy source should give min 15 MW fire, based on solid fuels. Using the liquid combustible and reducing the energy source to produce 5 MW fire, the fire duration, heat distribution, value of thermal flow density and volume of combustion products were affected. It could be stated that the measured values were lower than the values during the real fire.

Another aspect was the choice of optimum position of the test fire. Condition, when the artificial air flow direction is the same as a natural air flow direction is the optimum of all scenarios. More complicated are scenarios when the fan directs the gas flow in the opposite direction to the natural air flow.

It cannot be, for all tunnels, generally stated that systems using jet fans (longitudinal ventilation) have to be, or the other way around can not be in operation immediately after start of fire, although for unidirectional tunnels this would be usually the case. The basic values for the decision

události, i když ve většině případů tomu tak zpravidla u jednosměrně provozovaných tunelů bude. Základními hodnotami pro rozhodovací proces (spuštění – nespouštění ventilace) je směr a rychlost proudění vzduchu uvnitř tunelových trub a na portálech tunelu (tzv. rozhodné veličiny).

V případech souhlasného směru proudění plynů v tunelu a směru hlavního tahu ventilátoru (směr proudění plynů = směr hlavního tahu), lze podélné větrání uvést do činnosti bezprostředně po vzniku požáru, případně s minimálním časovým zpožděním potřebným k výjezdu automobilů ven z tunelové trouby.

V případech proudění plynů v tunelu proti směru hlavního tahu ventilátoru (směr proudění plynů  $L$  směr hlavního tahu), vyžaduje situace podrobnější analýzu. Úvahy týkající se změny směru proudění plynů větracími zařízeními by měly být akceptovány pouze s největší obezřetností, a to zejména s ohledem na technické možnosti vzduchotechnických systémů, předpokládané okolní podmínky v okamžiku mimořádné události a celkovou koncepci požární bezpečnosti.

Činnost podélného větrání může být zejména u kratších tunelů příčinou významného narušení stratifikace plynů v prostoru. V případě výskytu osob v prostorách s výskytem kouře může být účinek ventilace i negativní. Rozhodnutí o uvedení nebo neuvedení větrání do provozu závisí na době potřebné ke změně směru proudění vzdušín v tunelu. Závislost mezi dobou potřebnou ke změně směru, parametry tunelu a okolními podmínkami však není v současné době dostatečně prověřena. Tato problematika přesahuje znalosti vzduchotechniků i požárních inženýrů zabývajících se projektováním tunelů. Výhodiskem může být studie zabývající se modelováním vhodné zvolené situací s výstupy zapracovanými do dimenzační tabulky. Za využitelný lze považovat např. model typu pole FLUENT.

## ZÁVĚR POŽÁRNÍ ZKOUŠKY

Obecně lze konstatovat, že v případě krátkých tunelů nelze požadavek na instalaci nucených systémů zcela vyloučit. Jedná se však o specifické případy, které se vymykají obecným předpokladům. Projekční návrh a technické provedení nucených větracích systémů při respektování návrhových pravidel jsou u krátkých tunelů poměrně problematické.

Stávající způsob navrhování odvětracích zařízení (podélná ventilace proudovými ventilátory) dle ČSN 73 7507 a TP 98 účinně postihuje pouze část možných variant, které mohou při provozování tunelu nastat. Reálně mohou nastat situace, kdy navržené podélné větrání není schopné plnit svou funkci. V těchto případech nemusí být proveditelná evakuace osob před příjezdem požárních jednotek a osoby nemají zajištěnou úroveň ochrany jinak obvyklou. U stávajících tunelů, nebo v případě návrhu a realizace systémů větrání, které nejsou schopné adekvátně reagovat na všechny předpokládané varianty mimořádných událostí, mohou při hasebním zásahu nastat situace, které významným způsobem znesnadní jeho provedení a dále ztíží nebo znemožní případnou záchranu zbyvajících osob, které se neevakuovaly. Tyto situace lze řešit nasazením výkonných mobilních ventilačních zařízení.

Management větrání tunelových trub v případě mimořádných událostí lze považovat za nesmírně citlivou problematikou, která je ovlivněna celou soustavou aspektů, např. situování stavby v terénu, geometrické a konstrukční provedení tunelu, účinnost větracích systémů, okolní podmínky, místo události v tunelu. Způsob (ovládání) větrání, např. uvedení do činnosti, nastavení zpoždění v závislosti na určitých podmínkách v případě mimořádné události je individuální záležitostí. Lze jej stanovit pouze na základě podrobného posouzení všech předvídatelných variant událostí a ovlivňujících činitelů.

V určitých situacích není jednoznačné, zda ventilaci uvést do provozu, nebo naopak ponechat po určitou dobu mimo provoz, případně po jakou dobu. Je zřejmé, že základními hodnotami pro rozhodovací proces (spuštění – nespouštění ventilace) jsou směr a rychlost proudění vzduchu uvnitř tunelových trub a na portálech tunelu.

Z výše uvedených odstavců jednoznačně vyplývá nutnost realizace reálných zkoušek v tunelech před jejich uvedením do provozu. Důvodem je především ověřování validity navržených ventilačních systémů ve vztahu k reálným situacím, odhalování případných kritických situací a návrh odpovídajících opatření. Poznatky ze zkoušek mohou být dále zevšeobecněny a implementovány do stávajících předpisů.

ING. JIŘÍ SVOBODA, e-mail: [svobodaj@pragoprojekt.cz](mailto:svobodaj@pragoprojekt.cz),  
PRAGOPROJEKT, a. s.;

ING. VLADIMÍR VLČEK, Ph.D., ING. JIŘÍ POKORNÝ Ph.D.,  
ING. PETR KUČERA, ING. JAN HORA, GR HZS

process (operation- non operation of the ventilation system) is the air flow velocity in the tunnel tubes and in the tunnel portals (so called decisive values).

In the case of identical direction of the air flow in the tunnel and direction of main fan draft (air flow direction=main draft direction) the longitudinal ventilation could be put into operation immediately, or with minimum delay required for vehicles to leave the tunnel after the fire start.

In the case of air flow in the tunnel against the main fan draft (air flow direction  $L$ , main draft direction), the situation requires more detailed analysis. The considerations in respect of changing the air flow direction by ventilation equipment should be accepted only with utmost caution, mainly taking into consideration technical capabilities of ventilation systems, expected outside conditions in the moment of fire and also the general concept of fire safety.

The action of longitudinal ventilation, especially in short tunnels, might cause significant disturbance to the gases stratification in the space. In the case of personnel presence in the areas with the smoke, the action of the ventilation might have a negative effect. The decision on using or not using the artificial ventilation depends on the time required to change the air flow direction in the tunnel. The relation between the time period needed to change the air flow direction, tunnel parameters and outside conditions is not sufficiently verified at present. These problems go beyond the present knowledge of ventilation and fire specialists, working in the tunnels design. Starting point could be a study, using modelling of various scenarios, with results in the form of table (tables). Applicable could be for example the field model type FLUENT.

## CONCLUSION

Generally could be stated that in the case of short tunnels the installation of artificial ventilation cannot be completely excluded in specific cases, which surpass general assumptions. Design and implementation of artificial ventilation systems for short tunnels is, while respecting design rules, rather problematic.

The existing method of ventilation systems design (longitudinal ventilation using jet fans) according ČSN 73 7507 and TP 98 covers only part of possible scenarios, which could happen during the tunnel operation. In reality the scenario, in which the designed longitudinal ventilation is not able to fulfil its function, might happen. In such cases the evacuation of personnel before the fire fighting brigade arrival might not be feasible and personnel do not have the required protection. For the existing tunnels, or in the cases of design and implementation of ventilation systems, which are not able appropriately react to all assumed scenarios of fires, the situations during the fire extinguishing might happen, which significantly complicate the rescue operation and further complicate or make impossible rescue of remaining personnel who were not evacuated. These situations could be solved by using powerful mobile ventilation equipment.

Ventilation management of tunnels in the case of fire could be considered as extremely sensitive problem, which is affected by many aspects, as for example location of the tunnel in the surrounding area, geometrical and construction features of the tunnel, efficiency of ventilation systems, outside conditions and fire location. The method (regulation) of ventilation, e.g. starting, setting the delay in relation to certain conditions in the case of fire, is an individual matter, which could be specified only as a result of detail consideration of all predictable scenarios and other affecting factors.

In certain situations it is not clear, if the ventilation shall be operational immediately, or left idle for certain time period and what is the duration of such time period. It is obvious that the basic values for the decision process (operation-non operation of ventilation) is the direction and velocity of the air flow in the tunnel tubes and in the portals.

Based on the above, the necessity of performing the real tests in tunnels before they are put into operation is obvious. The reason is primarily verification of validity of the designed ventilation systems in relation to real scenarios, exposure of possible critical scenarios and proposal of relevant precautions. The test results could be further generalized and implemented into the current legislation.

ING. JIŘÍ SVOBODA, e-mail: [svobodaj@pragoprojekt.cz](mailto:svobodaj@pragoprojekt.cz),  
PRAGOPROJEKT, a. s.;

ING. VLADIMÍR VLČEK, Ph.D., ING. JIŘÍ POKORNÝ Ph.D.,  
ING. PETR KUČERA, ING. JAN HORA, GR HZS



# DEFINITIVNÍ KONSTRUKCE DÁLNIČNÍHO TUNELU VALÍK

## FINAL STRUCTURES OF VALÍK MOTORWAY TUNNEL

JIŘÍ SVOBODA, ZBYŠEK VOZARIK

### ÚVOD

Dne 6. 10. 2006 byla uvedena do provozu stavba 0510/IB části dálnice D5 Praha – Rozvadov. Jedná se o poslední úsek etapovitě budovaného obchvatu města Plzně. Hlavním objektem této části dálnice je ražený tunel Valík, který byl po celou dobu výstavby v centru pozornosti, a to především z hlediska ekologie a ochrany životního prostředí.

Ražbě tunelů a postupu výstavby bylo věnováno v časopise Tunel již dříve několik příspěvků. Náš článek je zaměřen na realizaci definitivních konstrukcí spojených s dokončovacími pracemi.

### HLAVNÍ ÚČASTNÍCI VÝSTAVBY

Investorem stavby bylo Ředitelství silnic a dálnic ČR, závod Praha, generálním projektantem Pragoprojekt, a. s., a výstavbu provádělo sdružení firem Sdružení 0510/IB DMB, kde vedoucím sdružením byly Dálniční stavby Praha, a. s., a členové Metrostav a. s. a Berger Bohemia, a. s. Zhotovitel tunelu byl Metrostav a. s., divize 5.

Realizace stavby byla zahájena v září 2003 a dokončena v říjnu 2006.

### TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Tunel Valík je dálniční tunel se dvěma tunelovými troubami. Každá trouba má dva jízdní pruhy šířky 3,75 m a jeden odstavný pruh šířky 3,25 m. Délka tunelu je 390 m (JTT – 380 m), šířka vozovky mezi obrubníky je 11,5 m, příčný sklon dopravního pásu je jednostranný 2,5 %, podélný sklon nivelety 4 % a poloměr směrového oblouku 2280 m.

Tunel Valík je navržen jako dvojice tunelových trub stýkajících se ve středním železobetonovém pilíři. Toto řešení výrazně snižuje šířku tunelového komplexu a přináší významnou úsporu v celkovém rozsahu trvalých záborů pozemků, zejména v oblasti obou příportálových zářezů.

Oba tunely mají stejné prostorové parametry kategorie T11,5. Výška průjezdného profilu nad vozovkou je 4,8 m, resp. 5,2 m (+ 0,15 m) v pravém jízdním pruhu. Tunel má světlu šířku 14 m a vrchol klenby je nad niveletou 8,16 m. Tunely jsou z menší části stavěny jako hloubené v otevřených stavebních jamách s následným přesypáním, v delší části jako ražené. Tunely hloubené jsou délky 30, resp. 20 m, ražené úseky délky 330 m.



Obr. 1 Pohled na pojízdné plošiny pro montáž izolace a výztuže  
Fig. 1 A view of the movable platform for installation of the waterproofing and reinforcement

### INTRODUCTION

Construction lot 0510/IB of the part of D5 motorway between Prague and Rozvadov was commissioned on October 6, 2006.

This was the last section of the Plzeň by-pass road, which has been constructed in several stages. Valík mined tunnel was the main structure on this part of the motorway, being in the centre of attention during the entire construction period mainly due to the environmental reasons.

Driving of individual tunnel tubes and the progress of construction were described in several previous articles published in the Tunel magazine. Our article focuses on the final structures and finishing works.

