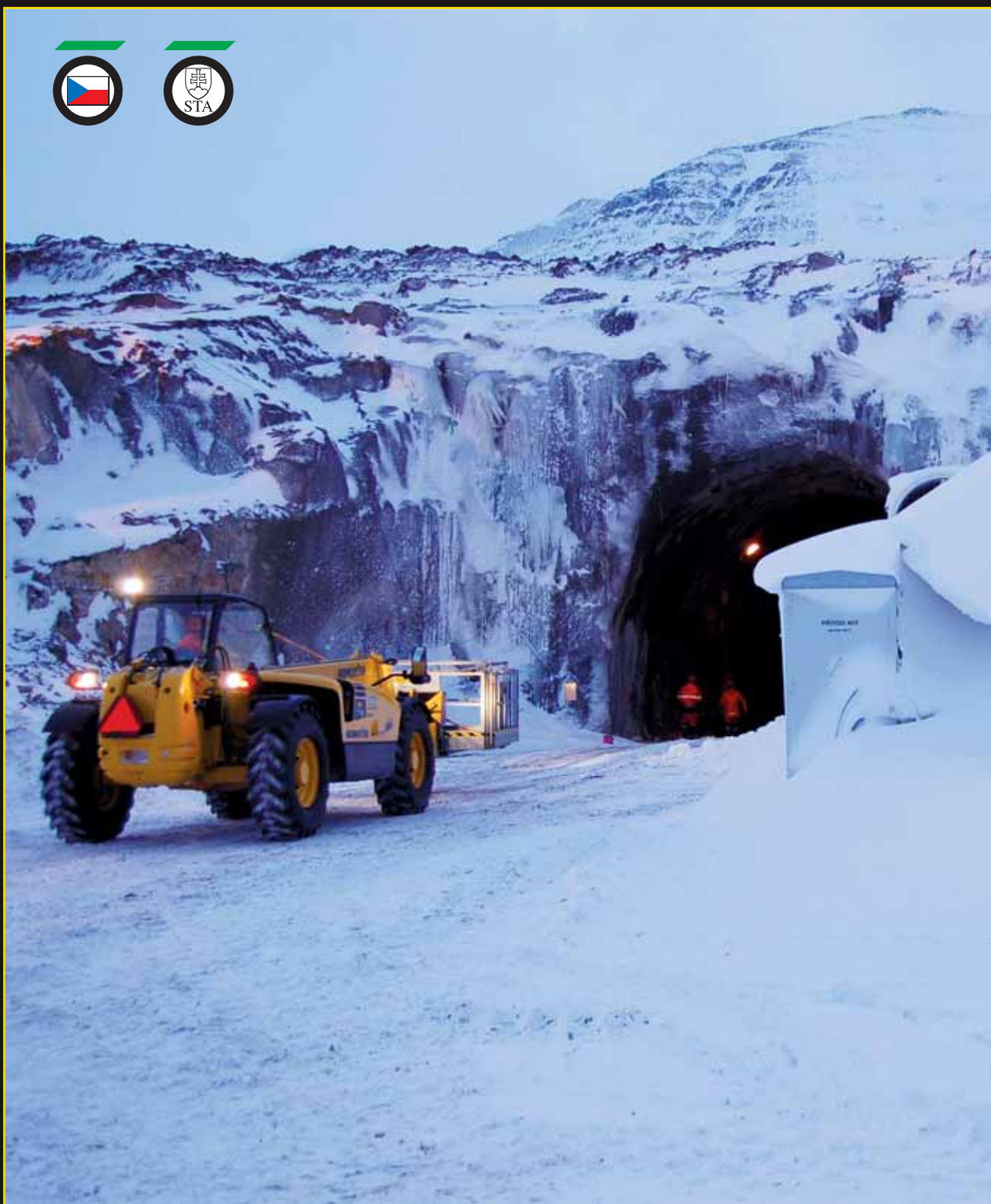


TuNEL

č. 2
2008

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



EDITORIAL

Je nepochybným faktom, že uplynulá dekáda priniesla v Čechách i na Slovensku výstavbu dopravných tunelov prevyšujúcu svojim rozsahom predošlé desaťročia. Ukončené cestné, diaľničné a železničné tunely, ako aj tunely metra (na Slovensku zatiaľ len diaľničné), sú výsledkom práce domácich investorských, projekčných i dodávateľských organizácií, pričom ich technická úroveň je prinajmenšom porovnateľná s tunelársky vyspelým zahraničím. Pri výstavbe tunelov boli v celom rozsahu aplikovateľné konvenčné metódy razenia, reprezentované najmä Novou rakúskou tunelovacou metódou. Dĺžka tunelov a horninové prostredie si doposiaľ nevyžiadali nasadenie plnoprofilových raziacich strojov, okrem prieskumných štôlní malého prierezu. Viaceré pripravované projekty dlhých železničných a diaľničných tunelov, ktorých príprava v súčasnosti prebieha, sa už tejto metóde výstavby určite nevyhnú.

Ak si položíme otázku, čím ešte bola charakteristická posledná dekáda nielen v domácom podzemnom staviteľstve, odpoveďou bude výrazne zvýšený dôraz na prevádzkovú bezpečnosť. V reakcii na udalosti pred približne deviatimi rokmi boli pripravené európske a následne i národné predpisy, slúžiace jednak navrhovaniu nových tunelových stavieb, jednak preverovaniu úrovne bezpečnosti existujúcich tunelov. Výhodou krajín s veľkým počtom prevádzkovaných tunelov je v tomto procese možnosť získavať a vyhodnocovať údaje z nehôd a mimoriadnych udalostí. Na základe relevantných údajov je potom možné exaktnými metódami skúmať účinnosť jednotlivých bezpečnostných opatrení a navrhnúť bezpečnostnú koncepciu diela pri čo najefektívnejšom vynaložení prostriedkov. Realita, s ktorou sa stretávame v Čechách a na Slovensku, je však taká, že inštitúcie požiarnej ochrany len maximalisticky požadujú opatrenia, často nad rámec nielen európskych, ale aj prísnejších národných predpisov, bez snahy analyzovať ich efektívnosť. Čo chýba, je aj ochota a schopnosť akceptovať zahraničné skúsenosti a prístupy k bezpečnosti.

Obe projekčné firmy, ktorým je venované aktuálne číslo časopisu, sú na českom a slovenskom trhu pomerne mladými subjektmi. Tak Amberg Engineering Slovakia, ako aj D2 Consult Prague reprezentujú zahraničné inžiniersko-konzultačné firmy s dlhou históriou a vysokým profesionálnym renomé a aj z tohto hľadiska majú predpoklady na to, aby prispeli k riešeniu spomenutých technických výziev. Dva v časopise prezentované projekty mimoriadneho významu, tunel na železničnom spojení Praha–Beroun s dĺžkou takmer 25 km a tunel Karpaty s dĺžkou viac ako 8 km na diaľničnom obchvate Bratislavy, sú výnimočnými v oboch vyššie spomenutých aspektoch. Prvým je metóda výstavby, keďže sa pri oboch predpokladá použitie plnoprofilových raziacich strojov v prostredí skalných hornín. Druhým je otázka vypracovania koncepcie bezpečnosti, ktorá u tak rozsiahlych projektov môže mať zásadný vplyv na ekonomiku nielen výstavby, ale aj prevádzky.

Na záver by som chcel v mene redakcie čitateľov upozorniť na zmenu týkajúcu sa profesionálnej náplne časopisu. Počínajúc aktuálnym číslom všetky publikované odborné články sú recenzované odborníkmi nielen z okruhu redakčnej rady. Veríme, že táto zmena má potenciál prispieť k ďalšiemu zvyšovaniu úrovne nášho časopisu.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ
člen redakčnej rady časopisu *Tunel*

EDITORIAL

It is an indubitable fact that the previous decade brought around the development of transport-related tunnel construction in the Czech Republic and Slovak Republic which exceeded, in terms of its extent, the previous decades. The tunnels which were completed on roads, motorways and railways, as well as metro tunnels (only motorway tunnels yet in Slovakia) are the results of the work jointly performed by domestic companies, i.e. owners, designers and contractors, and the engineering level of the projects is, to say the least, comparable with that achieved in the foreign countries priding themselves on highly developed tunnel construction. The tunnels were built using the whole range of traditional tunnelling techniques, first of all the New Austrian Tunnelling Method. The lengths of the tunnels and the rock environment they were constructed in have not required the application of full-face excavation by TBMs, with the exception of small-diameter exploration galleries. There are several tunnelling projects currently under preparation, both road and railway ones, where this technique will certainly be impossible to avoid.

If we ask the question, what else was typical for the previous decade, not only within the domestic subsurface engineering, the answer will be that it was the putting of significantly increased stress on operation safety. In response to the events which took place about nine years ago, European and, subsequently, even national directives were issued which applied to the designing of new tunnel structures as well as the examination of the level of safety in existing tunnels. In this process, the countries which have many tunnels in operation have the advantage of being able to gather and assess data on accidents and extraordinary events. Then it is possible, on the basis of relevant data, to apply exact methods to the examination of the effectiveness of particular safety measures and to design safety concepts for the works where the means are used in the most effective way. Although, the reality we have encountered in Czechia and Slovakia is that the authorities dealing with fire protection only impose maximised requirements, often exceeding the scope of not only European but even national directives, which are even more demanding, without any effort to analyse their effectiveness. What is missing is their willingness and ability to accept foreign experience and approaches to the safety.

The two designing firms to which this issue of the magazine is dedicated are relatively young subjects in the Czech and Slovak markets. Both Amberg Engineering Slovakia and D2 Consult Prague represent foreign engineering-consultancy firms with long history and high professional prestige; it is also for this reason that they are in the frame to contribute to the process of responding to the above-mentioned challenges. The two exceptionally important projects which are presented in the magazine, i.e. the nearly 25km long tunnel on the rail line between Prague and Beroun and the over 8km long Karpaty tunnel on the motorway bypass around the city of Bratislava, are exceptional in both above-mentioned aspects. The first one is the construction method anticipated for both tunnels, i.e. using hard rock TBMs; the other one is the fact that safety concepts will be developed for the tunnels, which may, in the cases of so large projects, significantly affect the economy not only of the construction but also of the tunnel operation.

To conclude, I would like, on behalf of the editors, to draw the readers' attention to a change in the professional content of the magazine. Starting from the current issue, all technical papers will be reviewed even by other experts than those working in the editorial board before the publishing in the magazine. We believe that this change has the potential to contribute to further increasing the level of our magazine.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ
Member of the *Tunel* Editorial Board





VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

před 10 lety byla založena firma D2 Consult Prague, s. r. o., jako česká pobočka rakouské konzultační a inženýrské firmy. Dnes je samostatnou a nezávislou konzultační firmou působící na českém i mezinárodním trhu. Články v tomto vydání časopisu TUNEL vám umožní nahlédnout do několika projektů, na kterých se firma podílí v České republice i ve světě. Kromě těchto projektů se firma a její zaměstnanci v ČR podíleli a podílejí např. na všech tunelových částech silničního okruhu kolem Prahy (SOKP), na tunelech Klimkovice, Březno, Dobrovského a na přípravě železničních tunelů Praha-Beroun a Ejpvovice. V zahraničí to jsou např. konvenčně ražené vysokorychlostní tunely v Německu a Rakousku, letištní tunely v USA a Velké Británii, silniční tunely v Indii, Číně a v Kolumbii. V oblasti mechanizovaných ražeb (TBM) jsme pracovali na projektech v USA, Číně, Rakousku, Německu, Itálii a v Řecku.

D2 Consult Prague poskytuje svým klientům odborné služby v širokém záběru inženýrských činností od projektování ve všech fázích, kontrolu projektů, návrhy technických řešení a jejich optimalizaci přes konzultační a expertní činnosti až po asistenci a supervizi při provádění staveb. Naše zkušenosti z prestižních světových projektů jsou zárukou navrhování a prosazování moderních a efektivních technických řešení pro obě základní metody výstavby tunelů, tj. pro konvenční (NRTM) i pro mechanizované (TBM) technologie.

Posledních 10 let je zároveň obdobím, ve kterém prošlo české tunelářství rychlým vývojem a dosáhlo v některých oblastech technické úrovně srovnatelné s vyspělými tunelářskými zeměmi. Kromě toho se podařilo přesvědčit investory, politiky a ve stále větší míře i veřejnost o užitečnosti a často i nezastupitelnosti podzemních staveb při budování infrastruktury potřebné k dosažení úrovně původních členů Evropské unie. Spolu s předpokládaným spolufinancováním mnoha významných projektů ze zdrojů EU jsou tedy vytvořeny dobré předpoklady pro rozvoj oboru i v další dekádě.

Předpokladem úspěšné realizace a následné funkce tunelových staveb jsou správná koncepční rozhodnutí ve stadiu přípravy. Technicky kompetentně vybrané varianty mají větší pravděpodobnost předvídatelného průběhu přípravy, projednávání i následné realizace. Tato předvídatelnost je důležitá i pro efektivitu vlastního provádění. Optimální a předvídatelné využití kapacit (například zhotovitelských organizací) je důležitým faktorem nákladových kalkulací a tím i výsledné ceny díla a jeho nákladů a přínosů pro společnost.

V celém procesu přípravy a na všech úrovních rozhodování jsou důležité odborné kompetence. Nezávislé střední a malé konzultační organizace, stejně jako samostatně pracující experti ve vysoce specializovaných oborech, mají v procesu přípravy a realizace svou nezastupitelnou úlohu. Jejich činnost expertní, poradenská a kontrolní je při správné organizaci přípravy a provádění předpokladem technicky kvalitního a ekonomicky efektivního provedení díla.

Firma D2 Consult Prague se na těchto činnostech podílí v České republice od roku 1998 jak pro státní investorské organizace, tak pro významné zhotovitelské a projekční firmy. Jako členská organizace ČTuK ITA-AITES jsme intenzivně zapojeni do jeho činnosti. Pořádáním odborných seminářů s účastí předních zahraničních expertů umožňujeme zvyšování informovanosti a úrovně českých tunelářských odborníků a navazování mezinárodních kontaktů. Spoluprací na výzkumných projektech přispíváme k vytváření základny pro další technický pokrok a pedagogickou činností připravujeme naše budoucí kolegy ke kvalifikované práci v oboru.

Jsmo rádi, že Vás, kolegy a čtenáře časopisu Tunel, můžeme pozvat na další seminář na velmi aktuální téma Mechanizované ražby dlouhých dopravních tunelů pomocí TBM, který se koná dne 16. 6. 2008 v budově Magistrátu hlavního města Prahy.

Těšíme se na další setkávání při přípravě a realizaci mnoha zajímavých tunelářských projektů, které nás v České republice v budoucnosti čekají.

DEAR READERS,

Our company, D2 Consult Prague, s. r. o. was founded 10 years ago, as a Czech branch of an Austrian consultancy and engineering firm. Today, it is an autonomous and independent consultancy firm, doing its business on the Czech as well as international market. The papers which are published in this issue of TUNEL magazine will allow you to take a look inside several projects of those in which our company participates in the Czech Republic or in the world. Apart from those projects, the firm and its employees participated or are participating, in the Czech Republic, for example, in all tunnel structures on the Prague City Ring Road (the outer ring), the Klimkovice, Březno and Dobrovského tunnels and in the preparation of the Prague-Beroun and Ejpvovice rail tunnels. Our participation abroad comprises, for example, high-speed railway tunnels in Germany and Austria, airport tunnels in the USA and United Kingdom, road tunnels in India, China and Colombia, all of them driven by conventional methods. Regarding mechanised excavation (TBMs), we worked on projects in the USA, China, Austria, Germany, Italy and Greece.

D2 Consult Prague provides its clients with professional services covering a wide scope of engineering activities, starting from all phases of designing, through design reviews, designs of means and methods and optimisation of such designs, consultancy and expert services, up to assistance and supervision during the implementation of projects. Our experience on world's prestigious projects is the guarantee that we design and implement state-of-the-art and effective engineering solutions for both basic tunnelling approaches, i.e. conventional techniques (the NATM) and mechanised techniques (TBMs).

The recent decade was a period of time during which the Czech tunnelling industry underwent rapid development and reached, in some areas, levels which are comparable with those existing in countries boasting about highly developed tunnel construction. In addition, we managed to persuade investors, politicians and, to an ever-increasing degree, even the general public, of the utility and often an irreplaceable role of underground structures in the process of developing the infrastructure which we need to be able to reach the level of the original members of the European Union. We can say that, considering the assumed co-funding of many significant projects from the EU sources, the conditions which have been created for the development of the tunnelling industry during the next decade are good.

A proper conceptual decision during the planning stage of a tunnel construction is a condition for the successful implementation and subsequent functioning of the construction. The probability that the course of the preparation, negotiation and realisation of a construction will be easier to predict is higher for the variants which are selected properly, considering the engineering competitiveness. The predictability is important even regarding the effectiveness of the execution of the works. The optimum and predictable use of sources (e.g. of building contractors) is a significant factor in cost calculations, thus it is important in terms of the final price of the works and the costs and benefits for the society.

Professional competence is important in the planning process and at all decision-making levels. Independent medium-size and small consultancy organisations, as well as experts independently operating in highly specialised branches of science, have indispensable roles in the planning and implementation processes. Their expert, advisory and checking activities are, unless the planning and execution of the works are organised improperly, a condition for high technical quality and economic effectiveness of the works.

D2 Consult Prague s.r.o has participated in the above activities in the Czech Republic since 1998, working for both governmental development organisations and significant contractors and designing offices. As a member organisation of the ITA-AITES CTuK, we are intensely involved in the activities of the committee. By organising technical seminars with prominent foreign experts participating, we allow Czech tunnelling professionals to increase the informedness and the level of their knowledge and establish international contacts. Through our collaboration on research projects, we contribute to the development of a basis for further technical progress and, through our teaching activities, we prepare our future colleagues for qualified work within the industry.

We are really glad that we have the opportunity to invite you, readers of Tunel magazine, to the next seminar on a very current topic of "Mechanised driving of long transport-related tunnels by means of TBMs", which will be held in the Prague Municipal Council building on 16th June 2008.

We are looking forward to other meetings on planning and implementation of many interesting tunnelling projects, which are awaiting us in the Czech Republic in the future.

ING. MARTIN SRB

*jednatel společnosti D2 Consult Prague s. r. o.
Acting Secretary of D2 Consult Prague s. r. o.*



VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL, MILÍ KOLEGOVIA,

je mi potešením a zároveň ctou, že môžem práve vám pri príležitosti piateho výročia založenia spoločnosti Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., predstaviť túto síce vekom mladú, ale dynamicky sa rozvíjajúcu spoločnosť.

V roku 2003 pán Felix Amberg, vidiac potenciál slovenského trhu, rozšíril svoju skupinu firmou o ďalšiu spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., pôsobí na slovenskom trhu od 19. 6. 2003, kedy sa začala písať jej história. Napriek oslave 5ročného jubilea ešte stále patrí medzi najmladších členov skupiny Amberg, ktorá sa počtom zamestnancov radí z celosvetového hľadiska skôr medzi skupiny menšie, ale svojou vysokou odbornosťou, znalosťami a skúsenosťami, viac ako 40ročnou tradíciou, patrí v odbornom svete medzi popredné a uznávané európske skupiny firiem združujúce inžiniersko-projektové a konzultačné spoločnosti z odboru podzemných stavieb.

Firma Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., začínala v období, kedy bolo potrebné naprávať pokazené meno tunelárov, v období, kedy slovo tunelár nebolo hrdým označením profesie, ale skôr nadávok. Aj vďaka stále rastúcemu dopytu v stavebníctve po odborníkoch z oblasti podzemného staviteľstva sa firma rozprásla a dnes v nej pracuje 25 zamestnancov. Napriek tomu, že spoločnosť je stále iba v predškolskom veku, tvoria ju skúsení a odborne vzdelaní pracovníci, ktorí dokážu uspokojiť aj náročného zákazníka a vyriešiť mnohé problémy spojené s projektovaním a dozorovaním jednotlivých druhov stavieb, vrátane ich technologického vybavenia.

Spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., si už napriek svojmu mladému veku získala postavenie na slovenskom trhu, čoho dôkazom sú projekty, na ktorých sa spoločnosť podieľala a podieľa. Napriek tomu, že naša materská firma sa špecializuje takmer výlučne na projektovanie a dozorovanie podzemných stavieb, naše zameranie na Slovensku je podstatne širšie. V roku 2004 sme začali úspešne písať našu históriu v oblasti geotechnického a stavebného dozoru. Bolo to na stavbe tunela Sitina, na diaľničnom úseku D2 Lamačská cesta-Staré Grunty. Tento prvý dvojtrubový diaľničný tunel na Slovensku bol úspešne odovzdaný do užívania v roku 2007. V súčasnosti sme v oblasti dozoru dopravných a vodohospodárskych stavieb lídrom na slovenskom trhu. V združení s ďalšími firmami s podobným zameraním dozorujeme stavby v hodnote viac ako 25 miliárd slovenských korún. Medzi najznámejšie stavby z oblasti dopravnej infraštruktúry patrí diaľnica D1 Mengusovce-Jánovce s tunelom Bôrik, resp. diaľnica D3 Hričovské Podhradie-Žilina (Strážov). Uvediem aj dva príklady z oblasti vodohospodárskych stavieb: Čistiareň odpadových vôd a odkanalizovanie Tmavského regiónu, resp. Dodávka pitnej vody a odkanalizovanie Horných Kysúc.

Hneď po založení spoločnosti sme na základe skúseností firmy Amberg Engineering AG s razením tunelov pomocou TBM spracovali podklady potrebné pre ocenenie prác spojených s razením tunela Višňové pomocou TBM. Z projektov, ktoré sa momentálne nachádzajú na stole našich projektantov, by som rád spomenul napríklad tunel Šibenik na diaľničnom úseku D1 Jánovce-Jablonov. Ďalej by som spomenul Bujanovský železničný tunel, ktorého projekt sanácie vypracovávame spolu s Amberg Engineering Brno, a.s. na základe výsledkov nami realizovaného diagnostického prieskumu pomocou skenovacieho prístroja GRP 5000. Na rovnakom úseku železničnej trate spolu projektujeme aj dva nové tunely Kysacký a Holica. V roku 2007 sme odovzdali technickú štúdiu najdlhšieho slovenského diaľničného tunela Karpaty, pri ktorom sa uvažuje s nasadením TBM. O tom, že dokážeme vyriešiť väčšinu zo spektra úloh v podzemnom staviteľstve, svedčí aj tá skutočnosť, že sme s ďalšími firmami zo skupiny Amberg vypracovali bezpečnostnú a rizikovú analýzu tunela Branisko. Zásadnú a priekopnícku úlohu sme na seba prevzali tým, že sme sa rozhodli vypracovať chýbajúce technické predpisy potrebné na bezproblémové projektovanie, výstavbu a prevádzku tunelov na Slovensku: technické podmienky Podzemné stavby, časť 2: Kontinuálne raziene, Katalóg porúch tunelov na pozemných komunikáciách, Požiarová bezpečnosť cestných tunelov, Tunelové názvoslovie a v roku 2007 sme odovzdali revíziu STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov. V minulom roku sme zabezpečili tréning vybraných slovenských hasičov, ktorí by mohli byť potenciálne nasadení na zásah v tuneli. Cvičenie, ktoré pre slovenských hasičov bolo prvé svojho druhu, sa uskutočnilo v podzemných priestoroch našej sesterskej spoločnosti VSH Hagerbach.

Čo dodať na záver? Ako každá spoločnosť aj my pociťujeme nedostatok kvalifikovaných a pre tunely, ale nielen pre ne, zapálených ľudí. Možno je to dané tým, že práca v projekcii alebo priamo na stavbe v pozícii dozora nie je jednoduchá. Naopak, je veľmi zodpovedná a vyžaduje si celého človeka. Som rád, že spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., v súčasnosti zamestnáva takýchto ľudí. Za všetko, čo sme spoločne za predchádzajúcich 5 rokov dokázali, by som rád poďakoval všetkým našim zamestnancom. Vďaka patrí aj investorom a zhotoviteľským firmám, a to jednak za dobrú spoluprácu, odbornú pomoc, ako aj za prejav ich dôvery. Verím tomu, že blízka budúcnosť spojená najmä s dobudovaním diaľnic a rýchlостných ciest, s modernizáciou železničných tratí, ale aj s odkanalizovaním a dodávkou pitnej vody pre ďalšie regióny Slovenska prinesie pre našu spoločnosť ďalšie zaujímavé projekty. Nech nám pri ich riešení tak ako v prvých 5 rokoch našej existencie pomáha sv. Barbora. Zdar Boh!

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D.,

**konateľ spoločnosti Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.
Acting Secretary of Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.**

DEAR READERS OF THE TUNEL MAGAZINE, DEAR COLLEAGUES,

It is a pleasure and great honour for me, on the occasion of the fifth anniversary of the foundation of the Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. company, to be given the opportunity to introduce this, even though still very young, but dynamically developing company.

In 2003, Mr. Felix Amberg, perceiving the potential of the Slovak market, expanded the group of his companies by another company. Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. has been on the Slovak market since 19th June 2003, when its history started. Despite the fifth anniversary, it still belongs to the youngest members of the Amberg Group, which ranks, on the international scale, among relatively small companies in terms of the number of employees but, owing to the high technical skills, know-how and experience as well as the over 40-year tradition, belongs in the technical world among foremost and renowned European groups of companies joining engineering design and consultancy companies active in the field of underground construction.

Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. was established in times when the spoiled reputation of tunnelling people needed mending, when the word 'tunnelling person' did not stand for a proud profession but rather meant an invective. Even owing to the growing demand for underground engineering professionals on the construction market, the company has expanded, reaching a workforce of 25 employees today. Despite the fact that the company is still at a pre-school age, its employees are experienced and technically educated; they are able to satisfy even very demanding customers and deal with many problems associated with the designing and supervision of individual construction types, including equipment.

Despite its young age, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. has already won a strong position on the Slovak market. The projects in which the company has participated are a proof of this statement. Even though our mother company is specialised nearly exclusively in the designing and supervision of underground construction projects, the scope of our business in Slovakia is much wider. Our activities in the field of geotechnical and construction supervision started successfully in 2004 with the Sitina tunnel construction, within the Lamačská Cesta - Staré Grunty section of the D2 motorway. This first twin-tube motorway tunnel in Slovakia was successfully put into operation in 2007. Today, we are the leader in the field of the supervision of transport-related and water management projects on the Slovak market. Together with other, similarly oriented companies, we are supervising projects in the value exceeding 25 billion Slovak crowns. The D1 motorway section Mengusovce - Jánovce with the Bôrik tunnel or the D3 motorway section Hričovské Podhradie - Žilina (Strážov) belongs among the best known road infrastructure projects. Let me quote two examples of water management projects, i.e. the Sewage treatment plant and sewerage system in the Tmava region or the Drinking water supply and sewerage system in Horné Kysúce.

Shortly after the foundation of the company, we used the Amberg Engineering AG's experience in the TBM tunnelling and prepared source documents necessary for the estimation of the works necessary for the construction of the Višňové tunnel by means of a TBM. Regarding the projects which are currently being dealt with by our designers, I would like to mention, for example, the Šibenik tunnel on the D1 motorway section Jánovce - Jablonov. Further, I should not forget the Bujanov railway tunnel renovation project, where the results of a diagnostic survey by a GRP 5000 scanner are used, which was carried out by our company, as a basis for the design. We are also preparing the design for two new tunnels, the Kysacký and Holica tunnel, on the same rail line. In 2007, we prepared an engineering study on the Karpaty tunnel, which will be the longest motorway tunnel in Slovakia, where a TBM use is under consideration. The proof of the fact that we are capable of solving the majority of problems existing in the underground construction is our work on the risk analysis for the Branisko tunnel, which we carried out jointly with other firms of the Amberg Group. We assumed a meritorious and pioneering role by deciding that we would develop the missing technical regulations which were required for trouble-free designing, construction and operation of tunnels in Slovakia: Technical Specifications for Underground Construction, Part 2: Continual Excavation, Catalogue of Road Tunnel Defects, Fire safety in Road Tunnels and Tunnel Engineering Terminology; in 2007, we submitted a revision of the STN 73 7507 Design of Road Tunnels. Last year, we provided a training for selected Slovak fire fighters who could be potentially engaged in a rescue operation in a tunnel. A training, which was the first of its kind for Slovak fire fighters, took place in underground spaces provided by our sister company, VSH Hagerbach.

To conclude, the same as all the other companies, we also experience a lack of personnel who are both skilled and enthusiastic about tunnels, but not only about them. The reason may be that neither the designing work nor the work directly on site in the position of an inspector is simple. On the contrary, it is highly responsible and requires the whole person. I am happy that the Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. company is currently employing such people. I wish to express my gratitude to all our employees for everything we have achieved during the previous 5 years. I would also like to thank our clients and construction contractors, not only for good cooperation and technical aid, but also for the expression of their trust. I believe that near future, which is mainly associated with the completion of the development of motorways and expressways, modernisation of railways, but also with the development of sewerage systems and supply of potable water for other regions in Slovakia, will bring new interesting projects for our company. May St. Barbara help us to deal with them so successfully as we did during the initial 5 years. May God speed you!

TUNEL PRAHA – BEROUN A ZÁKLADNÍ PARAMETRY OBDOBNÝCH TUNELŮ

THE PRAGUE – BEROUN TUNNEL AND BASIC PARAMETERS OF SIMILAR TUNNELS

MATOUŠ HILAR, MARTIN SRB

1. ÚVOD

V současné době probíhá příprava výstavby vysokorychlostního železničního tunelu Praha – Beroun, který bude mít délku 24,7 km. Tento tunelový projekt nemá v České republice obdoby. V rámci dopravních tunelů v České republice se jedná o nejdelší a nejnákladnější tunel, s nejvyšším nadložím a s nejvyšší návrhovou rychlostí. Na větší tunelu je předpokládána u nás dosud nepoužitá ražba moderními plnoprofilovými tunelovacími stroji (TBM). Objem vytěžené rubaniny bude přibližně 6,5 mil. m³, způsob nakládání s rubaninou bude nutně vhodně vyřešit především z logistického a ekologického hlediska. Dále je očekávána možnost výskytu krasových jevů na části trasy ražené konvenčním způsobem (NRTM). Jedinečnost projektu v rámci ČR je důvodem pro zohlednění a využití zahraničních zkušeností při přípravě této stavby. Základní informace o připravovaném projektu a o obdobných stavbách v zahraničí přináší následující článek.

Investorem a zadavatelem projektu je SŽDC s. o. (Stavební správa Plzeň), hlavním projektantem stavby je SUDOP Praha a. s., projektantem tunelů ražených pomocí TBM je Metroprojekt Praha a. s. Technickým poradcem investora pro podzemní stavby je D2 Consult Prague s. r. o., geotechnickým konzultantem investora je SG-Geotechnika a. s.

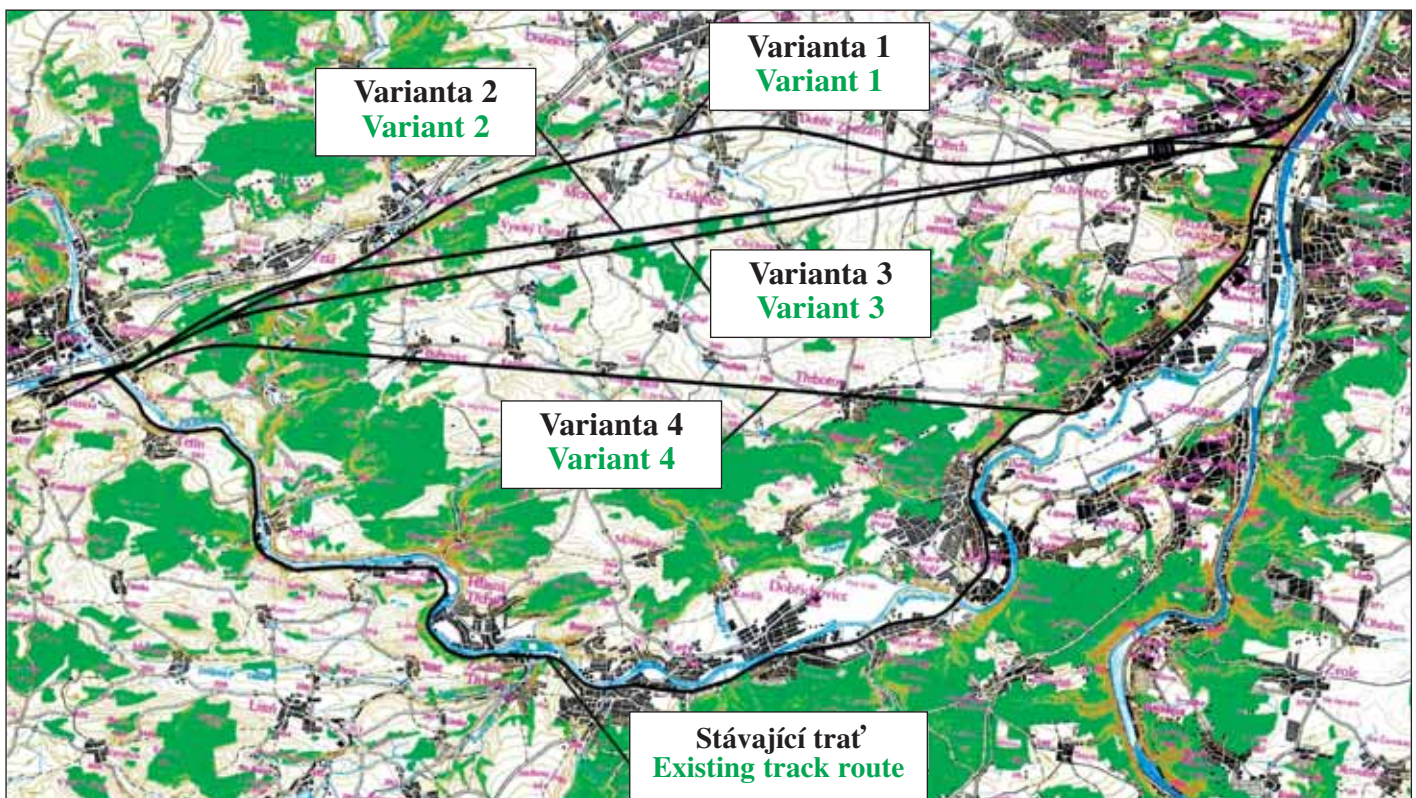
2. VÝVOJ PŘÍPRAVY TUNELU PRAHA – BEROUN

V rámci přípravy optimalizace tratí 3. tranzitního železničního koridoru byla v roce 2002 zpracována územně technická studie pro úsek

1. INTRODUCTION

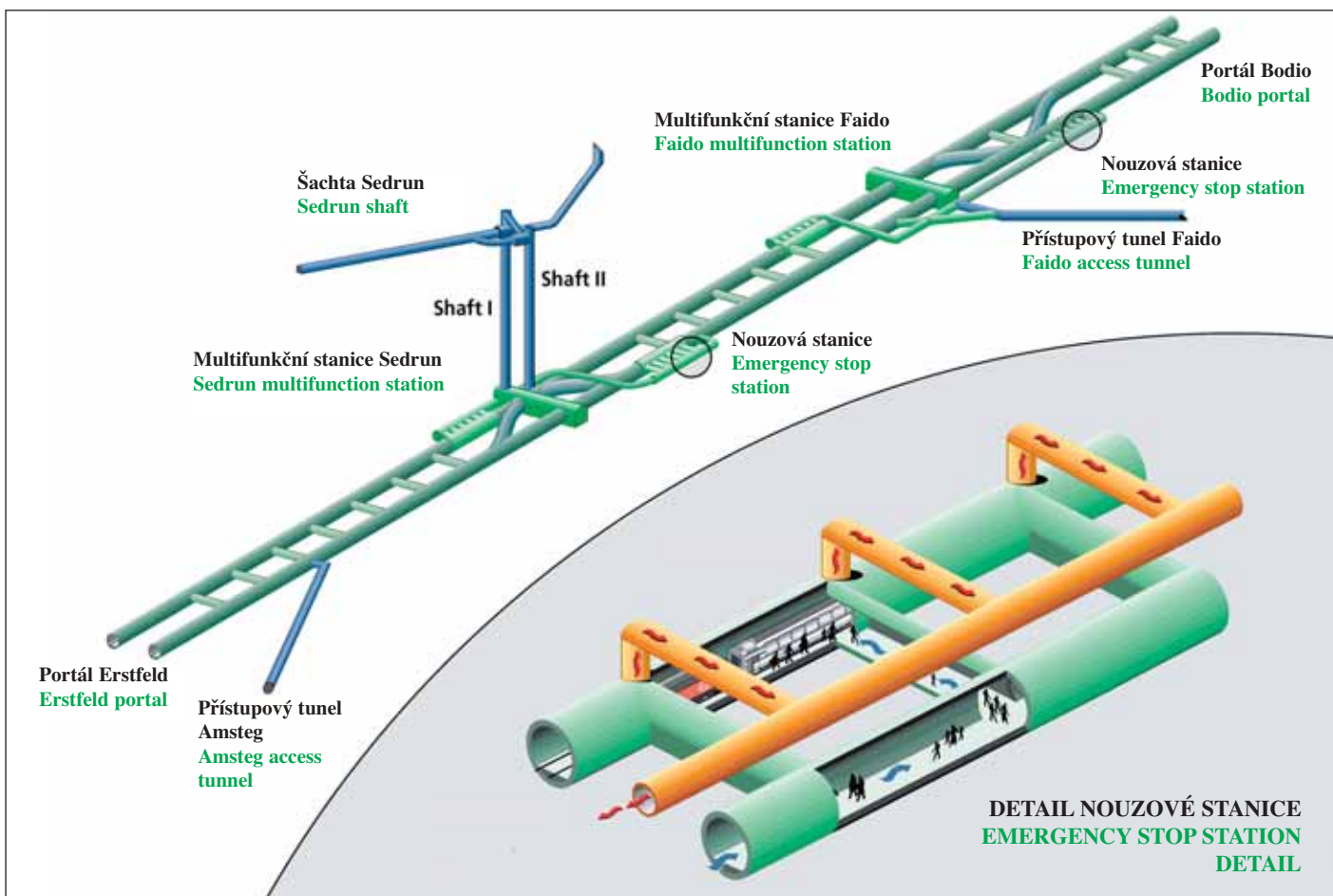
The construction of the 24.7km long Prague – Beroun high-speed railway tunnel is currently in the planning stage. This tunnelling project has no equivalent in the Czech Republic. Within the framework of transit tunnels in the Czech Republic, this is the longest and the most expensive tunnel, with the highest overburden and the highest design speed. The excavation method using modern tunnel boring machines, which has never been used in the Czech Republic, is expected to be applied to the major portion of the excavation. The volume of muck will reach approximately 6.5 million m³; the problem of muck handling will have to be appropriately dealt with, above all from the logistic and environmental points of view. In addition, the possibility of the occurrence of karst phenomena is expected within the section of the route which is to be driven traditionally, by the NATM. The uniqueness of this project within the framework of the Czech Republic is the reason why foreign experience should be taken into account and used in the project planning stage. This paper provides basic information about the project preparation and about similar projects existing abroad.

The project owner and client for the designer is Railway Infrastructure Administration, state organisation (Civil Engineering Administration Plzeň), the principal designer of the project is SUDOP Praha a.s., the designer for the TBM driven tunnels is Metroprojekt Praha a.s.; D2 Consult Prague s.r.o. is client's engineering consultant for underground structures; client's geotechnical consultant is SG Geotechnika a.s.



Obr. 1 Zvažované varianty trasy, zvolena byla Varianta 1 (Krása a spol. 2007)

Fig. 1 Route variants under consideration; winning Variant 1 (Krása et al. 2007)



Obr. 2 Gotthardský bázový tunel – uspořádání (www.alptransit.ch)
 Fig. 2 The Gotthard base tunnel configuration (www.alptransit.ch)

Praha Smíchov – Plzeň hl. n. V této dokumentaci byla navržena podle zadání optimalizace trati ve stávající stopě s místním zlepšením směrových poměrů. Následně bylo zahájeno zpracování dokumentací pro územní řízení. Během zpracování se potvrdilo, že provozovaná železniční trať mezi Prahou a Berounem sledující tok Berounky neumožňuje zásadní zvýšení rychlosti dopravy, neboť se bezprostředně dotýká území CHKO Český kras, což nedovoluje realizovat významnější změny směrového vedení. Proto bylo rozhodnuto o prověření nového vysokorychlostního železničního spojení Praha – Beroun pomocí dlouhých tunelů.

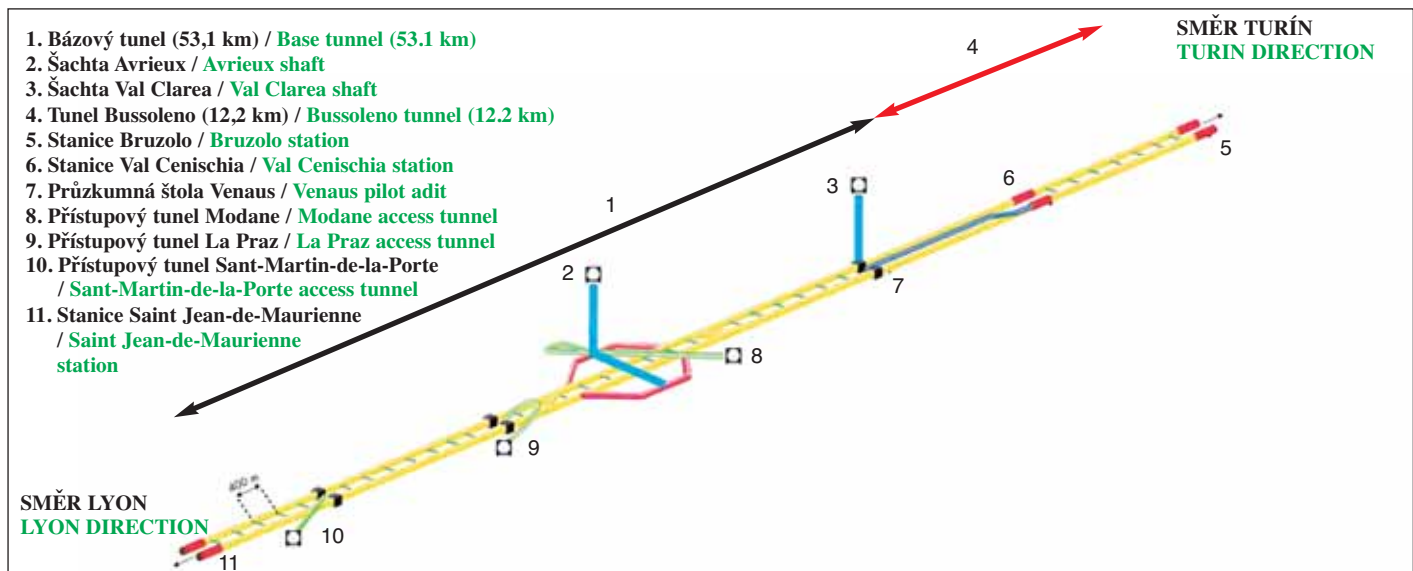
Bylo zpracováno několik variant nového spojení vedených zčásti tunely a zčásti po povrchu. Prověření těchto variant dospělo k závěru o jejich nereálnosti vzhledem k zastavenosti území západně od Prahy. Proto byla hledána další řešení s využitím velmi dlouhých tunelů pro většinu trasy. V roce 2005 byla zpracována územně technická studie, která předpokládala vedení nové železniční trati z Hlubočep v Praze tunelem Barrandov délky 19 km do údolí říčky Loděnice u obce Svatý Jan pod Skalou. Údolí měla nová trasa přejít 700 m dlouhou mostní estakádou, za níž by následoval tunel Svatý Jan o délce 4 km s vyústěním v údolí Berounky. Na jaře roku 2006 byla zpracována doprovodná studie, která územně technickou studii rozpracovala a dále řešila varianty vyústění tunelu v Praze (Hlubočepy a Malá Chuchle) a způsob překonání říčky Loděnice ve Svatém Janu pod Skalou (přemostění či podchod). Na jaře roku 2006 byla rovněž zpracována rozšířená geologická rešerše, která shrnovala veškeré poznatky o geologické stavbě zájmového území. Na rešerši navázala úvodní riziková analýza, ve které byla vyhodnocena rizika výstavby a provozu.

Z možných variant trasy byla vybrána jako výsledná varianta 24,7 km dlouhého tunelu, který se severním obloukem částečně vyhýbá krasové oblasti mezi Prahou a Berounem (obr. 1). Výsledná trať od železniční stanice (ŽST) Praha-Smíchov vchází do tunelu v km 3,00 (portál Hlubočepy) a vychází v km 27,76 (portál Beroun), následně novým mostem překračuje řeku Berounku a pokračuje do ŽST Beroun v km 28,50. Nová trať zahrnuje i odbočku ze směru Praha-Vršovice, která začíná na ŽST Praha-Krč, využívá část stávající tratě Praha-Vršovice – Praha-Radotín a za Branickým mostem se tunelem napojuje se hlavní

2. THE PRAGUE – BEROUN TUNNEL PLANNING PROCESS

The planning study for the Prague Smíchov – Plzeň Main Station section was carried out in 2002, within the framework of the planning for the optimisation of the lines of the 3rd rail transit corridor. This document proposed, in compliance with the specification, that the optimised line follow the existing route, with local improvements to the parameters of the horizontal alignment. The work on the design for the land allocation process started subsequently. It was confirmed during the work that the operating rail line between Prague and Beroun, which follows the course of the Berounka River, did not allow any principal increase in the traffic speed because the existing line is in direct contact with the nature reserve of Bohemian Karst, which meant that no substantial modifications of the horizontal alignment were possible. This is why the decision was made that a new system of the high-speed railway connection between Prague and Plzeň running through long tunnels had to be examined.

Several variants of the new connection line, which comprised both underground and surface sections, were submitted. The assessment of the variants resulted in a conclusion that they were unrealistic, with respect to the fact that the area south of Prague is built up. For that reason, other solutions were sought, with exceptionally long tunnels covering the major part of the route. The planning study which was carried out in 2005 assumed that the new rail line would lead through the 19km long Barrandov tunnel, beginning at Hlubočepy in Prague and ending in the valley of the Loděnice River, near the village of Svatý Jan Pod Skalou. The new line was to cross the valley on a 700m long viaduct, which would be followed by the 4km long Svatý Jan tunnel, ending in the valley of the Berounka River. In the spring of 2006, an attending study was issued, which elaborated the planning study and further solved variants of the tunnel mouth in Prague (at Hlubočepy and Malá Chuchle) and the technique of the crossing of the Loděnice River at Svatý Jan Pod Skalou (either a bridge or an underpass). An extended geological information search, which gathered all knowledge about the geological structure of the area of operations, was also carried out in the spring of 2006. The information search was followed by an initial risk analysis, which provided the evaluation of construction and operating risks.



Obr. 3 Bázový tunel na trati Lyon–Turín (www.ltf-sas.com)
 Fig. 3 The base tunnel on the Lyon – Turin rail line (www.ltf-sas.com)

tunel trať Praha–Smíchov – Beroun. Odbočka na Krč bude sloužit pro zvláštní nákladní dopravu, osobní vlaky budou jezdit na ŽST Praha – Smíchov. Běžná nákladní doprava bude vedena po stávající trati podél Berounky.

Předběžný geotechnický průzkum zvolené trasy byl dokončen v květnu 2007. Přípravná dokumentace (dokumentace pro územní rozhodnutí) nového železničního spojení Praha – Beroun byla odevzdána v červnu 2007 a do konce roku 2007 byly do dokumentace zapracovány připomínky. Nyní probíhá schvalovací proces pro získání územního rozhodnutí, proces posuzování vlivu stavby na životní prostředí (EIA), příprava realizace průzkumných děl, příprava další fáze geotechnického průzkumu a výběrové řízení pro vypracování dalšího stupně rizikové analýzy. Zahájení prací na projektu stavby je předpokládáno během letošního roku. Zahájení výstavby projektu je předpokládáno v roce 2011, projekt by měl být dokončen v roce 2016.

3. PARAMETRY TUNELU PRAHA – BEROUN

Návrhová rychlost tunelu by měla být 270 km/h. Zpracovaná přípravná dokumentace uvažuje realizaci dvou jednokolejných tunelů s kruhovým profilem o vnitřním průměru 8,3 m. Protisměrné tunely budou spojeny propojkami s rozestupy 400 m. Tunely budou obsahovat dva rozplety v oblasti Prahy (odbočka na Krč) a dva rozplety v oblasti Berouna (pro možnost realizace odbočení v budoucnu). Odbočení jsou řešena mimoúrovňově, protisměrná jízda vlaků v jednom tunelu je vyloučena.

Geologická stavba v trase tunelu je poměrně pestrá. Ražba tunelu bude probíhat v horninách devonu (deskovité a lavicovité vápence, masivní dolomity s vložkami vápnitých a jílovitých břidlic), siluru (deskovité a lavicovité vápence, masivní dolomity s vložkami vápnitých, jílovitých a tufitických břidlic, diabasy, mandlovec a basalty) a v centrální části v km 11,0 – 17,5 v horninách ordoviku (jílovité břidlice s výskytem bloků tufitických a vápnitých břidlic siluru). Nadloží tunelu bude dosahovat až 160 m. Na základě dosud získaných informací o horninovém prostředí je předpokládán možný výskyt krasových jevů na úsecích v celkové délce přibližně 3 km. V úsecích s možným výskytem krasových jevů je předpokládána konvenční ražba (NRTM). Dále jsou očekávána směrná poruchová pásma v jílovitých břidlicích ordoviku a poměrně hustá příčná tektonika v úsecích o celkové délce okolo 10 km. Očekávaná hladina podzemní vody (HPV) je nad tunely, izolace veškerých podzemních staveb je navržena jako celoplošná.

Ražba tunelů bude probíhat pomocí několika TBM, část tunelů bude ražena pomocí NRTM (tunely v oblasti pražských portálů, propojky, rozplety, šachty, atd.). Obousměrné ražby pomocí TBM jsou předpokládány ze staveniště u obce Tachlovice přibližně uprostřed tunelu, kde bude zřízen přístupový tunel, šachta a montážní komory pro TBM. Projekt bude umožňovat i ražbu směrem od Berouna. Vzhledem k nedostatku prostoru v oblasti pražských portálů je realizace NRTM ražeb mezi rozplety a pražskými portály předpokládána z přístupového tunelu Chuchle. Přístupové štoly Tachlovice a Chuchle budou využity pro geotechnický průzkum.

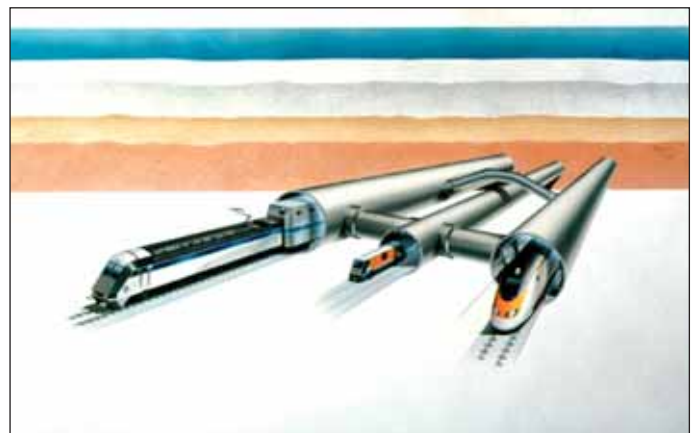
Of the possible route variants, the winning variant was the 24.7km long tunnel which partially bypasses the karst area between Prague and Beroun by means of a north-running curve (see Fig. 1). The resultant route, starting at Prague Smíchov railway station, enters the tunnel at km 3.00 (the Hlubočepy portals) and exits at km 27.76 (the Beroun portal), to cross the Berounka River on a new bridge, and continues to Beroun station, at km 28.50. The new line even comprises a branch joining it from the Prague Vršovice direction. The branch track starts at Prague Krč station, uses a part of the existing track between Prague Vršovice and Prague Radotín, and joins the main tunnel on the Prague Smíchov – Beroun line behind the Braník bridge. The branch for Krč will be used for special freight trains, whereas passenger trains will run to Prague Smíchov station. Common freight trains will use the existing rail line, along the Berounka River.

The preliminary geotechnical survey for the selected route was finished in May 2007.

The design documentation for issuance of zoning and planning decision for the new railway connection between Prague and Beroun was submitted in June 2007; responses to the comments were incorporated into the documentation before the end of 2007. The proceedings before the issuance of the zoning and planning approval are currently in progress, as well as the work on the Environmental Impact Assessment (EIA), preparation of the work on exploratory galleries, preparation of another phase of the geotechnical survey and tender proceedings for the next stage of the risk analysis. The construction work is expected to commence in 2011; the works should be completed in 2016.

3. PARAMETERS OF THE PRAGUE – BEROUN TUNNEL

The design speed in the tunnel should be 270kph. The design documentation for issuance of zoning and planning decision proposes the construction of a pair of single-track tunnels, with an 8.3m i.d. circular cross section. The tunnel tubes will be interconnected by cross passages every 400m. The tunnels will contain two bifurcation chambers in the Prague area (the branching off for Krč) and two bifurcation chambers in the Beroun area (to



Obr. 4 Eurotunnel – uspořádání (www.engineering.com)
 Fig. 4 The Eurotunnel configuration (www.engineering.com)

4. OBDOBNE SVĚTOVÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY

Připravovaný tunel Praha – Beroun je v ČR jedinečný především díky své neobvyklé délce. Nejdelším realizovaným českým dopravním tunelem je dálniční tunel Panenská na dálnici D8 o délce 2,1 km, nejdelším českým železničním tunelem je v současné době jednokolejný tunel Březno délky 1,8 km.

V tab.1 jsou uvedeny nejdelší moderní světové železniční tunely, starší tunely uvedeny nejsou (např. přibližně 20 km dlouhé Simplonské tunely z počátku 20. století). Z uvedených tabulek je patrné, že připravovaný tunel Praha – Beroun patří mezi nejdelší světové železniční tunely, v celosvětovém měřítku neexistuje mnoho delších tunelů. Doposud je v provozu pouze 5 tunelů delších než 25 km (Seikan, Eurotunnel a Iwate–Ichinohe, Lötschberg, Guadarrama). Do roku 2010 by měly být dokončeny další dva tunely s délkou dosahující 25 km (Hakkoda a Pajares), do roku 2016 další tři (Gotthard, Koralm a Iyama).

5. KONCEPCE USPOŘÁDÁNÍ OBDOBŇNÝCH TUNELŮ

V minulosti byly železniční tunely na dvoukolejných tratích většinou navrhovány jako dvoukolejné, dva jednokolejné tunely byly používány především v nepříznivých geologických podmínkách, kde

make the branching off possible in the future). The branching off will be solved using a grade-separated configuration; trains are not allowed to run against the traffic in one tunnel.

The geology along the tunnel alignment is quite chequered. The tunnel excavation will pass through Devonian rocks (tabular and bedded limestone, massive dolomites with calcareous and clayey shale interbeds), Silurian rocks (tabular and bedded limestone, massive dolomites with calcareous, clayey and tuffitic shale interbeds, diabase, amygdaloidal rock and basalt) and, in the central part at km 11.0 - 17.5, in Ordovician rocks (clayey shales and occurrences of blocks of Silurian tuffitic and calcareous shales). The tunnel cover will be up to 160m thick. As we know on the basis of the information which has been gathered till now, the possibility of the occurrence of karst phenomena within stretches at the total length of about 3km is expected. Conventional (NATM) excavation is expected to take place in the sections where the karst phenomena can be encountered. In addition, longitudinal weakness zones in the Ordovician clayey shales and relatively dense transverse faults are predicted for sections at the total length of about 10km. The water table is expected to be above the tunnel; therefore a closed waterproofing lining is designed for all underground structures.

The tunnels will be driven by several TBMs; the NATM will be used for some portions of the tunnels (the tunnels in Prague portal areas, cross passages, bifurcation chambers, shafts etc.). The bi-directional TBM drives are assumed to start from the site facility near the village of Tachlovice, roughly at the midpoint of the tunnel, where an access tunnel, shaft and

Tab. 1 Nejdelší moderní železniční tunely

Tunel	Umístění	Délka (km)	Zahájení provozu	Stav	Uspořádání	Bezpečnostní opatření
Gotthard	Švýcarsko	57	2015	Výstavba	Dva jednokolejné tunely	2 multifunkční stanice
Brenner	Rakousko – Itálie	56		Příprava, průzkum	Dva jednokolejné tunely s paralelní únikovou štolou	3 multifunkční stanice s přístupem na povrch
Seikan	Japonsko	54	1988	Provoz	Jeden dvoukolejný tunel a úniková štola	2 nouzové stanice, obslužný tunel propojený s hlavním tunelem po 600–1000 m (šachty, stoly)
Lyon–Turín	Francie – Itálie	53	2020	Příprava, průzkum	Dva jednokolejné tunely	4 nouzové stanice s přístupem na povrch
Eurotunnel	Anglie – Francie	50	1994	Provoz	Dva jednokolejné tunely a jeden obslužný tunel	2 komory křížení
Gibraltar	Španělsko – Maroko	37,7		Příprava	Dva jednokolejné tunely a obslužný tunel uprostřed	Paralelní obslužný tunel na celou délku
Lötschberg	Švýcarsko	34,6	2007	Provoz	Dva jednokolejné tunely (částečně jednokolejný tunel a štola)	2 stanice – jedna servisní a jedna úniková
Koralm	Rakousko	32,8	2016	Příprava, průzkum	Dva jednokolejné tunely	Nouzová stanice uprostřed délky tunelu bez přístupu na povrch
Guadarrama	Španělsko	28,4	2007	Provoz	Dva jednokolejné tunely	500 m dlouhý záchranný tunel uprostřed s propojkami po 50 m, nouzové komory po 2250 m
Hakkoda	Japonsko	26,5	2010	Výstavba	Jeden dvoukolejný tunel	
Iwate–Ichinohe	Japonsko	25,8	2002	Provoz	Jeden dvoukolejný tunel	
Pajares	Španělsko	24,7	2010	Výstavba	Dva jednokolejné tunely	
Iyama	Japonsko	22,2	2013	Výstavba	Jeden dvoukolejný tunel	
Wushaoling	Čína	22,05		Provoz	Dva jednokolejné tunely	
Vereina	Švýcarsko	19	1999	Provoz	Jeden jednokolejný tunel, částečně jeden dvoukolejný	Bez únikového východu
CTRL (Londýn)	Anglie	19	2007	Provoz	Dva jednokolejné tunely	Ventilační a únikové šachty ve vzdálenosti max. 3 km
Vaglia	Itálie	18,7	2008	Výstavba	Jeden dvoukolejný tunel	8 km obslužný tunel ve střední části s propojkami po 250 m
Qingling	Čína	18,5	2002	Provoz	Dva jednokolejné tunely	
Ceneri	Švýcarsko	15,4	2018	Příprava	Dva jednokolejné tunely	Únikový východ uprostřed, odbočení v tunelu
Firenzuola	Itálie	15,2	2008	Výstavba	Jeden dvoukolejný tunel	Únikové stoly délky 380 m až 1500 m
Wienerwald	Rakousko	13,35	2012	Výstavba	Dva jednokolejné – 10,75 km Jeden dvoukolejný – 2,37 km	3 nouzové východy a kaverna pro kontrolu kouře se svislou šachtou
Bussoleno	Francie – Itálie	12,5	2020	Příprava	Dva jednokolejné tunely	
Lainzer	Rakousko	10,6	2012	Výstavba	Dva jednokolejné – 2,3 km Jeden dvoukolejný – 8,3 m	Nouzové úniky vzdálené 120 – 599 m
Katzenberg	Německo	9,4	2012		Dva jednokolejné tunely	Ventilační šachty
Zimmerberg	Švýcarsko	9,4	2003	Provoz	Jeden dvoukolejný tunel	
Perthus	Španělsko	8,3		Výstavba	Dva jednokolejné tunely	4 propojky pro vybavení (vzdálenost 1,6 km)
Storebaelt	Dánsko	8		Provoz	Dva jednokolejné tunely	Ventilace pro případ havárie, monitorovací a kontrolní systém
Marseille	Francie	7,8	2001	Provoz	Jeden dvoukolejný tunel	Bez nouzového úniku, bez ventilace
Abdalajis	Španělsko	7,3		Výstavba	Dva jednokolejné tunely	
Groene Hart	Nizozemsko	7,16		Výstavba	Jeden dvoukolejný tunel, koleje odděleny zdí s únikovými dveřmi	3 únikové šachty po 2,3 km

Tab. 1 The longest modern railway tunnels

Tunnel	Location	Length (km)	Commissioning	Status	Arrangement	Safety measures
Gotthard	Switzerland	57	2015	construction	Two single-track tunnels	2 multiple-function stations
Brenner	Austria - Italy	56		planning, surveys	Two single-track tunnels with a parallel escape gallery	3 multiple-function stations with an access to the surface
Seikan	Japan	54	1988	operation	One double-track tunnel with an escape gallery	2 emergency stations, service tunnel connected with the main tunnel every 600 - 1000m (shafts, galleries)
Lyon - Turin	France - Italy	53	2020	planning, surveys	Two single-track tunnels	4 emergency stations with an access to the surface
Eurotunnel	England - France	50	1994	operation	Two single-track tunnels and one service tunnel	2 crossover chambers
Gibraltar	Spain - Morocco	37.7		planning	Two single-track tunnels and one service tunnel in the middle	Parallel service tunnel throughout the length
Lotschberg	Switzerland	34.6	2007	operation	Two single-track tunnels (partially a single-track tunnel and a gallery)	2 stations – one service st. and one escape st.
Koralmbahn	Austria	32.8	2016	planning, surveys	Two single-track tunnels	Emergency station in the middle of the tunnel length, without access to the surface
Guadarrama	Spain	28.4	2007	operation	Two single-track tunnels	500 m long rescue tunnel in the middle; cross passages every 50m, emergency chambers every 2250m
Hakkoda	Japan	26.5	2010	construction	One double-track tunnel	
Iwate-Ichinohe	Japan	25.8	2002	operation	One double-track tunnel	
Pajares	Spain	24.7	2010	construction	Two single-track tunnels	
Iyama	Japan	22.2	2013	construction	One double-track tunnel	
Wushaoling	China	22.05		operation	Two single-track tunnels	
Vereina	Switzerland	19	1999	operation	One single-track tunnel, partially one double-track tunnel	Without escape exit
CTRL (London)	England	19	2007	operation	Two single-track tunnels	Ventilation and escape shafts at max. spacing of 3km
Vaglia	Italy	18.7	2008	construction	One double-track tunnel	8km long service tunnel in the middle part, cross passages every 250m
Qingling	China	18.5	2002	operation	Two single-track tunnels	
Ceneri	Switzerland	15.4	2018	planning	Two single-track tunnels	Escape exit in the middle, branching off in the tunnel
Firenzuola	Italy	15.2	2008	construction	One double-track tunnel	Escape galleries 380m to 1500m long
Wienerwald	Austria	13.35	2012	construction	Two single-track – 10.75km One double-track – 2.37km	3 emergency exits and a smoke control cavern and vertical shaft
Bussoleno	France - Italy	12.5	2020	planning	Two single-track tunnels	
Lainzer	Austria	10.6	2012	construction	Two single-track – 2.3km One double-track – 8.3km	Emergency exits every 120 – 599m
Katzenberg	Germany	9.4	2012		Two single-track tunnels	Ventilation shafts
Zimmerberg	Switzerland	9.4	2003	operation	One double-track tunnel	
Perthus	Spain	8.3		construction	Two single-track tunnels	4 cross passages for equipment (1.6km spacing)
Storebaelt	Denmark	8		operation	Two single-track tunnels	Emergency ventilation, monitoring and control system
Marseille	France	7.8	2001	operation	One double-track tunnel	Without emergency exit, without ventilation
Abdalajis	Spain	7.3		construction	Two single-track tunnels	
Groene Hart	the Netherlands	7.16		construction	One double-track tunnel, tracks separated by a wall with escape doors	3 escape shafts at 2.3km spacing

menší plocha výrubu znamenala bezpečnější ražbu. V současné době vzhledem k vyšším návrhovým rychlostem a především díky vyšším požadavkům na bezpečnost je stále častěji upřednostňován koncept dvou jednokolejných tunelů spojených propojkami (tab. 4, obr. 2 a 3). U stávajících tunelů vznikají požadavky dodatečného zhotovení únikových východů (paralelní štoly s propojkami či únikové šachty). Některé tunely jsou dokonce navrhovány jako dva železniční tunely s paralelním obslužným či únikovým tunelem, což je z hlediska bezpečnosti přirozeně nejvýhodnější řešení, na druhou stranu toto řešení znamená nejvyšší cenu.

Ve všech případech evropských tunelů nad 20 km jsou protisměrné tratě umístěny do dvou samostatných tunelů spojených v pravidelných intervalech propojkami. Realizace třetího obslužného či únikového tunelu byla použita pouze u Eurotunelu (50 km) (obr. 4), dále pak je plánována u bázového tunelu Brenner (56 km) (obr. 5). Koncept jednoho dvoukolejného tunelu s délkou přes 20 km je preferován pouze v Japonsku. Nejdelšími provozovanými dvoukolejnými tunely jsou Seikan (54 km) a Iwate – Ichinohe (26 km). V současné době také probíhá v Japonsku stavba dvoukolejných tunelů Hakkoda (26,5 m) a Iyama (22 km). Z pohledu dlouhých tunelů je zcela výjimečný koncept švýcarského tunelu Vereina (19 km), který je na většinu délky jednokolejný a je zcela bez únikových východů. Jedná se však o tunel pro úzkokolejnou soupravu s nízkou návrhovou rychlostí. Nejdelšími dvoukolejnými tunely v Evropě budou italské tunely Vaglia (19 km) a Firenzuola (15 km) na trati Boloña–Florence. Délky všech ostatních dvoukolejných tunelů v Evropě nepřekračují 10 km.

TBM assembly chambers will be excavated. The design will allow the excavation to proceed even in the direction from Beroun. Because of lack of space in the area of the Prague portals, the NATM excavation of the section between the bifurcation chambers and Prague portals is assumed to be carried out through the Chuchle access tunnel. The Tachlovice and Chuchle access adits will be used for geotechnical surveys.

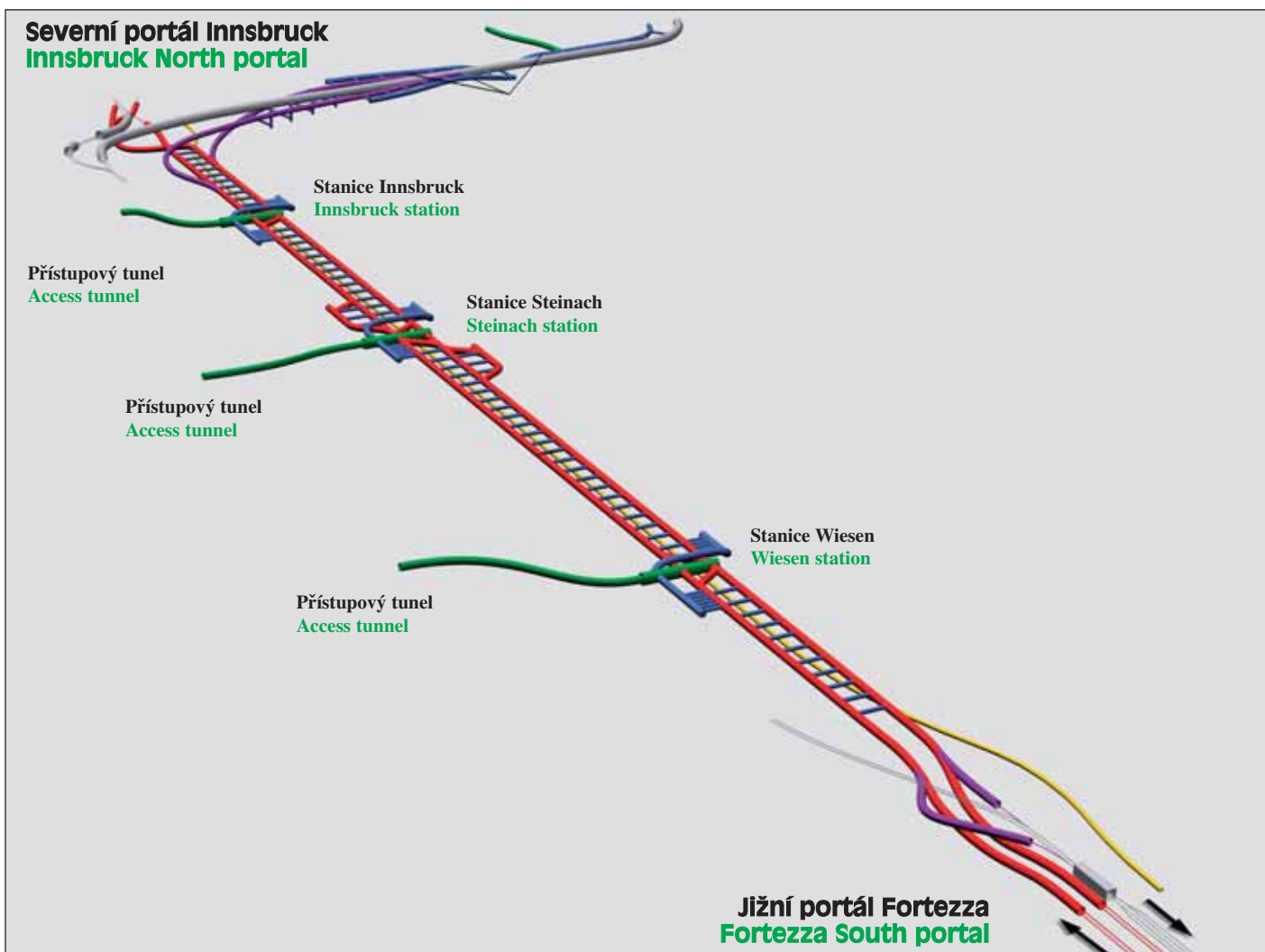
4. SIMILAR RAILWAY TUNNELS IN THE WORLD

The Prague – Beroun tunnel which is being prepared is unique first of all owing to its length, which is unusual in the Czech Republic. The longest Czech transit tunnel which has been built is the 2.1km long Panenská tunnel on the D8 motorway, whereas the longest Czech rail tunnel is currently the 1.8km long, single-track tunnel Březno.

Table 1 presents the world's longest, modern rail tunnels; older tunnels (e.g. the approximately 20km long Simplon tunnels from the beginning of the 20th century) are not shown. It is obvious from the table that the planned Prague – Beroun tunnel belongs among the longest rail tunnels in the world. There are not many longer tunnels worldwide. So far, only 5 tunnels longer than 25km have been opened (Seikan, Eurotunnel and Iwate – Ichinohe, Lotschberg, Guadarrama). Other two tunnels with the length reaching 25km should be finished by 2010 (the Hakkoda and Pajares tunnels), and other three (the Gotthard, Koralm and Iyama) by 2016.

5. CONFIGURATION CONCEPTS OF SIMILAR TUNNELS

In the past, the double-track configuration was mostly designed for railway tunnels on double-track lines; two single-track tunnel tubes were used,



Obr. 5 Brennerský bázový tunel – uspořádání (www.bbt-se.com)
 Fig. 5 The Brenner base tunnel configuration (www.bbt-se.com)

6. PODZEMNÍ STANICE

Bezpečnostní koncept dlouhých železničních tunelů velmi často zahrnuje podzemní stanice. Důvodem je záměr, aby při ohrožení života cestujících v osobních vlacích délka jízdy vlaku do bezpečného místa nepřekračovala 20 km. Bezpečnostní stanice jsou zpravidla vybaveny dostatečnými prostory a adekvátní ventilací, aby v nich cestující mohli počkat na příjezd záchranného vlaku. Zpravidla se jedná o tunely paralelní s traťovými tunely, které jsou v intervalech cca 50 m propojeny s traťovými tunely. Díky nutnosti ventilace stanic jsou tyto stanice zpravidla propojeny s povrchem pomocí přístupových tunelů a šachet.

Gotthardský bázový tunel (57 km) zahrnuje 2 podzemní stanice Sedrun a Faido (obr. 2). Lötschberský bázový tunel (34,6 km) zahrnuje jednu podzemní stanici Ferden (obr. 6). Brennerský bázový tunel (56 km) bude mít 3 podzemní stanice (obr. 5), bázový tunel Lyon–Turín (53 km) bude zahrnovat 4 podzemní stanice (obr. 3), tunel Koralm (32,8 km) bude mít jednu stanici s obslužným tunelem uprostřed v polovině délky (obr. 7), obdobně tunel Guadarrama (28 km) bude mít 500 m dlouhou oblast s obslužným tunelem uprostřed asi v polovině délky.

7. PŘEJEZDY MEZI JEDNOKOLEJNÝMI TUNELY A ODBOČENÍ V TUNELU

Přejezdy mezi jednokolejnými tunely byly navrženy na většině velmi dlouhých železničních tunelů. V případě Eurotunelu byly pro přejezdy vybudovány dlouhé dvoukolejné kaverny, v ostatních případech jsou přejezdy řešeny jako šikmé jednokolejné tunely spojující hlavní traťové tunely (např. tunely Gotthard, Lötschberg, Brenner, Pajares, atd.). Přejezdy nebyly navrženy pouze v některých případech (např. na tunelu Koralm).