### PARTIES TO THE CONSTRUCTION

Employer: Ředitelství silnic a dálnic ČR, závod Praha (Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic, Prague Branch; General Designer: Pragoprojekt, a.s. Construction was executed by a group of companies Sdružení 0510/IB DMB led by Dálniční stavby Praha, a. s. and further incorporating Metrostav a. s. and Berger Bohemia, a. s. The tunnel itself was constructed by Metrostav a. s., Division 5.

The construction commenced in September, 2003 and ended in October, 2006.

### TECHNICAL SOLUTION

Valík is a motorway tunnel with two tunnel tubes. Each tube has two lanes with the width of 3.75 meters and one lay-by lane with the width of 3.25 m. The tunnel is 390 meters long (the southern tunnel tube is 380 meters long), roadway width between the curbs is 11.5 meters, single-sided transverse gradient of the road is 2.5 % and longitudinal gradient of the tunnel alignment is 4 %. Horizontal curve radius is 2,280 meters.

Valík tunnel has been designed as a couple of tunnel tubes meeting in the central reinforced concrete pillar. This solution considerably reduces the tunnel complex width and enables achieving of significant savings as regards plan area of permanent works, in particular within the area of both portals.

Both tunnels have the same spatial parameters of T11.5 category. Height of the tunnel profile above the road is 4.8 meters, respectively 5.2 meters (+ 0.15 m) in the right lane. The clear width of the tunnel is 14.0 meters and the top of the vault is 8.16 meters above the roadway. The tunnels consist of a small cut and cover part which was subsequently backfilled; major part of the tunnels was constructed by mining methods. The cut and cover tunnels have the length of 30 and 20 meters, the mined tunnel sections are 330 meters long.

### CUT AND COVER TUNNELS

The cut and cover tunnels are connected to the central mined part. Both ends of the tunnels are provided with portal structures. Both portals were designed as slanted tunnel tubes complemented with a parapet wall in the vault area. The tunnels have been constructed from water retaining concrete without external waterproofing layers; external waterproofing jacket from GSE PE-LD (3 mm) was used only at the interface of the mined and cut and cover parts.

The cut and cover tunnels consist of vault structure firmly connected to the wall footings. Minimal lining thickness (in the crown) is 550 mm and it increases towards the footings. Due to the time reasons, concreting of the vaults commenced before the secondary lining of the mined parts using a special movable steel form. The steel form was

## HLOUBENÉ TUNELY

Hloubené tunely bezprostředně navazují na střední raženou část. Na obou koncích je tunelový úsek ohraničen portálovými konstrukcemi. Oba portály jsou řešeny jako šikmo seřiznutý tunelový tubus, doplněný v klenbové části parapetní zídka – ochrannou atikou. Konstrukce vlastních tunelů je navržena z vodostavebního betonu bez vnější izolace, pouze v části od styku ražené a hloubené části jsou tunely překryty vnější pláštovou izolací GSE PE-LD tl. 3 mm.

Konstrukci hloubených tunelů tvoří klenbová konstrukce pevně spojená se základovými pasy. Min. tloušťka ostění (ve vrcholu) je 550 mm a směrem k patkám se rozšiřuje. Betonáže klenb byly z časových důvodů zahájeny před sekundárním ostěním ražených částí na samostatné ocelové posuvné formě. Projekt ocelové formy byl zpracován pro betonáž bloku délky 10 m s použitím bednění z materiálu DOKA a pohledovou část tvořenou dvojitou překližkou. Kompaktní klenby jsou z betonu C30/37 XF4, XD3, s max. hodnotou průsaku vody 20 mm a jsou uloženy na podélných základových pasech ze železobetonu třídy C 25/30 XA1.

Ukládání betonu do prostoru za plentami bylo do vynechaných oken ve vnějších plentách umístěných tak, aby betonová směs nepadala z výšky větší než 150 cm. Hutnění čerstvého betonu bylo prováděno vnitřní vibrací – ponorné vibrátory a v dolní části také pomocí příložených vibrátorů připevněných na vnitřním bednění.

## RAŽENÉ TUNELY

Pro konstrukci ražených úseků byla použita klenbová konstrukce se spodní klenbou. Napojení spodní a horní klenby je kloubové, vytvořené plochým kloubem. Min. tloušťka ostění ve vrcholu klenby je 400 mm a směrem ke spodní klenbě se rozšiřuje na cca 600 mm. Kompaktní klenba s opěrami je vytvořena z betonu C 25/30 XF4, XD3, s max. hodnotou průsaku vody 20 mm a spodní klenba je z betonu třídy C 25/30 XA1.

Betonáž ražených tunelů byla v příčném profilu rozdělena na dvě části. Nejprve se prováděla betonáž spodní klenby s výškovým stupněm v celé délce tunelu. Na vyčištěné dno tunelu bylo sestaveno ocelové bednění na čele bloku a na podélných svislých stěnách. Délka každého záběru 10 m a šířka betonovaného bloku 14 m. Betonáž dna byla realizována pomocí mobilního čerpadla. Betonovalo se po jednotlivých vrstvách tak, že nejprve bylo nutné betonovat nižší úroveň dna, aby nedocházelo k vytlačení betonu z dna betonem z vyšší úrovně stěny. K tomu bylo nutno zajistit správnou recepturu betonu.

Po vybetonování spodní klenby následovala úprava podkladu pod izolaci horní klenby, montáže hydroizolačního systému, výztuže a betonáž. Tyto všechny práce v klenbě byly prováděny ze 4 pracovních plošin a vlastního bednění vozu s použitím společné kolejové dráhy.

Použitá vodotěsná izolace je GSE z PE-LD tl. 2,5 mm se signální vrstvou. Jednotlivé příčné spáry mezi sekcemi byly zajištěny zesíleným pásem izolace. Výztuž klenby byla provedena z důvodu úspory času z příhradových žebér po 1 m, v rubové i lící straně doplněné o vázanou výztuž za použití distančních podložek tak, aby bylo zajištěno RDS předepsané 50mm krytí.

Betonáž horní klenby tunelu byla prováděna do samohybné ocelové hydraulické formy firmy ÖSTU Stettin vybavené hydraulickým ovládním, rozvedem betonu s pohyblivým rozdělovačem, pneumatickými vibrátory a také pojistnými přetlakovými prvky. Konstrukce dále umožňovala připojení ocelového bednění pro betonáž výklenků SOS, propojky tunelu, hydrantů, výklenků pro čištění drenáží a kabelových nik. Doprava betonu do rozdělovače na formě byla pomocí stabilního čerpadla před formou. Beton byl do formy ukládán pomocí několika plnicích oken rovnoměrně na obě strany tak, aby rozdíl hladin betonu nebyl větší než 120 cm. Hutnění čerstvého betonu bylo pomocí příložených vibrátorů na formě a betonáž jednoho 10 m dlouhého bloku trvala zhruba 7–9 hod a během ní bylo uloženo přibližně 180 m<sup>3</sup> betonu. Odbednění se provádělo po 18 hod. od ukončení betonáže. Tomu odpovídala pevnost betonu v tlaku cca 12 MPa (zjištěno Schmidovým tvrdoměrem). Po přesunu formy se obnažený beton ihned ošetřoval přípravkem proti vysychání. Opatření a ošetřování betonu bylo nutno přizpůsobit klimatickým podmínkám.

## BETONOVÁ VOZOVKA

Vozovka v tunelu je navržena cementobetonová (CB I – XF4, tl. 260 mm). Na hraně portálu se napojuje na okolní asfaltovou vozovku dálnice. Betonová deska je vybetonována v celé šíři do obrub a spáry ve vozovce jsou řezané, opatřené v podélném směru kotvami a v příčném



Obr. 2 Bednicí vůz po odbednění bloku

Fig. 2 Movable formwork after the stripping

designed for 10m long casting blocks using the formwork from DOKA material and the facing from double plywood. Compact vaults were constructed from C30/37 XF4, XD3 concrete with maximal water penetration of 20 mm and they are placed on longitudinal wall footings from reinforced concrete of C 25/30 XA1 grade.

Concrete was poured into the space behind the boards through gates in outer boards which were located so that the concrete mixture would not fall from the height exceeding 150 cm. Fresh concrete compaction was achieved by internal vibration (immersed vibrators), as well as by external vibrators attached to the inner formwork.

## MINED TUNNELS

Vault structure with invert was used in the mined tunnels. The connection between the invert and top vault is made with a flat hinge. Minimal lining thickness in the crown is 400 mm and it increases to approx 600 mm towards the invert. The compact vault with supports has been made from C 25/30 XF4, XD3 concrete with maximal water penetration of 20 mm and the invert has been constructed from C 25/30 XA1 grade concrete.

Concrete works in the mined tunnels were divided into two parts in the transverse section. Concreting commenced in the invert with the vertical step along the entire tunnel length. Steel formwork for the face of the block and the longitudinal vertical walls was subsequently assembled on the clean floor. Length of each step was 10 meters and the width of the concreted block was 14 meters. The floor of the tunnel was concreted with a mobile concrete pump. Casting was performed in individual layers starting from the lower level of the floor in order to avoid concrete ejection by the concrete from the higher level of the wall. This required correct concrete composition.

Preparation of the substrate for vault waterproofing layers and application of the waterproofing system, placement of reinforcement, and concreting followed after the invert completion. All these steps were carried out from four platforms and the mobile formwork using common track.

GSE waterproofing was made from PE-LD with the thickness of 2.5 mm with a signal layer. Individual cross-joints between the sections were secured with a strengthened band of the waterproofing membrane. Due to the time savings, the reinforcement of the vault was made from the lattice girders with the spacing of 1 meter; the girders were complemented with tie-up reinforcement in both face and back sides, which was placed on spacers in order to ensure the 50 mm cover required by the detailed design.

The top vault of the tunnel was concreted into a traveling hydraulic steel form manufactured by ÖSTU Stettin and equipped with hydraulic control, concrete distribution by moving distributor, pneumatic vibrators, and also with safety overpressure elements. The structure has furthermore the steel formwork for SOS wall niches, cross passages, hydrants, niches for drainage cleaning, and cable niches to be attached. Concrete was transported into the on-form distributor using a stable concrete pump located in front of the formwork. The concrete was poured into the form through several filling gates, evenly on both sides, so that the difference between the concrete levels was not more than 120 cm. Fresh concrete was compacted by external vibrators attached to the form. Casting of one ten meter section took approximately



Obr. 3 Pohled na dokončené definitivní ostění tunelu  
Fig. 3 A view of the completed final lining

směru trny. Umístění příčným spár je přizpůsobeno poloze kanalizačních šachet. Horní podkladní vrstvu konstrukce vozovky tvoří kamenivo zpevněné cementem (KSC I) v tloušťce 200 mm s vrypky. Spodní podkladní vrstva je tvořena ze ŠD 0-32 tl. 250 mm. Výplň spodní klenby je provedena ze dvou vrstev ŠD 0-32 a 16-32.

Odvodnění vozovky je zajištěno podélným a příčným sklonem do prafabrikovaných štěrbinových žlabů s obrubníkem, doplněných o samozhášivé kusy, zamezující šíření ohně ve vnitřním prostoru tunelu. Tyto odvodňovače jsou zaústěny do samostatné kanalizace, která je napojena do nepropustných akumulčních nádrží.

Chodníky v tunelu jsou betonové se zdrsněným povrchem z betonu C 30/37 XF4 tl. 120–150 mm, vspádové směrem k vozovce. Příčné spáry jsou řezané po 2,5 m. Obrubník chodníku je proveden jako monolitický.

## DOKONČOVACÍ PRÁCE

Architektura tunelu zahrnuje jednak vlastní barevné řešení interiéru stěn a kleneb, vozovky, chodníku, interiéru propojky, SOS skříní a viditelných technologií. Je navržena cíleně tak, aby signalizovala řidiči směr úniku a snadnou orientaci při hledání únikových cest, případně přivolání pomoci.

Odrážná vrstva je okrové barvy podle vzorkovnice RAL. Na portálech je nátěr realizovaný až do vrcholu tunelu. Pro barevný vodící pás výšky 650 mm byla zvolena barva zelená (ve dvou odstínech) a je vedený ve výši 1000 mm nad úroveň chodníku. Uprostřed je okrová postava chodce signalizující směr úniku osob. Stejný barevný pás je zvýrazněný v místě propojky a SOS skříní. Pro nátěr klenby tunelu byla vybrána barva šedá.

Základem požárněbezpečnostního řešení tunelu je jasné a srozumitelné označení směru úniku osob, informace o vzdálenosti k únikovému východu, případně telefonu. Piktogramy a písmo jsou provedeny fotoluminiscenčním nátěrem o svítivosti 150 mcd/m<sup>2</sup>. Stejně jsou lemovány otvory SOS skříně a vlastní propojka.