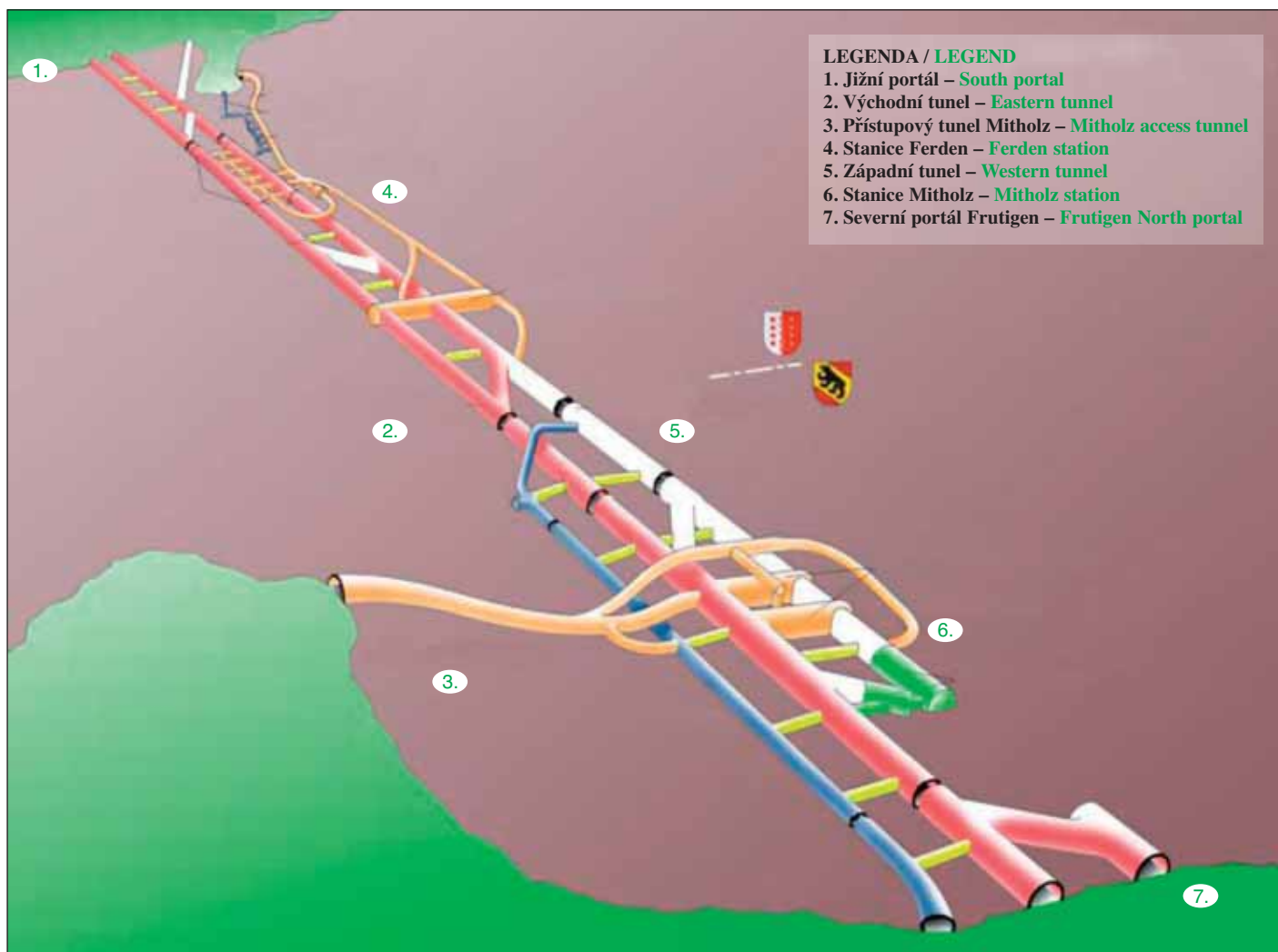
Odbočení trati bývá zpravidla navrhováno mimo tunel, odbočení v tunelu není běžné řešení. Tomuto řešení se však v některých specifických

first of all, in unfavourable geological conditions, where the smaller excavated area meant safer excavation processes. Today, with respect to higher design speeds and, above all, more demanding safety requirements, the configuration with two single-track tunnels connected by means of cross passages (see Table 4, Figures 2 and 3) is more and more often given preference. Existing tunnels have to cope with requirements for provision of additional of escape exits (parallel galleries with cross passages or escape shafts). Even further, some tunnels are designed as two railway tunnels with a parallel service or escape tunnel, which is, of course, the most convenient solution in terms of safety; on the other hand, this solution means the highest cost.

In all of the cases of European tunnels longer than 20km, opposing tracks are placed in two independent tunnel tubes, which are connected at regular intervals by cross passages. The third tunnel for services or escape services was implemented only in the case of the Eurotunnel (50km) (see Fig. 4) and it is planned for the Brenner base tunnel (56km) (see Fig. 5). The concept of a single, double-track tunnel longer than 20km is preferred only in Japan. The longest operating double-track tunnels are the Seikan (54km) and Iwate-Ichinohe (26km). In addition, the construction of the Hakkoda (26.5km) and Iyama (22km) double-track tunnels is currently underway in Japan. The concept of the Swiss tunnel Vereina (19km) is absolutely exceptional in terms of long tunnels. It is a single-track configuration throughout the major part of its length, without any escape exit. Although, this is a tunnel designed for low design speed, narrow-gauge trains. The longest double-track tunnels in Europe will be the Vaglia (19km) and Firenzuola (15km) tunnels in Italy, on the Bologna – Florence rail line. The lengths of all other double-track tunnels in Europe do not exceed 10km.

6. UNDERGROUND STATIONS

The safety concept of long railway tunnels very often incorporates underground stations. The reason is the intention to limit the length of travel of a passenger train to a safe place, in the case of a threat to passengers' life, to 20km. The safety stations are usually equipped with sufficient



Obr. 6 Lötschberský bázový tunel – uspořádání (www.blsalptransit.ch)
Fig. 6 The Lötschberg base tunnel configuration (www.blsalptransit.ch)

případech není možné vyhnout. Odbočení v tunelu například bude na hloubené části tunelu Wienerwald, dále je plánováno na Brennerském bázovém tunelu a na bázovém tunelu Ceneri. V případě tunelu Praha – Beroun bude nutné důkladně prověřit veškerá rizika odbočení ve vysokorychlostním tunelu a vliv tohoto řešení na provoz.

8. VNITŘNÍ PRŮMĚR JEDNOKOLEJNÝCH TUNELŮ

Vnitřní průměr jednokolejných železničních tunelů se odvíjí od řady faktorů (předpokládané vlakové soupravy, způsobu uchycení trakce, návrhová rychlost, atd.). Díky tomu se tento parametr u různých tunelů značně odlišuje. V tab. 2 jsou uvedeny vnitřní průměry některých dlouhých jednokolejných železničních tunelů.

Tab. 2 Vnitřní průměry dlouhých železničních tunelů

Tunel	Umístění	Délka (km)	Rychlost (km/h)	Uvedení do provozu	Vnitřní průměr (m)
Gotthard	Švýcarsko	57	250	2015	8,30
Eurotunel	Francie–Anglie	50	160	1994	7,60
Lötschberg	Švýcarsko	34,6	250	2007	8,40
Guadarrama	Španělsko	28,4	350	2007	8,50
Pajares	Španělsko	24,7		2010	8,50
CTRL	Velká Británie	19	270	2007	7,15
		(36,8)			
Katzenberg	Německo	9,4	250	2012	9,40
Perthus	Španělsko–Francie	8,3		Výstavba	8,70
Storebaelt	Dánsko	8	160 km/h	Provoz	7,70
Abdalajis	Španělsko	7,3	350 km/h	Výstavba	8,80

spaces and adequate ventilation, enabling passengers to wait for the arrival of a rescue train. The stations have usually the form of tunnels, parallel with the running tunnels, which are connected with the running tunnels by cross passages at about 50m intervals. Thanks to the necessity for the ventilation of the stations, the stations are usually connected with the surface through access tunnels and shafts.

The Gotthard base tunnel (57km) comprises 2 underground stations, i.e. the Sedrun and Faido (see Fig. 2). The Lötschberg base tunnel (34.6km) comprises one underground station, the Ferden station (see Fig. 6). The Brenner base tunnel (56km) will have 3 underground stations (see Fig. 5); the Lyon – Turin base tunnel (53km) will comprise 4 underground stations (see Fig. 3); the Koralm tunnel (32.8km) will have one station with a service tunnel in the middle of its length (see Fig. 7); similarly, the Guadarrama tunnel (32.8km) will have a 500m long area with a service tunnel, roughly in the middle of the tunnel length.

7. CROSSOVER CONNECTIONS AND TRACK BIFURCATIONS IN TUNNEL

Crossover connections between two single-track tunnels were designed for the majority of long rail tunnels. Long, double-track crossover chambers were built in the case of the Eurotunnel; in the other cases, the switching is solved through single-track tunnels running at an angle and connecting the main running tunnels (e.g. the Gotthard, Lötschberg, Brenner, Pajares and other tunnels). The cases where no crossovers were designed are infrequent (e.g. the Koralm tunnel).

Bifurcation of the track is usually designed to be outside the tunnel; the track bifurcation inside the tunnel is not a common configuration. This configuration, however, is impossible to avoid in some specific cases. The track bifurcation inside a tunnel configuration will be used, for example, within the cut and cover section of the Wienerwald tunnel; further it is planned for the Brenner base tunnel and the Ceneri base tunnel. As far as the Prague – Beroun tunnel is concerned, all hazards associated with the branching off from a high-speed railway tunnel and the influence of this solution on the operation will have to be examined.

Z uvedených vnitřních profilů jsou nejmenší britské – Channel Tunnel Rail Link (CTRL) – 7,15 m a Channel Tunnel (Eurotunnel) – 7,6 m. Oba tunely jsou na jedné železniční trati mezi Londýnem a Paříží. Důvodem minimalizace profilů byla snaha o minimalizaci výsledné ceny.

Eurotunnel slouží jak pro běžné vlaky UIC (International Union of Railways), tak i pro objemnější nákladní vlaky. CTRL slouží pouze pro vlaky UIC, proto bylo možné dosáhnout ještě menšího profilu než u Eurotunelu.

Eurotunnel byl navržen s vysokým poměrem příčného řezu vlaku ku příčnému řezu tunelu (tzv. blockage ratio). V případě vlaků UIC je to 25 %, v případě nákladních vlaků je to dokonce 50 %. Přirozeně tento vyšší poměr přináší vyšší odpor vzduchu během jízdy vlaku, proto byly v Eurotunelu navrženy kanály pro uvolnění tlaku vzduchu. Kanály spojují železniční tunely (nad obslužným tunelem) a jejich rozestup je 250 m. Tímto způsobem je tlak vzduchu naakumulovaný před lokomotivou převeden do míst s nižším tlakem. Přirozeně veškeré vybavení tunelu bylo nutné přizpůsobit minimálnímu prostoru.

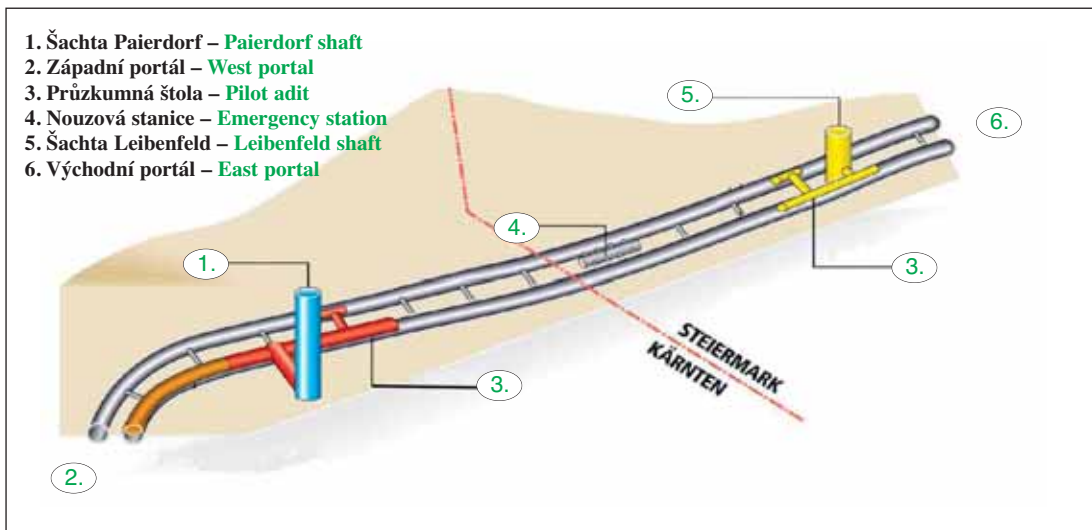
U švýcarských básových tunelů (Lötschberg, Gotthard) se podařilo velikost vnitřního profilu redukovat na 8,3 m. Obdobně jako u britských tunelů si daná redukce vyžádala řadu nestandardních opatření. Nestandardní uchycení trakce muselo být vzhledem k vysoké návrhové rychlosti posuzováno na dynamické zatížení tlakem vzduchu.

Největší profil má z uvedených příkladů tunel Katzenberg v Německu, jehož profil je 9,4 m. Důvodem většího profilu u tohoto tunelu byla obava projektantů z možných průsaků vody skrz segmentové ostění, proto byla ponechána možnost dodatečné realizace vnitřního ostění.

9. UMÍSTĚNÍ PROPOJEK A NOUZOVÝCH ÚNIKŮ

U dlouhých železničních tunelů se považuje za nutné, aby cestující v případě mimořádných událostí měli možnost úniku do bezpečného prostoru. Proto závisí bezpečný únik především na délce únikové cesty k tunelové propojce či k východu z tunelu (portály, únikové tunely či šachty). Tunelové propojky jsou standardním zajištěním úniku v případě dvou jednokolejných tunelů. Vhodná volba jejich vzdálenosti je z hlediska bezpečnosti zcela zásadní. Volba vzdálenosti propojek závisí na mnoha faktorech (požadavky hasičských záchranných sborů, předpokládané scénáře mimořádných událostí, velikost tunelu, vlastnosti materiálu v tunelu a ve vlakových soupravách, atd.). Proto se vzdálenosti propojek na různých projektech značně liší.

Shrnutí vzdáleností propojek či únikových východů je provedeno v tab. 3. Obecně se vzdálenost propojek v případě dvou jednokolejných tunelů pohybuje mezi 250 m (Guadarrama, Great Belt) a 500 m (Koralm (obr. 7), Katzenberg, Wienerwald (obr. 8)), na tunelech Channel Tunnel Rail Link (CTRL) byla dokonce původně plánovaná vzdálenost 350 m zvýšena na 750 m. V případě jednoho dvoukolejného tunelu je délka únikových cest v některých případech ještě výrazně vyšší. Tunely Vereina (19 km) a Marseille (7,8 km) nemají žádné únikové cesty, délka únikových cest na v současné době realizovaných italských tunelech Firenzuola a Vaglia bude přesahovat 4 km.



Obr. 7 Tunel Koralm – uspořádání (www.ita-aites.org)

Fig. 7 The Koralm tunnel configuration (www.ita-aites.org)

8. INTERNAL DIAMETER OF SINGLE-TRACK TUNNELS

The inner diameter of single-track tunnels depends on many factors (the anticipated trains, the system of fixation of the contact line, design speed etc.). Owing to this fact, this parameter significantly varies for various tunnels. Table 2 presents inner diameters of some long single-track tunnels.

Tab.2 Internal diameters of long rail tunnels

Tunnel	Location	Length	Speed	Commissioning	Internal diameter
Gotthard	Switzerland	57km	250kph	2015	8.30m
Eurotunnel	France - England	50km	160 kph	1994	7.60m
Lötschberg	Switzerland	34.6km	250 kph	2007	8.40m
Guadarrama	Spain	28.4 km	350 kph	2007	8.50m
Pajares	Spain	24.7km		2010	8.50m
CTRL	UK	19km (36.8 km)	270 kph	2007	7.15m
Katzenberg	Germany	9.4 km	250 kph	2012	9.40 m
Perthus	Spain - France	8.3 km		Construction	8.70m
Storebaelt	Denmark	8km	160 kph	Operation	7.70m
Abdalajis	Spain	7.3 km	350 kph	Construction	8.80m

The smallest of the above-mentioned inner diameters have the British tunnels –Channel Tunnel Rail Link (CTRL) – 7.15m and Channel Tunnel (Eurotunnel) – 7.6m. Both tunnels are on one rail line between London and Paris. The reason for the minimisation of the profiles was an effort for the minimisation of the resultant cost.

The Eurotunnel is used by both common UIC (International Union of Railways) trains and higher capacity freight trains. The CTRL is designed only for UIC trains, which is the reason why even a smaller profile could be achieved than that of the Eurotel.

The ratio of the train cross-sectional area to the tunnel cross-sectional area (the so-called blockage ratio) which was designed for the Eurotunnel is high. The ratio for the UIC trains is 25%, whereas the ratio for freight trains is even 50%. Naturally, the higher ratio means higher resistance of air during the train travel. For that reason, pressure-relieving ducts were designed for the Eurotunnel. The ducts connecting the rail tunnels (running over the service tunnel) are installed at 250m spacing. This system allows the air which accumulates in front of the locomotive to be diverted to locations where the pressure is lower. Of course, all tunnel equipment had to be accommodated to the minimum space.

The dimensions of the inner profiles of the Swiss base tunnels Lötschberg and Gotthard were successfully reduced to 8.3m. Similarly to British tunnels, the reduction required many non-standard measures. Because of the high design speed, non-standard fixation of the contact line had to be designed to withstand the dynamical air pressure load.

Of the above-mentioned examples, the Katzenberg tunnel in Germany has the largest profile, 9.4m diameter. The reason for the larger profile of this tunnel was the fact that the designers feared possible seepage through the segmental lining. This design allowed the additional installation of an inner lining in the future.

9. LOCATION OF CROSS PASSAGES AND EMERGENCY EXITS

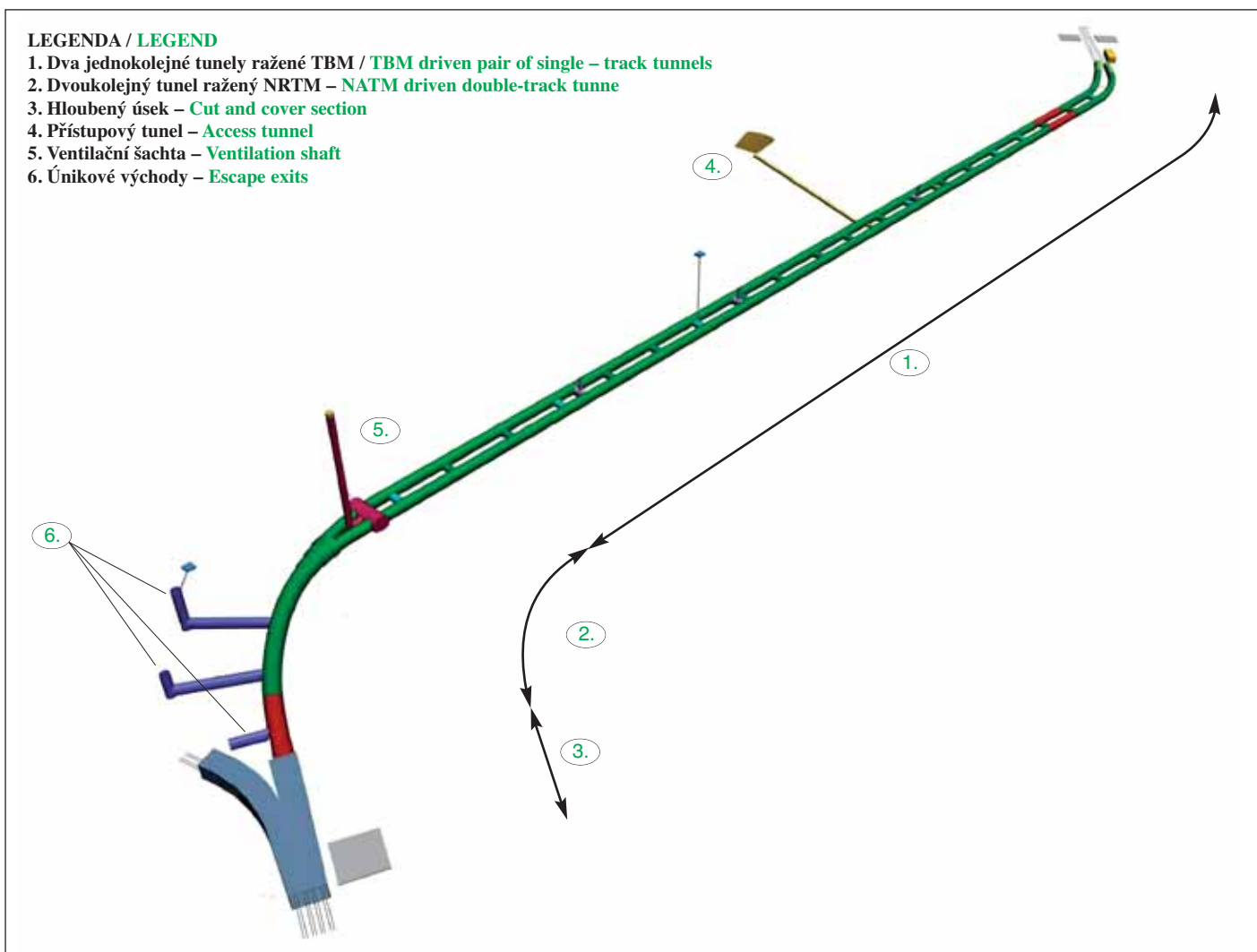
It is considered necessary that a long rail tunnel must give passengers the opportunity to escape to a safe space in the case of an emergency. The safe escape therefore depends, first of all, on the length of the escape route to a cross passage or a tunnel exit (portals, escape tunnels or shafts). Tunnel cross passages are a standard means of securing safety in the case of a twin-tube tunnel. The proper choice of the spacing of the cross passages is therefore of utmost importance. The choice of the spacing of cross passages depends on

Tab. 3 Vzdálenost propojek a únikových východů

Tunel	Délka (km)	Uvedení do provozu	Uspořádání	Vzdálenost propojek (únikových východů) (m)
Groene Hart	7,16		Jeden dvoukolejný tunel s přepážkou	Dveře po 150 m
Perthus	8,3		Dva jednokolejné tunely	200
Storebaelt	8		Dva jednokolejné tunely	250
Guadarrama Ceneri Base	28,4	2007	Dva jednokolejné tunely	250
Tunnel (CBT)	15,4	2018	Dva jednokolejné tunely	320
Gotthard	57	2015	Dva jednokolejné tunely	325
Lötschberg	34,6	2007	Dva jednokolejné tunely (částečně jeden jednokolejný a štola)	333
Brenner Base Tunnel (BBT)	56		Dva jednokolejné tunely	333
Abdalajis	7,3		Dva jednokolejné tunely	350
Eurotunel	50	1994	Dva jednokolejné tunely a jeden obslužný tunel	375
Lyon - Turín	53	2015	Dva jednokolejné tunely	400
Bussoleno	12,5	2015	Dva jednokolejné tunely	400
Koralm	32,8	2016	Dva jednokolejné tunely	500
Katzenberg	9,4	2012	Dva jednokolejné tunely	500
Wienerwald	13,35	2012	Dva jednokolejné 10,75 km Jeden dvoukolejný 2,37 km	500 3 ks
Seikan	54	1988	Jeden dvoukolejný tunel	600–1000
CTRL (Londýnské tunely)	19	2007	Dva jednokolejné tunely	750 (původně plánováno 350)
Lainzer	10,6	2012	Dva jednokolejné 2,3 km Jeden dvoukolejné 8,3 km	Vzdálenost únikových východů 120–599
Vaglia	18,7	2008	Dvoukolejný	Vzdálenost únikových východů až 4500
Firenzuola	15,2	2008	Dvoukolejný	Vzdálenost únikových východů až 5000
Marseille	7,8	2001	Dvoukolejný	Bez únikových východů
Vereina	19	1999	Jeden jednokolejný (6 km dvoukolejný)	Bez únikových východů

Tab.3 Spacing of cross passages and escape exits

Tunnel	Length (km)	Commissioning	Configuration	Spacing of cross passages / escape exits [m]
Groene Hart	7.16		One double-track tunnel with a dividing wall	Doors - 150
Perthus	8.3		Two single-track tunnels	200
Storebaelt	8		Two single-track tunnels	250
Guadarrama	28.4	2007	Two single-track tunnels	250
Ceneri Base Tunnel (CBT)	15.4	2018	Two single-track tunnels	320
Gotthard	57	2015	Two single-track tunnels	325
Lötschberg	34.6	2007	Two single-track tunnels (partly one single-track plus a gallery)	333
Brenner Base Tunnel (BBT)	56		Two single-track tunnels	333
Abdalajis	7.3		Two single-track tunnels	350
Eurotunel	50	1994	Two single-track tunnels plus one service tunnel	375
Lyon - Turin	53	2015	Two single-track tunnels	400
Bussoleno	12.5	2015	Two single-track tunnels	400
Koralm	32.8	2016	Two single-track tunnels	500
Katzenberg	9.4	2012	Two single-track tunnels	500
Wienerwald	13.35	2012	Two single tracks 10.75km One double-track 2.37km	500 3 exits
Seikan	54	1988	One double-track tunnel	600 - 1000
CTRL (London tunnels)	19	2007	Two single-track tunnels	750 (original plan: 350)
Lainzer	10.6	2012	Two single tracks 2.3km One double-track 8.3km	Spacing of escape exits: 120 - 599
Vaglia	18.7	2008	One double-track	Spacing of escape exits: up to 4500
Firenzuola	15.2	2008	One double-track	Spacing of escape exits: up to 5000
Marseille	7.8	2001	One double-track	Without escape exits
Vereina	19	1999	One single-track (6km double-track)	Without escape exits



Obr. 8 Tunel Wienerwald – uspořádání (Kohler 2007)

Fig. 8 The Wienerwald tunnel configuration (Kohler 2007)

10. VÝSTAVBA TUNELŮ V KRASOVÝCH OBLASTECH

Rizika krasových oblastí pro podzemní díla jsou známá. Pohybují se od nestabilních vápencových svahů a lokálních depresí až k obrovským podzemním rezervoárům. Tunely ražené v krasových oblastech často zastihují dutiny. Rozměrné podzemní dutiny mohou zastavit postup ražeb i na mnoho měsíců. Například v případě NRTM ražby železničního tunelu Irlahull délky 7,3 km v Německu došlo ve staničení 300–400 m od jižního portálu k velmi výrazným stabilitním problémům ostění, kvůli čemuž bylo nutné ražbu přerušit na 1,5 roku. Prodlevy vzniklé především kvůli zastiženým krasovým jevům (obr. 9) prodloužily

many factors (requirements of fire brigades, anticipated scenarios of emergencies, tunnel dimensions, properties of materials used in the tunnel and trains etc.). This is the reason why the spacing of cross passages significantly varies for different projects.

The overview of the spacing of cross passages or escape exits is presented in Table 3. In general, the spacing of cross passages in the cases of a pair of single-track tunnels varies between 250m (Guadarrama, Great Belt) and 500 m (Koralalm (see Fig.7), Katzenberg, Wienerwald (see Fig. 8); the planned spacing of 350m in the Channel Tunnel Rail Link (CTRL) was even increased to 750m. In the case of a double-track tunnel, the length of escape routes is in some cases even much greater.

Tab. 4 Projekty tunelů v krasových oblastech

Tab. 4 Tunnel construction projects in karst areas

Tunel / Tunnel	Země / Country	Účel / Purpose	Délka / Length (km)	Profil / Profile (m)	Metoda ražby / Excavation method	Stav / State
SMART	Malajsie / Malaysia	silniční, voda / road, water	9,7	13,2	bentonitové TBM / slurry TBM	provoz / operation
Monte Zucco	Itálie / Italy	železniční / railway	2,7	8	EPB TBM / EPB TBM	provoz / operation
Yellow River Diversion (Lot 3)	Čína / China	vodovodní / water	41	4,9	hardrock TBM / hardrock TBM	provoz / operation
Tuzla	Turecko / Turkey	vodovodní / water	6,5	5	NRTM (4,9 km) / NATM (4,9 km)	provoz / operation
Xiaotang–Gantang	Čína / China	silniční / road	2 x 7	12	TBM (1,6 km) / TBM (1,6 km)	provoz / operation
Irlahull	Německo / Germany	železniční / railway	7,3	9,5	NRTM / NATM	provoz / operation
Sv. Rok	Chorvatsko / Croatia	silniční / road	5,8	12	NRTM / NATM	provoz / operation
Kastalec	Slovinsko / Slovenia	silniční / road	2,2	12	NRTM / NATM	provoz / operation
Katzenberg	Německo / Germany	železniční / railway	2 x 9,4	11,1	EPB TBM / EPB TBM	výstavba / construction
Lučica	Slovinsko / Slovenia	silniční / road	2 x 0,6	12	NRTM / NATM	výstavba / construction
Tuhobič	Chorvatsko / Croatia	silniční / road	2 x 2,1	10,9	NRTM / NATM	výstavba / construction
Qiyueshan	Čína / China	železniční / railway	10	?	?	příprava / planning
Benátky–Terst	Itálie / Italy	železniční / railway	27	?	?	příprava / planning



Obr. 9 Krasové jevy zastížené při ražbě tunelu Irlahull (ILF Consulting Engineers s. r. o.)

Fig. 9 The karst phenomena encountered during the course of the Irlahull tunnel excavation (ILF Consulting Engineers s.r.o.)

celkově realizaci projektu o 27 měsíců. Během ražby 88 km tunelů vodohospodářského projektu Wan Jia Zhai Yellow River Diversion v Číně byly zastíženy velmi rozměrné podzemní dutiny, které zastavily postup tunelovacích strojů TBM také v několika případech na několik měsíců a mnoho menších dutin také velmi značně zpozdilo ražby.

Z hlediska volby metody ražby je přirozeně konvenční tunelování pomocí NRTM podstatně flexibilnější, což je zpravidla výhodou při ražbě v heterogenním prostředí (relativně tvrdý vápenec, dutiny, měkká výplň dutin, atd.). Průzkum prostoru před čelbou pomocí vrtů lze při NRTM provést podstatně důkladněji v porovnání s TBM, poloha a směr jednotlivých vrtů nejsou příliš omezeny, lze vrtat kompletní vějíř od stropu tunelu až po spodní klenbu. Při využití TBM jsou možnosti vrtů omezené. TBM sestavené pro ražbu v krasu by mělo umožňovat realizaci vrtů po celém obvodu stroje. TBM by mělo být vybaveno zařízením umožňujícím geofyzikální průzkum prostoru před čelbou, které by pomohlo identifikovat dutiny s předstihem. Pro ilustraci jsou v tab. 4 uvedeny některé projekty tunelů v krasových oblastech s uvedením metody ražby.

11. ZÁVĚR

Připravovaný tunel Praha–Beroun svými parametry, tj. způsobem a dobou výstavby, délkou a cenou přesahuje všechny zatím realizované dopravní stavby v ČR. Svou jedinečností znamená velkou výzvu pro české tunelářské stavitelství a zároveň také příležitost posunout v následujícím desetiletí tento obor v ČR na úroveň umožňující podílet se na obdobných budoucích stavbách v Evropě i ve světě. Maximální pozornost a úsilí věnované přípravě projektu je podmínkou předpokládaného urychleného zahájení výstavby. Průběh vlastní výstavby bude odpovídat rozsahu a kvalitě přípravy a kontroly provádění. Zkušenosti z obdobných evropských projektů nám přitom mohou být velmi cenným podkladem.

ING. MATOUŠ HILAR, MSc., Ph.D., CEng., MICE.,
hilar@d2-consult.cz, ING. MARTIN SRB; srb@d2-consult.cz;
D2 CONSULT PRAGUE s. r. o.

Recenzoval: Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.

The Vereina tunnel (19km) and Marseille tunnel (7.8km) have no exit routes; the length of escape routes in the Firenzuola and Vaglia tunnels, which are currently under construction, will exceed 4km.

10. TUNNEL CONSTRUCTION IN KARST AREAS

Hazards to underground workings in karst areas are known. They range from instable limestone slopes and local depressions to extensive underground reservoirs. Tunnel excavation passing through karst regions frequently encounters cavities. Big underground caverns are able to cause the suspension of the progress of excavation even for many months. For example, the NATM excavation of the 7.3km long Irlahull railway tunnel in Germany encountered serious problems of the lining stability at a distance of 300 – 400m from the southern portal, which caused the suspension of excavation for 1.5 years. The delays which were caused, above all, by the encountering of karst phenomena (see Fig. 9) extended the total construction time by 27 months. Very large underground cavities which were encountered during the TBM driving of the Wan Jia Zhai Yellow River Diversion tunnel in China suspended the progress of the TBMs in several cases even for several months; numerous smaller cavities also caused significant delays of the excavation.

Naturally, in terms of the selection of the excavation method, the traditional NATM tunnelling is substantially more flexible, which is usually advantageous during the excavation through a heterogeneous environment (relatively hard limestone, cavities, soft fill of cavities etc.). The probe drilling ahead of the excavation face can be carried out much more thoroughly when the NATM is used compared to the TBM use; positions and directions of individual boreholes are not too much restricted, complete arrays of boreholes can be drilled from the crown to the invert. When TBMs are used, the possibilities are limited. A TBM which is designed for the excavation through karst should allow the drilling around the complete circumference of the machine. The TBM should be provided with such equipment which allows a geophysical survey ahead of the face, which would be helpful in the detection of cavities in advance. For purposes of illustration, Table 4 presents some tunnelling projects which were implemented in karst areas, together with the particular excavation methods.

11. CONCLUSION

Currently planned the Prague – Beroun tunnel exceeds all transport-related tunnels constructed in the Czech Republic in terms of its parameters (i.e. construction method, construction period, length and cost). Owing to its uniqueness, it poses a great challenge for the Czech tunnel engineering, but at the same time, it offers an opportunity to raise this industry in the Czech Republic during the next decade to the level which will allow a participation in similar projects in Europe and worldwide. Maximisation of the attention and efforts put into the project planning is a condition for the anticipated expeditious commencement of the construction. The course of the construction itself will correspond to the extent and quality of planning processes and control over the execution of the works. The know-how gained from similar European projects can become valuable help in this process.

ING. MATOUŠ HILAR, MSc., Ph.D., CEng., MICE.,
hilar@d2-consult.cz, ING. MARTIN SRB; srb@d2-consult.cz;
D2 CONSULT PRAGUE s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- Barták, J.–Gramblička, M.–Růžička, J.–Smolík, J.–Sochůrek, J.–Šourek, P (2007): Podzemní stavitelství v České republice. Satra Praha.
Bopp, R (2001): The distance of cross passages in twin bore railway tunnels. 4th International Conference on Safety in Road and Railway Tunnels, Madrid, Spain.
Čížek, F. (2007): Aktuální stav přípravy a realizace III. TŽK. Železnice 2007.
Kohler, H. (2007): Wienerwaldtunnel—a challenging tunneling project. Proceedings of the WTC 2007 in Prague.
Kovari, K.–Descoeuras, F. (2001): Tunnelling Switzerland. Swiss Tunnelling Society. Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH.
Krása, D.–Růžička, J.–Hasík, O. (2007): Prague–Beroun, New Railway Connection. Proceedings of the WTC 2007 in Prague.
Mára, J.–Růžička, J. (2006): Modernizace železniční tratě Praha–Beroun. Tunel 1/2006.
Pöttler, R.–Thum, F.–Jöbstl W. (2007): Driving of shallow tunnel in uncertain geological boundary conditions—a case history. Proceedings of the WTC 2007 in Prague.
SUDOP Praha a. s. (2007): Praha–Beroun, nové železniční spojení. Přípravná dokumentace.

PODCHOD ŘEKY YANGTZE – NÁROČNÁ RAŽBA VELKOPROFILOVÝM TBM V ČÍNĚ

YANGTZE RIVER CROSSING – CHALLENGING LARGE-PROFILE TBM EXCAVATION IN CHINA

HARALD WAGNER

ÚVOD

Wuhan, hlavní město provincie Hubei na spodním toku řeky Yangtze se 7,3 milionu obyvatel patří k největším a nejvýznamnějším městům v Číně. Wuhan je rozdělen na tři části řekami Yangtze a Han. Omezený přechod přes řeku Yangtze (dva mosty) blokuje významně dopravu a brání dalšímu ekonomickému rozvoji města. Proto se představitelé města rozhodli postavit silniční tunel pod řekou Yangtze přímo v centru města.

Silniční tunel s návrhovou rychlostí 50 km/h je umístěn mezi dvěma mosty přes řeku Yangtze a propojuje komunikaci Hankou Dazhi na severu s komunikací Wuchan Yonyi na jihu. Bude se jednat o hlavní komunikaci přes řeku Yangtze v tomto městě. Tunel má celkem 4 pruhy (2 v každém směru), dvě tunelové trouby jsou spojeny propojkami (obr. 1). Celková délka tunelu je 3,630 km. Celkem 2,72 km je raženo pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů TBM průměru 11,38 m, zbytek tunelu je hloubený. Na opačných březích řeky byly postaveny dvě šachty, ražby tunelu probíhaly ze startovací šachty na jihu do demontážní šachty na severu. Životnost tunelu je 100 let. Minimální poloměr směrový tunelu je 800 m, maximální sklon tunelu je 4,4 %.

Ražba ve složitých geologických podmínkách podloží řeky Yangtze, které zahrnuje množství vrstev horninových, písčitých, prachovitých či šterkovitých sedimentů včetně vodního tlaku až 6 barů, začala začátkem roku 2006. První TBM ražba byla úspěšně dokončena prorážkou 19. ledna 2008. Prorážka druhého stroje proběhla na konci února 2008. Uvedení tunelu do provozu je plánováno během letošního roku.