## ZÁVĚR

Realizaci definitivních obezdívek tunelu včetně návrhu receptur betonů byla věnována zvýšená pozornost všech účastníků výstavby v čele s projektantem Pragoprojekt, a. s., a zhotovitelem Metrostav a. s. a výsledkem toho je stavební dílo ve velmi vysoké kvalitě.

Při návrhu sekundárního ostění se musí zohlednit tolerance vnitřního povrchu definitivní obezdívky, kde se nepřesnosti, deformace a směrové a výškové vedení trasy tunelu nepříznivě sčítají, což může mít za následek zmenšení průřezného profilu tunelu. Toto je důležité zohlednit již v nižších stupních projektové dokumentace při sestavování příčného profilu tunelu.

Architektonické ztvárnění tunelu, přilehlého provozně-technického objektu a barevné řešení protihlukových stěn je výsledkem veřejné diskuse s občany plzeňského regionu, kterou ve spolupráci s Pragoprojektem, a. s., řídili pracovníci RSD ČR.

ING. JIŘÍ SVOBODA, [svobodaj@pragoprojekt.cz](mailto:svobodaj@pragoprojekt.cz),  
PRAGOPROJEKT, a. s.  
ING. ZBYŠEK VOZARIK, [vozarikz@metrostav.cz](mailto:vozarikz@metrostav.cz),  
METROSTAV, a. s.

7–9 hours, during which approximately 180 cubic meters of concrete were placed. Formwork was removed after 18 hours from the end of the process. At that time, the compressive strength of the concrete was approximately 12 MPa (determined with Schmidt hardness tester). As soon as the formwork was moved, the exposed concrete was immediately treated with an anti-drying substance. Measures and treatment of the concrete had to be adapted to the climatic conditions.

## CONCRETE ROAD

The road in the tunnel is designed as a concrete slab (CB I – XF4, thickness of 260 mm). It is connected to the asphalt road of the motorway at the portals. The concrete slab spreads all over the tunnel width between the curbs. Sawed joints in the road have been provided with anchors in the longitudinal direction and by dowels in the transverse direction. The transverse joints have been located with regard to the position of the gully holes. The top base layer of the road structure consists of gravel with cement (KSC I) with the thickness of 200 mm with marks. The bottom base layer is made from 0-32 gravel and its thickness is 250 mm. The inverted arch space is filled with two gravel layers (0-32 and 16-32).

The road with both transverse and longitudinal gradient is drained into precast slot channels with curbs complemented with flame retardant pieces preventing the fire from spreading within the tunnel. These channels terminate in a separate sewer system which is connected to impermeable accumulation tanks.

Sidewalks in the tunnel are made from concrete, with rough surface from C 30/37 XF4 concrete (thickness of 120–150 mm) inclined towards the road. The transverse joints have been cut every 2,5 meters. The curb of the sidewalk is monolithic.

## FINISHING WORKS

Tunnel architecture comprises the color solution of the interior and vaults, road, sidewalk, interior of the interconnecting tunnel, SOS niches, and visible equipment. It has been specifically designed to show the escape route to the drivers and to enable easy orientation when looking for the escape route or in need to call help.

Ochre reflective coating corresponds to the RAL color chart. Portals are coated up to the crown. The color guide band with the height of 650 mm is green (in two shades) and it is located in the height of 1,000 mm above the sidewalk level. There is an ochre figure of a walker in the middle signaling the escape direction. The same color band is located in the area of the cross passage and SOS niches. The tunnel vault coating is grey.

The fire safety system of the tunnel is based on clear and comprehensible designation of the escape routes and information about the distance from the emergency exit or telephone. Pictograms and signs are made from photo-luminescent coating with the light intensity of 150 mcd/square meter. The same coating has been used around the SOS niches and the interconnecting tunnel.

## CONCLUSION

All parties to the construction led by the designer (Pragoprojekt, a.s.) and contractor (Metrostav a.s.) paid increased attention to the final lining of the tunnel including concrete composition. This has resulted in the very high quality of the entire work.

Design of the secondary lining had to respect the tolerances of the internal surface of the final lining where all inaccuracies, deformations, and both horizontal and vertical alignment add unfavorably to each other. This could result in reduced clearance of the tunnel. This fact had to be taken into account already during the lower levels of the design documentation when the cross-section of the tunnel was planned.

Architectural form of the tunnel, its adjacent service building, and the color design of noise suppression barriers resulted from public discussion with the citizens of the Plzeň region which was managed by the employees of the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic in cooperation with Pragoprojekt, a.s.

ING. JIŘÍ SVOBODA, [svobodaj@pragoprojekt.cz](mailto:svobodaj@pragoprojekt.cz),  
PRAGOPROJEKT, a. s.  
ING. ZBYŠEK VOZARIK, [vozarikz@metrostav.cz](mailto:vozarikz@metrostav.cz),  
METROSTAV, a. s.

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

## 5. RAKOUSKÝ TUNELÁŘSKÝ DEN A 55. GEOMECHANICKÉ KOLOKVIUM – SALCBURK (ŘÍJEN 2006) THE 5TH AUSTRIAN TUNNELLING DAY AND 55TH COLLOQUIUM ON GEOMECHANICS – SALZBURG (OCTOBER 2006)

The paper by Mr. Libor Mařík comments on the course of the 5th Austrian Tunnelling Day and 55th Colloquium on Geomechanics. These events took place from 11th to 13th October 2006 in Salzburg, Austria. The professional level of both events was good and the number of attendees high, as usual. Thanks to the helpful organisers, Mr. Ivan Hrdina, chairman of the CTuC, was given the opportunity of inviting the attendees to visit the WTC 2007 in Prague and submit their registration forms through the congress web page [www.wtc2007.org](http://www.wtc2007.org).

V letošním roce byl Salzburg ve znamení čísla 5. Kromě každoročního letos již **55. Geomechanického kolokvia** se konal i pátý **Rakouský tunelářský den (Österreichischer Tunneltag)**. Při dvouleté periodicitě se rovněž jedná o významné kulaté výročí. Obě akce probíhaly od 10. do 13. října 2006 a svým obsahem i účastí celé řady zahraničních expertů zdaleka přesahovaly hranice Rakouska. První akce se zaměřuje na rakouské tunelářské zkušenosti a její pořadatelé se netají záměrem využít přítomnosti zahraničních účastníků geomechanického kolokvia k prezentaci výsledků rakouského tunelářství. Vlastní kolokvium má širší záběr a kromě projektování, provádění a financování podzemních děl se obecněji zabývá problémy geotechniky. Obě akce již tradičně provázela zajímavá výstava výrobků, zařízení a služeb z oblasti geotechniky. Vystavovatelé vědomi si možnosti prezentace svých výrobků obsadili jednotlivé stánky odborníky, kteří pohotově reagovali na mnohdy speciální dotazy návštěvníků výstavy.

Pořadatelem Rakouského tunelářského dne je již tradičně rakouská organizace ITA a konferenci otevřel její **prezident pan Dipl.-Ing. Wolfgang Stipek**. V úvodu krátce seznámil přítomné s historií a současností organizace i činností jejích členů v jednotlivých pracovních skupinách v rámci mezinárodní organizace ITA/AITES. Zdůraznil význam připravované mezinárodní směrnice konvenčního tunelování, ale zároveň upozornil, že se jedná o dokument, který díky účasti odborníků z mnoha účastnických zemí ITA při jeho zpracování představuje určitý názorový kompromis. V rámci úvodního projevu byla poprvé předána **cena za inovaci v oblasti vývoje projektování, výstavby a provozování podzemních staveb**. Cenu získal Ing. Hörlein z firmy PORR Tunnelbau GmbH za práci „Vývoj a nasazení plastových zmrazovacích jehel při ražbě pomocí štítů“. Dosavadní způsob zmrazování probíhal pomocí ocelových jehel, které při ražbě štítem komplikovaly technologický postup a mnohdy způsobovaly poškození hlavy štítu. Při použití plastů tento problém odpadá.

Po předání ceny již patřil řečnický pult **prezidentovi ČTuK Ing. Ivanu Hrdinovi**, který pozdravil účastníky konference, krátce je seznámil s vývojem podzemních staveb v České republice, právě prováděnými stavbami a pozval přítomné na světový tunelářský kongres ITA-AITES WTC 2007, který se příští rok koná v Praze.

Téma prvního bloku přednášek **5. Rakouského tunelářského dne** mělo název „Zvláštní výzvy aktuálních velkých staveb“ a postupně ho naplnily přednášky o tunelu Wienerwald jako prvním tunelu v Rakousku raženém pomocí TBM, o mezinárodním porovnání ražby pomocí TBM v zeminách a skalních horninách, o výzvě, kterou představovala ražba v nepevných zeminách při výstavbě tunelu Vomp Terfens a průzkumné štoly Brixlegg West, o výstavbě tunelu Gfäll, který byl dočasně provozován při zajištění výrubu pouze primárním ostěním a umožnil tak spojení mezi dvěma lokalitami dopravně oddělenými sesuvem nebo o zvláštích při provádění městského železničního tunelu Lainzer v úseku LT44. Odpovědní část přednášek se zabývala zkušenostmi z praktického **používání rakouské normy pro zadávání tunelů ražených cyklickou ražbou ÖNORM B2203-1:2001**. Přednášené příspěvky včetně několika doplňujících článků jsou publikovány ve sborníku. Proto se v dalším textu omezím pouze na stručný přehled přednášených příspěvků, který případně zájemce upozorní na řešená témata.



Obr. 1 Jednání Rakouského tunelářského dne zahájil prezident rakouské ITA pan Dipl.- Ing. Wolfgang Stipek

Fig. 1 Mr. Wolfgang Stipek, the president of ATA, had an opening speech at the beginning of the Austrian Tunnelling Day

Z pohledu českého tuneláře evokuje první přednáška o **tunelu Wienerwald** velkolepý záměr českých projektantů propojit Prahu s Berounem pomocí dlouhého železničního tunelu raženého pomocí TBM. V případě tunelu Wienerwald rakouští inženýři již tento záměr realizují a ražba prvního železničního tunelu pomocí TBM právě probíhá. Tunel propojuje Vídeň a St. Pölten a vzhledem k rozsahu stavby je rozdělen do 4 úseků. Na konvenčně ražený dvoukolejný východní úsek o délce 2,37 km navazují dva jednokolejné tunely ražené pomocí TBM o délce 2x10,75 km. Tunelové roury propojuje 23 příčných propojek. Až 80 % trasy tvoří flyšové pásmo se střídáním pískovců, slínovců a jemnozrnných jílovců. Ražbu provádí dva tunelovací stroje firmy Herrenknecht AG délky 10,4 m, návěsné zařízení firmy Rowa Tunneling Logistics AG zvětšuje celkovou délku razicího komplexu na 248 m. Kromě vlastní ražby vyžaduje příprava projektu i řešení řady logistických úloh od dopravy a montáže štítu přes deponování obrovského množství vytěžené horniny až po dopravu prefabrikátů a monolitického betonu. Zvláštností technického řešení je dvouplášťové ostění s mezilehlou izolací, kdy primární ostění tvoří železobetonové prefabrikáty a definitivní ostění monolitický beton. Významnou roli hraje právě výroba a zásobování betonovými dílci. Na celkovou délku 22 km tunelu je nutno vyrobit a smontovat více než 57 000 prefabrikátů sestavených do 9552 prstenců. Výrobna produkuje 120 ks prefabrikátů za den. Rubaninu z čelby odtěžují pásové dopravníky šířky 1000 mm. V portálové oblasti jsou dopravníky napojeny na zásobníky pásu, které umožňují poměrně rychlý postup TBM bez nutnosti často nastavovat dopravníkový pás. K dalším důležitým zařízením patří betonárka s kapacitou skladu příměsí do betonu 2100 m<sup>3</sup>, vyhříváním nebo chlazením záměsové vody a dalších komponent betonové směsi. Tunel Wienerwald je díky své poloze zařazen do programu odborných exkurzí pořádaných v rámci kongresu WTC 2007 v Praze.

Problematika **ražby tunelů pomocí TBM** představuje v Rakousku aktuální téma a i druhý příspěvek pojednával o této tunelovací metodě. Na příkladu podzemních staveb realizovaných firmou Alpine Mayreder Bau byly prezentovány ražby ve skalních horninách i nesoudržných zeminách. Přednáška dokumentovala rychlý vývoj v oblasti razících štítů od ražby londýnského metra štítem v prostředí stabilizovaném stlačeným vzduchem až po současné podzemní stavby prováděné s nasazením štítů o průměru přesahujícím 12 m. V rámci přednášky byly prezentovány příklady ze stavby 4 km dlouhé štoly o průměru 3,2 m ražené štítem Robins v nadmořské výšce nad 2000 m n. m. Díky náročným klimatickým podmínkám ražba probíhala pouze v letních měsících. Geotechnické podmínky



Obr. 2 Panelová diskuse k problematice rakouské normy ÖNORM B2203-1:2001  
Fig. 2 The panel discussion about the Austrian standard ÖNORM B2203-1:2001

umožnily ve větší části štoly ponechat výrub bez dalšího zajištění, pouze v nestabilních úsecích tvořil ostění stříkaný beton. Na příkladu Gotthard Basis tunelu byla diskutována otázka požadavku vysokých denních výkonů (20 m/den) za současného udržení přijatelných geotechnicky podmíněných nadvýrubů. Posledním příkladem z ražby ve skalních horninách byla ražba vodovodního přivaděče Shangxi z přehrady Wanijazhai ve vápencích a dolomitech dvojitým štítem o průměru 4,82 m. Ostění tvořily hexagonální železobetonové prefabrikáty tloušťky 250 mm zabudovávané okamžitě během ražby.