Hlavním dodavatelem stavby je sdružení China Railway Tunnel Group JV (CRTG JV), které zahrnuje také společnost D2 Consult jako konzultanta ražeb TBM. Dvě TBM byla vyrobena sdružením zahrnujícím NFM z Lyonu ve Francii, Wirth z německého Erkelenzu a Shenyang Steel Ltd z čínské provincie Liaoning.

INTRODUCTION

Wuhan is the Capital of Hubei province and one of the largest and most important cities in China with population over 7 million people. Wuhan city is divided into three parts by Yangtze river and Han river. The restricted passage across Yangtze (two bridges) blocks seriously the traffic and impedes the economic development of Wuhan city. So the Wuhan government has decided to build a road tunnel across Yangtze river in the centre of the city.

The road tunnel with a design speed 50 kph is located between the two Yangtze bridges, connecting Hankou Dazhi road in the north with Wuchan Yonyi road in the south. It will be the main road passing Yangtze river in the city. The tunnel has four lanes (two in each direction), two tubes are connected with cross-passages (Fig.1). The total length of the tunnel is 3,630 m. 2,720 m are bored with 11.38 m diameter TBMs, the rest of the tunnel is constructed as cut and cover section. Two shafts have been constructed on both river banks; driving direction was from the starting shaft in the south to the arrival shaft in the north. The tunnel was designed for the lifetime 100 years. Minimum radius of tunnel curvature is 800 m, maximum slope of the tunnel is 4.4%.

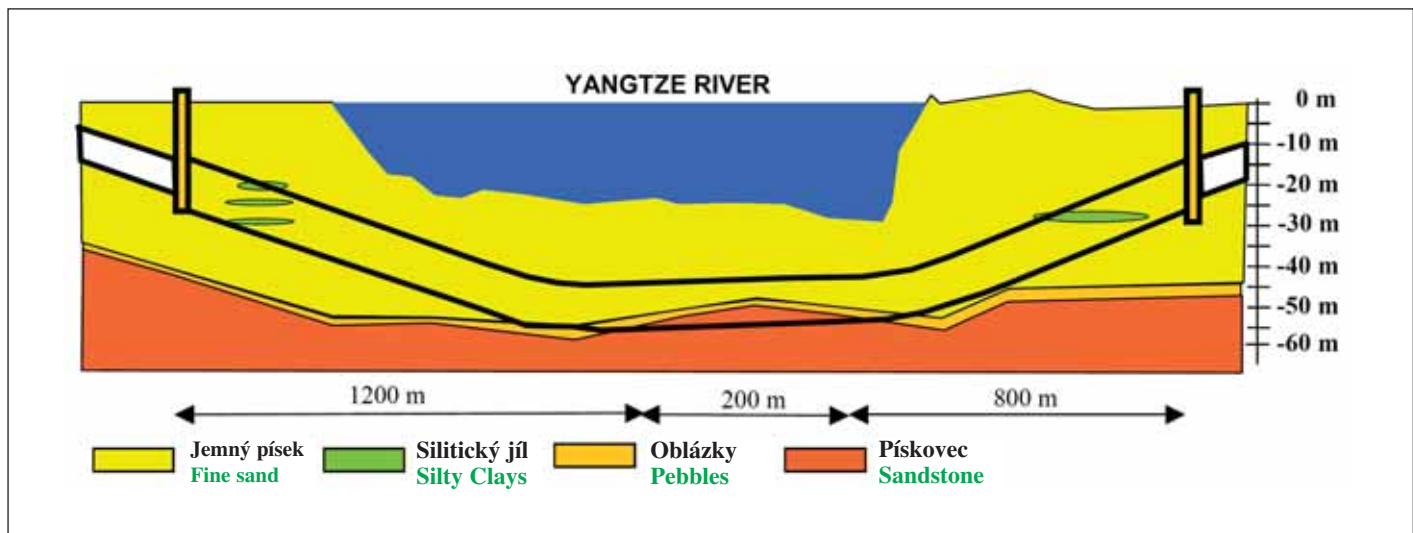
Construction in the difficult geologic ground conditions of the Yangtze River bed consisting of numerous layers of rocky, sandy, silty and gravely river deposits and water pressures of up to 6 bars started in early 2006. The first TBM drive has been successfully completed with the breakthrough on 19 January 2008. Breakthrough of the second TBM into the arrival shaft is expected at the end of February 2008. The final opening of both tunnels for the public is planned to happen during this year.

General Contractor of the project is China Railway Tunnel Group JV (CRTG JV) which includes company D2 Consult as TBM drives consultant. The two TBM's are manufactured by a JV consisting of Shenyang Steel Ltd. from Liaoning Province in China, NFM from Lyon in France and Wirth from Erkelenz in Germany.



Obr. 1 Příklad řez tunelem

Fig. 1 Tunnel cross-section



Obr. 2 Podélný geologický řez
Fig. 2 Longitudinal geological cross-section

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Místo s minimálním nadložím (okolo 9,5 m) je situováno v km 4,356; maximální nadloží nad TBM ražbou je 40 m (km 4,493). Na většině délky je na povrchu volná hladina řeky Yangtze River (obr. 2). Hloubka vody v řece se pohybuje od 3,76 do 22,96 m, výška hladiny je v 15 m n. m.

V podélném geologickém řezu je horní vrstva složena z nedávno uložených neulehlých prachovitých písků a středně zrnitých písků holocenního vývoje čtvrtohor. Střední vrstva je složena ze středně ulehlých až ulehlých prachovitých písků holocenního vývoje čtvrtohor. Spodní vrstva je tvořena pelitickými prachovci s vložkami pískovců a břidlicemi z období siluru.

Na severním a jižním břehu je povrch lokálně pokryt nezhutněnými navážkami a jezerní formací kvartéru, horní vrstva je složena z měkkých, plastických, prachovitých aluviálních jííl holocenního vývoje kvartéru, střední vrstva je složena ze středně ulehlého až ulehlého prachovitého písku holocenního vývoje kvartéru, skalní podloží spodní vrstvy je tvořeno pelitickými prachovci s vložkami pískovců a břidlicemi silurského vývoje.

Umělé navážky nejsou ulehlé, což znamená stabilitní problémy během stavby hloubených úseků tunelu a šachet, proto adekvátní zapažení bylo nezbytné. Aluviální vrstva kvartéru je především v oblasti povrchu říčního koryta a je složena z prachovitých písků nebo středně hrubých písků v neulehlém stavu, které jsou také značně nestabilní.

HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Podzemní voda v oblasti projektu zahrnuje tři typy: vrchní stojatá voda, neomezená voda a omezená voda. Vrchní stojatá voda se především vyskytuje v umělých navážkách a v malém množství v soudržných zeminách kvartéru. Neomezená voda se především vyskytuje ve vrstvě prachovitých písků a ve vrstvě středně hrubých písků pode dnem řeky, tato voda je propojena s vodou v řece. Omezená voda se především nachází ve vrstvě prachovitých písků a ve vrstvě středně ulehlých písků na obou březích. Z výsledků rozboru vzorků stojaté a neomezené vody nemá přítomná voda erozní účinky na betonové konstrukce nebo na ocelovou výztuž, nicméně má lehké erozní účinky na ocelové konstrukce.

Koeficient propustnosti prostředí se obecně pohybuje mezi 2,6 a 37,9 m za den. S ohledem na čerpací zkoušku ve velkoprofilové čerpací studni v blízkosti šachty Wuchan je obecná velikost propustnosti masivu v jižní části řeky 26,72 m za den.

Řeka Yangtze nad tunelem zasahuje vrchní část zvodně holocenní vrstvy kvartéru. Proto existuje přímé spojení mezi vodou v řece a podzemní vodou, úroveň hladiny podzemní vody se mění v závislosti na úrovni vody v řece Yangtze. Úroveň vody závisí na srážkách, hladina stoupá po deštích a klesá v obdobích sucha. Navíc poté, co dešťové srážky vyrovnají neomezenou vodu, tak dále kompenzují i omezenou vodu, tudíž i hladina omezené vody je ovlivněna dešti.

GEOLOGICAL CONDITIONS

The point with the minimum overburden (about 9.50m) is located at km 4.356, maximum overburden above TBM excavation is 40m (km 4.493). In the project area, the surface water is dominated by the water in Yangtze River (Fig.2). The depth of water in the river is from 3.76 to 22.96m (based on the river surface elevation being 15m).

In the river crossing section, the upper stratum is composed of the newly deposit loose silty sand and medium coarse sand in the Holocene Series of Quaternary System, and the middle stratum is composed of medium dense to dense silty sand in the Holocene Series of Quaternary System, and the bedrock in lower stratum is composed of pelitic siltstone intercalated with sandstone, and shale of the Silurian System.

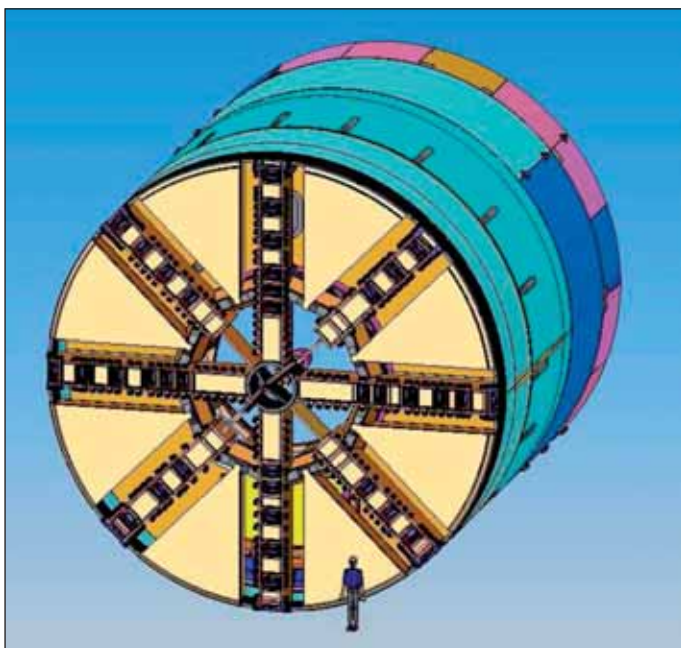
In north and south shores, the ground surface is covered with loose artificial filled soil and lacustrine formation of Quaternary System locally, the upper stratum is composed of the alluvial soft, plastic silty clay in the Holocene Series of Quaternary System, the middle stratum is composed of medium dense to dense silty sand in the Holocene Series of Quaternary System, and the bedrock in lower stratum is composed of pelitic siltstone intercalated with sandstone, and shale of the Silurian System.

The artificial filled layer is in loose state, which is unstable during the construction of open-cut tunnel and shaft. Therefore an appropriate support was necessary. Alluvial layer of the Quaternary System is mainly distributed in the surface layer of riverbed, composed of silty sand, or medium coarse sand locally, in loose state, which is also significantly unstable.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The groundwater in the project area includes three types: upper backwater, unconfined water, and confined water. The upper backwater mainly exists in the artificial fill and cohesive soil layer of Quaternary System, in small quantity. The unconfined water mainly exists in the silty sand layer and medium coarse sand layer below riverbed, having close link with water in river. The confined water mainly exists in silty sand layer and medium coarse sand layer of both shores. According to the quality analysis of backwater and unconfined water taken from site, the groundwater is not erosive to concrete structure or the rebar inside concrete structure, but slightly erosive to steel structure.

Permeability coefficient generally varies between 2.6 and 37.9m per day. Based on the water pumping test in the large-diameter pumping well in Wuchan shaft area, the comprehensive permeability coefficient of the confined water-bearing ground in southern river section is 26.72m per day.



Obr. 3 Bentonitové TBM použité pro ražbu
Fig. 3 Slurry TBM used for excavation

PLNOPROFILOVÉ TUNELOVACÍ STROJE TBM

Dva bentonitové plnoprofilové tunelovací stroje TBM společnosti NFM Technologies o průměru 11,38 m jsou použity pro výstavbu (obr. 3). Délka strojů je 58 m, jejich váha je 1285 t, výkon je 4500 kW, kroutivý moment 17 745 kNm, maximální rychlost postupu je 4 cm za minutu, celkový přítlak je 120 000 kN. Plnoprofilová řezná hlava má 8 ramen. Rozrušování masivu je prováděno řeznými dlaty, řeznými disky a nastavitelnými nástroji pro úpravu velikosti výrubu. TBM jsou na elektrický pohon a s 8 motory mají nastavitelnou rychlost. Erektor má 6 stupňů volnosti s rozsahem plus nebo minus 220°. Za strojem TBM jsou 3 návěsy. Nejvyšší výstup rubaniny je 1144 m³ za hodinu.

Stroje TBM jsou vybaveny zařízením pro injektování a monitorování pro potřebu zlepšování masivu bentonitem pro omezení přítoků vody. Sofistikovaný monitorovací systém byl vytvořen pro určení polohy TBM, pro polohu uložených segmentů, pro zdvihání či sedání povrchu, pro stávající budovy na povrchu, pro podzemní síť a pro změnu polohy či napjatosti masivu.

Provozní tlak TBM musel odpovídat hydrostatickému tlaku. Nejvyšší tlak vody na čelbě, který musel být zohledněn, byl tlak při maximální úrovni hladiny vody v historii (výška Wusong 29,73 m).

Ostění tunelu je tvořeno prefabrikovanými železobetonovými segmenty s vnitřním průměrem 10 m a vnějším průměrem 11 m (obr. 4). Mezera mezi segmenty a masivem je vyplňována cementovou maltou pomocí synchronního či sekundárního injektování. Tloušťka šroubovaných segmentů je 500 mm, jejich délka je 2 m, 9 segmentů je třeba na jeden prstenec.

RAŽBA POMOCÍ TBM

Horninový masiv ražený pomocí TBM obsahuje uhlý prachovitý písek. Spodní část tvoří kamenitá vrstva a velmi zvětralé pelitické prachovce s proplásky pískovce a břidlic. Lokálně se ve spodní části vyskytuje středně uhlý písek, uhlý písek a plastické prachovité jíly. Horninový masiv v blízkosti šachet je tvořen měkkými plastickými jíly a uhlými prachovci. Většina horninového masivu je třídy ražnosti I, kromě středně zvětralých pelitických prachovců s vložkami pískovců a břidlic třídy IV a velmi zvětralých pelitických prachovců s vložkami pískovců a břidlic třídy III.

V oblastech s nízkým nadložím, kde byla mocnost nadloží nižší než vnější průměr TBM, bylo nadloží převážně tvořeno neulehlými písčitymi zeminami. Proto musela být použita efektivní opatření pro zajištění bezpečné ražby (použití tlaky, injektáže, monitoring, atd.).

Horninový masiv v oblasti tunelu byl převážně tvořen písčitymi zeminami bohatými na vodu. Jednalo se především o omezenou

The Yangtze River above the tunnel cuts the top plate of confined pore water-bearing layer of Holocene of Quaternary System. Therefore, there is close water link between river water and groundwater, and the ground level changes along with the water level in Yangtze River. The level of stored water and unconfined water in upper part is controlled by rain. The water level rises after rain, and descends in dry season. Additionally, after the rain compensates the unconfined water, it further flows to compensate the confined water, thus the confined water level is also influenced by the rain.

TUNNEL BORING MACHINES

Two slurry TBM's of company NFM Technologies with the 11.38 m diameters are used for the construction (Fig.3). Their length is 58m, weight is 1,285t, installed power is 4,500 kW, maximal torque is 17,745 kNm, maximal speed of advance is 4 cm per minute, total thrust is 120,000 kN. Full face cutter head has 8 arms. Ground cutting is provided by drag bits, disc cutters, and variable overcuts. TBM's are electrically powered, they have a variable speed with 8 motors. Erector has six degrees of freedom with range plus or minus 220°. There are three back-up gantries behind the machine. The maximum outlet flow of slurry is 1,144 m³ per hour.

TBM's are equipped with grouting equipment and monitoring equipment for the purpose of treating the ground with slurry to stop water. A sophisticated monitoring system was established to monitor the stance of TBM, segment installation position, ground heave or settlement, existing building on ground, underground pipeline, change of ground displacement and stress.

The operation pressure of TBM had to match with water pressure. The maximum water pressure at excavation face had to be considered to be the pressure under maximum flood water level in the history (Wusong elevation 29.73m).

The tunnels are lined with one pass pre-cast reinforced concrete segments with internal diameter 10m and external diameter 11m (Fig.4). The gap between segments and ground is filled by cement grout by synchronous grouting or secondary grouting. Thickness of bolted segments is 500mm, their length is 2 m, 9 segments are required for one ring.



Obr. 4 Instalace segmentů v horní části ostění
Fig. 4 Segment assembling in the roof area



Obr. 5 Pohled do šachty z dokončeného tunelu
Fig. 5 View to shaft from the completed tunnel

vodu s vysokým vodním spádem, případně o neomezenou vodu s vysokým vodním spádem pod řekou. Vzhledem k vysokému tlaku vody byly očekávány náhlé přítoky vody či písku během TBM ražby, které mohly způsobit významnější kolapsy. Vysoký hydrostatický tlak vyžadoval vysokou spolehlivost TBM a vodonepropustnost tunelového ostění. Analýza musela být provedena pro prozkoumání možnosti výměny řezných nástrojů pod řekou. Zejména bylo prozkoumáno, jaké problémy se během výměny řezných nástrojů mohou objevit.

Vrstva oblázků byla zastížena ve spodní části profilu tunelu. Přestože oblázky nejsou velké a vrstva není příliš mocná, musela být tato skutečnost zohledněna pro nastavení profilu výrubu a pro sedání povrchu způsobené vlivem této vrstvy na práci řezné hlavy. Spodní část tunelu v km 3,588–4,250 zastížila vrstvu ulehlých oblázků a středně až velmi zvětralých pelitických prachovců s vločkami pískovců a břidlic. Čelba tunelu byla nehomogenní s proměnnou tvrdostí masivu, proto musel být řešen problém odklonu TBM směrem vzhůru vzhledem k nerovnoměrné síle působící na řeznou hlavu.

Byl také požadován monitoring teoreticky nebezpečných plynů. Žádný nebezpečný plyn však během ražby nebyl zastížen.

Průměrná rychlost ražby byla 8–10 m za den, maximální dosažené postupy byly 18 m za den. Pod vedením sdružení CTRG JV byly veškeré problémy během ražeb zvládnuty na nejvyšší technické úrovni. Projekt byl po celou dobu v souladu s časovým harmonogramem.

ZÁVĚR

Po dlouhé době omezeného vývoje dopravní infrastruktury v Číně začal nový vývoj v 80. a 90. letech 20. století s významnou podporou mezinárodních financí z World Bank, Asian Development Bank a z dalších finančních institucí. Vzhledem ke stále narůstající ekonomické síle domácích zdrojů je v dnešní době stále více projektů financováno z čínských městských, provinčních a národních rozpočtů. V současnosti Čína představuje největší a významně rostoucí tunelářský trh na světě. Příklady, jako jsou systémy metra v Beijingu a v Šanghaji se stovkami km postavených během několika let a desítky kilometrů dálnic a železnic dokončených každý rok, jsou velmi dobře známy tunelářské komunitě. Konvenční tunelování podobně jako ražby pomocí maloprofilových TBM v průměrných geologických podmínkách již byly zvládnuty čínskými společnostmi a experty. Unikátní tunelářské výzvy v Číně, jako např. podchod řeky Yangtze ve Wuhanu, však ještě stále budou v příštích letech potřebovat špičkové technologie a odborné znalosti od světového tunelářského průmyslu.

HARALD WAGNER, Ph.D., PE., office@d2consult.eu,
D2 CONSULT ZT GmbH

Recenzoval: Ing. Otakar Hasík

TBM EXCAVATION

The ground passed by TBM's mainly includes dense silty sand. The lower part is pebble layer and strongly weathered pelitic siltstone intercalated with sandstone and shale. There are locally medium-dense sand, dense sand and plastic silty clay. The ground near shafts is soft-plastic silty clay, dense silt. The excavation-ability most ground is class I, except that of medium weathered pelitic siltstone intercalated with sandstone and shale being class IV, and that of strongly weathered pelitic siltstone intercalated with sandstone and shale being class III.

In the areas with small overburden, whose thickness was less than the outer diameter of TBM, the overburden was mainly composed of loose sandy soil. Therefore effective measures had to be taken to ensure safe TBM tunnelling (applied pressure, grouting, monitoring, etc.).

The ground passed by tunnel was dominated by sandy soil bearing rich water, whose groundwater features confined water with high water head in both shores, or unconfined water with high water head under the river. Since the pressure of water was high, sudden water inflow or sand flow were expected during TBM tunnelling, which could cause large area collapse. Therefore the high water pressure required high reliability of TBM, and watertightness of the tunnel lining. An analysis had to be provided in regard to the feasibility of changing cutters under the river. In particular it was elaborated what problems might occur in the context of the cutter change.

Pebble layer was encountered at the lower part of excavation face. Though the pebble is not so large in size, and the layer is not thick, the overcut and ground settlement caused by the disturbance of cutterhead to the pebble layer during tunnelling was taken into account. The tunnel lower part in section of km 3.588 – 4.250 did cut into dense pebble, and strongly or medium weathered pelitic siltstone intercalated with sandstone and shale. The tunnel face was inhomogeneous with various ground hardness, therefore the danger of TBM deviation upward due to uneven force acting on the cutterhead had to be sorted out.

It was required to monitor the potential harmful gas. No harmful gas was discovered during the tunnelling.

The average progress rate was 8 - 10 m per day whereas peak progress rates have been achieved 18 m per day. Under the strong leadership of the CTRG JV Project Headquarters, no problems have been encountered without being mastered on the highest technical performance in construction. The project has been always on time and schedule.

CONCLUSION

Over long time underdeveloped traffic infrastructure in China started its new development in 80th and 90th years of 20th century with high portion of international financing by the World Bank, Asian Development Bank and other financial institutions. With increasing economic power of domestic sources, more tunnelling projects are financed from Chinese municipal, provincial and national budgets nowadays. Today, China represents biggest and rapidly growing, tunnelling market in the world. Examples of Beijing and Shanghai Metro systems with hundreds of km constructed within several years and tens of km of highway and railway tunnels finished each year are well known to international tunnelling community. Conventional tunnelling as well as smaller diameter TBM tunnelling in moderate conditions has been already mastered by Chinese companies and experts. Unique tunnelling project challenges in China, as e.g. Wuhan Yangtze Crossing, however, would still need high-tech technologies and expertise from international tunnelling industry in years to come.

HARALD WAGNER, Ph.D., PE., office@d2consult.eu,
D2 CONSULT ZT GmbH

SOKP 514, TUNEL LOCHKOV NOVÝ MODEL ZADÁVACÍCH PODMÍNEK PRO VÝSTAVBU TUNELŮ A ZKUŠENOSTI Z PROVÁDĚNÍ PRŮZKUMNÉ ŠTOLY PRO RAŽBY PLNÝCH PROFILŮ

THE LOCHKOV TUNNEL, SOKP 514 A NEW MODEL OF TENDER CONDITIONS FOR TUNNELLING PROJECTS; EXPERIENCE OF THE DRIVING OF AN EXPLORATION GALLERY FOR EXCAVATION OF FULL-FACE TUNNEL

MARTIN SRB

ÚVOD

Příklady z tunelářsky vyspělých zemí ukazují, že pro úspěšné a efektivní realizace tunelových projektů je nutné splnit řadu podmínek. Některé jsou ovlivněny přírodními faktory (např. geologie, hydrologie, morfologie terénu) a další faktory umělými/lidskými (zastávenost povrchu, využití krajiny, předpisy, kapacity a kompetence jednotlivých subjektů, společenské vlivy, organizace a řízení projektu, tradice a ceny). Zatímco faktory přírodní jsou v měřítku doby přípravy a výstavby v podstatě stálé, faktory umělé se průběžně mění. Optimální řešení přípravy a následné realizace konkrétního díla proto musí vycházet ze snahy zohlednit stávající stav konkrétního projektu a přihlídnout k možnému vývoji.

Výstavba tunelů v částečně zastavěném území Lochkova a Radotína přináší kromě technických problémů také problémy související s vlivy stavby na okolí a na obyvatele žijící v dosahu těchto vlivů. Při přípravě tunelů Lochkov na stavbě silničního okruhu kolem Prahy (SOKP 514) byly využity dosavadní zkušenosti zadavatele a projektanta s přípravou a prováděním několika dálničních tunelů v ČR (Valík, Panenská, Libouchec) a zároveň zkušenosti konzultanta s přípravou a prováděním tunelů v různých evropských i mimoevropských zemích. Snaha o zohlednění konkrétních podmínek projektu, úroveň oboru a respektování předpisových podkladů závazných pro zadání stavby a její realizaci vedly mj. k vypracování zadávací dokumentace včetně zvláštních technických a kvalitativních podmínek (ZTKP), které zjednotily a zpřehlednily zadání a realizaci stavby.

Investorem/zadavatelem projektu je ŘSD ČR, závod Praha, zhotovitelem průzkumné štoly Metrostav a. s., zhotovitelem tunelů v rámci Sdružení 514 firma Hochtief a. s., projektantem dokumentace pro stavební povolení a zadání stavby DSP a DZS Metroprojekt Praha a. s., technickým poradcem investora pro tunelové části stavby firma D2 Consult Prague s. r. o., která také prováděla supervizi ražby průzkumné štoly. Geotechnický monitoring (GTM) během realizace (včetně štoly) provádí sdružení firem SG-Geotechnika a. s./SUDOP Praha a. s.

PŘÍPRAVA TUNELOVÝCH OBJEKTŮ STAVBY SOKP 514, REALIZACE PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

Dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR) byla vypracována v letech 1998–1999 a schválena v roce 2004. Během jejího zpracování a projednávání se vyskytly návrhy úprav výškového a směrového vedení trasy tunelů (zkrácení trasy, prodloužení a snížení nivelety tunelů). Po vypracování srovnávací studie EIA bylo zachováno původní řešení. Tunely v DUR jsou navrženy jako dvě tunelové trouby konvenčně ražené pomocí NRTM, dvoupruhová – klesající a třípruhová – stoupající o délce ražených úseků cca 1260 m.

Již v době zpracování DUR se uvažovalo o ražbě průzkumné štoly v celé délce kaloty třípruhového tunelu, která byla následně realizována v roce 2004. Hlavní důvody pro provedení štoly byly následující:

- prohloubení znalostí o vlastnostech horninového masivu,
- zlepšení podmínek budoucí ražby,
- fixování trasy,
- předstihové vybudování některých částí zařízení staveniště, přístupové trasy, sítě, pozemky.

INTRODUCTION

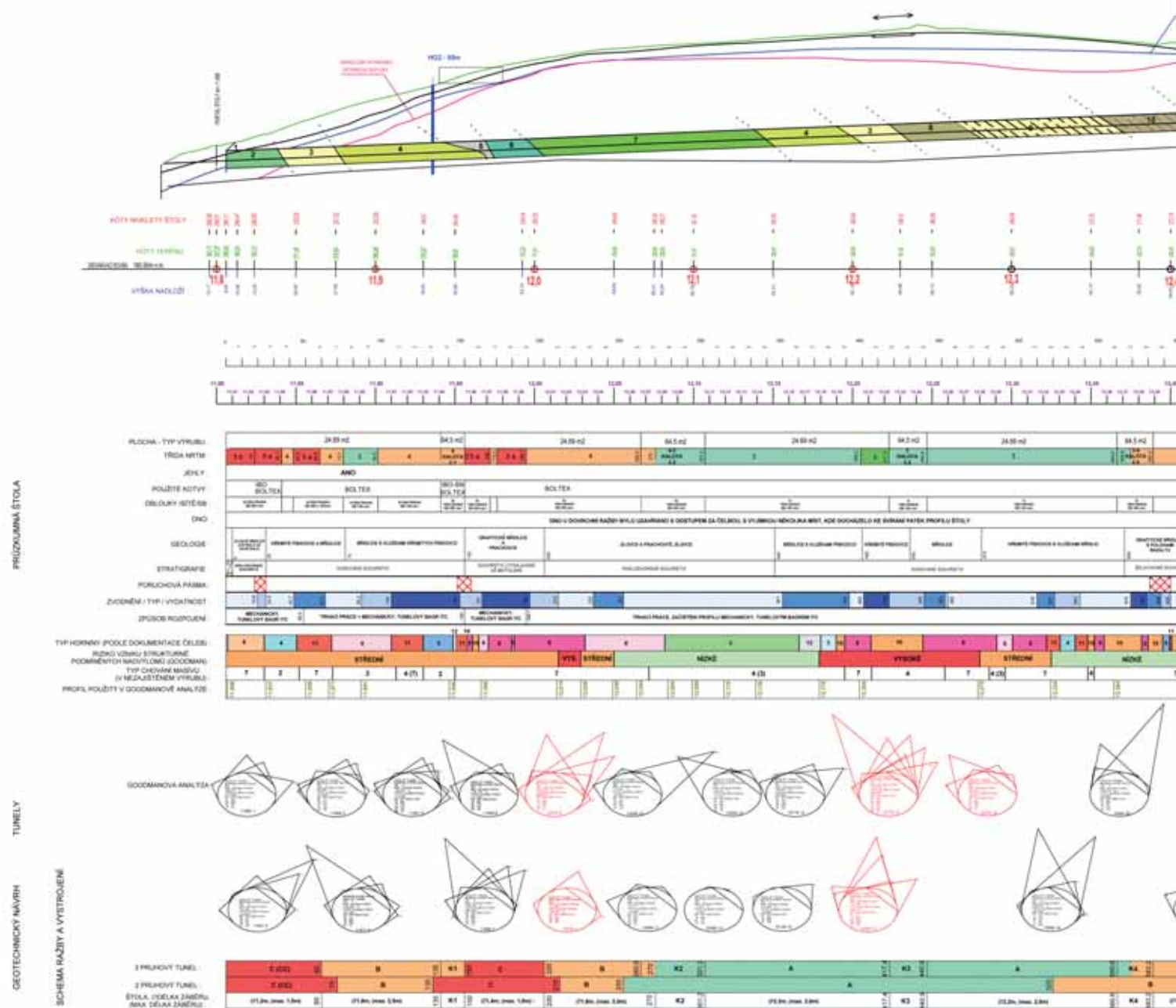
Examples from countries with developed tunnelling industries show that there are many conditions which must be met to be able to successfully and effectively implement tunnelling projects. Some of the conditions are affected by natural factors (e.g. geology, hydrology, terrain morphology) and other by artificial/human factors (built-up areas, exploitation of the landscape, regulations, capacity and competence of involved subjects, societal influences, project organisation and control, traditions etc.). While the natural factors are essentially invariable on the scale of the duration of the planning and subsequent construction period, the artificial factors continuously vary. The optimum solution of the planning and subsequent construction of a particular project must be based on an effort to take into consideration specific conditions of the project and allow for the possible development.

The construction of tunnels in the partly built-up areas of Lochkov and Radotín is accompanied, apart from engineering problems, even with problems associated with the impacts of the construction on the surroundings and the population living within the reach of those impacts. During preparation of the Lochkov tunnels in Prague (construction lot SOKP 514), the experience which had been gained by the client and designer in the planning and construction of several motorway tunnels in the Czech Republic (the Valík, Panenská and Libouchec tunnels) and, at the same time, the experience learned by the engineering consultant in the planning and construction of tunnels in Europe and worldwide was used. The effort to allow for the conditions of the particular project, considering the practices of the tunnelling industry and applicable regulations resulted in the development of the ZTKP (basic technical specifications) and tender documents, which made the tender process and consequent construction simpler and more transparent.

The owner/client is the Prague office of the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic; the contractor for the gallery is Metrostav a.s.; the contractor for the tunnels is Hochtief a.s. as a part of the group of companies Sdružení 514; the designer for the DSP (final design) and the DZS (tender conditions) is Metroprojekt Praha a.s.; the engineering consultant to the client for tunnels is D2 Consult Prague s.r.o., which, in addition, provided the supervision over the excavation of the exploration gallery; geotechnical monitoring (GTM) during the excavation (including the gallery excavation) is carried out by a group of companies consisting of SG Geotechnika and SUDOP Praha a.s.

THE PLANNING OF THE TUNNEL STRUCTURES FORMING THE CONSTRUCTION LOT SOKP 514; EXECUTION OF THE EXPLORATION GALLERY

The DUR (design documentation for issuance of zoning and planning decision) was carried out in 1998 – 1999 and it was finally approved in 2004. Proposals for changes in the vertical and horizontal alignment of the tunnels (reduction in the route length, extension of tunnel length and modification of the alignment) were submitted during the work on the design documentation. Although, when the EIA had been finished, the original design remained unchanged. According to the DUR, the tunnels are designed as two tunnel tubes to be driven using the traditional NATM (about 1260m long mined sections); double-lane configuration was designed for the descending tube and three-lane for the ascending tube.



Obr. 1 Geotechnické vyhodnocení ražby průzkumné štoly (Mgr. J. Zmítka, D2 Consult, 2005)
 Fig. 1 Geotechnical assessment of the excavation of the exploratory gallery (Mgr. J. Zmítka, D2 Consult, 2005)

Předstihové provádění průzkumných štol má také své nevýhody, především zvýšení celkových investičních nákladů, případně i prodloužení doby výstavby. Na konkrétním případě projektu tunelů Lochkov, podle našeho názoru, převážily výhody přijatého postupu. Kromě již zmíněných důvodů přinesla ražba průzkumné štoly další významné výhody:

- zkušenost zadavatele s problémy spojenými s ražbou (menšího rozsahu, ale ve stejné lokalitě),
- upřesnění očekávaných vlivů ražby plných profilů tunelů na okolí,
- vybudování systému sledování vlivů stavby na obyvatel a zástavbu, styk s obyvateli, informační toky, řešení sporů,
- předstihové provedení některých kompenzací a náhradních opatření (vodovod).

Kromě předem očekávaných vlivů (poklesy, vibrace od trhacích prací, doprava) se projevil významně vliv drénování masivu ražbou štoly v rozsahu výrazně převyšujícím předpoklady. Jako důsledek snížení hladiny podzemní vody (HPV) bylo zajištěno provizorní zásobování vodou několika trvale obydlených objektů, které užívaly vodu ze studní, a dále bylo vybudováno stále zásobování vodou oblasti, která byla postižena poklesem HPV pod úroveň dna studní. Tím byl vyřešen důsledek trvalého ovlivnění HPV v oblasti ještě před zahájením ražeb plných profilů. Další významnější pokles se neočekával a ani během zatím provedených ražeb (stav 4/2008) nenastal.

The excavation of an exploration gallery throughout the length of the top heading of the future three-lane tunnel was under consideration as early as during the work on the DUR. The gallery was driven in 2004. The main reasons for the execution of the exploration gallery were as follows:

- to increase knowledge of rock mass properties
- to improve conditions for the future excavation
- to fix the alignment
- to build some parts of the site facility, access roads, utilities and areas in advance

There are even disadvantages associated with the execution of exploration galleries in advance of the tunnel excavation, e.g. the increase in the total investment cost or, possibly, extension of the construction time. Regarding the particular case of the Lochkov tunnel, in our opinion, the advantages of the adopted procedure prevailed. Apart from the above-mentioned reasons, the excavation of the exploration gallery yielded other significant benefits:

- client's experience of the problems associated with the excavation (smaller in terms of the extent, but performed in the same location)
- adjustment of the knowledge of the expected impact of the full-face tunnel excavation impact on the surroundings



ZADÁVACÍ DOKUMENTACE TUNELOVÝCH STAVEB (DZS)

Požadavky

Zadávací dokumentace měla ve vztahu k provádění ražeb splnit následující, předem definované požadavky:

- zohlednit zkušenosti z ražby štoly,
- vytvořit podmínky pro využití flexibility NRTM,
- zjednodušit a zpřehlednit položky výkazu výměr, jasně a srozumitelně definovat podmínky provádění ražeb včetně způsobu jejich hodnocení, oceňování a úhrady.

Časový překryv zpracovávání DZS a provádění průzkumné štoly v roce 2004 neumožnil úplné zapracování vyhodnocení ražby štoly do DZS. To bylo provedeno až po dokončení ražby štoly zpracovatelem GTM a zároveň technickou supervizí ražby štoly (obr. 1). Tato vyhodnocení jsou k dispozici zhotoviteli tunelů. Ostatní požadavky byly do DZS zapracovány a společně s kvalitně prováděným geomonitorem přispěly k většímu využití flexibility a efektivity NRTM ve srovnání s dříve realizovanými dálničními tunely.

Vzhledem k dosavadní zkušenosti s organizací provádění tunelových staveb v ČR bylo snahou vytvořit zjednodušené, ale jednoznačné podmínky, které dávají zhotoviteli poměrně velké možnosti vlastní volby způsobu provádění a omezí případné spory při provádění, vykazování/dokladování, oceňování a fakturaci.