K ražbám TBM v nesoudržných zeminách patří příklad prodloužení trasy metra linie 2 v Aténách. Z celkové délky úseku 2700 m představovala konvenční ražba 1476 m, úsek délky 920 m byl ražen pomocí štítu s otevřeným čelem o průměru 9,7 m. V čele štítu byla upevněna fréza a přístropí zajišťovala soustava nožů. V horní části čelby zajišťovaly její stabilitu přítlačné desky. Horninový masiv tvořily aténské břidlice, konglomeráty, pískovce a vápence, které byly silně zvětřalé a díky relativně častým zemětřesením silně tektonicky porušené. Trasa podchází množství budov a úsek ražený štítem křížuje hlavní silnici. Dodavatel nabídl ražbu pouze pomocí NRTM, ale investor nabídku zamítl a prosadil nasazení vlastního štítu. I když ražba štítem dosahovala zpočátku dobrých výkonů, při zastížení poruchových zón a silně tektonicky porušeného masivu dosahovaly deformace nadloží decimetrových hodnot. Při ražbě NRTM nedosahovaly deformace prognózovaných hodnot.

Z dalších staveb byla prezentována např. ražba městského tunelu v Lipsku štítem o průměru 9 m, nebo výstavba úseku C852 a C855 okružní trasy v Singapuru prováděného v proměnné geologii od měkkých jílu přes tekoucí písky až po nezvětřalý granit. Při ražbě byla použita řada opatření, některé úseky byly raženy pomocí NRTM, jiné zeminovým štítem. V závěru přednášející poukázal na skutečnost, že ražba pomocí štítů stále více nahrazuje konvenční tunelování. To je používáno na atypické profily, kaverny nebo v silně tlačivých horninách. Při ražbě štítem hraje zásadní roli dobrá prognóza geotechnických podmínek a jim odpovídající konstrukce štítu.

Známkou tunelářské „dospělosti“ byla přednáška Christiana Gampera z firmy Strabag SE z Vídně. Zatímco v České republice jsou havárie vzniklé během ražby tabuizovány a z obdobných akcí lze nabýt dojmu, že k nim ani nedochází, v přednášce s názvem „Ražba v nebezpečných zeminách – velká výzva“ uvedl autor kromě řady komplikovaných ražeb v složitých geotechnických podmínkách hned tři příklady závalu s prolomením nadloží až na úroveň povrchu. K prvnímu závalu došlo při ražbě ve zvodnělých šterkopiscích s malým nadložím, kdy stabilitu výrubu zajišťovaly sloupky tryskové injektáže. K závalu došlo po zvýšení přítoků vody do čelby až na 70 l/s s vyplavováním částic zeminy. Zával dosahoval až k povrchu a v prostoru tenisového hřiště vznikl kráter o objemu 300 m<sup>3</sup>. K dalšímu závalu došlo při ražbě se zajištěním pomocí mikropilotových deštníků. Po provedení záběru pod deštníkem a zajištění výrubu stříkaným betonem se chystala osádka postavit příhradový rám. Náhle došlo k popraskání ostění a po několika minutách tunel zkolaboval. Zával se zastavil až v úseku, kde již byla provedena spodní klenba.

Závalu nezabránil ani mikropilotový deštník instalovaný v oblasti horní klenby tunelu. Třetí případ popisuje mechanismus závalu při ražbě pod stlačeným vzduchem. Během ražby ve stlačeném vzduchu došlo nejprve k přítoku vody do čelby s vyplavováním jemných částic. Přítok byl zastaven, čelba zajištěna a osazeny příhradové oblouky. Přesto následoval po určitém čase zával cca 100 m<sup>3</sup> kašovitého bahna, který se následně zvětšil až na 800 m<sup>3</sup> a postupoval ještě 60 m od čelby, kde se zastavil. Při nadloží tunelu 100 m se na povrchu vytvořil kráter o průměru 25 m a celkový objem závalu dosáhl 2300 m<sup>3</sup>. Přednáška pojednávala i o dalších těžkostech při ražbě v nesoudržném prostředí a způsobech zmáhání popisovaných závalů. Při přednášce autor rozlišoval mezi pojmy NRTM a metoda stříkaného betonu, které bývají v České republice často zaměňovány, resp. uváděny jako synonymum. V případě NRTM se jedná o spolupůsobení nosného prstence a primárního ostění, zatímco metoda stříkaného betonu je spojována právě s ražbou v nesoudržných zeminách, kdy primární ostění zcela přebírá nosnou funkci.

Výstavba tunelu Gfäll ukazuje, jak lze v případě společného zájmu všech účastníků výstavby v rekordním čase zvládnout nejen složité geotechnické, ale i legislativní problémy. Na podzim roku 2004 došlo díky rozsáhlému sesuvu svahu k poškození mostu Gfäll a přerušení provozu na silnici B188 Paznauntal. Jediným způsobem, jak obnovit dopravní spojení, bylo vyražení nového tunelu o délce 460 m. Práce na projektu započaly v lednu 2005 a do začátku léta 2005 byly vybaveny všechny úřední náležitosti a přípravebná zadávací dokumentace pro výběr dodavatele. Tunelářské práce započaly na začátku října a po 82 dnech byla proražena kalota nového tunelu. V první fázi byl tunel zajištěn pouze primárním ostěním a po vytvoření vozovky zahájen 22. 12. 2005 provizorní provoz ve dvou pružích tunelu. Po převedení dopravy započaly práce na sesuvem poškozeném mostu a přilehlé části komunikace. Dne 2. 5. 2006 byla doprava z tunelu převedena zpět na opravenou komunikaci a tentýž den započaly práce na dokončení tunelu. Po odstranění vozovky a betonáži patek definitivního ostění byla provedena betonáž klenby a v definitivním řešení obnovena vozovka. Do konce listopadu 2006 proběhne montáž větší části technologického vybavení tunelu a na jaře 2007 nově zprovozněný tunel plně nahradí problematický most. Do té doby bude tunel provozován pouze v jednom jízdním pruhu.

Poslední přednáška pojednávala o zvláštностech výstavby městského železničního tunelu Lainzer ve Vídni v úseku LT44. Trasa tunelu je částečně ražena, částečně prováděna v otevřené stavební jámě. Celý úsek leží v terasách Dunaje tvořených zvodněnými třetihorními sedimenty. Zajištění bezpečnosti práce si vynutilo provádění rozsáhlého snížení hladiny podzemní vody. Ražba s nadložím od 7,5 m do 15,5 m probíhala v nesoudržných zeminách konvenční tunelovací metodou. Plocha výrubu 84 m<sup>2</sup> jednokolejného tunelu byla členěna na 3 dílčí výrubu s délkou záběru v kalotě max. 1 m. Ve vzdálenosti max. 4 m za čelbu kaloty bylo odtěžováno jádro a po 2 m za ražbou jádra uzavřena spodní klenba. Plocha dvoukolejného tunelu dosahovala 129 m<sup>2</sup>. Přednáška pojednávala o komplikacích spojených s prováděním městského tunelu při podchodu dálkového teplovodu, elektrického vedení 380 kV vybaveného vlastním chladičím systémem, ale i o zkušenostech s použitím modelu KLIMT na vyhodnocení ekonomické úspěšnosti zakázky.

Odpolední blok přednášek patřil problematice rakouské normy ÖNORM B2203-1:2001 a jejího uplatnění při zadávání a provádění konvenčně ražených tunelů. Jedná se o normu, která nemá u nás, ale ani jinde ve světě obdoby a snaží se zavést do způsobu zadávání a vyhodnocování podzemních staveb specifika konvenční tunelovací metody. Přednášky uvedly rozsáhlý blok diskuse, do kterého se zapojili i zahraniční účastníci ze Švýcarska a Německa, kde je norma na některých stavbách používána.

V dalších dvou dnech probíhaly přednášky Geomechanického kolokvia. Všechny přednesené příspěvky jsou uvedeny v běžně dostupném časopise Felsbau č. 5/2006, který vydává Rakouská společnost pro geomechaniku. S časopisem Felsbau jsme během kolokvia navázali spolupráci a dohodli se na výměně článků, které bychom rádi publikovali v časopise Tunel. Proto v dalším textu uvádíme pouze stručnou anotaci přednesených témat. Hlavním

tématem prvního dne kolokvia byly **poruchové zóny**, jejich zjišťování, charakterizování a zdlouvání. V přednáškách autoři uváděli možné příčiny vzniku poruch, jejich projevy na povrchu území a zjišťování poruchových zón u alpských tunelů s vysokým nadloží.

Příklad z **tunelu Lötschberg** ve Švýcarsku uvádí způsob zjišťování poruchových zón při ražbě pomocí TBM a konvenční tunelovací metodou. Při ražbě konvenční metodou byla očekávána poruchová zóna vyplněná sedimenty. Průzkum probíhal pomocí dlouhých jádrových vrtů prováděných v předstihu před ražbou z čelby tunelu. Vzhledem k výšce nadloží a očekávanému vodnímu tlaku bylo nutné vrtání provádět přes preventry. Při zastížení poruchy bylo nutné použít pro utěsnění injektáže. Při ražbě TBM byla očekávána poruchová zóna systematicky sledována 80 m dlouhými předvrty, jejichž stěny se skenovaly a vyhodnocovaly. Výsledky sloužily ke stanovení poruchy a způsobu jejího zdlouvání.

V dalším příspěvku se autor zamýšlel nad kritérii rozhodování pro projekt dvou kaveren o ploše 360 m<sup>2</sup> sloužících pro rozplet **silničních tunelů Sendvid** ve Slovinsku. Při projektování byly zohledněny nejen výsledky statických výpočtů, ale především již realizované stavby obdobných rozměrů v obdobných geotechnických podmínkách. Při očekávaných deformacích primárního ostění byly pro eliminaci poruch betonu primárního ostění instalovány deformační prvky. Pro korekci realizační dokumentace kaveren byly použity zkušenosti z provádění standardních profilů tunelu před dosažením oblasti kaverny.

Velmi zajímavá přednáška se týkala výstavby **tunelu Ayas** v Turecku, který by měl spojovat Ankaru s Istanbulem. Ke složitým geotechnickým podmínkám se při výstavbě přidala i některá politická rozhodnutí a zdržení způsobená nedostatkem finančních prostředků. Výsledkem je dosud nedostavěný tunel, pro jehož zajištění bylo nutno instalovat stovky kilometrů kotev, mikropilotových deštníků a dalších opatření pro snížení deformací výrubu.

K dalšímu příspěvku, který popisuje zával při ražbě tunelu, patří přednáška na téma **tunel Gotthard – úsek Amsteg**, popisující obnovení ražby TBM po závalu v místě hydrotermálně porušené horniny o mocnosti 50 m. Při ražbě v tomto materiálu došlo ke kolapsu čelby a zavalení hlavy štítu, které způsobilo jeho odstavení na dobu delší než 6 měsíců. Pro obnažení hlavy štítu musela být vyražena obchozí štola, ze které došlo k proinjektování porušeného masivu a pod ochranou mikropilotových deštníků byl proveden výrub do oblasti hlavy štítu.

## CCC 2006 HRADEC KRÁLOVÉ CCC 2006 HRADEC KRÁLOVÉ

The Central European Congress on Concrete Engineering which was organised for the second time since its origination in 2004, was held on 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> September, for the first time in the Czech Republic. It is a joint project of four founding states (the Czech Republic, Austria, Hungary and Croatia), which is aimed primarily at passing experience, know-how and new solutions by professionals in the field of concrete engineering who mainly work in central Europe.

This year's congress, which was hosted by the Česká Betonářská Společnost, was held in Aldis congress centre in Hradec Králové. The main congress topic was the CONCRETE STRUCTURES FOR TRAFFIC NETWORK. The major part of the programme was therefore dedicated to bridges and also to tunnel structures. Foreign contributions brought information for instance on the Wienerwald Tunnel, Leipzig city tunnel and Vienna metro in Austria and the Veliki Glozac and Zaranac tunnels in Croatia. Czech construction was represented by the New Connection tunnels in Prague, the Libouchec tunnel, Hněvkov II tunnel, Valík tunnel and the project of the railway tunnel between Prague and Beroun.

Již podruhé od svého vzniku v roce 2004 a poprvé v České republice se ve dnech 20. a 21. září konal Středoevropský betonářský kongres (Central European Congress on Concrete Engineering). Společný projekt čtyř zakládajících států této iniciativy

Posledním příspěvkem tohoto tematického bloku byl příspěvek pojednávající o výstavbě **vodní elektrárny Gigel Gibe** v Etiopii. Během ražby 700 m dlouhé štoly došlo díky špatným geotechnickým podmínkám ke dvěma závalům v oblasti poruchových zón. Druhý zával, ke kterému došlo v blízkosti portálu, měl vliv i na stabilitu území v portálové oblasti.

Další tematický blok zahrnoval příspěvky zabývající se **stanovením a kontrolou investičních nákladů**. První přednáška pojednávala o nákladech rakouských projektů dopravní infrastruktury. Příspěvek pocházel z dílny zástupců firmy ASFINAG, která je čtvrtou největší evropskou investiční organizací spravující 2060 km silniční sítě. V další přednášce autor uváděl fakta o prognóze a skutečně vynakládaných nákladech na výstavbu 35 km dlouhého tunelu Lötschberg ve Švýcarsku. Při financování rozsáhlých tunelových projektů je nezbytně nutné zvolit zcela transparentní systém financování a porovnávat skutečně vynaložené investiční náklady s prognózou. Významnou roli hraje analýza případných vícenákladů. V závěru příspěvku autor porovnává vyhodnocení nákladů stavby a doporučení rakouské směrnice pro odvozování nákladů dopravní infrastruktury, kterou vydala rakouská geotechnická společnost. Blok přednášek zakončil příspěvek zástupců rakouských drah o kontrole nákladů při výstavbě infrastruktury rakouských železnic.

K oběma akcím patří již tradičně dostatečný časový prostor pro přednášky i následné diskuse, které konferenci oživí a umožňují výměnu názorů i zkušeností. Přednesené příspěvky ukázaly různorodost horninového masivu, se kterou se musí tunelář při řešení technických problémů vypořádat a které se ne vždy podaří jednoduše zvládnout. Mnohdy dochází vzhledem k neočekávanému vývoji k haváriím, které je třeba zvládat, z jejich průběhu se poučit a snažit se jim předcházet. I k tomu sloužily příspěvky, které o závalech a haváriích pojednávaly, snažily se je analyzovat a ostatní účastníky konference seznamovaly s jejich průběhem i jevy, které jim předcházely. Obě konference jsou díky vysoké účasti zahraničních odborníků i otevřenosti, s jakou se o geotechnických problémech mluví, neocenitelným zdrojem informací a zkušeností.

ING. LIBOR MARÍK, libor.marik@ikpce.com, IKP  
CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.



Obr. 1 Večerní setkání účastníků kongresu se konalo v prostorách častolovického zámku

Fig. 1 The evening gala dinner was held at the Častolovice castle

(Česká republika, Rakousko, Maďarsko, Chorvatsko) má jako hlavní cíl předávání zkušeností, poznatků a nových řešení od odborníků z oboru betonového stavitelství působících především ve střední Evropě. Jednácím jazykem všech kongresů byla ustavena angličtina. Letošní kongres pořádaný Českou betonářskou společností v kongresovém centru Aldis v Hradci Králové měl jako hlavní téma **BETONOVÉ KONSTRUKCE PRO DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURU** (Concrete Structures for Traffic Network).

Velká část programu tak kromě mostů byla věnována i stavbám tunelovým. Zahraniční příspěvky přinesly informace zejména o stavbách Wienerwaldtunnel, Leipzig city tunnel a Vienna metro v Rakousku a o tunelech Velikí Glozac a Zaranac v Chorvatsku. České stavby byly zastoupeny tunely Nového spojení v Praze, tunelem Libouchec, tunelem Hněvkovský II, tunelem Valík a projektem železničního tunelu mezi Prahou a Berounem. Obsah těchto příspěvků s hlavním zřetelom na betonové konstrukce a jejich provádění potom doplňovaly příspěvky z teoretické a experimentální roviny.

Prostor věnovaný tunelovým stavbám na této betonářské konferenci dokazuje, jak se obor podzemního stavitelství prolíná s oborem stavitelství betonového. Využití betonu v podzemním stavitelství má své nenahraditelné místo a spolu se současným rozvojem tunelových staveb tak potvrzuje své významné místo vedle doposud v „betonařině“ dominantních staveb mostů. Další vývoj proto

## KONFERENCE „GEOTECHNIKA 2006“ CONFERENCE „GEOTECHNIKA 2006“

The 11<sup>th</sup> international conference Geotechnika 2006, which was organised by the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU Ostrava (the Mining University in Ostrava) and the BERG Faculty of the Technical University in Košice, was held on 20<sup>th</sup> – 22<sup>nd</sup> September 2006 in Štrbské Pleso in the High Tatras, Slovakia. The Geotechnika 2006 conference programme was divided into two circuits of topics. The first circuit dealt with geotechnical problems of underground, civil engineering, road/railway and water resources construction; the other circuit was focused on the issues of geotechnics for underground construction.

The 55 papers published in the conference proceedings and over 40 papers presented directly during the conference sessions, are the evidence of continuing interest in this conference.

Ve dnech 20. – 22. 9. 2006 proběhla na Štrbském Plese ve Vysokých Tatrách 11. mezinárodní konference Geotechnika 2006, organizovaná Fakultou stavební VŠB-TU Ostrava a Fakultou BERG Technické univerzity v Košicích. Na přípravě konference dále významně spolupracovaly Politechnika Slaska v Gliwicích, Katedra geotechniky Stavební fakulty STU v Bratislavě, Ústav geotechniky Fakulty stavební VUT v Brně, Ústav geoniky AV ČR v Ostravě, Ústav geotechniky SAV v Košicích a Stavební geologie-Geotechnika, a. s. Organizační zajištění konference převzala již tradičně agentura Orgware Stupava.

Tradice konferencí Geotechnika – Geotechnics byla založena v roce 1994 pracovníky a katedrami geotechniky tehdejších hornických fakult VŠB v Ostravě, TU v Košicích a PS v Gliwicích a cílem těchto konferencí bylo ukázat výsledky a směr rozvoje

## SEMINÁŘ „POJISTNÝ SYSTÉM FOLIOVÝCH IZOLACÍ PODZEMNÍCH STAVEB“ THE SEMINAR “THE MEMBRANE WATERPROOFING SAFETY SYSTEM IN UNDERGROUND CONSTRUCTION”

A discussion seminar titled **The membrane waterproofing safety system in underground construction** (Lessons learnt from mistakes, the system optimisation) was held under the auspices of the Czech Tunnelling Committee ITA/AITES, Metrostav a. s., Minova Bohemia s. r. o. and Matteo s. r. o. The safety system must be understood as one of important components of **closed waterproofing systems** for tunnels and also for cut and cover structures built in difficult hydrogeological conditions.

Pod záštitou Českého tunelářského komitétu ITA-ITES a firem Metrostav a. s., Minova Bohemia s. r. o. a Matteo s. r. o., se dne 14. 9. 2006 uskutečnil diskusní seminář pod názvem **Pojistný systém foliových izolací podzemních staveb** (Poučení z chyb, optimalizace systému). Pojistný systém je nutné chápat jako jednu z důležitých součástí **celoprofilových hydroizolačních systémů** pro tunely a také pro hloubené stavby prováděné ve složitých hydrogeologických podmínkách.

musí hledat společné cíle vedoucí k vytvoření bezpečnějších, ekonomičtějších a uživatelsky výhodnějších betonových konstrukcí tunelů a podzemních staveb v jejich specifických podmínkách.

Hostitelskou zemí CCC 2007 bude Maďarsko. Hlavním tématem kongresu ve Visegrádu bude **INOVATIVNÍ MATERIÁLY A TECHNOLOGIE PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE** (Innovative Materials and Technologies for Concrete Structures). Předpokládáme, že i zde bude dán příspěvkům z oboru podzemních staveb odpovídající prostor. Proto si dovoluujeme vás pozvat k přihlášení příspěvku i na tento kongres. Termín podání abstraktů byl stanoven na 30. 3. 2007. Podrobnější informace jsou uvedeny na [www.fib.bme.hu/cc2007](http://www.fib.bme.hu/cc2007).

ING. PAVEL ŠOUREK, [pavel.sourek@satra.cz](mailto:pavel.sourek@satra.cz), SATRA, s. r. o.  
PROF. ING. JAN L. VÍTEK, CSc., [vitek@metrostav.cz](mailto:vitek@metrostav.cz),  
METROSTAV a. s.

geotechnických disciplín na těchto fakultách, které v té době začaly procházet velmi složitým obdobím své transformace, kdy zejména v České a Slovenské republice se hornictví začalo dostávat na okraj zájmu jak průmyslu, tak odborné veřejnosti. Katedry geotechniky, které v této oblasti dlouhodobě pracovaly, byly proto nuceny jak v odborné, tak výukové a vědeckovýzkumné činnosti přesunout své aktivity zejména do oblasti podzemního stavitelství a do některých dalších oblastí geotechnického inženýrství, ve kterých měly vybudováno personální i odborné zázemí. Díky spolupráci s výše uvedenými katedrami stavebních fakult v ČR a SR se tato transformace úspěšně realizovala.

Program konference Geotechnika 2006 byl koncipován do dvou tematických okruhů:

- Geotechnické problémy podzemních, inženýrských, dopravních a vodohospodářských staveb.
- Aktuální problémy geotechniky podzemních staveb.

O trvalém zájmu o tuto konferenci svědčí i 55 příspěvků publikovaných ve sborníku a více než 40 příspěvků prezentovaných na samotném jednání konference. Témata příspěvků potvrzují, že spolupráce geotechniků z hornického prostředí a geotechniků ze stavebních fakult nabyla značného rozsahu a stále se rozvíjí. Kvalita zpracovaných příspěvků i způsob jejich prezentace byly účastníky konference vysoce hodnoceny. Stejně vysoké hodnocení si zaslouží i hlavní organizátoři konference Ing. Nora Badíková a L. Michalica z agentury Orgware.

*Katedra geotechniky a podzemního stavitelství  
VŠB-TU Ostrava, garant konference*

V úvodním referátu seznámil Ing. Janíček ze společnosti Minova s. r. o. účastníky semináře s jeho programem. Ing. Tokar z firmy Dektrade na základě firemních dlouholetých zkušeností zdůraznil ve svém příspěvku nutnost aplikace pojistného systému včetně jeho aktivity.

Ing. Matzner z firmy Matteo s. r. o. v následujícím příspěvku na několika příkladech poukázal na vady při provádění a doporučil používání pojistného systému. Jaroslav Šimek, specialista hydroizolačních prací ze společnosti Metrostav a. s., podrobně hovořil o problematice hydroizolací a o pojistném systému.

Jelikož podle názorů přítomných je nutné diskutovat i o dalších tématech (od vodostavebního betonu až ke stříkaným izolacím), uvažují organizátoři semináře o ustavení pracovní skupiny „Hydroizolace“ při ČTuK ITA/AITES.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,  
[ita-aites@metrostav.cz](mailto:ita-aites@metrostav.cz), sekretář ČTuK

## AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICCE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

### ČESKÁ REPUBLIKA (STAV K 16. 10. 2006)

#### TUNEL VALÍK

Den otevření tunelu, 5. října 2006, byl svátkem všech, kdo se podíleli na výstavbě celého dálničního úseku, od investorů a projektantů až po realizátory a státní správu. Poděkování všem zúčastněným na výstavbě se dostalo od premiéra české vlády Ing. M. Topolánka, který při oficiálním zahájení přestřihl startovní pásku. V naší fotografické reportáži přibližujeme čtenářům atmosféru slavnostního dne i stavu tunelu v době před zahájením dopravy. Následujícího dne došlo na dálničním obchvatu Plzeň zprovozněním celého 3,5 km dlouhého úseku zahrnujícího tunel Valík k historickému propojení české a německé dálniční sítě. Dálnice D5 dnes spojuje v délce 151 km Prahu s německými hranicemi u Rozvadova. Poslední úsek s dlouho diskutovaným 380 m dlouhým tunelem Valík byl klíčovým místem výstavby. Jedná se o první zprovozněný ražený dálniční tunel v České republice. Dílo vyhovuje evropským bezpečnostním standardům a splňuje náročná ekologická hlediska.