- development of a system covering the monitoring over the effects of the construction on the population and buildings, public relations, information flows, settlement of disputes
- compensations and implementation of some compensatory measures in advance of the tunnel excavation

Apart from the anticipated impacts (settlement, blasting induced vibrations, traffic), the effect of the rock mass drainage due to the gallery excavation proved to be significant, higher than expected. In response, temporary water supplies were provided for several permanently occupied buildings which used water from wells and permanent water supplies were secured for the area which was affected by the lowering of the water table under the level of wells. Owing to these measures, the consequence of the permanent effect on the water table in the area was solved even before the commencement of the full-face excavation. Other significant lowering of the water table was not expected and it has not happened during the tunnel excavation which has been completed till now (the state as of April 2008).

TENDER DOCUMENTS AND CONDITIONS FOR TUNNELLING PROJECTS (DZS)

Requirements

The tender conditions regarding the tunnel excavation were to meet the following pre-defined requirements:

Stavba: 514_na metr - 514_Razene objekty na metr / Construction lot: 514_per metre - 514_Mined structures per metre

číslo a název SO: SO 601 - RAŽENÝ DVOUPRUHOVÝ TUNEL / Structure number and name: SO 601 - MINED DOUBLE-LANE TUNNEL

Poř. č. pol. / Item No.	Kód položky / Item code	Název položky / Item name	Měrná jednotka / Measurement unit	Počet jednotek / Number of units
1	2	3	4	5
ZEMNÍ PRÁCE / EARTHWORK				
1	014101	POPLATKY ZA SKLÁDKU / STOCKPILE CHARGES	m ³	
2	144399	RAŽENÍ TUNELU TT3 V HORNINĚ SUCHÉ I MOKRÉ, ÚPADNĚ I DOVRCHNĚ VČ PŘEMÍSTĚNÍ RUBANINY V PODZEMÍ A ODVEDENÍ VODY, pomocí střelných prací nebo jiných rozpojovacích metod TUNNEL EXCAVATION THROUGH TT3 EXCAVATION SUPPORT CLASS, BOTH DRY AND WET GROUND, DOWNHILL AND UPHILL INCL. UNDERGROUND MUCK TRANSPORTATION AND DRAINAGE, by blasting or other disintegration techniques	m ³	
3	161201	PŘEMÍSTĚNÍ RUBANINY NA POVRCHU VČ PŘELOŽENÍ A ULOŽENÍ MUCK TRANSPORTATION ON THE SURFACE INCL. RELOADING AND DISPOSAL	m ³	
4	161711	NAKLÁDÁNÍ RUBANINY Z TECHNOLOGICKÉHO NADVÝLOMU VČ PŘEMÍSTĚNÍ V PODZEMÍ LOADING OF MUCK FROM TECHNOLOGICAL OVERBREAK INCL. UNDERGROUND TRANSPORTATION	m ³	
ZEMNÍ PRÁCE / EARTHWORK				
ZAKLÁDÁNÍ / FOUNDATIONS				
5	286213	KOTVY HYDR UPÍNANÉ V PODZ DL DO 3M ÚNOS DO 150KN VČ VRTÁNÍ V HOR SUCHÉ I MOKRÉ ANCHORS EXPANDED BY PRESSURISED WATER, UNDERGROUND, UP TO 3M, LOADING CAPACITY UP TO 150KN INCL. DRILLING IN BOTH DRY AND WET GROUND	KUS / PIECE	
6	286223	KOTVY HYDR UPÍNANÉ V PODZ DL DO 4M ÚNOS DO 150KN VČ VRTÁNÍ V HOR SUCHÉ I MOKRÉ ANCHORS EXPANDED BY PRESSURISED WATER, UNDERGROUND, UP TO 4M, LOADING CAPACITY UP TO 150KN INCL. DRILLING IN BOTH DRY AND WET GROUND	KUS / PIECE	

Obr. 2 Nově definované položky ražby a zajištění v OTSKP

Fig. 2 Newly defined items for excavation and support in the Industrial Classification of Engineering Structures and Works on Roads

NOVÉ AGREGOVANÉ POLOŽKY VÝKAZU VÝMĚR

DZS používá položek oborového třídění stavebních konstrukcí a prací (OTSKP) pro sestavení výkazů výměr pro tunelové objekty. Tento třídění umožňuje úpravu stávajících a vytvoření nových položek. Protože neexistuje vhodný specializovaný „třídění“ pro tunelové stavby, byl použit OTSKP a v souladu s jeho pravidly byly vytvořeny **nové položky, které odpovídaly potřebám způsobu zadání**. Jednalo se především o agregaci logických dodávek a prací do jedné položky.

Jako příklady je možné uvést:

RAŽBA (č. pol. 144*99)

V soupisu prací DZS je položka ražby v dané technologické třídě výrubu (TTV) určena bez zohlednění směru ražby (úpadně, dovrchně), způsobu rozpojování (trhací práce, bagr, fréza), skutečné délky záběru (v mezích TTV), bez příplatků za přítoky vody, či zvodnění masivu, bez rozdělení na ražbu kaloty, jádra či dna. Nakládání a doprava rubaniny v hoře jsou zahrnuty v ceně ražby stejně jako odvodnění, osvětlení, větrání a pod. Množství rubaniny se uvažuje z teoretického profilu zvětšeného radiálně o velikost tzv. technologického nadvýrubu, jednotně stanoveného na 25 cm, neuvažuje se nakypření.

ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU

Stříkaný beton (SB) (č. pol. 3629*4), je uvažován podle tloušťky, kvality betonu, včetně výztuže svařovanou sítí, v teoretickém množství podle TTV, bez vlivu prostředí (sucho/mokro).

Kotvy (svorníky) jsou uvažovány podle specifikovaného typu (SN, PG, IBO, HUS), např. tyčová kotva SN (č. pol. 2866*6) je definována únosností a délkou a v ceně 1 ks jsou obsaženy všechny dodávky a činnosti nutné k zajištění požadované funkce. Tj. samotná kotva vč. podkladní desky, matky a podložky, dále provedení vrtu, osazení za zainjektování kotvy, aktivování a doprava. Odpadají také možné příplatky za vrtání v mokru, průměr vrtu, třídu vrtatelnosti a další.

Tento přístup byl umožněn poměrně vysokým stupněm poznání problematiky stavby a horninového prostředí a podrobnou dokumentací ražeb průzkumné štoly včetně prováděných zkoušek. Během ražby průzkumné štoly se prováděl i výrub tzv. „výhyben“, které měly tvar budoucí kaloty třípruhového tunelu a bylo možno sledovat chování masivu při ražbě budoucího profilu. To také umožnilo s dostatečnou jistotou určit geotechnické podmínky budoucí ražby (očekávané chování, deformace, přítoky vody).

Obdobný způsob byl rovněž použit u některých položek zadání GTM (geotechnického monitoringu), např. při měření deformací primárního ostění v tunelu (tzv. konvergencí) se agregují všechny položky do dvou (dodávka a osazení měřičského bodu a počtu měření). Kromě toho je činnost odměňována paušálně za časovou jednotku (např. měsíc) při definování celkového počtu měřičských profilů a max. počtu měření během

- to allow for the experience gained during the excavation of the gallery
- to create conditions under which the flexibility of the NATM is exploited
- to simplify and make more transparent the items of the bill of quantities
- to define in a clear and understandable manner the conditions for the excavation, including the method of the excavation assessment, costing and payment

The overlap between the development of the DZS and the excavation of the exploration gallery in 2004 did not allow the designer to completely incorporate the assessment of the gallery excavation into the DZS. It was incorporated subsequently, when the excavation of the gallery had been completed, by the provider of the GTM services and, at the same time, through the engineering supervision over the excavation of the gallery (see Fig. 1). These assessments are available to the tunnelling contractor. The other requirements were incorporated into the DZS and, together with the high-quality geomonitring, contributed to the more extensive use of the flexibility and effectiveness of the NATM, compared to the previously built motorway tunnels.

Because of the practice in the organisation of tunnel construction works in the Czech Republic which has been used so far, the objective of the efforts was to develop simplified, but unambiguous conditions, which would give the contractor relatively great opportunity to choose by itself the work procedures and could diminish potential disputes regarding the execution, recording/documenting, pricing and invoicing of the work.

OTSKP (INDUSTRIAL CLASSIFICATION OF ENGINEERING STRUCTURES AND WORKS) ITEMS

The DZS uses OTSKP items for the creation of bills of quantities for tunnel structures. The classification system makes the modification of the existing items and creation of new items possible. Because no suitable specialised classification items exist for tunnel structures, the OTSKP items were used and **new items, which satisfied the needs of tendering for tunnelling**, were created, in compliance with the OTSKP creation rules. The main issue was the aggregation of logical supplies and works into one item.

As an example, we can present:

EXCAVATION (item number 144*99)

The item for the excavation through a particular excavation support class (ESC), contained in the bill of quantities which is part of the DZS, is determined without respect to the direction of excavation (downhill or uphill), the ground disintegration method (drill and blast, excavator or roadheader), actual excavation advance length (within the limits determined by the ESC), without extra charges for water seepage or wetness of the rock mass, without the division into the top heading, bench or invert excavation. The loading and transport of muck underground, as

celého provádění GTM. Při správné aplikaci je výsledkem flexibilnější a efektivnější provádění GTM.

ZTKP kapitola 24 (zvláštní technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací)

ZTKP-K24 doplňují TKP staveb pozemních komunikací kapitolu 24–Tunely a Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací. Společně s TKP určují technické požadavky na způsob provádění jednotlivých prací. Částečně odpovídají v zahraničí používaným „specifikacím = Specifications“, či „směrnicím = Richtlinien“.

ZTKP vycházejí z potřeb efektivního provádění ražeb observační metodou (NRTM) v současných podmínkách projektu ražených tunelů SOKP 514 a zohlednily principy použité projektantem, např. na stavbě pražského metra, a zahraniční zkušenosti.

Pro účely ocenění a úhrady (a předcházející nabídky) byly vytvořeny agregované položky prací za ražení 1 m tunelu v jednotlivých technologických třídách. Tato agregovaná položka se skládá z jednotlivých oceněných položek ražby a navržených prostředků zajištění. Protože v každé TTV je délka záběru v daných mezích od–do (např. TT5 0,8 do 1,2 m), a proto i skutečné množství prací a prostředků zajištění výrubu na běžný metr je různé, byla stanovena hodnota $\pm 20\%$ nabídkové ceny. Skupinová (agregovaná) cena za 1 m ražby tunelu bude upravována podle skutečně provedených prací, až pokud překročí cena skutečně použitých prostředků zajištění výrubu $\pm 20\%$. Zajištěním výrubu se rozumí SB se sítí, příhradové oblouky, radiální kotvy a jehly. Tímto opatřením se výrazně zjednoduší oceňování a úhrady prací a zároveň se přispěje k větší praktické využitelnosti flexibility NRTM a efektivitě provádění.

Pro úhradu nákladů na nezaviněný/technologický nadvýrub, jeho odtěžení a zaplnění SB je určen prostor o velikosti 25 cm radiálně nad teoretickým výrubem. V těchto 25 cm jsou zahrnuty i radiální deformace do výrubu (tzv. konvergence), které byly v DZS stanoveny na max. 5 cm. Odvoz rubaniny a zaplnění tohoto prostoru SB jsou hrazeny paušálně a kompenzují zhotovitele za výkony, které musí v určitém rozsahu provést z technologických důvodů vždy. Prostor mezi 25 cm a 50 cm radiálně nad teoretickým výrubem (tj. odvoz rubaniny a zaplnění SB) není hrazen nikdy. Nezaviněný, geologicky podmíněný nadvýrub je hrazen až za hranicí 50 cm od teoretického líce výrubu, pokud je větší než 1 m³ v každém jednotlivém případě.

Praktický způsob aplikace popsanych principů zadání je následující:

- zadavatel/zástupci zadavatele určují kritéria bezpečnosti provádění, tj. na základě vyhodnocení GTM a ražeb určí max. doporučenou délku záběru a výrubu, případně další opatření (jehly, kotvy, čelbový klín, zástřík, nebo přípustné meze min./max.),
- zhotovitel má volnost v určení způsobu provádění, který ovlivňuje efektivitu/nákladovost provádění, tj. způsob rozpojování, přesnost geometrie výrubu (nadvýšení profilu), délka záběru v daných mezích, úprava prvků zajištění stability výrubu,
- zadavatel/zástupci zadavatele neměří skutečný tvar každého záběru a neuhrazují zhotoviteli skutečné objemy (způsobené např. nešetřeným rozpojováním nebo délkou záběru), sledují pouze, zda nedošlo k překročení smluvní hranice.

Praktický efekt popsanych principů zadání je následující:

Tento způsob zadání motivuje zhotovitele k optimalizaci provádění ražeb. Zhotovitel je motivován zadávacími podmínkami k citlivému rozpojování, které omezuje porušení horninového masivu v okolí výrubu

well as drainage, lighting, ventilation etc. are included in the cost of excavation. The quantity of muck is derived from the theoretical excavated cross section, which is increased in the radial direction to reach the so-called “payline” (a unified margin of 25cm); the bulking is not taken into consideration.

EXCAVATION SUPPORT

SC (shotcrete) (item number 3629*4) is determined according to the thickness, concrete quality/grade (including steel mesh), in the theoretical quantity according to support class, without the influence of the environment (dry/wet).

Anchors (rock bolts) are determined according to the type prescribed by the specification (SN, PG, IBO, SWELLEX).

e.g. rod-type SN-anchor (item number 2866*6) is defined by the capacity and length; the price of one piece comprises all supplies and works necessary for proper functioning of the anchor, i.e. the anchor itself, face plate, nut and washer, the drilling, insertion and grouting of the anchor, activation and transport. Extra charges for drilling in wet conditions, borehole diameter, drillability class and others are excluded.

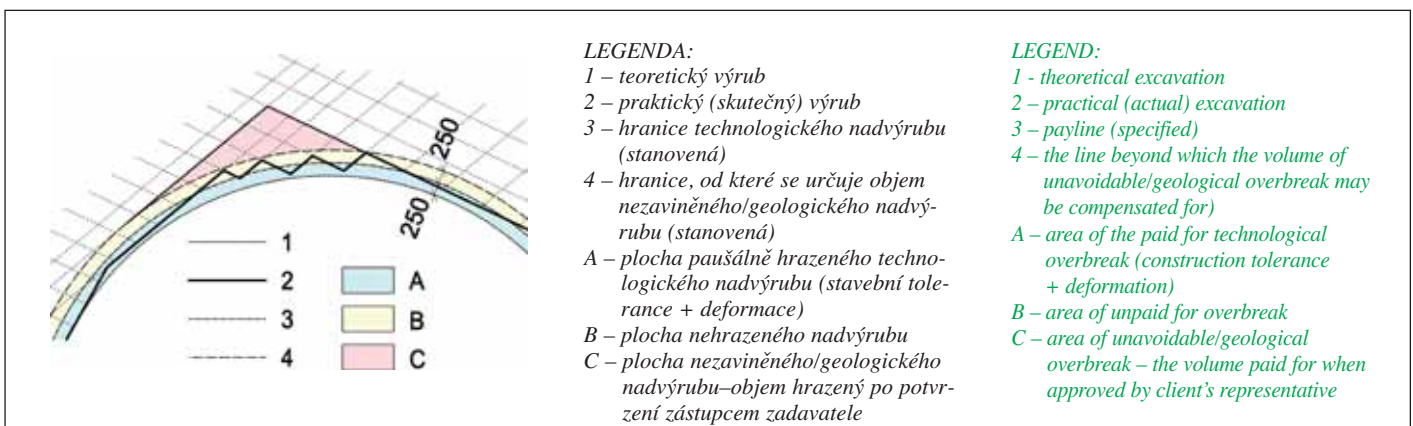
This approach was made possible owing to the relatively high degree of knowledge about the problems of the construction and rock environment, and thanks to the detailed documentation of the excavation of the exploration gallery, including the tests which were conducted. The excavation of the exploration gallery comprised, in addition, the excavation of the so-called “passing bays”. The shape of the passing bays was identical with the shape of the top heading of the future three-lane tunnel, therefore it was possible to monitor the behaviour of the rock mass during the excavation of the future tunnel profile. This method allowed the designer to determine the parameters of the conditions for the future excavation (the anticipated behaviour, deformations, water ingress) with a sufficient degree of certainty.

A similar approach was applied to some items of the tender conditions for the geotechnical monitoring (GTM); for example, at the measurement of deformations of the primary lining in the tunnel (the so-called convergences), all items are aggregated into two items (the supply and installation of a measuring point and the number of measurements). In addition, this activity is paid for at a fixed price for a time unit (e.g. a month), where the number of measurement stations and maximum number of measurements during the whole GTM contract is defined. The proper application of this system results in more flexible and effective execution of the GTM.

Chapter 24 of Special Specifications for Road Structures

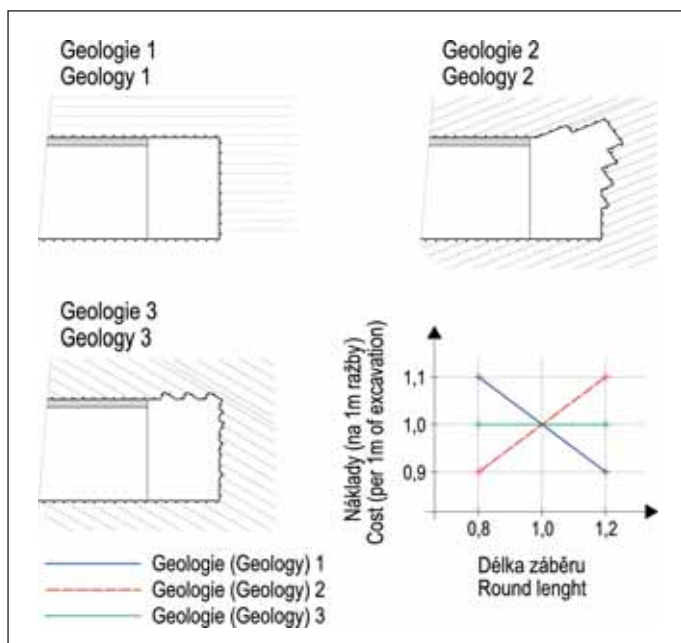
Chapter 24 of the Special Specifications for Road Structures supplements the Specifications for Road Structures and the Industrial Classification of Engineering Structures and Works on Roads, Chapter 24 – Tunnels. Together with the General Specifications, the Special Specifications define technical requirements for individual work procedures for specific project. They partially correspond to foreign Specifications or “Richtlinie” (guideline).

The Special Specifications were based on the needs for effective excavation using an observational method (the NATM) in the current conditions of the project of mined tunnels in construction lot 514 and incorporated the principles which had been applied by the designer, for example, to the Prague metro construction and experience of international projects.



Obr. 3 Technologický nadvýrub, hrazený a nehrazený, geologický nadvýrub hrazený

Fig. 3 Unavoidable/technological overbreak - paid for and unpaid for; geological overbreak – paid for



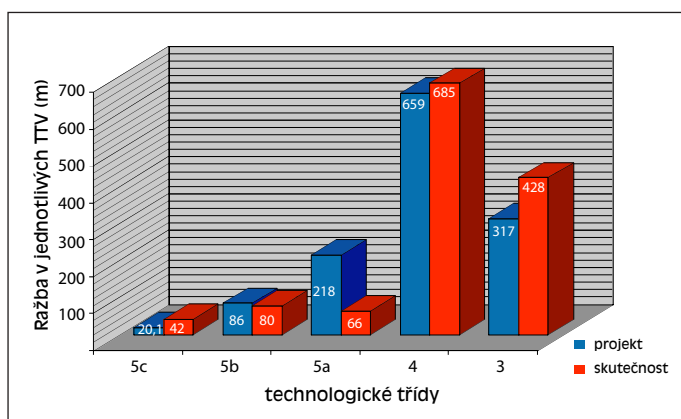
Obr. 4 Závislost nákladů na délce záběru a geotechnických podmínkách
Fig. 4 Dependence of costs (expenditures) on the excavation round length and geotechnical conditions

a k provádění přesného tvaru výrubu (někdy i na úkor délky záběru či rychlosti postupu). Zhotovitel si v mezích daných TTV může optimalizovat ražbu (např. zkrátit záběr, zpřesnit výrub a zmenšit spotřebu SB) podle svých potřeb a možností, neboť úhrada je paušální.

ZKUŠENOSTI Z PROVÁDĚNÍ TUNELU LOCHKOV

Ražba tunelu Lochkov byla zahájena 4. 12. 2006 ve dvoupruhovém, 1270 m dlouhém tunelu úpadní ražbou z lochkovského portálu. Prorážka kaloty do radotínského portálu se očekávala do konce dubna 2008. Ražba třípruhového, 1300 m dlouhého, tunelu byla zahájena 14. 2. 2007 a ražba kaloty byla ukončena prorážkou na radotínském portále 7. 12. 2007.

Nově zavedený model zadávacích podmínek přispěl k poměrně hladkému a rychlému průběhu ražeb, motivoval zhotovitele k opatrnému provádění ražeb a omezil nutnost některých kontrolních činností zadavatele (např. 3D scanování výrubu vyražených záběrů). Organizace kontroly a řízení stavby zadavatelem jsou prováděny prostřednictvím GTM, technického dozoru stavby (TDS) a technické pomoci pro ražby (TP). Rozhodování o upřesňování provádění ražeb bylo prováděno kolektivně za přítomnosti výše uvedených zástupců zadavatele a zhotovitele, kteří potvrzovali formulář dalšího postupu. Vzhledem k faktu, že většina subjektů (na straně zadavatele) se účastnila ražby průzkumné štoly a měla tedy nadstandardní místní geotechnické znalosti a vybudované vzájemné vztahy, probíhal celý rozhodovací proces velmi kompetentně a věcně. Poměr předpokládaného (DZS) a skutečného rozložení technologických tříd výrubu po ražbě kaloty je na obr. 5.



Obr. 5 Předpokládané a skutečné rozložení technologických tříd v třípruhovém tunelu

Fig. 5 Anticipated and actually encountered proportions of excavation support classes in the three-lane tunnel

Aggregate work items for the excavation of 1m of the tunnel for individual excavation support classes were created for the purpose of pricing and payment (and for the purposes of the bidding, which had preceded). An aggregate item comprises prices of individual excavation operations and support measures required by the specification. Because the excavation advance length, specified for each particular excavation class, varies within specified limits (e.g. 0.8 – 1.2m for class 5), which means that the actual quantity of work and means of excavation support per linear meter vary, the value was determined with a $\pm 20\%$ margin. The aggregate price per 1m of the tunnel excavation will be adjusted only when the cost of the actually used means of excavation support differs by more than $\pm 20\%$. The excavation support is understood to consist of shotcrete, mesh, lattice girders, radial anchors and dowels. The above measure will significantly simplify the process of pricing of and payment for works and, at the same time, will contribute to higher degree of utility of the flexibility of the NATM and effectiveness of the works execution.

The costs incurred due to unavoidable/technological overbreaks, removal of muck and backfilling of the voids with shotcrete are compensated within the 25cm margin between the theoretical excavation line and the "payline". Radial deformations to the excavated space (convergences), for which the DZS specified a maximum value of 5cm, are also allowed for in this margin. The removal of muck and filling of the overbreak with shotcrete is paid for by a lump sum, which compensates for contractor's work which has to be always carried out to a certain extent, for technological reasons. The removal of muck from the annulus between the payline (25cm margin) and a line defining a 50cm margin, and filling of the overbreak with shotcrete are never paid for. An unavoidable, geologically conditioned overbreak is compensated for in the extent which exceeds the 50cm margin line only if it is larger than 1m³ in each individual case.

The practical procedure for the application of the above-mentioned principles is as follows:

The client/client's representatives specify safety criteria for the operations, i.e. they specify the maximum recommended length of the round and excavation advance length, possibly even other measures (spiling, anchors, a support core, face shotcrete sealing or maximum/minimum permitted limits);

- the contractor is free to determine the work procedure items which affect the efficiency/costs of the work, i.e. the method of ground disintegration, precision of the excavation geometry (overcutting), the excavation advance length (within the given limits), modification of the support;
- the client/client's representatives do not measure the real shape after each excavation advance and do not pay the contractor for actual volumes (deviating due to inconsiderate disintegration of the ground or the length of the excavation advance)

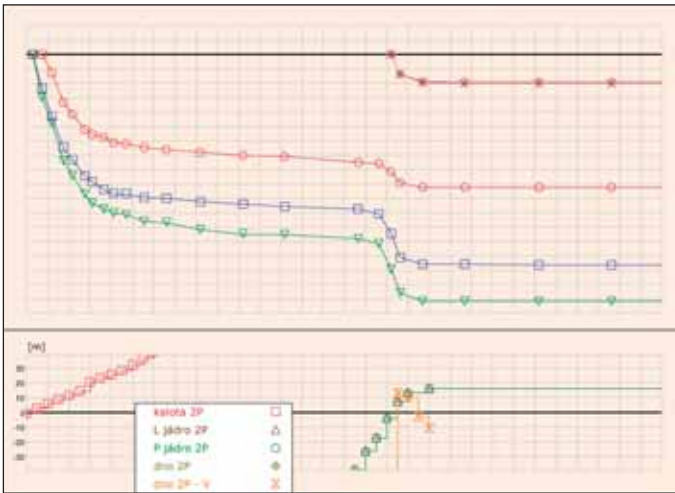
The above-mentioned principles have the following practical effect:

This system of tender conditions motivates the contractor to optimise the excavation operations. The contractor is motivated through the tender conditions to careful disintegration/excavation, which reduces the disturbance to the rock mass in the surroundings of the excavation, and to keeping precisely the design contour of the excavation (sometimes even at the expense of the excavation advance length or the advance rate). The contractor is allowed to optimise the excavation processes (e.g. to reduce the excavation advance length, increase precision of the excavated profile and to reduce the consumption of shotcrete), within the limits given by the respective excavation support class, as it needs and is able; the payment is in the form of a lump sum.

EXPERIENCE GAINED DURING THE LOCHKOV TUNNEL EXCAVATION

The excavation of the Lochkov tunnel commenced on 4.12.2006, starting at the Radotín portal of the 1270m long, double-lane tunnel tube, on a down gradient; the top heading breakthrough is expected by the end of April 2008. The excavation of the 1300m long, three-lane tunnel tube started on 14.2.2007 and the top heading broke through the Radotín portal on 7.12.2007.

The newly introduced model of tender conditions contributed to the relatively smooth and quick progress of the excavation, motivated the contractor to carry out the excavation carefully and diminished the necessity for some of the client's inspection activities (the scanning of completed excavation after each advance).



Obr. 6 Vliv uzavření spodní klenby na deformace; typický průběh deformací v oblasti zhoršených geotechnických vlastností masivu

Fig. 6 The effect of the closing of the profile by an invert on deformations; a typical deformation curve in an area of worsened geotechnical properties of the rock mass

Průzkumná štola v třípruhovém tunelu (se stropní částí ponechávající jako podélný nosník nad středem kaloty a s dělenou čelbou kaloty) přispěla ke stabilitě výrubu především v místně zastížených zhoršených geotechnických podmínkách. Z hlediska provozního umožnila efektivní větrání a vytvořila nezvykle dobré pracovní prostředí na čelbě. Svým drenážním účinkem omezila vliv vody na stabilitu výrubu na minimum a oba tunely jsou po ražbách v podstatě suché, s lokálními průsaky.

V průběhu přípravy a realizace ražeb došlo k několika úpravám a změnám vzhledem k DZS a zadávacím podmínkám. Tyto změny nepřekročily standardní úpravy ražby prováděné NRTM. Byla zavedena TTV5c (zajištění spodní klenbou v kalotě) a použita u lochkovského portálu v obou trubkách v délce několika desítek metrů, dále v délce cca 15 m před výhybnou č. 1 průzkumné štoly (kde byly při ražbě štoly zastíženy zhoršené podmínky ražby a velké progresivní deformace). Uzavření profilu spodní klenbou bylo dále provedeno v 25 m úseku dvoupruhového tunelu v oblasti potenciálně ovlivňující sedání na povrchu v oblasti zástavby. S výjimkou dvou poruchových zón nepřekročily deformace ostění 5 cm, tj. hodnotu předpokládanou v DZS. V těchto zónách byla potvrzena důležitost uzavírání profilu spodní klenbou pro omezení deformací a stabilizaci masivu.

Důležitým aspektem ražeb byla omezení při ražbách pod zástavbou, která byla v průběhu stavby upravována i nad rámec předpokládaných opatření. Negativní vliv stavby na zástavbu a obyvatele byl maximálně omezen díky intenzivní spolupráci zadavatele a zhotovitele, a průběžná velmi podrobná informovanost veřejnosti v ovlivněné oblasti přispěla k přijatelnosti stavby pro většinu obyvatel. Případné nároky majitelů nemovitostí v ovlivněné oblasti budou řešeny po dokončení tunelů. Již dnes je ale možné konstatovat, že vlivem ražeb nedošlo k žádným staticky a funkčně relevantním poškozením.

ZÁVĚR

Nový model zadávacích podmínek pro výstavbu tunelů Lochkov na stavbě SOKP 514 se při vlastním provádění osvědčil. Předstihové provedení průzkumné štoly umožnilo poměrně přesně stanovit očekávané podmínky ražeb a zapracovat je do zadávací dokumentace tak, aby se zjednodušilo provádění vč. řízení, kontroly a úhrad provedených prací. Přestože každý tunelový projekt představuje specifický problém, ke kterému je zapotřebí přistupovat individuálně, některé principy použité při zadání a realizaci tunelů Lochkov je možné použít i na většině budoucích tunelových projektů v ČR.

ING. MARTIN SRB, srb@d2-consult.cz, D2 CONSULT PRAGUE s. r. o.
Recenzoval: Ing. Libor Mařík

The organisation of the client's inspection and control is through the GTM, the Supervising Engineer and the Technical assistance for excavation. Decisions on the adjustment of the excavation procedures were made collectively, in the presence of the above-mentioned representatives of the client and contractor, who signed a form for the further procedure. Considering the fact that the majority of subjects (on the client's side) had participated in the excavation of the exploration gallery and had, therefore, not only above-standard knowledge about the local geotechnical conditions but also well developed mutual relationships, the entire decision-making process was very competent, pragmatic and smooth. The proportion of the anticipated (in the DZS) and actually encountered excavation support classes in the top heading is shown in Fig. 5.

The exploratory gallery along the three-lane tunnel (with its roof left in the crown unbroken to act as a longitudinal beam over the centre of the top heading and with the top heading face divided into sequences) contributed to the stability of the excavation, above all in the locations where locally worsened geotechnical conditions were encountered. From the operational point of view, the gallery made effective ventilation possible and created an unusually good working environment at the face. Owing to its drainage effect, the influence of water on the excavation stability was reduced to a minimum and both tunnel tubes are now, when the excavation is finished, essentially dry, only with local seepages.

Several modifications and changes with respect to the DZS and tender conditions were carried out during the planning stage and the construction. The changes did not exceed the standard scope of deviations occurring in the process of the NATM excavation. The excavation support class 5c which was added (the support by means of an invert in the top heading) was applied to several tens of meters of the excavation at the Lochkov portals of both tunnel tubes, and to about 15m of the excavation before the passing bay No. 1 in the exploration gallery (worsened excavation conditions and large deformations during the excavation of the gallery). The closure of the profile by an invert was further performed along a 25m long section of the double-lane tunnel, in an area where surface buildings were potentially threatened by surface settlement. Excepting two weakness zones, deformations of the lining did not exceed 5cm, which is the value which had been anticipated by the DZS. The importance of the closing of the profile by an invert for the reduction of deformations and stabilisation of the rock mass was confirmed in those zones.

An important aspect of the excavation was the array of restrictions applied to the excavation under existing buildings, which were adjusted even beyond the scope of the anticipated measures. The negative impact of the construction on the buildings and residents was maximally reduced owing to the intense collaboration between the client and contractor; the fact that the residents of the area affected by the excavation were continually kept well informed contributed to the acceptability of the construction for the majority of the population. Contingent claims laid by landowners in the affected area will be settled after the completion of the tunnels; nevertheless, we can already today state that neither structurally nor functionally relevant damage was caused by the excavation.

CONCLUSION

The new model of tender conditions for the construction of the Lochkov tunnels in construction lot 514 proved during the construction phase well. Owing to the exploratory gallery, which was driven in advance, the anticipated excavation conditions could be determined relatively exactly and could be introduced into the tender documents; thus the execution of the works, including the control, checking and payments for the completed works were simplified. Even though every tunnelling project represents a specific problem which must be approached individually, some of the principles which were applied to the preparation of tender conditions and the construction of the Lochkov tunnel are applicable even to most of the future tunnelling projects in the Czech Republic.

ING. MARTIN SRB, srb@d2-consult.cz, D2 CONSULT PRAGUE s. r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] J. Zmítka, M. Srb, E. Stehlík, K. Klima, T. Svoboda: Geotechnické vyhodnocení ražby štoly SOKP 514–2005.
- [2] Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací–MDČR 2003

TUNEL KARPATY – NAJDLHŠÍ DIAĽNIČNÝ TUNEL NA SLOVENSKU

KARPATY TUNNEL – THE LONGEST MOTORWAY TUNNEL IN SLOVAKIA

MARTIN BAKOŠ

ÚVOD

Podľa III. paneurópskej konferencie v Helsinkách tvoria nosnú sieť projektu TEN na Slovensku tieto ťahy:

Koridor č. IV: Berlín–Praha–Bratislava–Budapešť–Istanbul v trase diaľnice D2

Koridor č. Va: Terst–Bratislava–Žilina–Košice–Užhorod–Lvov v trase diaľnice D1

Koridor č. VI: Gdansk–Katovice–Skalité–Žilina v trase diaľnice D3

Potom, čo sa Slovenská republika 1. mája roku 2004 stala súčasťou Európskej únie, rastie perspektíva rozvoja spolupráce v rámci stredo-európskeho euroregiónu, kde kooperujú oblasti Viedne a Dolného Rakúska, maďarské župy Győr, Mosson a Sopron, Juhomoravský kraj a zo slovenskej strany predovšetkým kraje Bratislavský a Trnavský. Význam dopravy v takto sa integrujúcom svete neustále rastie, a preto bude nutné vybudovať prepojenia týchto koridorov mimo zastavané územia miest tak, aby tranzitná doprava bola vedená v rámci možnosti mimo ich centier. Pre Bratislavu, ktorej cestná sieť nadriadených komunikácií bola dosiaľ budovaná s ohľadom na nepriechodnosť masívu Malých Karpát južným obchvatom mesta, t.j. ponad vodný tok Dunaja, by navrhovaná trasa pod masívom Malých Karpát znamenala podstatné odľahčenie cestnej siete vo vnútornom obvode mesta, predovšetkým na diaľnici D1 v prietahu mestom a skrátenie ciest v smere sever–východ.

Diaľnica D4, ktorej súčasťou má byť aj tunel Karpaty, začína na juhu na hraničnom prechode SR/Rakúsko Jarovce–Kittsee, kde nadväzuje na rakúsku diaľnicu A8. Podľa rozhodnutia Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR bude ďalej vedená v trase „nulťého okruhu“ okolo Bratislavy, t.j. východným obchvatom hlavného mesta. V predmetnom úseku medzi Ivanka pri Dunaji a Stupavou tvorí spojnicu jestvujúcej diaľnice D1 s diaľnicou D2. Je vedená v severovýchodnom kvadrante tohto budúceho diaľničného okruhu okolo Bratislavy, ktorý prevedie tranzitnú dopravu mimo zastavanú oblasť centra hlavného mesta SR. Navrhnutá trasa budúcej diaľnice D4 prechádza z rovinatého územia Podunajskej nížiny na juhu cez hrebeň Malých Karpát do Záhorkej nížiny na severe záujmového územia. V nadväzujúcich úsekoch nie je možné meniť smerové vedenie trasy, čo ovplyvňuje jej invariantné riešenie

INTRODUCTION

According to the 3rd Pan-European Transport Conference in Helsinki, the crucial projects of the TEN structure in Slovakia consists of the following routes:

Corridor No. IV: Berlin – Prague – Bratislava – Budapest – Istanbul on the D2 motorway route

Corridor No. Va: Trieste – Bratislava – Žilina – Košice – Uzgorod – Lvov on the D1 motorway route

Corridor No. VI: Gdansk – Katowice – Skalité – Žilina on the D3 motorway route

After 1st May 2004, when the Slovak Republic became part of the European Union, the prospect for the development of the cooperation grows, within the framework of the Central European region comprising the regions of Vienna and Lower Austria, the Hungarian counties of Győr, Mosson and Sopron, the South Moravian region and, from the Slovakian side, above all the regions of Bratislava and Trnava. The importance of transport in the world which is becoming integrated in this way steadily grows; it is therefore necessary to develop connections between these corridors outside built-up urban areas so that transit traffic bypasses urban centres as much as possible. As far as Bratislava is concerned, where the network of superior primary roads has been built till now with respect to the fact that the Small Carpathians massif was impassable, therefore the southern bypass route crossing the Danube was followed, the newly designed route under the Small Carpathians massif would mean substantial decongestion of traffic within the road network in inner areas of the city, above all on the D1 motorway passing through the city, and reduction in the length of roads in the north – east direction.