#### METRO IVC2

Na úseku ražených tunelů odd. 13 byly dokončeny práce na kolejových betonech a ocelových konstrukcích pro vedení kabelů. V současné době je prováděna pokládka kolejových svršků. V místě napojení přístupové štoly je instalováno bednění pro betonáž boku traťového tunelu.

#### NOVÉ SPOJENÍ – VÍTKOVSKÉ TUNELY

Na jižním Vítkovském tunelu probíhá betonáž základových pasů. Od východního portálu se započalo s pokládkou mezilehlé izolace a v nejbližší době započne v proudu také osazování armatury definitivního ostění. Na západním portálu se provádí betonáž hloubeného úseku tunelu. V severním tunelu se provádějí profilace a úpravy povrchu pod mezilehlou izolací. U východního portálu se v úseku se zhoršenou kvalitou horninového masivu betonuje protiklenba.

#### TUNEL PANENSKÁ

Na severním portálu probíhá zahumusování a výsadba stromků. Byla dokončena betonáž vozovek v obou tunelech a chodník v pravém tunelu. Před jižním portálem se provádí hutnění podkladních vozovkových vrstev. Kompletní technologické vybavení tunelů Panenská a Libouchec bude připraveno ke zkouškám k 31. 10. 2006.

#### TUNEL LIBOUCHEC

V pravém tunelu se dokončují nátěry vrchlíku v hloubených a ražených úsecích. Provádí se zásep na jižním portálu a budují se gabionové konstrukce. Předpokládá se, že tunel Libouchec a Panenská bude uveden do provozu těsně před Vánocemi tohoto roku.

#### TUNEL KLIMKOVICE

V tunelu A bylo vybetonováno 49 dvanáctimetrových pasů definitivního ostění od brněnského portálu. Od ostravského portálu přibýlo dalších 8 pasů uzavřeného monolitického ostění. Před tímto portálem se začíná budovat provozně-technologický objekt. V raženém úseku tunelu B bylo od ostravského portálu vybetonováno dalších 56 pasů ostění. Před vlastním portálem je zcela dokončen hloubený úsek a provádí se jeho zasypávání.

#### TUNEL BŘEZNO

Z výjezdového portálu se razí jednokolejný tunel sekvenční metodou. K datu sepsání aktuality chybí k šachtě únikového východu vyrazit v kalotě poslední 3 m. Ze strany vjezdového portálu je tunel dorazen do únikové šachty. Na obou úsecích od šachty probíhá betonáž uzavřeného definitivního ostění. Od vjezdového portálu je dokončeno celkem 760 m a od výjezdového pak 619 m z celkové délky 1758 m hloubených a ražených úseků železničního tunelu. Hloubený úsek délky 249 m u výjezdového portálu je již z 85 % zasypán. U vjezdového portálu se betonuje hloubený úsek v délce 31 m.

ING. PAVEL POLÁK, polak@metrostav.cz (ČTuK)

### THE CZECH REPUBLIC (AS OF 16<sup>TH</sup> OCTOBER 2006)

#### THE VALÍK TUNNEL

The tunnel inauguration day, the 5<sup>th</sup> October 2006, was a festive occasion for all of those who had participated in the construction of the entire motorway section, from representatives of the employer and designer, through contractor's employees to the government offices. All of them were thanked by Ing. M. Topolánek, the Czech Prime Minister, who cut the tape during the official opening. Our picture report tries to give the readers an idea of the atmosphere of this special day and the condition of the tunnel just before the opening of the tunnel for traffic. Next day, the entire length of the 3.5km-long motorway section bypassing the city of Plzeň, which contains the Valík tunnel, was brought into service, thus the historic event of interconnecting the Czech and German motorway networks took place. At present, the 151km-long D5 motorway connects Prague with the German border at Rozvadov. The last section, containing the long time disputed 380m-long Valík tunnel, was a critical point of the project. The tunnel complies with European safety standards and meets the demanding environmental criteria.

#### METRO IVC2

Trackbed concrete casting and installation of cable support steelwork were completed in the running tunnels of construction lot No. 13. The trackwork installation is currently in progress. Formwork for the casting of the side-wall of the running tunnel is being erected at the connection of the access adit.

#### THE NEW CONNECTION – THE VÍTKOV TUNNELS

Strip foundation is being cast in the southern Vítkov tunnel. The installation of the intermediate waterproofing system started from the eastern portal; the flow of operations will continue soon by the placement of the reinforcement of the final lining. The casting of the cut-and-cover tunnel structures is in progress at the western portal. Profiling and finishing of the substrate under the intermediate waterproofing layers is being carried out in the northern tunnel. The invert casting takes place at the eastern portal, in a section where the rock mass quality is deteriorated.

#### THE PANENSKÁ TUNNEL

Soiling and planting is carried out at the northern portal. Casting of the concrete roadways has been completed in both tunnel tubes, the walkway casting has been finished in the right tunnel tube. Roadway base layers are being compacted in front of the southern portal. The complete tunnel equipment of the Panenská and Libouchec tunnels will be prepared for testing by 31.10.2006.

#### THE LIBOUCHEC TUNNEL

The coating of the vault is being finished in the cut-and-cover and mined sections of the right tunnel tube. The southern portal is being backfilled and gabion structures are being erected at this portal. The inauguration of the Libouchec and Panenská tunnels is expected to be held just before the Christmas 2006.

#### THE KLIMKOVICE TUNNEL

Forty nine 12m-long blocks of the final lining have been completed in the A-tube from the Brno portal. Other eight blocks of the closed cast-in-situ lining have been added from the Ostrava portal. The construction of the service building has started in front of this portal. The mined section of the tunnel tube B has other 56 blocks of the lining completed (from the Ostrava portal). The cut-and-cover section adjacent to the Ostrava portal has been completed and is being backfilled.

#### THE BŘEZNO TUNNEL

The single-track tunnel is being driven from the exit portal using the sequential method. As of the date of writing this news, last 3m of the tunnel excavation remained to be driven to arrive to the escape shaft. The excavation from the entrance portal has arrived at the escape shaft. The closed final lining is being cast in both sections of the tunnel (on both sides of the shaft). Of the overall length of the mined and cut-and-cover sections of the railway tunnel, a length of 760m has been completed from the entrance portal and 619m from the exit portal. The 249m-long section of the cut-and-cover tunnel at the exit portal is being backfilled, 85% of the backfill has been finished. A 31m-long section of the cut-and-cover tunnel is being cast at the entrance portal.

ING. PAVEL POLÁK, polak@metrostav.cz (ČTuK)



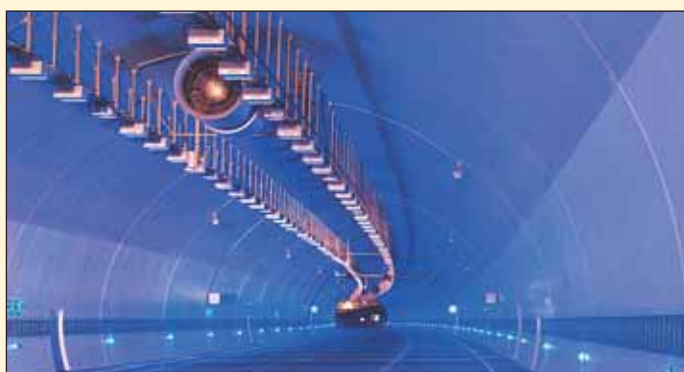
**FOTOREPORTÁŽ Z OTEVŘENÍ DÁLNIČNÍHO TUNELU VALÍK NA OBCHVATU PLZNĚ NA DÁLNICI D5  
THE PICTURE REPORT OF THE INAUGURATION OF THE VALÍK TUNNEL ON THE D5 MOTORWAY BYPASS OF PLZEŇ**



*Obr. 1 Dokončovací práce u pražského portálu  
Fig. 1 Finishing work at the Prague portal*



*Obr. 2 Rozvadovský portál před otevřením tunelu  
Fig. 2 The Rozvadov portal before the tunnel inauguration*



*Obr. 3 Tunel s technologickým vybavením  
Fig. 3 The tunnel with the equipment*



*Obr. 4 Pohled na SOS výklenek a bezpečnostní prvky na ostění tunelu  
Fig. 4 A view of an SOS niche and safety elements on the tunnel lining*



*Obr. 5 Nouzové osvětlení a luminiscenční pásy u skříně SOS  
Fig. 5 Emergency lighting and luminescent strips at the SOS box*



*Obr. 6 Dispečink řízení provozu ve Svjokvicích  
Fig. 6 The traffic control centre in Svjokovice*



*Obr. 7 Slavnostní otevření provozu dálničního tunelu Valík – předseda vlády České republiky Mirek Topolánek a generální ředitel ŘSD Ing. Petr Laušman při přestřižení pásy  
Fig. 7 The inauguration of the Valík motorway tunnel – Mirek Topolánek, the Prime Minister of the Czech Republic, and Ing. Petr Laušman, general director of the Directorate of Roads and Motorways, cutting the tape.*



*Obr. 8 Letecký pohled na rozvadovský portál po uvedení tunelu Valík do provozu  
Fig. 8 An aerial view of the Rozvadov portal after the Valík tunnel opening to traffic*

## SLOVENSKÁ REPUBLIKA

### TUNEL SITINA

V októbri 2006 sú na 1,5 km dlhom tuneli Sitina na úseku diaľnice D1 v Bratislave ukončené montáže hlavného a požiarneho osvetlenia, montuje sa vzduchotechnika v portálových objektoch, ukončená je inštalácia napájacích káblov (približne 235 km) a premenlivého dopravného značenia v tuneli. V rámci stavebných prác po vykonaní funkčnej skúšky požiarneho vodovodu prebiehajú už len dokončovacie práce na zásypoch portálov a armovaných svahoch. V predportálových úsekoch bola uskutočnená betonáž vozovky s cementobetónovým krytom. Predpokladaným termínom uvedenia tunela a celého diaľničného úseku do prevádzky zostáva jar roku 2007.

### TUNEL BÔRIK

V priebehu letných a jesenných mesiacov roku 2006 prebiehali práce na západnom i východnom portáli diaľničného tunela Bôrik dĺžky 999 m, ktorý je súčasťou podtatranského úseku diaľnice D1 Mengusovce – Jánovce dĺžky 8 km v blízkosti mesta Svit. Hrubé terénne úpravy vrátane pažiach konštrukcií a kotevných prvkov sú takmer ukončené, na oboch portálových stenách už boli realizované mikropilotové dáždniky. Razenie tunelových rúr by malo začať ešte v tomto roku razením krátkych úsekov pilierovej štôlne od oboch portálov.

### ŠTÔĽŇA POLANA

Na stavbe prieskumnej štôlne dĺžky 840 m pre diaľničný tunel Poľana prebiehajú v súčasnosti prípravné práce na portáli, ktoré by mali umožniť ešte v tomto roku začiatok razenia štôlne. Tunel Poľana na úseku diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité bude mať jednu rúru s obojsmernou premávkou. Prieskumná štôľňa bude razená v profile druhej, budúcej tunelovej rúry, pričom bude stavebne a technologicky upravená na funkciu únikovej cesty a prístupovej komunikácie. Výstavba tunela by mala začať v roku 2008.

**ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,**  
*frankovsky@terraprojekt.sk (STA)*



Obr. 1 Pohľad na južný portál tunela Sitina  
Fig. 1 A view of the southern portal of the Sitina tunnel

## THE SLOVAK REPUBLIC

### THE SITINA TUNNEL

The installation of the main lighting and fire lighting has been completed, the ventilation system is being installed in the portal sections, the installation of power supply cables (approximately 235km) and the variable traffic signs in the tunnel was finished in October 2006 at the 1.5km-long tunnel construction on the D1 section in Bratislava. The building work carried out after the completion of the operation test of the fire main consists only of finishing of the backfill of the portals and reinforced slopes. The casting of the concrete pavement of the road has been carried out in the pre-portal sections. The tunnel inauguration and opening of the entire motorway section to traffic is planned for the spring of 2007.

### THE BÔRIK TUNNEL

The summer and autumn months of the year 2006 saw the work carried out on the western and eastern portal of the 999m-long Bôrik tunnel, which is part of the 8km-long D1 motorway section between Mengusovce and Jánovce running along the Tatras mountain range, near the town of Svit. General ground shaping including bracing structures and anchoring have nearly been finished; micropile umbrellas have already been installed at both portal walls. The excavation of both tunnel tubes should start this year by the excavation of short sections of the pillar gallery from both portals.

### THE POĽANA GALLERY

The preliminary work on the portal of the 840m-long exploration gallery for the Poľana motorway tunnel is currently in progress. It should allow the driving of the gallery to start this year. The Poľana tunnel on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway will be a single-tube bi-directional tunnel. The cross section of the exploration gallery will be contained inside the cross section of the second tunnel tube to be built in the future. Its structure and equipment are designed to allow the gallery to be used as the escape route and access road. The commencement of the tunnel construction is planned for 2008.

**ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,**  
*frankovsky@terraprojekt.sk (STA)*



Obr. 2 Práce na východnom portáli tunela Bôrik  
Fig. 2 The work on the eastern portal of the Bôrik tunnel

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA/AITES REPORTS

[www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz)

### INFORMACE O STAVU PŘÍPRAVY ITA/AITES WTC 2007

### INFORMATION ON THE STATUS OF PREPARATION OF THE ITA/AITES WTC 2007

The congress preparation phase is culminating. Our web page already contains the Registration Forms for regular participants, accompanying persons and young participants, as well as the Accommodation Form and Tour and Social Events Form. We would like to note that the number of participants in some social events is limited by the capacity of the halls where they will be held (the Czech Philharmonic Orchestra concert and the Welcome Reception at Prague Castle) and the tickets will be provided on a first-come, first-served basis. The process of collecting applications for reservation from exhibitors is also underway;

the stands will be allotted also according to the order of the submitted applications and executed contracts.

The Scientific Council decided in November 2006 that the submitted papers would be published in the Congress Proceedings and, subsequently, the Council, in collaboration with co-chairmen of individual sections who were nominated to these functions by the ITA Executive, would select the papers which will be presented orally. This fact will be communicated to the relevant authors. The other authors will be offered a possibility of the presentation through posters. It must be noted that

the number of papers delivered to the address of the Czech Tunnelling Committee has reached nearly 300. This number ranks the contents of the WTC 2007 among the most extensive in the history of the ITA/AITES World Congresses in terms of the professional interest.

Závěr letošního roku je dalším významným mezníkem, jelikož příprava kongresu vstupuje do vrcholné fáze. Organizační výbor zpracovává a na webových stránkách [www.wtc2007.org](http://www.wtc2007.org) se postupně objevují podrobné náplně všech kongresových akcí a přihlašovací formuláře včetně toho základního – registračního formuláře řádného účastníka. Na možnost přihlášení již v letošním roce zvláště upozorňujeme, neboť je to spojeno s nezanedbatelným finančním zvýhodněním a přednostním zajištěním účasti na nejatraktivnějších společenských akcích, kde je počet osob limitován kapacitou sálů, v nichž jsou pořádány. Jde o koncert České filharmonie v Rudolfinu a galavečer na Pražském hradě.

Kulminuje přijímání a kontrola příspěvků do sborníku konference. Je třeba konstatovat, že v termínu plánované uzávěrky přijímání příspěvků, tedy 30. září 2006, situace nebyla zdaleka uspokojivá, poněvadž v porovnání s počtem přihlášených abstraktů (téměř 400) jich byla na adresu sekretariátu ČTuK doručena necelá třetina a přitom sotva polovina autorů dokázala „na první pokus“ splnit velmi precizně formulované požadavky nakladatelství BALKEMA. Byli jsme si vědomi, že úspěch kongresu stojí a padá s počtem a kvalitou odborných referátů, a proto členové a spolupracovníci vědecké rady i organizačního výboru kongresu nelitovali úsilí, aby autorům pomohli překonat celou řadu technických i formálních problémů spojených s vypracováním příspěvků a jejich zasláním. Z těchto důvodů jsme také kontaktovali zástupce nakladatelství BALKEMA, kteří nám vyšli vstříc jak termínově, tak technicky. Až budete číst tyto řádky, bude již z našich webových stránek zřejmé, nakolik byly tyto aktivity korunovány úspěchem. Věříme, že sborník příspěvků WTC 2007 bude v dosavadní historii kongresů ITA patřit k nejobsáhlejšímu a svojí odbornou i formální úrovní uspokojí i ty nejnáročnější účastníky.

Jsmo přesvědčeni, že vysokou formální i obsahovou úroveň se bude vyznačovat i připravovaná publikace „Podzemní stavitelství v ČR“, kterou obdrží všichni účastníci kongresu.

Do konce roku se pak vědecká rada musí vypořádat se svým hlavním úkolem – posoudit odbornou kvalitu jednotlivých příspěvků a vybrat a doporučit

## PRACOVNÍ SHROMÁŽDĚNÍ ČTUK ITA/AITES THE CTUC ITA/AITES WORKING SESSION

A working session of the Czech Tunnelling Committee ITA/AITES was held in Boby Centrum in Brno on Wednesday, 15 November 2006. The organisation of the session was undertaken by two Brno-based companies: PÖYRY ENVIRONMENT a. s. and AMBERG ENGINEERING BRNO a. s. The following main topics of the meeting were discussed:

- the current state of the WTC 2007 preparation and the next work,
- the report on the CTuK activities since the General Assembly which was held in May 2006,
- information on the content of the web pages ([www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz) and [www.wtc2007.org](http://www.wtc2007.org)),
- information on the activities of the the CTuK working groups and the WG ITA/AITES.

Presentations of the organising companies and an afternoon excursion to the Brno underground utilities followed.

V brněnském Boby Centru se konalo ve středu 15. listopadu 2006 pracovní shromáždění Českého tunelářského komitétu ITA/AITES. Jeho zajištění se společně ujaly dvě brněnské firmy – PÖYRY ENVIRONMENT, a. s., a AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.

Jednání zahájil v zastoupení předsedy ČTuK prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., který nejprve omluvil nepřítomnost předsedy Ing. Ivana Hrdiny, který musel z pracovních důvodů odcestovat do zahraničí. V krátkém vystoupení pak pozdravil účastníky generální ředitel Pöyry Environment, a. s., Ing. Pavel Kutálek.

## SEMINÁŘ „ZPEVNĚNÍ, TĚSNĚNÍ A KOTVENÍ HORNINOVÉHO MASIVU A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ 2007“

### THE “STABILISATION, SEALING AND ANCHORING OF ROCK MASS AND CIVIL ENGINEERING STRUCTURES 2007” SEMINAR

The Department of Geotechnics and Underground Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU Ostrava, in collaboration with Minova Bohemia s.r.o. Ostrava, is organising the 12<sup>th</sup> annual international seminar titled “Stabilisation, Sealing and Anchoring of Rock Mass and Civil Engineering Structures 2007”. It will be held on 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup> February 2007 in the new aula of the VŠB-TU Ostrava in Ostrava-Poruba. You can send your enquiries and confirmations of interest in the participating

k ústní prezentaci ty, které považuje za nejlepší. V této souvislosti vítáme nabídku STA ke spolupráci, neboť množství příspěvků a čas vymezený pro jejich studium je relativně velmi krátký. Definitivní rozhodnutí o náplni a rozsahu prezentací padne samozřejmě po dohodě se zástupci ITA, kteří byli exekutivou ITA jako spolupředsedající do jednotlivých odborných sekcí nominováni. V tomto okamžiku předpokládáme, že prezentace budou probíhat ve třech přednáškových sálech současně, což by v průběhu tří hlavních kongresových dnů umožnilo vystoupit téměř stovce přednášejících (kromě přednášejících v rámci Keynote Lecture a Open Session). Mimo to se počítá rovněž s firemními prezentacemi v prostorách výstavy a všem, kteří nebudou vyzváni k ústní prezentaci svého příspěvku, bude nabídnuta možnost seznámit s ním podrobněji ostatní účastníky v posterové sekci.

Kongres a jeho doprovodné akce jsou také místem pro prezentaci firem a organizací, jejichž aktivity jsou zaměřeny na podzemní stavby, na skutečně světovém tunelářském fóru. Pro zahraniční firmy je to samozřejmostí a s celou řadou z nich již byly uzavřeny příslušné smlouvy. Je potěšující, že několik významných českých a slovenských firem již také projevilo zájem o účast na výstavě, o sponzorování a inzerci v prostorách Kongresového centra i v kongresových tiskovinách (3. bulletin, mimořádné číslo časopisu Tunel a pod.). Pořádání světového tunelářského kongresu na domácím půdě by mělo vyburcovat i všechny ostatní. Spojení této zcela mimořádné příležitosti ke své propagaci s podporou akce, o jejíž pořádání se bezúspěšně ucházely takové tunelářské velmoci, jako je Rakousko a Velká Británie, určitě pozvedne prestiž českého a slovenského podzemního stavitelství, a tím přispěje k dalšímu rozvoji a ekonomickému úspěchu našich firem doma i v zahraničí.

Celý průběh přípravy je průběžně konzultován s generálním sekretářem ITA p. Claude Berenguerem, který nás koncem září t. r. opět navštívil. Potěšilo nás, že se stavem přípravy vyjádřil spokojenost. Dne 24. listopadu 2006 se konalo výroční zasedání organizačního výboru, na kterém byl stav příprav podrobně diskutován a vyhodnocen. Informaci z tohoto zasedání naleznete na webových stránkách ČTuK [www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz).

**ING. GEORGIJ ROMANCOV, CSc.,  
předseda organizačního výboru WTC 2007  
PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.,  
předseda vědecké rady WTC 2007, [office-wtc2007@metroprojekt.cz](mailto:office-wtc2007@metroprojekt.cz)**

Hlavním bodem zprávy předsedy ČTuK, kterou přednesl prof. Barták, byla příprava kongresu WTC 2007, dále informace o časopise Tunel, o ediční činnosti ČTuK a o podpoře vzdělávacích akcí. V závěru zprávy o činnosti ČTuK prof. Barták zdůraznil, že pořádání kongresu WTC v České republice je mimořádná událost, která se bude opakovat asi ne dříve než opět po více než dvaceti letech, a proto by ji členové ČTuK měli využít k hojné účasti svých pracovníků na kongresu a k prezentaci svých firem.

Předseda OV WTC 2007 Ing. Georgij Romancov, CSc., v dalším bodě jednání seznámil přítomné především se strukturou webových stránek kongresu, kde již je i registrační formulář pro účast na kongresu a jeho doprovodných akcích. Upozornil také na výhody „early bird“ registrace. Prof. Barták jako předseda vědecké rady kongresu informoval o stavu příspěvků, kterých již došlo 284, což znamená, že sborník pražského kongresu bude v historii WTC nejobsáhlejší. Zmínil se i o stavu přípravy reprezentační publikace „Podzemní stavitelství v ČR“.

Ing. Libor Mařík informoval o novinkách na webových stránkách ČTuK, z nich je nejdůležitější vytvoření sekce pro diskusní fórum. Ing. Stanislav Šikora stručně komentoval oblast aktivity ITA WG i pracovních skupin ČTuK. V této souvislosti vystoupil Ing. Janíček, ředitel firmy Minova Bohemia, s. r. o., a informoval o záměru vytvořit v ČTuK pracovní skupinu „Hydroizolace tunelů“.

Po zajímavých prezentacích firem Pöyry Environment, a. s., a Amberg Engineering Brno, a. s., proběhla exkurze na kolektory v historickém centru Brna, při které účastníky doprovázel Ing. Václav Torner.

Více informací o pracovním shromáždění lze najít na: [www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz).  
**ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,  
sekretář ČTuK ITA/AITES, [ita-aites@metrostav.cz](mailto:ita-aites@metrostav.cz)**

and submitting your papers through e-mails to: [hana.sedlarova@vsb.cz](mailto:hana.sedlarova@vsb.cz) by 8. 12. 2006. The deadline for submitting the papers will be 12. 1. 2007.

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava ve spolupráci s firmou Minova Bohemia, s. r. o., Ostrava připravuje 12. ročník mezinárodního semináře „Zpevnění, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2007“.

který se uskuteční ve dnech 22. – 23. února 2007 v nové aule VŠB-TU Ostrava v Ostravě-Porubě.

Program semináře bude tradičně věnován novým poznatkům z oblasti materiálů a technologií pro kotvení, zpevňování a těsnění hornin, horninového masivu a stavebních konstrukcí a realizací v hornictví, podzemním a pozemním stavitelství v roce 2006. Nově bude zařazena problematika navrhování a realizace stabilizačních opatření při ražení podzemních děl v zastavěných územích.

Organizátoři semináře vítají jak zájem o účast, tak zájem o zpracování příspěvku a vystoupení na semináři. Se žádostí o informace

a potvrzením zájmu o účast a zpracování příspěvku se obračete e-mailem na: hana.sedlarova@vsb.cz do 8. 12. 2006. Termín pro zpracování příspěvku bude 12. 1. 2007.

Věříme, že téma semináře, které je dlouhodobě předmětem zájmu pracovníků v hornictví a podzemním stavitelství, i v příštím roce splní vaše očekávání. Organizátoři semináře opětovně připraví, tentokrát v novém prostředí auly VŠB-TU, jak kvalitní program, tak vytvoří příležitost pro odborné, pracovní a obchodní setkání účastníků semináře.