The D1 motorway, on which the Karpaty (the Carpathians) tunnel is to be built, starts in the south, at the Jarovce – Kittsee crossing of the Slovak – Austrian border, where it links the A8 Austrian motorway. As decided by the Ministry of transport, posts and telecommunications of the Slovak Republic, it will continue along the route of the so-called “Zero Ring Road” around Bratislava, i.e. the eastern bypass road around the capital city. Within the section in question, between Ivanka pri Dunaji and Stupava, it provides



Obr. 1 Prehľadná situácia (Geofos, s. r. o.)

Fig. 1 General layout (Geofos, s.r.o.)

Tab. 1 Prehľadná tabuľka tunelových úsekov
Table 1 Synoptical table of tunnel sections

Tunel Karpaty / Karpaty tunnel označenie / marking tunelová rúra / tunnel tube		variant 2 / variant 2-I		variant 3 / variant 3-I		3-II	
		ľavá / left	pravá / right	ľavá / left	pravá / right	ľavá / left	pravá / right
hĺbená časť / cut and cover part	juh (m) / south (m)	49	48	75	40	89	50
	sever (m) / north (m)	47	48	40	40	43,1	83,1
	celkom / total (m)	96	96	115	80	132,1	133,1
razená časť / mined part	celková dĺžka rúr / total length of tubes (m)	7972	7962	3460,5	3465	1709,9	1728,3
	výška nadložia / overburden height (m)	8068	8058	3575,5	3545	1842	1861,4
	pozdĺžny sklon / longitudinal gradient (%)	210,5	202,5	154	150	88,5	89,5
	zakružovací polomer / vertical curve radius (m)	1	1	2-3			
	smerový polomer R1 / directional curve radius R1 (m)	100 000	45 000	40 000			
	R2 / R2 (m)	1750	1750	2793,75	-3000	-3050	-3500
		20000	25000	12000	-1000	-10000	-3000

na začiatku a konci úseku. Z tohto predpokladu vyplýva aj pomerne úzky priechodný koridor cez hlavný hrebeň Malých Karpát, ktorý sa nachádza medzi mestskou časťou Rača a Svätým Jutom na juhu a Záhorskou Bystricou, Mariankou, Borinkou a Stupavou na severe (obr. 1). Na konci úseku je vedenie trasy viac menej invariantne dané stupňom rozpracovanej projektovej dokumentácie nadväzujúceho úseku. Preto hlavný priestor variantného riešenia sa nachádzal v tunelovom úseku pod Karpatmi a v riešení nadväzujúcich predportálových častí.

Územie stavby je čiastočne zastavané predovšetkým zástavbou prímestského charakteru, u ktorej je možno očakávať výrazné rozvojové tendencie. Značná časť územia je zalesnená. Tento priestor zaberá chránená krajinná oblasť Malé Karpaty, ktorá slúži okrem ochrany prírody predovšetkým ako rekreačné zázemie hlavného mesta. Ďalej sa územie na južných svahoch Karpát intenzívne využíva k poľnohospodárskym účelom, predovšetkým ako plochy viníc. V uvedenom priestore sa nachádzajú mimo iného tiež hlavné koridory existujúcich inžinierskych sietí, a to predovšetkým energetické vedenia 400 kV a 110 kV, vysokotlaké plynovody a vodovodné privádzacie. Všetky tieto okrajové podmienky muselo zohľadniť Združenie Bratislava–Stupava, tvorené spoločnosťami HBH projekt spol. s r. o. a Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., ktoré vyhralo v súťaži na vypracovanie technickej štúdie Diaľnice D4 Bratislava (D1, križovatka Ivanka pri Dunaji-sever)–Stupava (cesta I/2).

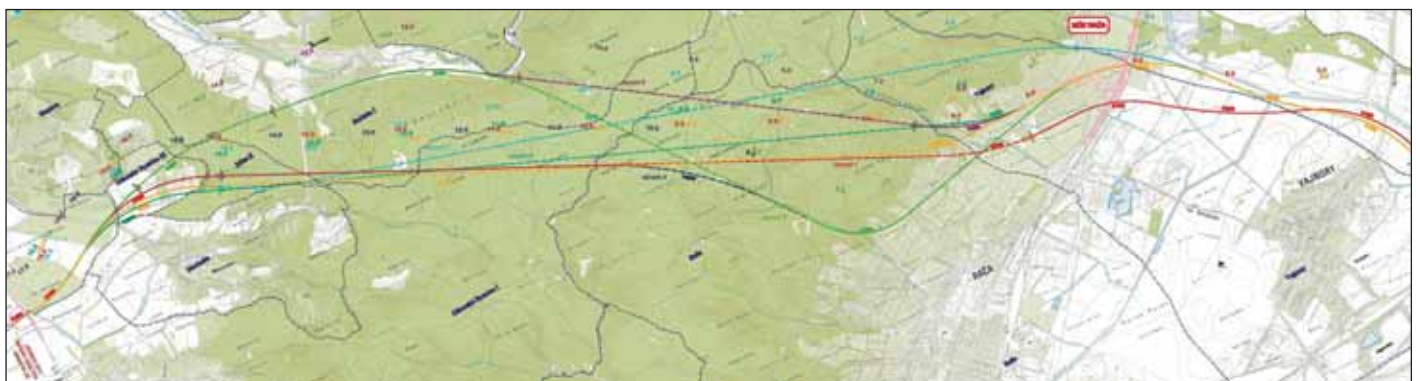
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O TUNELI

Nakoľko trasa diaľnice D4 prechádza územím so zložitou geomorfologickou skladbou a členitosť terénu neumožňuje viesť trasu iba po povrchu, je nutné riešiť vedenie trasy pod Malými Karpatmi v tuneli, resp. v tuneloch. Prvoradým cieľom riešenia tunelových častí stavby bol optimálny návrh smerového a výškového vedenia trasy, konštrukcie ostena, hydroizolácie, vetrania, ako aj ďalšieho technologického vybavenia z hľadiska bezpečnosti a riadenia prevádzky.

V rámci spracovania technickej štúdie sa navrhlo viacero alternatív trás tunela Karpaty (obr. 2), pričom úlohou projektantov bolo v jednom z variantov minimalizovať dĺžku tunela. Nakoniec sa vybrali a porovnali varianty 2 a 3 (tab. 1):

tunel Karpaty 2-I v rámci variantu 2 je súčasťou diaľnice D4 v staničení km 6,213–km 14,275 66, tj. v dĺžke pravej rúry **8058 m** a ľavej rúry **8068 m**,

tunel Karpaty 3-I v rámci variantu 3 je súčasťou diaľnice D4 v staničení km 8,178 88–km 11,719 35 pravej rúry, km 11,754 67 ľavej rúry, tj. v dĺžke pravej rúry **3540,47 m** a ľavej rúry **3575,789 m**,



Obr. 2 Varianty trás tunela Karpaty (HBH projekt spol. s r. o.)

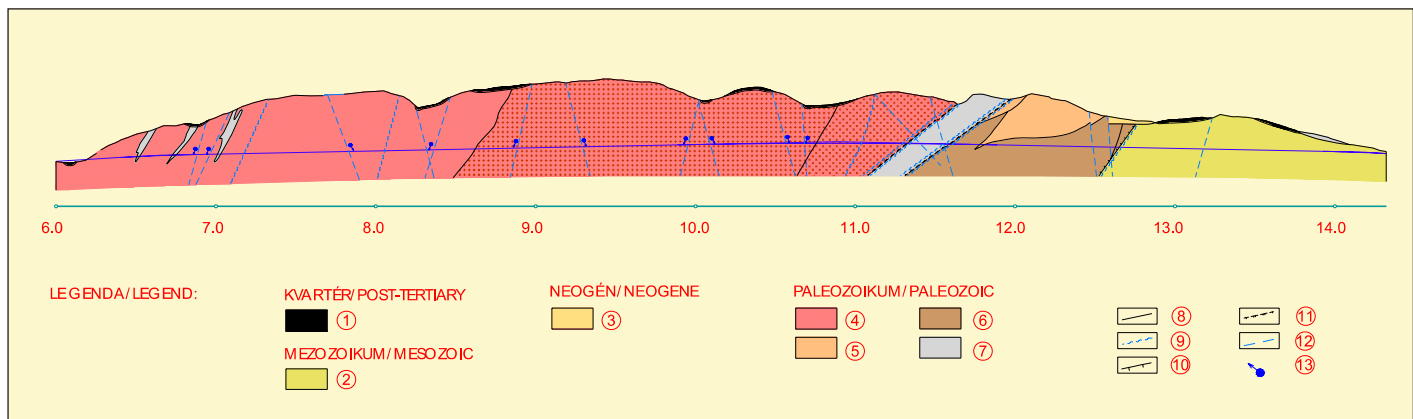
Fig. 2 Variants of the Karpaty tunnel routes (HBH projekt spol. s r. o.)

a connection between the existing D1 motorway with the D2 motorway. It passes through the north-eastern quadrant of the future motorway ring around Bratislava, which will divert transit traffic outside the built-up area of the centre of the Slovak capital. The proposed route of the future motorway D4 runs from the flat landscape of the Danube Lowland in the south across the Small Carpathians ridge to the Zahorska Lowland in the north of the area of operations. It is impossible to change the horizontal alignment of the road in the subsequent sections. This fact influences the route design at the beginning and the end of the section, making it invariant. It follows from this condition that only a relatively narrow corridor for the passage across the main ridge of the Small Carpathians remains; it is found between the Rača and Svätý Jura districts in the south and the municipalities of Záhorská Bystrica, Marianka, Borinka and Stupava in the north (see Fig. 1). At the end of the section, the alignment of the road is more or less invariant, depending on the degree of the design for the subsequent section which is under preparation. For that reason, the main space for the variant design was found in a tunnel section under the Carpathians and in the solution to the connecting pre-portal sections.

The construction area is partly built up. The development has mainly a suburban character, which means that it has a great development potential. Significant part of the area is covered with trees. This space is taken by the Small Carpathians Nature Reserve, which serves not only for the protection of landscape but also as recreational background for the capital. In addition, the area on the southern slopes of the Carpathians is used for farming purposes, above all as vineyards. There are also main corridors of existing utility networks in the above-mentioned area, above all 400kV and 110kV power lines, high-pressure gas pipelines and water pipelines. All of those boundary conditions had to be allowed for by the Združenie Bratislava – Stupava group of companies consisting of HBH projekt spol. s r. o. and Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., which won the tender for an engineering study for the D4 motorway section between Bratislava (D1, the Ivanka pri Dunaji intersection – north) and Stupava (the I/2 road).

BASIC DATA ON THE TUNNEL

Since the D4 motorway route passes across an area with a difficult geomorphological structure where the rugged topography does not allow the route to run only on the surface, it is necessary to solve the passage under the Small



Obr. 3 Inžiniersko-geologický pozdĺžny profil (Geofos, s. r. o.)

1) fluviálne, proluviálne a deluviálne sedimenty, 2) bridlice, 3) neogénne horniny, 4) granity až granodiority, 5) bridlice a vápence, 6) laminované metapily, 7) metafylity, 8) litologické hranice, 9) alpske mylonity, 10) presunové línie, 11) strižno-násuvné línie, 12) zóny tektonického porušenia, 13) pramene (vývery vôd v tuneli)

Fig. 3 Engineering geological longitudinal section (Geofos, s.r.o.)

1) fluvial, proluvial and diluvial sediments, 2) shale, 3) Neogene rocks, 4) granite to granodiorite, 5) shale and limestone, 6) laminated metaphyllite, 7) metapyllite, 8) lithological borders, 9) Alpine mylonite, 10) thrust fault line, 11) overthrust line, 12) tectonic faulting zones, 13) springs

tunel Karpaty 3-II v rámci variantu 3 je súčasťou diaľnice D4 v staničení km 14,318 25–km 16,174 52 pravej rúry, km 14,278 00–km 16,134 82 ľavej rúry, tj. v dĺžke pravej rúry **1861,35 m** a ľavej rúry **1842,04 m**.

Tunel, resp. tunely pod Malými Karpatmi budú tvorené dvomi samostatnými paralelnými tunelovými rúrami pre jednosmernú dopravu. Základné parametre priechodného prierezu tunela:

- šírka vozovky v tuneli medzi obrubníkmi je 8 m (tj. dva jazdné pruhy), vrátane odrazných prúvkov 2 x 0,25 m (kategória 2 T = 8 podľa revízie STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov),
- svetlá šírka tunela je 10 m,
- šírka obojstranných núdzových chodníkov je 2 x 1 m,
- prejazdná výška dopravného priestoru tunela je 4,8 + 0,10 = 4,90 m,
- výška priechodného priestoru nad núdzovými chodníkmi je 2,20 m.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY

Inžiniersko-geologickú štúdiu rizík pri vstupe do horninového prostredia vypracoval GEOFOS, s. r. o., Žilina. Podľa záverov tejto IG štúdie sú pre návrh trasy, vrátane tunelových úsekov, charakteristické tieto IG a HG závery (obr. 3):

Tunel 2-I

Východný portál – horninový masív je budovaný muskoviticko-biotitickými granitmi až granodioritmi s výskytom stredno- až hrubozrnných pegmatitov s predpokladanou hĺbkou zóny zvetrania do 2–8 m. Svah je stabilný, ale celý blok výbežku Suchej hory reprezentuje rozvolnenú zónu v okrajovej časti úpätia Malých Karpát v zónach poklesovej, gravitačnej tektoniky, v systéme zlomov viazaných na Z až SZ okraj Podunajskej nížiny, resp. JV úpätie Malých Karpát. Z toho vyplýva nestabilita steny portálu z dôvodu možnosti uvoľňovania veľkých blokov po plochách so sklonom po svahu, rozvolňovanie na extrémne veľké bloky vyžadujúce si dodatočné rozbíjanie, v dôsledku čoho bude potrebné kotvenie blokov.

Západný portál – nachádza sa v pravostranných svahoch dieľšej depresie „Slepý jarok“, severne od Marianky. V úpätí sú interpretované odkryvy borinských bridlic s nadožím neogénneho súvrstvia so zastúpením vrstiev štrkov, pieskov, pieskocov, konglomerátov s prevahou granitoidného charakteru. Depresiu medzi „Slepým jarokom“ a Mariankou vyplňajú proluviálne sedimenty prevažne charakteru hlinítych štrkov, pieskov, úlomkov hornín a s podradným výskytom blokov. V masíve depresie medzi „Slepým jarokom“ a Mariankou je interpretovaný priebeh priečnej SZ-JV zlomovej zóny, ktorá prebieha naprieč pohorím Malých Karpát. Na úpätí nie sú mapované výraznejšie vývery podzemných vôd.

Tunel 3-I

Predportálová oblasť a východný portál – v smere údolia predpoklad smernej, SZ-JV poruchovej zóny so sklonom k JZ, v ktorej je zaerodovaný povrchový tok. V oblasti portálu predpoklad dieľšej priečnej SV-JV poruchovej zóny so sklonom k JV. V celej dĺžke v zóne deluviálnej nestability zárezu v päte strmého svahu. Intenzívne uvoľňovanie úlomkov a blokov granitoidných hornín v zóne zvetraných granitoidov a v systéme SZ-JV puklinových systémov viazaných na poruchovú zónu v údolí. V zóne zvetraných granitoidov predpoklad sezonných prítokov podzemnej vody malých výdatností.

Carpathians by means of a tunnel or tunnels. The primary objective of the design was to optimise the tunnelled parts of the horizontal and vertical alignment of the route, the tunnel lining, waterproofing, ventilation and other tunnel equipment in terms of traffic safety and traffic control.

Several alternatives of the Karpaty tunnel route were prepared within the framework of the engineering study (see Fig. 2), where the designers' task was to minimise the tunnel length in one of the variants. Eventually, variants 2 and 3 were chosen (see Table 1):

Karpaty tunnel 2-I within the framework of variant 2 is part of the D4 motorway at chainage km 6.213 – km 14.275 66, i.e. with the right tube length of **8058.00 m** and left tube length of **8068.00 m**,

Karpaty tunnel 3-I within the framework of variant 3 is part of the D4 motorway at chainage km 8.178 88 – km 11.719 35 and km 11.754 67 of the right tube and left tube, respectively, i.e. at the length of the right and left tubes of **3540.47 m** and **3575.789 m**, respectively.

Karpaty tunnel 3-II within the framework of variant 3 is part of the D4 motorway at chainage km 14.318 25 – km 16.174 52 and km 14.278 00 – km 16.134 82 of the right tube and left tube, respectively, i.e. at the length of the right and left tubes of **1861.35 m** and **1842.04 m**, respectively.

The tunnel or tunnels under the Small Carpathians will consist of two parallel tunnel tubes carrying unidirectional traffic. The basic parameters of the tunnel clearance profile are as follows:

- the kerb-to-kerb width of the roadway in the tunnel is 8.0m (i.e. two traffic lanes), including marginal strips 2 x 0.25 m (category 2 T = 8.0 according to revised standard STN 73 7507 Design of road tunnels),
- the clear tunnel width is 10.0 m,
- the width of emergency walkways (on both sides of the tunnel) is 2 x 1.0 m,
- the clearance height within the road space in the tunnel is 4.8 + 0.10 = 4.90 m,
- the clearance height above emergency walkways is 2.20 m.

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

The engineering geological risk analysis was carried out when the tunnel excavation commenced and the rock environment was entered by GEOFOS s.r.o., Žilina. According to conclusions of the EG analysis, the following EG and HG conclusions are characteristic for the design of the route including the mined sections (see Fig. 3):

Tunnel 2-I

Eastern portal – the rock massif consists of muscovite-biotite granites to granodiorites, with occurrences of medium-grained to coarsely-grained pegmatites, with the anticipated depth of the weathering zone of 2 – 8m. The slope is stable, but the whole block of the spur of Suchá Mountain represents a loosened zone at the edge of the Small Carpathians, within the zones of down-dip, gravity tectonics, within a system of faults bound to the western and north-western edge of the Danube Lowland or the south-eastern foot of the Small Carpathians. It follows from this fact that the portal wall will be unstable due to a potential for big blocks to slide on surfaces dipping toward the wall, natural disintegration forming extremely large blocks, requiring additional breaking (the anchoring of the blocks will be therefore necessary).

Western portal – it is found on right-hand slopes of a partial depression “Slepý jarok”, south of Marianka. Outcrops of Borinka Shale covered with a Neogene series of layers comprising layers of gravel, sand, sandstone and conglomerates with the granitic character prevailing. The depression between the “Slepý jarok” and Marianka is filled with proluvial sediments with the prevailing character of loamy gravels, sands, rock fragments and with an insignificant occurrence of blocks. A transverse NW-SE fault zone, crossing the Small Carpathians mountain range, is interpreted in the massif of the depression between the “Slepý Jarmok” and Marianka. No more significant springs of ground water are mapped along the foot of the mountain range.

Západný portál – vzhľadom na výrazné regionálne tektonizované zóny SV-JZ a SZ-JV predpokladáme nepriaznivé stabilitné pomery v oblasti portálu (nestabilita portálovej steny z dôvodu zhoršených geotechnických vlastností masívu, nepriaznivej orientácie plôch diskontuit, s možnosťou prítoku vody). V masíve je predpoklad výskytu kataklasticky porušených zón metamorfítov s výskytom mylonitizovaných hornín v priečnom smere so sklonom 20–40° (do svahu).

Tunel 3-II

Masív tunela s maximálnym nadložíom do 80–90 m bude pravdepodobne budovaný horninami Borinskej sukcesie, v súvrství mariánskych bridlíc charakteru vrstevnatého masívu smeru SV-JZ so sklonom vrstiev v strede masívu 30–50° k JV, na východnom okraji až so sklonom 60–70°, na západnom okraji so sklonom k SZ do 20–25°. Od km 15,300–15,800 sú smerom k ZP prekryté komplexom neogénnych sedimentov so zastúpením vrstiev štrkov, pieskov, pieskocov, konglomerátov s prevahou granitoidného charakteru.

Západný portál – v prípade razenia v komplexe nesúdržných neogénnych zemín bude nutné stabilitu výrubu zabezpečiť pod ochranou mikropilótových dáždnikov, resp. injetovateľných kotiev typu Titan.

RAZENIE A VYSTROJENIE VÝRUBU

Vzhľadom na dĺžku tunela, geologické pomery v trase a v budúcnosti stanovený čas výstavby je razenie pre jednotlivé varianty navrhnuté alternatívne, a to jednak pre tunel Karpaty 2-I kontinuálne pomocou otvoreného TBM bez štítu (obr. 4), resp. pre tunely Karpaty 3-I a 3-II cyklické pomocou vrtno-trhacích prác (obr. 5 a 6) použitím tzv. Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM). Koncept razenia pomocou TBM umožňuje vysoko mechanizované razenie, pri ktorom sa opakujú rovnaké pracovné postupy. TBM sa posúva dopredu pomocou hydraulických lisov, pričom je stabilizovaný vo výrubu rozpernými platňami. To vedie k stálym a vysokým výkonom pri razení (v prípade priaznivých IG a HG podmienok zhruba dvoj- až trojnásobným v porovnaní s inými tunelovacími metódami). Na Slovensku sa doteraz neuvážovalo s nasadením otvoreného TBM bez štítu. Dĺžka tunela Karpaty 2-I, potreba vyraziť dve tunelové rúry a IG a HG v jeho trase sú dobrými predpokladmi na nasadenie tejto progresívnej metódy razenia.

Primárne ostenie pri razení pomocou TBM bude tvorené striekaným betónom, hydraulicky upínateľnými kotvami dĺžky 4 m a 6 m a oceľovými výstužnými sieťami, pri horšej geológii aj oceľovou oblúkovou výstužou. Pri tzv. NRTM by sa použili rovnaké vstrojovacie prvky.

Tzv. NRTM, známou aj pod názvom „Pozorovacia metóda“ je veľmi flexibilná metóda razenia, ktorá umožňuje razenie od oboch portálov, ale rovnako ako razenie pomocou TBM si bude vyžadovať použitie pomocných vstrojovacích opatrení na prekonanie poruchových zón a priportálových úsekov. Razenie v priportálových úsekoch sa bude realizovať pod mikropilótovými dáždnikmi s minimálnou dĺžkou záberu a s horizontálnym členením výrubu (za mikropilótovým dáždnikom s prípadným zabezpečením výrubu predháňaným pažením).

Sekundárne ostenie je navrhnuté z monolitického betónu. Betón hrúbky cca 300–350 mm a viac bude ukladaný pomocou čerpadiel do pojazdného, teleskopického debnenia. Medzi primárne a sekundárne ostenie sa uloží medzilaňlá hydroizolácia (geotextília a 2 mm hrubá hydroizolačná fólia), ktorá zabráni narušeniu vnútorného ostenia a prieniku horninovej vody do dopravného priestoru.

TECHNOLOGICKÁ CENTRÁLA

Z technického a technologického hľadiska sa bude v priportálovej oblasti nachádzať okrem samotných portálov tunela aj technologická centrála, pri tuneli Karpaty 2-I aj vetracia centrála, v ktorých bude trafostanica, energoblok, vetrací objekt so strojovňou ventilátorov a riadiace centrum bez stálej obsluhy. Ak sa v rámci daného úseku dialnice, resp. v rámci Bratislavy v budúcnosti nezriadi centrálna riadiaca centrála, aj napr. s SSÚD určené budú iba pre tento tunel, alebo pre všetky bratislavské tunely, riadiace centrum bude so stálou obsluhou.

BEZPEČNOSŤ A VYBAVENIE TUNELA

Tunel je navrhnutý tak, aby spĺňal bezpečnostné požiadavky v zmysle Nariadenia vlády SR č. 344/2006 a TP 04/2006.

Bezpečnostné stavebné prvky

V tuneli budú v zmysle STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov a TP 04/2006 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov navrhnuté nasledujúce bezpečnostné stavebné prvky: núdzové zálivy, prejazdne priečne prepojenia, priechné priečne prepojenia, núdzové chodníky a SOS výklenky s hydrantmi v každej tunelovej rúre.

Tunel 3-I

The pre-portal area and eastern portal – an SW dipping, NW-SE trending fault zone is anticipated to exist, following the direction of the valley as well as the direction of the tunnel; a surface stream eroded its bed in the fault zone. A SE dipping, NW-SE trending partial transverse fault zone is predicted for the portal area. Instability of the cut in the base of the steep slope throughout the length in the diluvial zone. Intense loosening of fragments and blocks of granitic rock in the weathered granitic rock zone and in the NW-SE system of fissure systems, bound to the fault zone in the valley. Expectation of low-yield, seasonal groundwater inflows in the weathered granitic rocks zone.

Western portal – with respect to pronounced regional tectonised NE-SW and NW-SE zones, we anticipate unfavourable stability conditions in the portal area (the instability of the portal wall due to worsened geotechnical properties of the rock massif, unfavourable trending of discontinuity surfaces, with a possibility of water inflows). The occurrence of transverse, cataclastically disturbed zones of metamorphic rock with the occurrence of mylonitised rock, dipping at an angle of 20 – 40° into the slope, is anticipated.

Tunel 3-II

The rock massif through which the tunnel will pass under the maximum overburden up to 80 – 90m high, will probably consist of the Borinka Succession rocks, found in the Marianka Schist Member, having the character of a NE-SW trending, bedded massif, dipping 30-50° SE in the centre of the massif, 60-70° on the eastern edge and 20-25° on the western edge. From km 15.300 – 15.800, in the direction toward the WP, they are overlaid by a complex of Neogene sediments, consisting of gravel layers, sand layers, sandstone and mostly granitic rock conglomerates.

Western portal – in the case of the excavation through the complex of Neogene rocks, the excavation stability will have to be provided by means of micropile umbrellas or Titan-type groutable anchors.

TUNNEL EXCAVATION AND EXCAVATION SUPPORT

With respect to the tunnel length, geological conditions along the route and the time determined for the future construction, alternatives are designed for the individual variants of excavation, i.e. continual excavation using an open-face TBM without a shield for the Karpaty 2-I tunnel (see Fig. 4) and the cyclic excavation by the drill and blast for the Karpaty 3-I and 3-II tunnels (see Figures 5 and 6), using the NATM. The TBM excavation concept allows highly mechanised excavation, where identical work procedures are repeated. The TBM moves ahead by means of hydraulic cylinders; grippers stabilise it in the excavation during the movement. This system allows stable and high advance rates (when the EG and HG conditions are favourable, the rates are roughly double or triple those reached by other tunnelling methods). The use of an open-face TBM without a shield has not been planned yet in Slovakia. The length of the Karpaty 2-I tunnel, the need to drive two tunnel tubes and the EG and HG along the tunnel route create favourable conditions for the use of this progressive tunnel excavation method.

When the TBM is used for the excavation, the primary lining will consist of shotcrete, 4m and 6m long anchors expanded by pressurised water and steel mesh; lattice girders will be added in the case of worsened geology. The same support elements would be used in the case of the NATM.

The NATM, which is also known under the name of the Observational Method, is a very flexible excavation method, which makes the excavation from both portals possible; however, the same as the TBM excavation, it will require the use of additional support measures to pass through the fault zones and portal sections. The excavation in the portal sections will be carried out under the protection of micropile umbrellas, with a minimum advance length and using a horizontal excavation sequence (behind a micropile umbrella with contingent excavation support by means of forepoling).

The cast in situ secondary lining will be about 300-350mm thick or thicker. Concrete will be pumped behind traveller telescopic formwork. Intermediate waterproofing (geotextile and 2mm thick waterproofing membrane) will be installed between the primary and secondary liners to protect the inner lining against damage and prevent ground water from seeping into the road space.

EQUIPMENT CENTRE

From the technical and technological points of views, there will be, apart from the tunnel portals, also an equipment centre in the portal area and a ventilation centre at the Karpaty 2-I tunnel, which will house the transformer station, generating block, ventilation unit with a ventilation fan room and a control centre without permanent manning. If a central control centre is not established in the future within the framework of the given section of the motorway or entire Bratislava, even for example with an Motorway Operation and Maintenance Centre (MOMC), which will be dedicated only

Možnosť a spôsob zabezpečenia stavby vodou na hasenie požiarov

Zásobovanie vodou na hasenie požiarov sa navrhuje zabezpečiť nádržou so stálou zásobou vody – požiarou nádržou. Objem nádrže so stálou zásobou vody bude určený v závislosti od tepelného výkonu pravdepodobného požiaru podľa TP 04/2006.

V protipožiarnych výklenkoch v tuneli budú umiestnené požiarne hydranty, pre ktoré bude potrebné zabezpečiť minimálnu potrebu vody $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (predpokladaný tepelný výkon pravdepodobného požiaru 50 MW), resp. v tuneli Karpaty 3-2, na základe predpokladaného tepelného výkonu pravdepodobného požiaru 30 MW, $16,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Prístupové komunikácie, sily a prostriedky na hasenie požiaru

Pri určovaní jednotky prvého zásahu existujú dva varianty. Prvý variant počíta s vybudovaním hasičskej stanice v SSÚD umiestnenej pred západným portálom tunela v blízkosti Stupavy a druhý variant je založený na využití zásahových jednotiek z hasičských staníc na Saratovskej a Háľkovej ulici v Bratislave. Na základe predpokladanej dĺžky tunela a intenzity dopravy sa odporúča presadzovať plánovaný variant č. 1, ktorý by významne skrátil dojazdový čas hasičských jednotiek k portálu tunela, a tým značne ovplyvnil možnosti evakuácie a hasenia požiaru. Variant č. 1 je v súlade so zmluvou medzi MV SR a MDPT SR, aby v rámci výstavby stredísk správy a údržby diaľnic boli vybudované objekty vedľajších hasičských staníc. Na trase navrhovanej diaľnice D4 v úseku od D1 (križovatka Ivanka pri Dunaji-sever) po štátnu cestu I/2 južne od Stupavy je vhodné miesto pre zriadenie SSÚD v blízkosti križovatiek diaľnic (najmä pri Stupave-juh na D2).

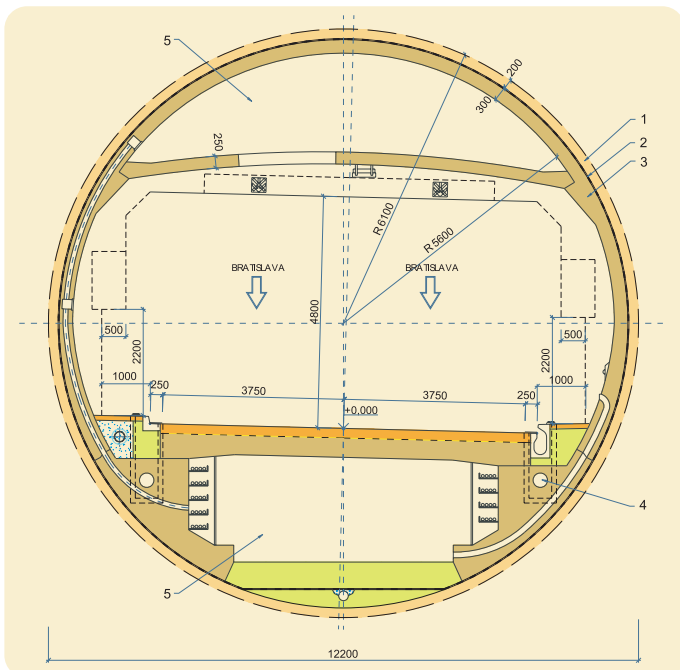
Navrhovaný systém únikových ciest z tunelových rúr

Na únik osôb z priestoru tunelovej rúry bude slúžiť nechránená úniková cesta tvorená núdzovými chodníkmi a chránená úniková cesta, ktorá bude tvorená jednotlivými núdzovými východmi do priečných prepojení a následne do druhej tunelovej rúry. Predpokladaný počet priečných prepojení medzi tunelovými rúrami vychádza z požiadavky, aby ich vzájomná vzdialenosť nebola väčšia ako 300 m.

Technologické vybavenie tunela zahŕňa zásobovanie tunela elektrickou energiou, centrálny riadiaci systém, riadenie dopravy, monitorovací systém, komunikačný systém, vetranie tunela a osvetlenie tunela.

Zásobovanie tunela elektrickou energiou

Základnou požiadavkou pre zásobovanie cestných tunelov elektrickou energiou je zabezpečenie napájania z dvoch na sebe nezávislých zdrojov, pričom za nezávislé sa považuje napájanie z uzlov prenosových sietí 400 kV, 220 kV alebo 110 kV a zo záložného zdroja napájania. Z ohľadom na dĺžku tunela a jeho technologické vybavenie sa požaduje zásobovanie elektrickou energiou z oboch portálov s ich vzájomným prepojením tunelom s prenosovou schopnosťou pre celý elektrický výkon tunela.



Obr. 4 Vzorový priečný rez tunela Karpaty 2-I – kontinuálne razenie (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) primárne ostenie, 2) medzihlhlá hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie, 4) odvodnenie, 5) vetrací kanál na prívod a odvod vzduchu

Fig. 4 Typical cross section of the Karpaty 2-I tunnel – continual driving (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining, 4) drainage, 5) intake and outlet ventilation duct

to this tunnel or will control all tunnels in Bratislava, this control centre will be manned permanently.

SAFETY IN THE TUNNEL AND TUNNEL EQUIPMENT

The tunnel design meets all safety requirements contained in the Decree of the government of the Slovak Republic No. 344/2006 and the Specifications TP 04/2006.

Structural safety elements

The following structural elements will be designed for the tunnel, in the meaning of STN 73 7507 Design of Road tunnels and TP 04/2006 Fire safety in road tunnels: emergency lay-bys, vehicular sized cross passages, emergency walkways and SOS niches with hydrants in each tunnel tube.

Possibility and method of providing fire-fighting water for the construction

A reservoir holding a permanent reserve of water, i.e. a fire protection reservoir, is designed as a source of fire-fighting water. The volume of the reservoir with the permanent reserve of water will be determined with respect to the heat release rate of a potential fire, according to Specifications TP 04/2006.

Fire hydrants will be installed in fire equipment recesses in the tunnel. The minimum water supply of $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ will be necessary (the assumed intensity of the probable fire is 50 MW) or $16,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ for the Karpaty 3-2 tunnel, where the assumed intensity of the probable fire is 30MW.

Access roads, fire-fighting forces and equipment

Two variants exist regarding the determination of an initial intervention unit. The first variant expects that a fire station will be built in the MOMC, which will be located in front of the western portal, near Stupava, whereas the other variant is based on the use of intervention units from the fire stations based in Saratovská and Háľkova Streets, Bratislava. With respect to the expected length of the tunnel and intensity of traffic, it is recommended that the planned variant No. 1 be preferred. It would significantly reduce the time of the access to the tunnel portal for fire brigades, which would significantly influence the possibility of evacuation and suppression of a fire. The variant No. 1 complies with the agreement between the Ministries of Interior and Transport of the Slovak Republic that secondary fire stations will be built within the framework of the development of motorway maintenance and operation centres. A location suitable for the development of the MOMC in the vicinity of motorway intersections (first of all the intersection Stupava – South on the D2) is found within the section of the route of the planned motorway D4 starting at the D1 motorway (the intersection Ivanka pri Dubaji –North) to the national road I/2 south of Stupava.

The system designed for escape routes from tunnel tubes

The escape of persons from the space of a tunnel tube will be provided along an unprotected escape route formed by emergency walkways and a protected escape route, which will comprise individual escape exits to cross passages and further to the other tunnel tube. The planned number of cross passages between the tunnel tubes is based on the requirement for the spacing not to exceed 300m.

The tunnel equipment comprises the power supply system, central control system, traffic control, monitoring system, communications system, tunnel ventilation and tunnel lighting systems.

The tunnel power supply system

The basic requirement in terms of the supplying of road tunnels with power is that power must be supplied from two independent sources, where supplies from nodes of 400 kV, 220 kV or 110 kV transmission networks and backup power sources are considered as independent. With respect to the tunnel length and the equipment of the tunnel, the supplying of the tunnel with power is required to be provided from both portals and both sides to be interconnected through the tunnel, with the transmission capacity sufficient for the electrical power of the whole tunnel.

Sources existing in the western portal area:

The closest and, from the current point of view, most suitable source existing in this location is the node of 410/110/22kV electric networks in the Stupava distribution station. While considering the possibility to supply the tunnel with 22kV voltage from this distribution station it is necessary, with respect to the transmission capacity of the 22kV line, to plan an independent line, following the route of the existing lines. The length of the line along the expected route, from the Stupava distribution station to the western portal, is about 7 to 9km. At the current trend in the development of the given area, it is possible to expect that a new distribution station will be built in the Devínská Nová Ves – Záhorská Bystrica locality, which will be connected through a loop to the 110kV connecting line between the Stupava and Lamač distribution stations. In such the case, the western portal would be connected from this distribution station.

Sources existing in the eastern portal area:

The 110/22kV distribution station at BEZ Bratislava is the closest facility on

Existujúce zdroje v oblasti západného portálu:

Najbližším a najvhodnejším zdrojom v tejto lokalite z dnešného pohľadu spĺňajúcim požiadavky je uzol elektrických sietí 400/110/22 kV v rozvodni a transformovni Stupava. Pri úvahe napájať tunel napätím 22 kV z tejto rozvodne, vzhľadom na prenosové možnosti vedení 22 kV je potrebné uvažovať so samostatným vedením v trase koridorov jestvujúcich vedení. Vzdialenosť po predpokladanej trase od rozvodne Stupava k západnému portálu je cca 7 až 9 km.