*Katedra geotechniky a podzemního stavitelství VŠB-TU OSTRAVA  
Minova Bohemia, s. r. o.*

## WORKSHOP „ZÁKLADY TUNELOVÁNÍ VE MĚSTECH“, PRAHA, MASARYKOVA KOLEJ ČVUT, 11. ZÁŘÍ 2006 THE „FUNDAMENTALS OF URBAN TUNNELLING“, PRAGUE, MASARYK COLLEGE OF THE CZECH TECHNICAL UNIVERSITY, 11TH SEPTEMBER 2006“, TRAINING COURSE

The Organising Committee of the World Tunnel Congress WTC 2007 prepared the 1<sup>st</sup> annual training course “Fundamentals of Urban Tunnelling” for young engineers and doctoral students. The course was held on the premises of the Masaryk College of the Czech Technical University in Prague-Dejvice; the organisers prepared a series of lectures on the following topics:

1. Design of underground structures in developed areas
2. Engineering-geological and geotechnical survey for underground structures in developed areas
3. Methods of tunnelling in towns
4. Concrete in underground construction

The lectures were mostly delivered in English, by prominent Czech professionals (Ing. Martin Srb, Ing. Matouš Hilar, Ph.D., RNDr. Lubomír Klímeček, CSc., Prof. Jan L. Vítek, CSc., Ing. Pavel Polák). The course was attended by over 65 persons from construction and design companies and universities.

The 2<sup>nd</sup> annual training course will be held before the commencement of the WTC 2007, under the auspices of the ITA/AITES, on 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> May, again in the Masaryk College in Prague-Dejvice. This pre-congress training course will introduce the foremost world's experts in the field of urban tunnelling, who will present their papers informing the course attendees on the latest knowledge and experience in this construction branch.

Information and application forms for this pre-congress course are available on the web page [www.wtc2007.org](http://www.wtc2007.org).

Organizační výbor světového tunelářského kongresu WTC 2007 pod patronací Českého tunelářského komitétu ITA/AITES připravil a 11. září 2006 realizoval 1. ročník výukového workshopu „Základy tunelování

v zastavěných územích“ pro mladé inženýry a doktorandy. Workshop se konal v prostorách Masarykovy koleje ČVUT v Praze-Dejvicích a organizátoři připravili sérii přednášek na téma:

1. Navrhování podzemních konstrukcí v zastavěných územích;
2. Inženýrskogeologický a geotechnický průzkum pro podzemní stavby v zastavěných územích;
3. Metody tunelování ve městech;
4. Beton v podzemním stavitelství.

Přednášky proběhly vesměs v anglickém jazyce a podíleli se na nich přední odborníci z ČR (Ing. Martin Srb, Ing. Matouš Hilar, Ph.D., RNDr. Lubomír Klímeček, CSc., Prof. Jan L. Vítek, CSc., Ing. Pavel Polák).

Workshopu se zúčastnilo více než 65 účastníků z průmyslu a vysokých škol. Účastníci obdrželi prezentace vypracované přednášejícími, které mohou sloužit pro další studium a vzdělávání. Snahou organizátorů bylo především ověřit si zájem mladé odborné veřejnosti v ČR a SR o tato témata a rovněž jazykově připravit účastníky workshopu na jeho 2. ročník, který se uskuteční v předvečer světového tunelářského kongresu WTC 2007 (4. – 5. 5. 2007) rovněž v Masarykově koleji ČVUT v Praze-Dejvicích.

Na tomto předkongresovém vzdělávacím workshopu vystoupí přední světoví odborníci v oblasti tunelování ve městech, kteří v řadě svých přednášek seznámí účastníky s nejmodernějšími poznatky a zkušenostmi z této oblasti.

Informace a přihlášky na tento předkongresový workshop je možno získat na webových stránkách [www.wtc2007.org](http://www.wtc2007.org).

*PROF. ING. JOSEF ALDORF, josef.aldorf@vsb.cz,  
VSB-TU OSTRAVA*

## POZVÁNKA NA KONFERENCI K 25. VÝROČÍ ZALOŽENÍ ÚSTAVU GEONIKY AV ČR V OSTRAVĚ INVITATION TO THE CONFERENCE HELD ON THE OCCASION OF THE FOUNDATION OF THE INSTITUTE OF GEONICS OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE CR IN OSTRAVA

A technical conference focused on geomechanics and geotechnics will be held on 23<sup>rd</sup> – 25<sup>th</sup> May 2007 at the Institute of Geonics of the Academy of Sciences of the Czech Republic in Ostrava. The details will be published on [www.ugn.cas.cz](http://www.ugn.cas.cz). The contact persons: Dr. Ing. Pavel Konečný ([konecpa@ugn.cas.cz](mailto:konecpa@ugn.cas.cz)) and Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. ([snuparek@ugn.cas.cz](mailto:snuparek@ugn.cas.cz)).

Ve dnech 23. – 25. května 2007 se bude konat na Ústavu geoniky AV ČR v Ostravě odborná konference se zaměřením na geomechaniku a geotechniku. Podrobnosti budou zveřejněny na [www.ugn.cas.cz](http://www.ugn.cas.cz). Kontaktní osoby Dr. Ing. Pavel Konečný, ([konecpa@ugn.cas.cz](mailto:konecpa@ugn.cas.cz)) a Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc., ([snuparek@ugn.cas.cz](mailto:snuparek@ugn.cas.cz)).

## SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES REPORTS

[www.sta-ita-aites.sk](http://www.sta-ita-aites.sk)

## KONFERENCIA „PODZEMNÉ STAVEBNÍCTVO 2006 – BOJNICE“ 1. – 3. OKTÓBRA 2006 THE “UNDERGROUND CONSTRUCTION 2006 – BOJNICE” CONFERENCE 1ST – 3RD OCTOBER 2006

The “Underground Construction 2006” conference was held in Bojnice at the beginning of October 2006. The programme structure and its contents have become traditional since the first conference in 1996, which was held in Prievidza. The conference is organized under this title every 5 years. The co-organiser of the 2006 conference was the National Motorway Association and the STA ITA/AITES. The conference was attended by 230 professionals active in the field of under-

ground construction, from employees of central administrative bodies, through employers, designers, geologists, contractors, equipment and material suppliers, technical and safety supervisors, rescue services to operators of tunnels and other underground constructions.

Konferenciu rámcovovala oslava 55. výročia založenia podniku Banské stavby Prievidza (ktorý sa stal v roku 2005 členom nadnárodného



Obr. 1 Ing. Miroslav Beka, predseda predstavenstva a generálny riaditeľ spoločnosti Skanska BS, pri príhovore

Fig. 1 Ing. Miroslav Beka, chairman of the board and CEO of Skanska BS



Obr. 3 Účastníci exkurzie do Bane Nováky

Fig. 3 Attendees of the excursion in the Nováky Mine

koncernu SKANSKA a od 1. januára 2005 vystupuje pod menom Skanska BS, a. s.). Do programu konferencie boli zaradené aj niektoré ďalšie akcie, a to rozšírené zasadanie Komitétu STA s prizvaním zástupcov predsedníctva ČTuK a výjazdné rokovanie redakčnej rady časopisu Tunel. Miestom konferencie a časti sprievodného programu bolo Mestské kultúrne a spoločenské centrum v Bojniciach, spoločenský večer sa uskutočnil v priestoroch Bojnického zámku.

Štruktúra programu konferencie a jej obsahová náplň sa raduje od prvej konferencie v roku 1996, ktorá sa konala v Prievidzi. Pripomeňme si, že pod týmto názvom sa konferencia organizuje každých päť rokov. Spoluorganizátorom konferencie PS 2006 boli Národná diaľničná spoločnosť a STA ITA/AITES. Konferencie sa zúčastnilo 230 odborníkov, ktorí majú čo do činenia s podzemným stavebníctvom, počínajúc pracovníkmi ústredných orgánov, investorov, projektantov, geológov, zhotoviteľov, dodávateľov techniky a materiálov, odborného a bezpečnostného dozoru, záchranných zborov až po prevádzkovateľov tunelových a iných podzemných stavieb.

V úvodnom ceremoniiáli sa účastníkom konferencie prihovorili:

- Štátny tajomník Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR Ing. Milan Mojš, ktorý charakterizoval súčasnú situáciu rozostavanosti a prípravy ďalších tunelových stavieb na Slovensku.
- Predseda STA Ing. Róbert Turanský, ktorý okrem charakteristiky súčasnosti podzemného stavebníctva na Slovensku vyzdvihol aj historickú úlohu Banských stavieb Prievidza vo vývoji tohto odvetvia.
- Predseda ČTuK Ing. Ivan Hrdina uviedol prehľad najnáročnejších tunelových stavieb v ČR postavených v nedávnej minulosti, rozostavané stavby v súčasnosti, ako aj niektoré aktuálne pripravované a očakávané stavby v blízkej budúcnosti. V jeho vystúpení odznela aj informácia o stave príprav WTC 2007



Obr. 2 Pohľad do sálu na účastníky konferencie

Fig. 2 A view in the conference hall

v Prahe a pozvanie slovenských účastníkov na tento kongres.

- Zástupca Národnej diaľničnej spoločnosti Ing. Dušan Šesták zrekapituloval hlavné akcie súčasného programu tunelových stavieb na diaľničnej sieti SR.
- Generálny riaditeľ Slovenskej správy ciest Ing. Peter Havrila informoval o zámeroch a potrebe tunelov aj na cestných komunikáciách nižších kategórií.
- Predseda Prípravného výboru konferencie Ing. Miroslav Beka, predseda predstavenstva a generálny riaditeľ spoločnosti Skanska BS. V jeho príhovore zaznela rekapitulácia najdôležitejších podzemných stavieb vybudovaných touto spoločnosťou počas päťdesiatročnej histórie, potreba šírenia osvetly o nevyhnutnosti a dôležitosť podzemného stavebníctva, ako aj význam osobných stretnutí významných „hráčov“ na poli podzemného stavebníctva.

Odborná časť konferencie odznela v rozsahu a štruktúre avizovanej v predchádzajúcom čísle časopisu Tunel (č. 3/2006). Na konferencii odznelo v živom vystúpení 26 príspevkov, zborník konferencie obsahuje celkom 51 príspevkov. Odborné príspevky a rovnako tak rokovanie konferencie boli rozčlenené do štyroch tematických okruhov: V tematickom bloku Inžiniersko-geologický a geotechnický prieskum odzneli 3 príspevky. S najpočetnejšie obsadenou témou Projektovanie a príprava stavieb vystúpilo 14 odborníkov. V bloku Realizácia a monitoring počas výstavby prezentovali svoje poznatky 6 účastníkov. Financie, riziká a zmluvné podmienky prezentovali dvaja prednášatelia. Avizovaný tematický okruh Technické a bezpečnostné opatrenia sa vypustil pre nezáujem potenciálnych autorov.

V prednesených a v zborníku publikovaných príspevkov odzneli viaceré výsledky a hodnotenia vo všetkých štyroch tematických okruhoch, ktoré sa dajú označiť ako aktuálny stav („state of the art“) tunelárskeho odvetvia. Do istej miery sa z tohto hodnotenia dá v porovnaní s tým, čo odznelo na konferenciách v Poprade (v roku 1995) a pred desiatimi rokmi v Prievidzi (1996), vyvodit' aj dosiahnutý pokrok po prvom desaťročí od začiatku realizácie stavby prvého diaľničného tunela na Slovensku.

Najdôležitejšie zmeny sa koncentrujú do oblastí prípravy a projektovania podzemných stavieb. Pokrok prirodzene nastal aj v technickej oblasti a čiastočne aj v legislatíve. Tou najdôležitejšou aj najviditeľnejšou zmenou je to, že môžeme byť praktickými užívateľmi viacerých diaľničných tunelov tak v ČR, ako aj v SR. (Za poznámku bude iste stáť aj to, že v roku 1996 závideli mnohí českí kolegovia Slovákom vtedy vládou SR deklarovaný program tunelových stavieb. Po roku 2000 sa situácia obrátila a závisť sa presunula na slovenskú stranu).

Vecný záver a hodnotenie konferencie, ktoré organizátori zverili Prof. Ing. Jiřímu Bartákovi, vyznelo pozitívne v tom zmysle, že veľká väčšina odborných príspevkov mala veľmi dobrú úroveň. Predseda organizačného výboru konferencie Ing. Ivan Magdolen reagoval na jeho ocenenie úrovne konferencie replikou, že tam, kde je osobne Prof. Barták účastníkom, nemôže ísť o nič iné ako o dobrú akciu.

Bonusom konferencie, venovaným účastníkom konferencie spoločnosťou Skanska BS, bolo predstavenie muzikálu Na skle maľované, s ktorým vystúpil divadelný súbor Novej scény z Bratislavy.

ING. JOZEF FRANKOVSKÝ,  
člen organizačného výboru konferencie