Pri súčasnom trende rozvoja v danej oblasti je možné predpokladať, že bude v lokalite Devínska Nová Ves – Záhorská Bystrica vybudovaná nová transformovňa zaslučkovaná do spojovacieho vedenia 110 kV z rozvodne Stupava do rozvodne Lamač. V takomto prípade by bol západný portál pripojený z tejto rozvodne.

Existujúce zdroje v oblasti východného portálu:

Na východnej strane tunela sa nachádza najbližšie 110/22 kV rozvodňa pri BEZ Bratislava. Je napájaná z rozvodne a transformovne 400/110/22 kV Podunajské Biskupice s prepojením z rozvodne Senec. Po príslušných úpravách by mohla slúžiť ako druhý zdroj elektrickej energie pre tunel.

Transformovne na východnom a západnom portáli budú vzájomne prepojené káblovými vedeniami cez tunelové rúry slučkovaním cez podružné transformovne v tunelových rúrach, resp. vo vetracích centrálnach tunela.

Centrálny riadiaci systém

Operátorské pracovisko riadiaceho centra so stálou obsluhou sa predpokladá umiestniť v SSÚD. V technologických centrálnach na portáloch tunela budú umiestnené zariadenia ako bezobslužný terminál, ústredňa, rozvodne a pod., ktorými je možné vykonávať všetky funkcie riadiaceho centra na riadenie dopravy a prevádzky v prípade potreby.

Riadenie dopravy

Riadenie dopravy rieši premenné dopravné značenie a značky, trvalé dopravné značenie v tuneli, závory, vodorovné dopravné značenie a svetelné signalizačné zariadenia.

Monitorovací systém

Monitorovací systém pozostáva z merania fyzikálnych veličín, elektrickej požiarnej signalizácie, videohľadu s videodetekciou a elektronickej zabezpečovacej signalizácie.

Komunikačný systém

Komunikačný systém tvoria SOS telefóny v SOS kabínach, rádiové spojenie v tunelových rúrach pre záchranné zložky a údržbu NDS, a. s., šírenie rádiového vysielania na FM frekvencii 92.2 MHz, tunelový rozhlas a pokrytie každej časti tunela GSM signálom všetkých mobilných operátorov.

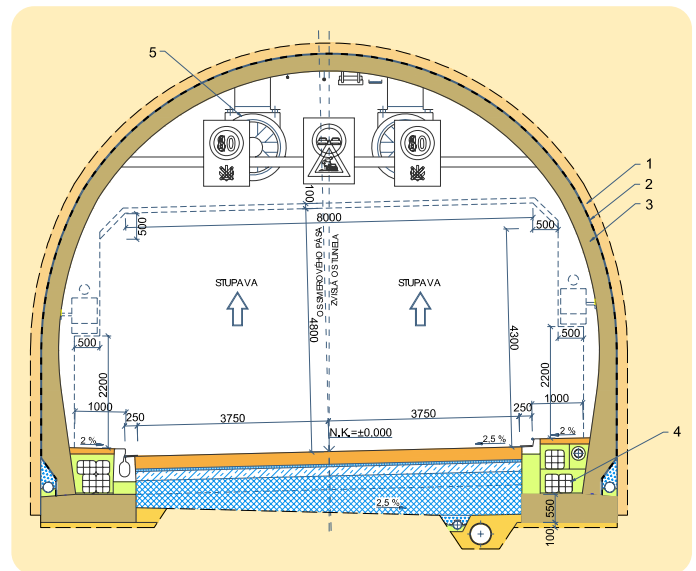
Vetracie tunela

Vetrací systém v tuneli, ktorý zabezpečuje neprekročenie limitných koncentrácií škodlivín pri všetkých predpokladaných dopravných stavoch, je rozhodujúcou súčasťou prevádzkového vybavenia tunela. Optimálny návrh vetrania sa musí okrem plnej funkčnosti vyznačovať i minimalizáciou investičných a prevádzkových nákladov. Vetracie je podľa dĺžky tunela navrhnuté ako priečne v tuneli Karpaty 2-I, polopriečne v tuneli Karpaty 3-I a pozdĺžne v tuneli Karpaty 3-II. Na základe vzduchotechnického výpočtu sa v tuneli Karpaty 2-I na portáloch a približne v km 10,000 vybudujú vetracie centrály. Znečistený vzduch sa bude vyfukovať cez vetracie šachty a komíny výšky cca 10 m do atmosféry rýchlosťou 15 m/s. Týmto riešením sa zníži na minimum negatívny vplyv prevádzky tunela na životné prostredie. V tuneli Karpaty 3-I budú vetracie centrály súčasťou technologických centráln na portáloch.

VÝBER NAJVHODNEJŠIEHO VARIANTU

Trasa **variantu 2** je vedená dlhodobou stabilizovaným koridorom, ktorý bol v rámci technickej štúdie upravený z hľadiska požiadaviek dopravného riešenia mestskej časti Rača a umiestnenia portálov tunela. Koridor je vedený v dostatočnej vzdialenosti od ľudských sídiel. Nadlimitnú hlukovú záťaž bude možné eliminovať pomocou protihlukových opatrení. Ovplynenie ovzdušia, vodných pomerov, horninových a prírodných zdrojov a tiež krajiny je vďaka šetrnému vedeniu trasy, ktorá korešponduje s terénnym reliéfom, prijateľné. Z hľadiska vplyvov na živú prírodu a inštitúty ochrany prírody (napr. Natura 2000) prichádza **variant 2** do kontaktu s cennými biotopmi na hranici chránenej krajiny SV od Rače. Naviac tu dôjde k likvidácii chránených viníc. Na západnom okraji Malých Karpát je tento strek menej významný.

Variant 3 je vedený úplne novým koridorom a približuje sa obytnej zástavbe mestskej časti Rača a obci Borinka. Budú nutné demolácie rodinných domov a hluková záťaž postihne ďalšie nové územia. Komplikovanosť technického riešenia spôsobí významné zásahy do vodných pomerov, horninových pomerov, ovzdušia a najmä obrazu krajiny. Cenné biotopy Malých Karpát spolu s chránenými druhmi budú významne dotknuté nielen na východnom okraji, a to výrazným predĺžením trasy pozdĺž CHKO a zásahom do vnútra oboch chránených území, ktoré vyvolá realizácia



Obr. 5 Vzorový priečný rez tunela Karpaty 3-II bez medzistropu–cyklické razeň (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) primárne ostenie, 2) medzilhľad hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie, 4) multikanálové káblové chráničky, 5) prúdový ventilátor

Fig. 5 Typical cross section of the Karpaty 3-II tunnel without a false ceiling – cyclic excavation (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining, 4) multiple-way cable ducts, 5) jet fan

the eastern side of the tunnel. It is supplied from the Podunajské Biskupice 400/110/22kV distribution/transformer station, with a connection line from the Senec distribution station. It could be used, after relevant modifications, as the second source of power for the tunnel.

The transformer stations at the eastern and western portals will be interconnected by means of cable lines running through tunnel tubes, which will be connected by means of loops to secondary transformer stations in the tunnel tubes or in the tunnel ventilation centres.

Central control system

The operator station of the permanently manned control centre is planned to be located in the MOMC. Such facilities as the unmanned terminal, switchboard etc., through which all functions of the control centre (traffic control, system management) can be exercised if necessary, will be located in the equipment centres at the tunnel portals.

Traffic control

The traffic control is exercised through variable road signalling and traffic signs, permanent road signalling inside the tunnel, barriers, road marking and traffic light signals.

Monitoring system

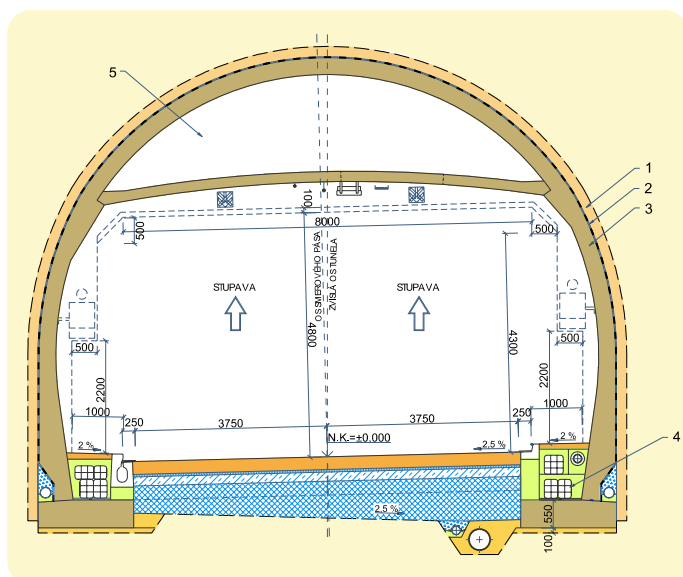
The monitoring system consists of measurements of physical quantities, the fire alarm and detection system, video surveillance with video detection and electrical protection signalling system.

Communications system

The communications system consists of SOS telephones in SOS cabins, wireless communication in tunnel tubes for rescue units and NDS, a.s. maintenance crews, radio broadcasting on 92.2 MHz FM frequency, public address and coverage of each part of the tunnel by GSM signals of all mobile operators.

Tunnel ventilation

The tunnel ventilation system, which secures that the limiting concentrations of harmful substances are not exceeded under any of the anticipated traffic states, is a crucial part of the operating equipment of the tunnel. An optimum ventilation design must, apart from full functionality, be characterised by the minimisation of investment and operating costs. The ventilation is designed with respect to the length, i.e. as a longitudinal system for the Karpaty 2-I tunnel, semi-transverse system for the Karpaty 3-I tunnel and longitudinal system for the Karpaty 3-II tunnel. Ventilation centres will be built, on the basis of the ventilation calculation, in the Karpaty 2-I tunnel (at the portals and at chainage about km10.000). Polluted air will be exhausted through ventilation shafts and about 10m high chimneys to the atmosphere, at a velocity of 15m/s. This design will minimise the negative impact of the tunnel operation on the environment. The ventilation centres to be built in the Karpaty 3-I tunnel will be parts of the equipment centres at the portals.



Obr. 6 Vzorový priečný rez tunela Karpaty 3-I s medzistropom – cyklické razenie (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) primárne ostenie, 2) medzilhlá hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie, 4) multikanálové káblové chráničky, 5) vetrací kanál na prívod vzduchu

Fig. 6 Typical cross section of the Karpaty 3-I tunnel with a false ceiling – cyclic excavation (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining, 4) multiple-way cable ducts, 5) intake ventilation duct

východného portálu tunela 3-I spolu s vyvolanými preložkami komunikácií a vodného toku, ale úplne novo bude tiež dotknuté údolie Stupavského potoka s chránenými biotopmi. Zataženie územia v týchto častiach bude navyše zosilnené nutnými prekládkami inžinierskych sietí (VN, vysokotlakové plynovody).

Hlavné nevýhody variantu 3 oproti variantu 2

Trasa variantu 3 je v rozpore s územnými plánmi sídli.

Ekonomické porovnanie nepreukázalo jeho opodstatnenie, lebo rozdiel stavebných nákladov je minimálny.

Trasa je o cca 1130 m dlhšia, čo spolu s o 33 m väčším prevýšením vyvolá vyššie prevádzkové náklady.

Skrátenie tunela Karpaty vyvolá nutnosť prechodu trasy územím, čo bude mať negatívne dopady na životné prostredie, vrátane chránených území, ktoré sú iba ťažko odôvodniteľné.

Dôjde k negatívnemu ovplyvneniu životného prostredia v mestskej časti Rača.

Dôjde k významnému negatívnemu ovplyvneniu životného prostredia v obci Borinka.

Realizácia dvoch tunelov bude oveľa ťažšia vzhľadom na neprístupný terén a zložité geotechnické pomery, najmä v priortálových úsekoch.

Stavba vyvolá rozsiahle prekládky významných energetických sietí, ktoré budú mať vplyv na celý región.

Trvalé zábery sú celkovo o 30 ha väčšie; u poľnohospodárskeho pôdneho fondu o 16,5 ha, u chránených viníc o 9 ha.

Trasa vyvolá väčší rozsah demolácií, vrátane demolácií obytných budov v Borinke.

Prebytok 750 000 m³ rúbaniny bude treba odvieŕať a uložiť na skládku.

Z vyššie uvedených záverov jednoznačne vyplýva, že projektant odporúča pre spracovanie ďalších stupňov projektovej dokumentácie variant 2 s jedným dlhým dvojtrubovým tunelom.

ZÁVER

Úlohou spracovateľa technickej štúdie bolo preskúmať okrem variantov s dlhým tunelom aj varianty skracujúce tunel popod Karpaty. Výsledkom porovnania je skutočnosť, že kratší tunel, resp. kratšie tunely prepojené úsekmi v zárezoch vôbec nemusia byť výhodnejšie ako jeden dlhý tunel. A to neplatí iba v tomto prípade. Preto pevne verím, že tunel Karpaty sa stane najdlhším diaľničným tunelom na Slovensku, pričom na jeho vyrazenie sa použije TBM. Iba potom si budeme môcť na Slovensku povedať, že po úspešnej maturite sme zložili aj tunelárske štátnice a definitívne sa zaradíme medzi tunelárske veľmoci.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

Recenzovala: Ing. Viktória Chomová

SELECTION OF THE MOST SUITABLE VARIANT

The route of the *variant 2* leads along a corridor which is well stabilised in the long term and which was modified in the framework of the engineering study in terms of the requirements of the transportation solution for the district of Rača and the location of the portals. The corridor runs at a sufficient distance from existing buildings. It will be possible to eliminate noise loading exceeding limits by means of noise control measures. The effects on the atmosphere, water conditions, mineral and natural sources and the landscape are, owing to the considerate location of the route, which corresponds to the surface topography, are acceptable. From the viewpoint of the effects on the living nature and nature preservation institutes (e.g. Natura 2000), the *variant 2* gets into contact with valuable biotopes on the border of a natural reserve found NE of Rača. In addition, protected vineyards will be damaged by this variant. On the western end of the Small Carpathians, this collision is less significant.

The *Variant 3* runs along an absolutely new corridor and gets close to the residential development of the Rača district and the municipality of Borinka. Demolition of family houses will be necessary and noise pollution will affect other new areas. The complexity of the design will significantly affect the ground water conditions, ground conditions, atmosphere and, above all, the landscape. Valuable biotopes of the Small Carpathians, together with protected species will be significantly affected not only on the eastern edge (by a substantial increase in the length of the route passing along the nature reserve and interference with the interior of both nature reserves which will be caused by the construction of the eastern portal of the tunnel 3-I together with induced diversions of roads and a stream) but also, newly, in the Stupava Brook valley. The loads acting on the area in the above-mentioned parts will be further aggravated by relocations of utility networks which will be necessary (HV, high-pressure pipelines).

The main disadvantage of the variant 3 compared with variant 2

The route of the variant 3 is at variance with regional land-use plans.

Economic comparison did not prove that it is substantiated because the difference between the construction costs is minimum.

The route is longer by about 1130m, which fact, combined with the difference in elevation greater by 33m, means higher operating costs.

The reduction in the length of the Karpaty tunnel will give rise to the necessity for the route to pass across woodlands, which fact will negatively affect the environment, including nature reserves, which are difficult to justify.

The environment in the Rača district will be negatively affected.

The environment in the Borinka district will be significantly negatively affected.

The construction of two tunnels will be much more difficult with respect to the inaccessible terrain and difficult geotechnical conditions, most of all in the portal sections.

The construction will require extensive relocations of important utility networks, which will influence the entire region.

The plan area of the works is larger by 30% in total: the agricultural land area by 16.5 hectares, protected vineyards area by 9 hectares.

The route will require greater extent of demolition, including demolition of residential buildings in Borinka.

The excessive 750,000 m³ of muck will have to be removed and deposited to a stockpile.

It explicitly follows from the above-mentioned conclusions that the designer recommends that the further design stages be developed for the variant 2, with a single, long, twin-tube tunnel.

CONCLUSION

The task of the author of the engineering study was to examine not only the long tunnel variant, but also the variants which reduce the length of the tunnel under the Carpathians. The comparison results in the conclusion that the shorter tunnel or shorter tunnels which are connected by sections of the motorway in open cuts do not necessarily have to be more advantageous than a single long tunnel. This conclusion is applicable not only to this case. Therefore, I firmly believe that the Karpaty tunnel will become the longest motorway tunnel in Slovakia and it will be driven by TBMs. Only then will we be able to say in Slovakia that, after gaining a school leaving certificate, we have managed to get a degree in tunnelling and rank among tunnelling Great Powers.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

DIAĽNICA D1 JÁNOVCE – JABLONOV – TUNEL ŠIBENIK

ŠIBENIK TUNNEL ON JÁNOVCE – JABLONOV SECTION OF D1 MOTORWAY

MARTIN BAKOŠ

ÚVOD

Navrhovaná diaľnica D1 v úseku Jánovce – Jablonov je v súlade s „Programom rozvoja diaľničnej siete Slovenskej republiky“, ako aj s uznesením vlády SR č. 523 z 26. 6. 2003 k aktualizácii nového projektu výstavby diaľnic a rýchlostných ciest. Predmetný úsek diaľnice bude súčasťou multimodálneho dopravného koridoru č. V, vetva a) modifikovaného na území Slovenska trasou diaľnice D1 Bratislava – Žilina – Košice – št. hr. SR/Ukrajina. Je v súlade so smerovaním medzinárodnej cestnej dopravy cez územie Slovenska trasami dopravných koridorov definovaných na Paneurópskej konferencii o doprave na Kréte v roku 1994. Zároveň je tento úsek súčasťou hlavného diaľničného ťahu na Slovensku. Účelom a cieľom stavby je postupne dobudovať základný diaľničný ťah, skvalitniť podmienky pre medzinárodnú a vnútroštátnu dopravu a zvýšiť plynulosť, rýchlosť a zároveň bezpečnosť cestnej premávky. Výstavbou diaľnice dôjde k výraznému zlepšeniu dopravných podmienok pre tranzitnú dopravu. Po ukončení výstavby predmetného úseku diaľnice D1 sa vytvoria podmienky k podstatnému odľahčeniu dopravy na ceste I/18, ako aj ostatných priľahlých cestách.

Generálnym projektantom uvedenej stavby je Združenie Jánovce – Jablonov, ktoré tvoria spoločnosti Geoconsult, spol. s r. o., Bratislava, HBH Projekt spol. s r. o. Brno, Valbek spol. s r. o. Liberec. Projektantom tunela Šibenik je spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., Bratislava.

ZÁKLADNÉ ÚDAJE O TUNELI

Tunelom Šibenik prechádza diaľnica D1 pod úpäťm vrchu Šibenik, juho-východne od mesta Levoča. Vrch Šibenik má nadmorskú výšku 652,7 m a patrí do geomorfologického celku Hornádska kotlina, podcelku Medvedie chrby. Západné portály tunelových rúr sú v nadmorskej výške 569,4 m (STR) a 570,1 m (JTR). Východné portály tunelových rúr sú v nadmorskej výške 570,3 m (STR) a 568,9 m (JTR). Územie pred portálmi, ako aj nad tunelom má charakter lúk, rolí, resp. pasienkov. Nad tunelom ani v blízkosti portálov sa nenachádza žiadna povrchová zástavba. Najbližším objektom je nadzemné VN vedenie č. 202 vo vzdialenosti cca 170 m od východného portálu.

Tunel je navrhnutý ako diaľničný dvojrúrový tunel v extraviláne s jednosmernou premávkou s maximálnou dovolenou rýchlosťou 80 km/h, resp. obojsmernou premávkou v prípade uzavretia jednej z tunelových rúr s maximálnou dovolenou rýchlosťou 60 km/h. Predpokladaná skladba dopravného prúdu v tuneli je 77 % osobných vozidiel, z toho 85 % vozidiel s benzínovým motorom, 15 % s naftovým motorom a 23 % nákladných vozidiel. Celková premávka v tuneli je rozdelená na dve tunelové rúry v pomere 1:1. Predpokladaný počet vozidiel v roku 2012 v oboch smeroch na jednu tunelovú rúru za 24 h je 12 266 a 18 801 vozidiel v roku 2027.

Orientácia trasy tunela podľa svetových strán je v osi západ–východ. Dĺžka severnej tunelovej rúry je 632,523 m, dĺžka južnej tunelovej rúry je 635,453 m. Severná hĺbená tunelová rúra má dĺžku 54,715 m pri západnom portáli a 47,086 m pri východnom portáli. Južná hĺbená tunelová rúra má dĺžku 27,517 m pri západnom portáli a 82,622 m pri východnom portáli.

Dokumentácia na stavebné povolenie rieši predmetnú komunikáciu v šírkovom usporiadaní podľa kategórie D 26,5/100. Šírkové usporiadanie tunela je predpísané kategóriou T1 = 9,0 v zmysle STN 73 7507 Projektovanie tunelov na pozemných komunikáciách z roku 2001, tj. každá tunelová rúra s dvomi jazdnými pruhmi šírky 3,5 m, núdzovým pruhom šírky 1,25 m a núdzovými chodníkmi šírky 1 m po oboch stranách.

Základná výška priečného prierezu je 4,8 m, v osi jazdného pásu je výška priečného prierezu zvýšená na 5,2 m v šírke 3,5 m pre nadrozmerne vozidlá. Výška priečného priestoru nad núdzovými chodníkmi je 2,2 m. V tunelových rúrach je teoretická plocha užitočného priestoru tunela 72,06 m² (bez zohľadnenia prípustných medzných odchýlok).

Obe razené tunelové rúry sú v ľavotočivom smerovom oblúku s polomerom 1700,00 a 2693,75 m. Niveleta oboch tunelových rúr je vedená vypuklým vrcholovým oblúkom s polomerom 10 000 m. V trase severnej tunelovej rúry začína vrcholový oblúk v km 0,302 663 so stúpaním 3,5 %. Vrchol dosahuje v km 0,702 656 a následne klesá do staničenia konca oblúka v km 1,102 649 pri klesaní 4,5 %. V trase južnej tunelovej rúry začína vrcholový oblúk v km 0,299 466 so stúpaním 3,5 %. Vrchol dosahuje v km

INTRODUCTION

The Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway, which is being planned, is in line with the „Motorway Network Development Program for the Slovak Republic“ and the Decree No. 523 of the Government of the Slovak Republic, dated 26.6.2003, on the updating of the new development project for motorways and fast highways. The motorway section in question will become part of the multimodal transit corridor No.V, branch a), modified in Slovakia through the D1 motorway route between Bratislava – Žilina – Košice – the SR/Ukraine border. It is in conformity with the routing of international road transport across Slovakia along the routes of the traffic corridors which were defined in 1994 at the Pan-European Transport Conference on Crete. At the same time, this stretch is part of the main motorway route in Slovakia. The purpose and objective of this project is to gradually develop the basic motorway route, improve the quality of international and domestic traffic, fluency and, at the same time, safety of road traffic. The construction of the motorway will significantly improve the traffic-operating conditions for transit transportation. When the construction of the D1 motorway section in question is completed, the conditions for substantial decongestion of traffic along the I/18 road and other adjacent roads will be met.

The main designer for the above-mentioned project is Združenie Jánovce – Jablonov, a group of companies consisting of Geoconsult, spol. s r.o. Bratislava, HBH Projekt spol. s r.o. Brno and Valbek spol. s r.o. Liberec. The designer for the Šibenik tunnel is Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. Bratislava.

BASIC DATA ON THE TUNNEL

The Šibenik tunnel allows the D1 motorway to pass under the bottom of Šibenik Hill, south-east of the town of Levoča. Šibenik Hill altitude is 652.7m a.s.l. It is part of the geomorphological unit of Hornád Basin, sub-unit Medvedie Chrby. Western portals of the tunnel tubes are at the altitudes of 569.4m a.s.l. (the NTT) and 570.1m a.s.l. (the STT). Eastern portals of the tunnel tubes are at the altitudes of 570.3m a.s.l. (the NTT) and 568.9m a.s.l. (the STT). The areas in front of the portals as well as the area above the tunnel have the character of meadows, fields or pastures. No buildings or structures are found above the tunnel or in the vicinity of the portals. The closest structure is the overhead line No. 202, which is found at a distance of about 170m from the eastern portal.

The tunnel design comprises a twin-tube motorway tunnel, in a rural area, for unidirectional traffic and a maximum permissible speed of 80km/h or bi-directional traffic, in the case of a closure of one tunnel tube, with a maximum permissible speed of 60km/h. The anticipated composition of the flow of traffic is as follows: passenger cars 77 % (of that 85% petrol powered and 15% diesel powered) and 23% lorries. The total traffic through the tunnel is divided between two tunnel tubes at a 1 : 1 ratio. The anticipated numbers of vehicles in 2012 and 2027 in both directions per one tunnel tube per 24 hours are 12,266 and 18,801, respectively.

In terms of cardinal points, the tunnel route is oriented along the WE axis. The northern tunnel tube is 632.23m long, whilst the length of the southern tunnel tube is 635.453m. The northern cut-and-cover tunnel tube is 54.715m long at the western portal and 47.086m long at the eastern portal. The southern cut-and-cover tunnel tube is 27.517m long at the western portal and 82.622m long at the eastern portal.

According to the final design, the D 26.5/100 category of the width arrangement is applied to the road in question. The tunnel width arrangement is prescribed to be T1 = 9.0 category, in the meaning of STN 73 7507 Design of Road tunnels from 2001, which means two 3.5m wide traffic lanes, a 1.25m wide emergency lane and two emergency walkways on both sides in each tube.

The basic height clearance is 4.8m; the height clearance is increased to 5.2m on the centre line of the roadway, within the width of 3.5m, for oversized vehicles. The height clearance over the emergency walkways is 2.2m. The theoretical useful cross sectional area of one tunnel tube is 72.06 m² (without permissible limit deviations taken into account).



Východný portál – Eastern portal

Obr. 1 Východný portál tunela Šibenik (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)
Fig. 1 Eastern portal of the Šibenik tunnel (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

0,699 485 a následne klesá do staničenia konca oblúka v km 1,099 504 pri klesaní 4,5 %. Priečný sklon 2,5 % je jednotný v oboch tunelových rúrach po celej ich dĺžke.

Tunelové rúry sú navzájom prepojené dvomi priečnymi priečnými prepojeniami. V každom priečnom prepojení je umiestnená samostatná miestnosť-rozvodňa NN. Súčasťou tunela je technologická centrála, navrhnutá ako podzemný objekt priliehajúci k hlbenej časti severnej tunelovej rúry, ktorá má samostatný vchod z voľného priestranstva pred východným portálom (obr. 1). Na prevedenie káblov z technologickej centrály do tunelových rúr je navrhnutý kolektor prechádzajúci popod obe tunelové rúry s vyústením do káblových šácht v núdzových chodníkoch v tunelových rúrach. Ďalšou časťou stavby súvisiacou s tunelom je dvojpodlažná budova s požiarou nádržou, umiestnená na odpočívadle Levoča.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY

Na základe vykonaného prieskumu a v súlade s regionálnou inžiniersko-geologickou klasifikáciou hornín Slovenska sa v trase tunela nachádza formácia kvartérnych zemín a flyšová formácia (obr. 2). Kvartérne zeminy sú zastúpené komplexom deluviálnych sedimentov. V bezprostrednom okolí západného portálu, okrem vegetačnej vrstvy o hrúbke okolo 0,3 m pevnej konzistencie, prevláda do hĺbky 1,0–3,1 m íl piesčité až piesok fľovitý. V obidvoch prípadoch s podielom úlomkov pieskovcov. V podloží sú silne zvetrané pieskovce. V priestore východného portálu, okrem vegetačnej vrstvy o hrúbke 0,2–0,4 m, sa do hĺbky 1,7–2 m nachádza íl strednej plasticity, zriedka íl piesčité pevnej konzistencie. V podloží sú celkom až silno zvetrané rozpadavé ílovce. V predportálovom úseku dosahuje vegetačná vrstva a ornica hrúbku 0,2–0,6 m a je tuhej konzistencie. Bližšie k portálu do hĺbky 3,0–4,2 m zasahuje delúvium tvorené ílom a ílom piesčitým prevažne tuhej konzistencie. Ďalej od portálu do hĺbky 2,6–1,1 m zasahuje íl piesčité s menším podielom úlomkov a tuhou až pevnou konzistenciou. V podloží delúvia sa nachádzajú silno zvetrané ílovce.

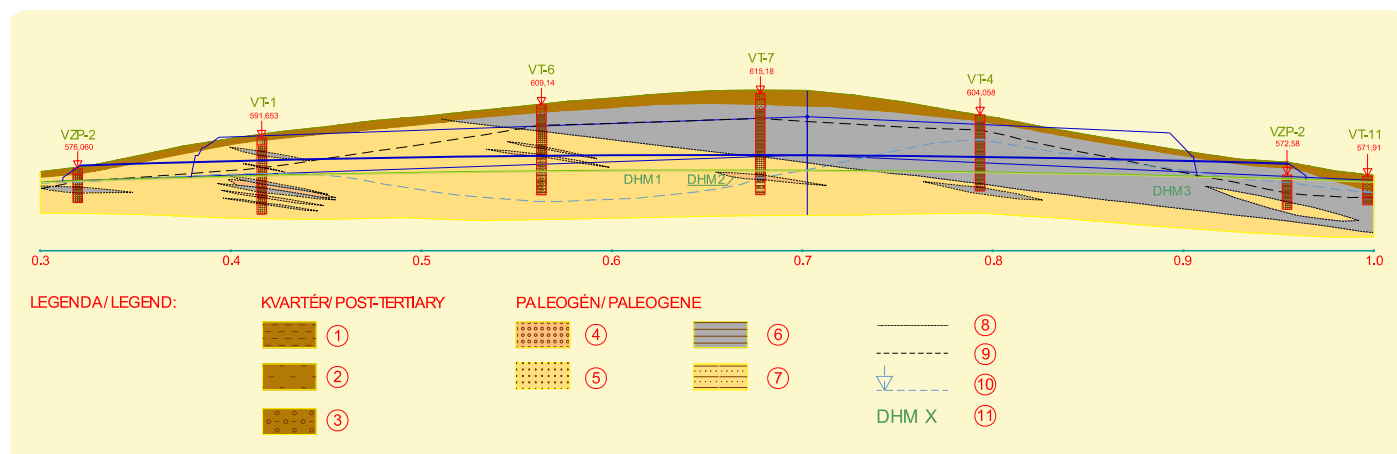
Both mined tunnel tubes are on a left-hand horizontal curve with the radii of 1700.00 and 2693.75m. The vertical alignment of both tunnel tubes follows a concave curve with the radius of 10,000m. For the alignment of the northern tunnel tube, the concave curve starts at km 0.302 663, with the uphill gradient of 3.5%. It reaches the summit at km 0.702 656, then it descends on a gradient of 4.5% to the chainage 1.102 649 where the curve ends. For the alignment of the southern tunnel tube, the concave curve starts at km 0.299 466, with the uphill gradient of 3.5%. It reaches the summit at km 0.699 485, then it descends on a gradient of 4.5% to the chainage 1.099 504, where the curve ends. The transverse gradient of 2.5% is uniform for both tunnel tubes, throughout their lengths.

The tunnel tubes are interconnected by two pedestrian cross passages. Each cross passage contains an independent room – an LW switchgear room. Part of the tunnel is an equipment control building, which is, according to the design, an underground structure adjacent to the cut-and-cover section of the northern tunnel tube, which has a separate entrance from the open area in front of the eastern portal (see Fig. 1). A utility tunnel passing under both tunnel tubes is designed to lead cables from the equipment control building to the tunnel tubes. The utility tunnel ends are in the tunnel tubes, in cable manholes, which are located in the emergency walkways. Another part of the construction which is associated with the tunnel is a two-level building with a fire protection reservoir, which is located at the Levoča lay-by.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

According to the completed survey and in accordance with regional engineering geological classification of ground in Slovakia, there is a Quaternary soil formation and a flysh formation found along the tunnel route (see Fig. 2). Quaternary soils are represented by a complex of diluvial sediments. In the immediate surroundings of the western portal, apart from the about 0.3m thick, hard consistency vegetation layer, sandy clays to clayey sands prevail to the depth of 1.0 – 3.1m (in both cases containing a proportion of sandstone fragments). The bedrock consists of heavily weathered sandstone. In the area of the eastern portal, there is, apart from a 0.2 – 0.4m thick vegetation layer, medium-plastic clay reaching to a depth of 1.7 – 2 m or, infrequently, hard consistency sandy clay. Up to heavily weathered, rotten claystone is in the sub-grade. The vegetation layer and arable soil in the section in front of the portals is 0.2 – 0.6m thick; it has a hard consistency. Closer to the portals, there is a diluvium consisting of clay and sandy clay, mostly of the stiff consistency, reaching to a depth of 3.0 – 4.2m. At a greater distance from the portal, there is sandy clay with a smaller proportion of fragments and stiff to hard consistency, reaching to a depth of 2.6 – 1.1m. The sub-base of the diluvium consists of weathered claystone.

A flysh formation rises throughout the length of the tunnel and in the portal sections. The rocks identified by the survey are parts of the Zuberec Member, with a typical flysh background. Under the diluvial sediments, the Zuberec Member has a zone of even heavily weathered rock, having locally, on the contact with the diluvium, even the character of soil. Slightly weathered to sound rock is found under this zone. Two differing rock layers with differing engineering geological and geotechnical properties were determined



Obr. 2 Inžiniersko-geologický pozdĺžny profil (Uranpres s. r. o.)

1) íl, 2) íl piesčité, 3) íl štrkovitý až štrk ílovitý, 4) zlepenec, 5) pieskovce, 6) ílovce, 7) striedanie ílovcov a pieskovcov, 8) litologická hranica, 9) rozhranie navetraných a zdravých hornín, 10) hladina PV, 11) druh horninového masívu podľu TP 06-1/2006

Fig. 2 Engineering geological longitudinal section (Uranpres s.r.o.)

1) clay, 2) sandy clay, 3) gravelly clay to clayey gravel, 4) agglomerates, 5) sandstone, 6) claystone, 7) alteration of claystone and sandstone, 8) lithological border, 9) interface between slightly weathered and sound rock, 10) water table, 11) rock mass type according to TP 06-1/2006

V celej trase tunela a v priortálových úsekoch vystupuje flyšová formácia. Zistené horniny patria zubereckému súvrstviu v typickom flyšovom vývoji. Pod kvartérnymi deluviálnymi sedimentmi sa v zubereckom súvrstvi nachádza zóna celkom až silno zvetraných hornín, ktoré majú lokálne na styku s delúviom až charakter zemín. Pod touto zónou sa nachádzajú horniny slabozvetrané až zdravé. V trase južnej a severnej tunelovej rúry, pod chrbátom Šibenika, na základe výsledkov z vrto v zubereckom súvrstvi, sú vyčlenené dve odlišné horninové polohy rozdielnych inžiniersko-geologických a geotechnických vlastností.

Od km 0,335 (ZP) po km 0,610 bude tunel razený v stredno- až hrubozrnných pieskovecch slabozvápňitých s muskovitom. Poloha má celkovú hrúbku viac ako 50 m. Pieskovce s lavicovitou vrstevnatosťou majú hrúbku vrstiev 0,2–0,6 m. Medzi vrstvami pieskovec sa nezdriedka vyskytujú tenké vločky ílovcov, čo môže spôsobiť oddeľovanie vrstiev. Ojedinele sú vyčlenené samostatné šošovky ílovcov o hrúbky 1,5–2,5 m. V polohe pieskovec sa nachádzajú aj samostatné vrstvy zlepcov o hrúbky 0,5–4 m. V uvedenej západnej polovici dĺžky tunela majú pieskovce zastúpenie 68 %, zlepec 15 % a ílovec 17 %. Podľa stupňa zvetrania je 60–87 % hornín navetraných (W2) a 13–40 % hornín zvetraných (W3). Podľa zistení na povrchu majú tektonické pukliny hustoty 200–2000 mm. Pukliny sú dvoch výrazných smerových orientácií, a to súbežné s osami tunelových rúr a priečne, pričom ich sklony sú strmé (>80°). Spolu s ešte početnejšími subhorizontálnymi vrstvomými plochami tvoria tri navzájom kolmé systémy plôch diskontinuit, ktoré spôsobujú rozpad hornín na doskovité a hranolovité bloky stredných (200–600 mm) až veľkých (600–2000 mm) rozmerov. Podľa hodnotenia stupňa pevnosti sú horniny začlenené do stredného stupňa R3, výnimočne R4 (do 5 %), čo je doložené aj laboratórnymi skúškami (pevnosť v prostom tlaku 30–62 MPa a pevnosť pri bodovom zaťažení PLT 25,7–47,4 MPa). Táto časť tunela je v prevažnej miere bez prítomnosti vody.

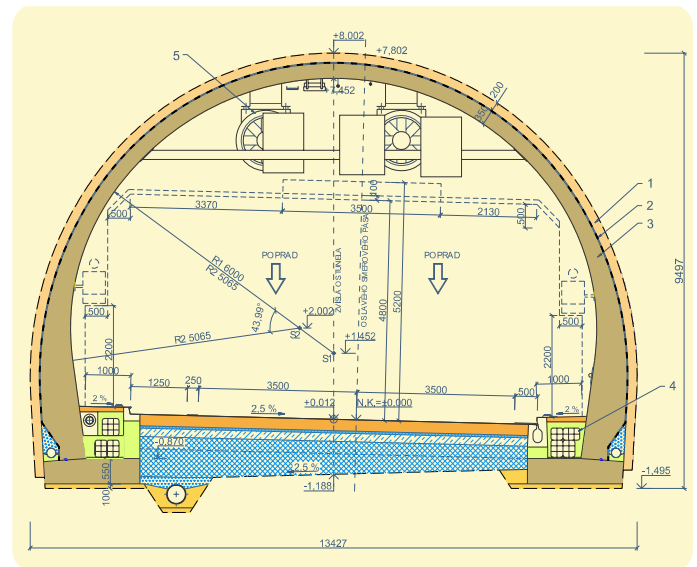
Od km 0,610 po km 0,970 (VP) bude tunel razený v polohe ílovcov hrubej do 30 m. Táto poloha ílovcov je svojim zložením homogénna. Sú to sivé a tmavosivé ílovce s rozpadom kolmo na os jadra. Výnimočné sú prechody do prachovcov až jemnozrnných pieskovec. Podľa stupňa zvetrania sú v profile tunelovej rúry ílovce len navetrané (W2) až zdravé (W1), bližšie k východnému portálu vplyvom nižšieho nadložía sú silno zvetrané (W4, 65 %), slabozvetrané (W3, 13 %) a navetrané (W2) až zdravé (W1) v zastúpení 22 %. Rozpad hornín podľa RQD je v ílovcach medzi 40–90 % (priemer 70 %) a so zmenšovaním nadložía klesá na 0–70 %. Tento parameter ďalej k východnému portálu má klesajúci trend (odhad do 20–30 %). S ohľadom na nižšiu rigiditu oproti pieskovcom predpokladá sa vyššia hustota (60–200 mm) tektonických puklín rovnakej priestorovej orientácie voči osi tunelových rúr. Podstatne vyššia je hustota vrstvomých plôch (2–60 mm). Z uvedeného vyplýva, že v tunelových rúrach sa budú v ílovcach vytvárať doskovité až polyedrické bloky malých (60–200 mm) až veľmi malých rozmerov (< 60 mm). Podľa hodnotenia stupňa pevnosti sú ílovce zaradené do stredného stupňa R3, bližšie k východnému portálu do nízkeho stupňa pevnosti R4 a na portáli je to nízky stupeň pevnosti R4 až extrémne nízky R6. Laboratórne skúšky ílovcov v prostom tlaku ukazujú hodnoty 16–20 MPa, čo potvrdzuje ich zatriedenie do triedy R3 s prechodmi do R4. Pevnosť pri bodovom zaťažení PLT je 18,3 MPa. V nivelete tunela je horninové prostredie zvodnené s očakávaným prítokom do 0,5 l/s.

RAZENIE A VYSTROJENIE VÝRUBU

Konštrukcia razených tunelových rúr je tvorená dvojvrstvovým ostením (primárnym a sekundárnym) s medziľahlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou (obr. 3). Tvar konštrukcie je navrhnutý pre cyklické razenie. Teoretické rozmery výrubu (pre primárne ostenie hrúbky 200 mm) sú: max. výška 9497 mm, max. šírka 13 427 mm a plocha výrubu 105,34 m².

Na razenie tunela Šibenik sa navrhuje cyklický spôsob razenia s horizontálnym členením výrubu na kalotu, stupeň a dno. Vzhľadom na geologické pomery sa uvažuje s dvomi technológiami razenia, a to vrtno-trhavinové razenie a razenie pomocou tunelbagra. Alternatívne možno uvažovať aj s použitím stroja s výložníkovou frézou.

Primárne ostenie má po celej dĺžke tunela (okrem úsekov razených pod dáždňikmi) navrhnutú konštantnú hrúbku min. 200 mm vzhľadom na namáhanie staticky posúdených priečných rezov. S primárnym ostením je uvažované aj pri prenose zaťaženia od horninového tlaku počas životnosti tunela. Podiel primárneho ostenia na prenose zaťaženia je 30 %. Primárne ostenie je tvorené kombináciou striekaného betónu, výstužných sietí, priehradových oceľových oblúkov a kotiev. Kotvy sú navrhnuté hydraulicky upínateľné dĺ. 4 m a 6 m, resp. injektované zavŕtavacie dĺ. 4 m. Použité vystrojovacie prvky sú uvedené na obr. 4. V priortálovej vystrojovacej triede sa uvažuje s razením pod dáždňikom z injektovaných zavŕtavacích tyčí dĺ. 15 (18) m. Zhotovenie plnej hrúbky primárneho ostenia sa bude realizovať v 3 záberoch.

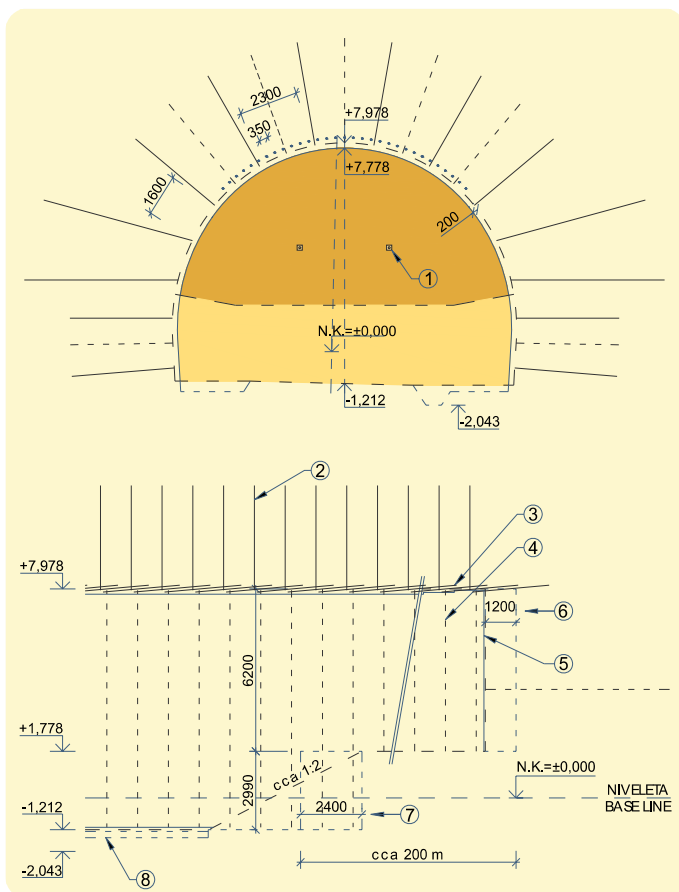


Obr. 3 Vzorový priečný rez (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)
1) primárne ostenie, 2) medziľhlá hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie,
4) multikanálové káblové chráničky, 5) prudový ventilátor Ø 1250 mm
Fig. 3 Typical cross section (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)
1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining,
4) multiple-way cable ducts, 5) jet fan Ø 1250 mm

on the basis of the results of boreholes in the Zubrec Member, on the route of the southern and northern tunnel tubes, under the ridge of Šibenik Hill.

From km 0.335 (the WP) to km 0.610, the tunnel will be driven through medium-grained to coarse-grained sandstone, slightly calcareous, containing muscovite. The total thickness of the sandstone layer exceeds 50m. The sandstone beds are 0.2 – 0.6m thick. There are frequently thin claystone interlayers between the sandstone beds, which may cause the separation of the layers. Sporadic, separate claystone lenses 1.5m – 2.5m thick were determined. There are also separate, 0.5 – 4.0m thick layers of conglomerates in the sandstone unit. In the above-mentioned western half of the tunnel length, the proportions of rocks are 68% for sandstone, 15% for agglomerates and 17% for claystone. In terms of the degree of weathering, 60 – 87% of the rocks are slightly weathered (W2) and 13 – 40% of the rocks are weathered (W3). As determined by the survey of outcrops, the spacing of tectonic fissures ranges from 200 to 2000mm. The fissures follow two significant directions, i.e. parallel with the centre lines of the tunnel tubes and transverse; their dips are steep (>80°). Together with the even more numerous sub-horizontal bedding planes, they form three systems of discontinuity surfaces, which are perpendicular to each other. The discontinuity surfaces cause the disintegration of rocks into platy and prism-shaped blocks of medium (200 – 600mm) to big (600 – 2000mm) dimensions. In terms of the strength-related classification, the rocks are assigned the medium degree R3 and, exceptionally, degree R4 (less than 5%). This distribution is even supported by laboratory tests (unconfined compression strength of 30 – 62MPa and the point load strength of 25.7 – 47.4MPa). This part of the tunnel is to a large extent without the presence of water.

From chainage km 0.610 to km 0.970 (the EP), the tunnel will be driven through an up to 30m thick layer of claystone. The composition of this claystone layer is homogeneous. It consists of grey and dark-grey claystone, disintegrating perpendicularly to the core axis. Transition to siltstone or fine-grained sandstone is exceptional. In terms of the degree of weathering, the rocks found inside the tunnel tube profile are only slightly weathered (W2) to sound (W1); closer to the eastern portal, owing to the smaller height of the overburden, they are heavily weathered (W4, 65%), moderately weathered (W3, 13%) and slightly weathered (W2) to sound (W1) with the proportion of 22%. The rock disintegration in terms of the RQD is 40 – 90% for claystone (70% on average); it diminishes to 0 – 70% with the diminishing height of the overburden. This parameter shows a downward trend in the further direction toward the eastern portal (estimated for 20 – 30%). With respect to the lower rigidity compared to sandstone, closer spacing (60 – 200mm) of tectonic fissures having the same spatial orientation to the centre line of the tunnel tubes is expected. The spacing of bedding surfaces is significantly closer (2 – 60mm). It follows from the above-mentioned facts that platy to polyhedral blocks of small (60 – 200mm) to very small dimensions (< 60 mm) will originate in the claystone. In terms of the strength rating, the claystones



Obr. 4 Postup razenia a vystrojovacie prvky (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)
 1) injektované zavrtavacie kotvy dl. 8 m, 2) kotvy hydraulicky upínateľné dl. 4 m a 6 m, resp. injektované zavrtavacie dl. 4 m, 3) ihly dl. 4 m Ø R25 4) prie hradové oceleové nosníky, 5) stabilizačná vrstva 0–50 mm striekaného betónu na čelbe, 6) dĺžka záberu v kalote 0,8–1,7 m, 7) dĺžka záberu v stupni 1,6–3,4 m, 8) prehĺbovanie dna

Fig. 4 Excavation sequences and support elements (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) groutable self-drilling anchors 8 m, 2) water expanded rock bolts 4m and 6m or groutable self-drilling anchors 4m, 3) spiles 4 m Ø R25 4) lattice girders, 5) stabilisation layer 0 – 50 mm of shotcrete on the face, 6) top heading advance length 0.8 – 1.7 m, 7) bench advance length 1.6 – 3.4 m, 8) deepening of the bottom.

Navrhnutá dĺžka záberu v kalote je v závislosti od vystrojovacej triedy 1,3–1,7 m, 1,0–1,3 m a 0,8–1,0 m. Vystrojenie výrubu bolo zoptimalizované podľa zatriedenia do vystrojovacích tried v zmysle TP 06-1/2006 Vystrojovacie triedy. Časť 1: Cyklické razenie.

V rámci razenia kaloty, resp. stupňa musí byť v provizórnom dne zabezpečené odvádzanie použitej technologickej vody a prípadných priesakových vôd, a to pomocou odvodňovacej ryhy a čerpania vody von z tunela do sedimentačných nádrží umiestnených na stavebnom dvore západného portálu.

Z bilančnej tabuľky možno konštatovať, že z celkového množstva rúbani-ny 133 350 m³ z oboch tunelových rúr je možné využiť do násypov a zásypov bez úpravy 126 000 m³ vytáženého materiálu, čo predstavuje 94,49 %.

SEKUNDÁRNE OSTENIE

Sekundárne ostenie razeného tunela je navrhnuté z prostého betónu. Vystužené sekundárne ostenie majú bloky predurčené statickým výpočtom na styku hĺbeného tunela s razeným, ďalej bloky s výklenkami a so zárodkami priečných prepojení. Sekundárne ostenie bude postupne betónované po blokoch pomocou posuvného debnenia. Blok sekundárneho ostenia tvorí jeden pracovný a dilatačný celok. Dĺžka jedného dilatačného celku bude 10 m v líci kratšej strany bloku (resp. 9,98 m pri uvažovaní dilatačnej vložky hrúbky 20 mm). Všetky dilatačné a pracovné škáry budú vybavené vonkajšími pryžovými tesniacimi pásmi. Tvar škár v líci ostenia bude mať lichobežníkový tvar zhotovený pomocou gumového profilu vloženého do debnenia. V pracovných škárach medzi základovým pásom a klenbou budú osadené napučiavacie škárové pásy vo vzdialenosti min. 80 mm od rubu ostenia. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 350 mm, smerom k základovým pásom sa hrúbka ostenia zväčšuje. V sekundárnom ostení budú uložené

are assessed as being the medium degree R3; closer to the eastern portal as the low degree of strength R4 and, at the portal as the low degree R4 to extremely low R6. Laboratory tests of claystone for unconfined compression strength show the values of 16 – 20MPa, which is a confirmation of the categorisation as class R3 with transition to R4. The point load strength (PLT) is 18.3 MPa. The rock environment at the level of the tunnel bottom is water-bearing, with the anticipated inflow rate up to 0.5 l/s.

TUNNEL EXCAVATION AND EXCAVATION SUPPORT

The structure of the mined tunnel tubes consists of a double-shell lining (primary and secondary) with an intermediate drainage and protection layer and a waterproofing membrane (See Fig. 3). The shape of the structure is designed to be suitable for cyclic excavation. Theoretical dimensions of the excavated cross section (for a 200mm thick primary lining) are as follows: maximum height of 9497mm, maximum width of 13,427mm and cross sectional area of 105.34 m².

A cyclic process with the top heading, bench and invert sequences is designed for the Šibenik tunnel excavation. With respect to the geological conditions, two excavation techniques are proposed, i.e. the drill-and-blast and the application of a tunnel excavator. The use of a cutter boom can be counted with as an alternative.

The uniform thickness of the primary lining of 200mm is designed for the whole tunnel length (with the exception of a section to be driven using a protective umbrella) on the basis of the stresses determined by a structural analysis of the cross sections. The role of the primary lining is taken into account even in the carrying of rock pressures during the tunnel life. The primary lining share is 30% of the load. The primary lining consists of shotcrete, steel mesh, lattice girders and rock bolts. Friction bolts 4m and 6m long, expanded by pressurised water, or self-drilling grouted anchors are designed. The support elements to be used are presented in Fig. 4. The excavation support class for the portal section is designed to contain a protective canopy of 15 (18)m long, grouted self-drilling rods. The full thickness of the primary lining will be sprayed in three layers. The advance length designed for the top heading is, depending on the excavation support class, 1.3 – 1.7m, 1.0 – 1.3m and 0.8 – 1.0m. The excavation support was optimised according to the excavation support classes, in the meaning of the specifications TP 06-1/2006 Excavation Support Classes, Part 1: Cyclic Excavation.

During the top heading or bench excavation, it is necessary to secure the drainage of process water or contingent percolation water from the temporary bottom by means of drainage ditches. Water will be pumped from the tunnel to sedimentation tanks, which will be located within the construction yard at the western portal.

It is possible to find in the mass-haul table that it will be possible to use 126,000m³ of the muck of the total volume of 133,350m³ obtained from both tubes (94.49%) for embankments and backfills without any treatment.

SECONDARY LINING

The secondary lining of the mined tunnel will be in unreinforced concrete. Reinforced concrete secondary lining will be in the blocks which are determined by the structural analysis, i.e. the blocks which are at the contact of the cut-and-cover tunnel and mined tunnel, the blocks containing recesses and blocks containing germs of cross passages. The secondary lining will be cast, block by block, using a tunnel form traveller. A secondary lining block forms one working and expansion unit. The expansion block will be 10m long (measured on the face of the shorter side of the block, which is curved in the ground plan), or 9.98m when the 20mm thick expansion strip is taken into account. All expansion joints and day joints will be provided with external rubber waterstop bands. The joints will have a trapezoidal profile on the inner face of the lining, which will be achieved by means of a rubber gasket, inserted to the formwork. Hydrophylic waterbars will be installed in the day joints between the footing and the vault, at a minimum distance of 80mm from the outer surface of the lining. The minimum thickness of the secondary lining is 350mm; the thickness of the lining increases towards the footing. Cable conduits and boxes will be cast into the secondary lining. The coating which will be used for the finishing of the lining must meet requirements for water resistance, vapour permeability and washability. The roadway and walkways will have the natural concrete colour. The design of shapes of the finish hardware which are shown in Fig. 5 is accentuated by respective signal paints. The secondary lining is in conformance with the R – 90/D1 fire safety criterion. With respect to the need to meet this criterion, the concrete formulae must also be prescribed for which it will be proved on the basis of a fire resistance test that the fire resistance of the designed unreinforced concrete lining and the resistance of the concrete cover/surface layer to spalling meet the requirements.

káblové chráničky a krabice. Ako povrchová úprava ostenia budú použité nátery, ktoré musia spĺňať kritéria na vodoodolnosť, paropriepustnosť a umývateľnosť. Vozovka a chodníky budú mať prirodzenú farbu betónu. Tvarové riešenie kompletizačných prvkov uvedené na obr. 5 je akcentované príslušnými signálnymi farbami. Sekundárne ostenie spĺňa kritérium požiarnej odolnosti R-90/D1. S ohľadom na splnenie tohto kritéria sa musí predpísať také zloženie betónovej zmesi, pre ktoré sa potvrdí jednak požadovaná požiarne odolnosť navrhnutého monolitického ostenia a jednak odolnosť betónovej krycej, resp. povrchovej vrstvy voči odpraskávaniu na základe vykonania skúšky požiarnej odolnosti.

VOZOVKA A NÚDZOVÉ CHODNÍKY

Navrhnutá je konštrukcia vozovky s cementobetónovým krytom so skladbou a dimenziami:

dvojrstvový cementobetónový kryt CB I, 170/80 mm,
 obalované kamenivo strednozrné OKS I, 50 mm,
 infiltračný postrek 1,0 kg/m² PI,
 cementová stabilizácia SC I, 180 mm,
 štrkodrvina 0-32, 0-63 (20 + 150 mm), 270 mm.

Rozmery cementobetónových dosiek vyplývajú zo šírkového usporiadania diaľnice v tuneli. Pozdĺžna škára je navrhovaná 100 mm od osi smerového pásu smerom k zvislej osi tunelovej rúry. Z uvedeného vyplývajú nasledovné šírky vozovkových dosiek: JTR-3890 mm +4700 mm; STR-4690 mm + 3900 mm. Základná dĺžka CB dosiek je 5 m. Priečne škáry CB dosiek v tuneli sú uvažované vždy v miestach dilatačných škár blokov sekundárneho ostenia, resp. klenbovej nosnej konštrukcie (každých 10 m). Priečne a pozdĺžne škáry v CB doskách sa budú robiť rezaním. Základný rez je široký 3 mm do hĺbky 70 mm (priečna škára) a 80 mm (pozdĺžna škára). Na koncoch tunelových rúr a na styku CB krytu s asfaltovou vozovkou sa urobia pracovné škáry, ktoré majú funkciu dilatačných škár. Okrem pracovných škár budú všetky priečne a pozdĺžne škáry vystužené. V miestach priečných škár sa počas betónovania budú zatláčať trne a v miestach pozdĺžnych škár kotvy. Klzný trn má priemer 24 mm, dĺžku 500 mm, na povrchu je plastový povlak. Základná vzdialenosť trňov bude 250 mm. Núdzové chodníky po oboch stranách vozovky majú šírku 1 m. Pozostávajú z betónových blokov pre uloženie štrbinových žlabov a obrubníkov, z obetonovaných káblových chráničiek, z obrubníkov, z káblových šácht a ich súčastí a z betónového krytu.

HYDROIZOLÁCIA A ODVODNENIE TUNELA

Ochrana tunela proti podzemnej vode je riešená otvoreným systémom hydroizolácie. Navrhnutá je plošná fóliová hydroizolácia hrúbky 2 mm na báze PE alebo PVC, resp. polyolefínu. Fólia bude mechanicky kotvená do primárneho ostenia. Drenážnu a ochrannú funkciu bude plniť geotextília s plošnou hmotnosťou 500 g/m². Voda zachytená hydroizoláciou je zvedená drenážnou vrstvou do pozdĺžnych drenážnych potrubí v úrovni piet opôr. V škárach medzi blokmi sekundárneho ostenia budú na pásy hydroizolačnej fólie natavené dilatačné škárové pásy, ktoré budú vybavené systémom pre dodatočnú injektáž. V blízkosti dilatačných škár budú v sekundárnom ostení osadené injektážne krabice pre dodatočnú injektáž v prípade výskytu priesakov. Priesaková voda z horninového masívu bude po celej dĺžke tunela zachytávaná drenážnymi potrubiami, pričom každých 50 m bude zvedená transportnými potrubiami do zbernej šachty a následne do zberača priesakových vôd. Zberač priesakových vôd, ktorý bude zároveň slúžiť ako drenáž vozovkovej pláne, bude v predportálových oblastiach vyúsťovať do diaľničných priekop.



Obr. 5 Úprava sekundárneho ostenia a tvarové riešenie kompletizačných prvkov núdzového východu (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) dopravné značky D70a, b, 2) núdzové osvetlenie-neónové flourescentné svietidlo, 3) značka pre núdzový východ, 4) požiarne núdzové osvetlenie, 5) označenie núdzového východu, 6) grafický symbol núdzového východu, 7) požiarne núdzové osvetlenie

Fig. 5 Secondary lining design and design of shapes of finish hardware of an emergency exit (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) traffic signs D70a, b, 2) emergency lighting - neon fluorescent lighting fixture, 3) emergency exit sign, 4) fire emergency lighting, 5) emergency exit marking, 6) graphical symbol for emergency exit, 7) fire emergency lighting

ROADWAY AND EMERGENCY WALKWAYS

The structure of the concrete pavement type of the roadway which was designed will comprise :

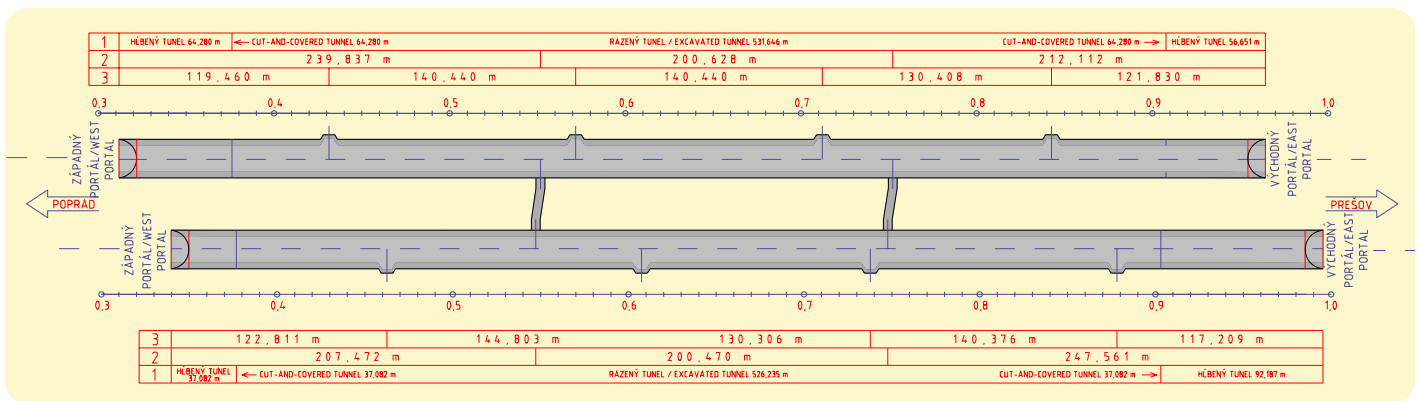
two-course concrete pavement CB I, 170/80 mm,
 medium-grained coated aggregate OKS I, 50 mm,
 prime coat 1.0 kg/m² PI,
 cement stabilisation SC I, 180 mm,
 crushed gravel 0-32, 0-63 (20+150 mm), 270 mm.

The dimensions of concrete slabs follow from the width arrangement of the motorway inside the tunnel. The longitudinal joint is designed to be 100mm from the axis of the carriageway, in the direction toward the vertical axis of the tunnel tube. The following width of the pavement slabs follow from the above-mentioned system: STT - 3890 mm + 4700 mm; NTT - 4690 mm + 3900 mm. The basic width of the concrete slabs is 5m. Transverse joints between the concrete slabs inside the tunnel will always be in the locations corresponding to the joints between expansion blocks of the secondary lining, or blocks of the vault structure (every 10m). The transverse and longitudinal joints between concrete pavement slabs will be carried out by cutting. A basic cut is 3mm wide and 70mm deep (a transverse cut) or 80mm deep (a longitudinal joint). Construction joints having the function of expansion joints will be carried out at the ends of the tunnel tubes, at the contact between the concrete pavement and asphalt pavement. With the exception of construction joints, all transverse and longitudinal joints will be reinforced, using dowels, which will be pressed into transverse joints during the concrete casting process, or anchors, which will be installed in longitudinal joints. A slipping dowel is 24mm in diameter, 500mm long and is coated with plastic. The basic spacing of the dowels will be 250mm. The emergency walkways on both sides of the roadway are 1.0m wide. They consist of concrete blocks for the placement of slotted troughs and kerbs, cable ducts encased in concrete, kerbs, cable manholes and their components and concrete pavement.

TUNNEL WATERPROOFING AND DRAINAGE

An open waterproofing system is designed for the protection of the tunnel against ground water. A PE, PVC or polyolefine-based waterproofing membrane 2mm thick is designed. The membrane will be mechanically anchored to the primary lining. The drainage and protective function will be discharged by 500g/m² geotextile. The water which is stopped by the waterproofing barrier is directed through the drainage layer to the longitudinal drains laid at the footing level. Waterstop bands will be welded to the waterproofing membrane sheets over the joints between the blocks of the secondary lining; the waterstops will be provided with a system allowing additional grouting. Boxes containing outlets of grouting hoses for the additional grouting in the case of seepage will be embedded in the secondary lining, near the expansion joints. The water which will seep from the rock massif will be collected by longitudinal drains running throughout the tunnel length and will be diverted every 50m, through transport pipelines and collecting shafts, to a seepage collecting duct. The seepage collecting duct, which will, at the same time, function as drain for the road bed, will end in front of the portals, where it will be connected to a motorway ditch.

Circular-profile perforated PVC drainage pipes DN 200 or DN 160 are designed for the installation in the tunnel tubes. The placement of the DN 200 drainage on the footing, in an infill concrete bed, is designed for the mined tunnel. The drainage pipes will be encased in porous concrete. For cut-and-cover tunnels, the placement of DN 200 drains running along the footing in a porous concrete bed is designed. The drainage pipes will be backfilled with



Obr. 6 Rozmiestnenie bezpečnostných stavebných prvkov (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)
 1) konštrukcia tunela, 2) vzdialenosti núdzových východov, 3) vzdialenosti SOS výklenkov s hydrantom

Fig. 6 Lay-out of structural safety elements (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)
 1) tunnel structure, 2) intervals between emergency exits, 3) intervals between SOS niches containing hydrants.

V tunelových rúrach sú navrhnuté drenážne perforované potrubia z PVC kruhového prierezu DN 200, resp. DN 160. V razenom tuneli je navrhované uloženie drenážnych potrubí DN 200 na základový pás do betónového lôžka z výplňového betónu. Drenážne potrubia budú obetonované drenážnym medzerovitým betónom. V hĺbených tunelových rúrach je navrhované uloženie drenážneho potrubia DN 200 pozdĺž základového pásu do betónového lôžka z výplňového betónu. Drenážne potrubia budú obsypané štrkodrvinou frakcie 16–32 mm. Na rozhraní betónového lôžka a štrkodrviny bude uložená drenážna geotextília s plošnou hmotnosťou 200 g/m². V priečných prepojeniach sú navrhnuté drenážne perforované potrubia z PVC kruhového prierezu DN 160, resp. DN 100. Funkciu hlavného zberača priesakových vôd a zároveň funkciu drenáže vozovkovej pláne bude plniť PVC potrubie DN 400. V razených aj v hĺbených úsekoch bude potrubie v hornej časti perforované v rozpätí 116°. Uložené bude v oboch rúrach pod vozovkou do výplňového betónu. Potrubie bude obetonované drenážnym medzerovitým betónom. Spravidla na začiatku drenážnych potrubí hĺbeného tunela, v priečných prepojeniach a v technologickej centrále sú navrhované čistiace hrdlá, prostredníctvom ktorých bude možné realizovať údržbu drenážnych potrubí. Čistiace hrdlá budú tvorené sústavou PVC potrubí rovnakých rozmerov ako odpovedajúce drenážne potrubie. Do drenážnych potrubí budú vyústené pod uhlom 45°. Ukončené budú uzáverom.

TECHNOLÓGICKÁ CENTRÁLA A KOLEKTOR

Technologická centrála je situovaná pri východnom portáli severnej tunelovej rúry. Pri objekte sa nachádza komunikačná anténa. Budova sa pripája vstupom k severnej tunelovej rúre a káblovou šachtou ku kolektoru. Prístup do TC je riešený po spevnenej ploche z východnej strany objektu, ktorá je prístupná z diaľnice D1 Jánovce-Jablonov. Okolie objektu je zatrávené. Objekt bude z časti zasypávaný. Jednotlivé priestory TC tvoria rozvodne pre EPS, CRS, rádio, osvetlenie, pre NN (UPS, RUPS), pre VN, strojovňa dieselgenerátora, vzduchotechniky, riadiace centrum a sklad. Pod chodbou objektu je technologická chodba (pre vedenie káblov) so svetlou výškou 2,2 m, z ktorej je cez káblovú šachtu vstup do kolektora. Kolektor je uzavretá železobetónová konštrukcia obdĺžnikového prierezu so svetlými rozmermi 2100 x 1500 mm a hrúbkou stien 400 mm. V technologickej chodbe sú umiestnené rošty pre vedenie káblov. Vchod do technologickej chodby je riešený cez protipožiarne poklapy v podlahe. Časť objektu pod rozvodňami pre EPS, CRS, rádio, osvetlenie, pre NN, VN a riadiace centrum má zdvojenú podlahu výšky 1,1 m. Strojovňa dieselgenerátora má zvýšenú svetlú výšku na 4 m.

BEZPEČNOSŤ A VYBAVENIE TUNELA

Tunel je navrhnutý tak, aby spĺňal bezpečnostné požiadavky v zmysle Nariadenia vlády SR č. 344/2006 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti a TP 04/2006 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov. Vybavenie tunela pozostáva z bezpečnostných stavebných prvkov (obr. 6), požiarneho vodovodu a technologickeho vybavenia tunela. Bezpečnostné stavebné prvky v tuneli Šibenik zahŕňajú:

- núdzové pruhy šírky 1,25 m v každej tunelovej rúre,
- obojstranné núdzové chodníky šírky 1 m v každej tunelovej rúre,
- 2 priečne prepojenia, ktoré sú súčasťou unikových ciest z jednej tunelovej rúry do druhej,
- 4 združené SOS výklenky s hydrantmi v každej tunelovej rúre.

V tuneli Šibenik nie sú navrhnuté prejazdne priečne prepojenia, ktoré by mohli slúžiť na zásah pohyblivými technickými prostriedkami – malej mobilnej zásahovej techniky, a to vzhľadom na to, že podľa vyjadrenia HaZZ sa pri

16 – 32mm grain-size crushed gravel. Drainage geotextile 200 g/m² will be placed on the interface between the porous concrete bed and crushed gravel. Circular-profile perforated PVC drainage pipes DN 160 or DN 100 are designed for the transverse connections. The function of the main collector of percolation water and, at the same time, of the road bed drainage will be discharged by DN 400mm PVC pipes. The drainage pipes used for both the mined and cut-and-cover sections will be perforated in the upper part, within a section corresponding to the central angle of 116°. It will be laid in both tubes under the roadway, in non-structural concrete. The pipes will be encased in porous concrete. The installation of drain shoes allowing the maintenance of drainage pipes is designed, with the drain shoes located usually at the beginning of the cut-and-cover tunnel drainage pipelines, in the transverse connecting pipelines and in the equipment control building. A drain shoe will consist of a set of PVC pipes of the dimensions identical with the dimensions of the respective drain. It will be connected to the drain at an angle of 45°. It will be terminated by a cap.

EQUIPMENT CONTROL BUILDING AND UTILITY TUNNEL

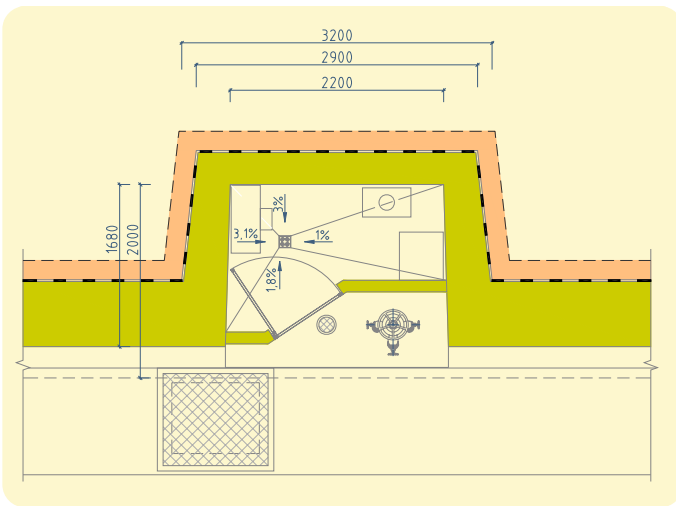
The equipment control building is located at the eastern portal of the northern tunnel tube. There is a communications antenna next to the building. The building is connected through an entrance to the northern tunnel tube and through a cable shaft to the utility tunnel. The access to the equipment control building is from a hard surfaced area on the eastern side of the building, which is accessible from the D1 Jánovce - Jablonov motorway. The area surrounding the building is covered with grass. The building will be partly covered with earth. The equipment control building comprises switch rooms for the fire alarm and detection system (FADS), central control system (CCS), wireless, lighting, LW (UPS, RUPS), HW, a Diesel generator room, ventilation, a control centre and warehouse. Under the corridor in the building, there is an equipment corridor (for the installation of cables) with a clear height of 2.2m; the entry to the utility tunnel is from this corridor, through the cable shaft. The utility tunnel is a closed, reinforced concrete frame with a rectangular cross section, with the dimensions of 2100 x 1500mm and the walls 400mm thick. There are cable racks installed in the utility tunnel. The entry to the utility tunnel is through fire-check access doors in the floor. Part of the building under the switch rooms for the FADS, CCS, wireless, lighting, LW, HW and the control centre is provided with a 1.1m high elevated floor. The net height of the Diesel generator room is increased to 4.0m.

SAFETY IN THE TUNNEL AND TUNNEL EQUIPMENT

The tunnel design meets safety requirements in the meaning of the Decree No. 344/2006 of the Government of the Slovak Republic on minimum safety requirements for tunnels on the road network and the Specifications TP 04/2006 Fire safety in road tunnels. The tunnel equipment consists of structural safety elements (see Fig. 6), a hydrant line and tunnel service equipment. The structural safety elements in the Šibenik tunnel comprise:

- emergency lanes 1.25m wide in each tunnel tube,
- emergency walkways 1.0m wide on both sides of each tunnel tube,
- 2 cross passages, which are parts of escape routes from one tunnel tube to the other one,
- 4 combined SOS niches with hydrants in each tunnel tube.

No cross passages for vehicles are designed for the tunnel which could be used for an intervention by mobile equipment – small intervention equip-



Obr. 7 Združený SOS výklenok s hydrantom (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)
Fig. 7 Combined SOS niche with a hydrant (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

zásahu v tuneli Šibenik neuvažuje s použitím malej mobilnej zásahovej techniky.

Vzhľadom na rovnaké požadované vzájomné vzdialenosti medzi SOS kabínami a hydrantmi boli navrhnuté združené SOS výklenky s hydrantmi vždy vpravo v smere jazdy. Pôdorysné rozmery všetkých SOS výklenkov sú zhodné a sú: 2200 x 1680 mm (obr. 7). To znamená, že bude realizovaný výklenok aj v primárnom ostení. Svetlá výška výklenku je 2300 mm. Pôdorysná plocha SOS kabíny má nepravidelný tvar vzhľadom na umiestnenie hydrantu pred deliacou priečkou SOS kabíny. Podlaha výklenku je vyvýšená nad hranu chodníka min. o 50 mm a pred SOS kabínou je vyspádovaná v priečnom sklone 2 % k núdzovému chodníku. Deliacia priečka medzi SOS kabínou a priestorom tunelovej rúry je zo železobetónu hrúbky 120 mm a rovnakých vlastností ako sekundárne ostenie.

Potrúbie požiarneho vodovodu slúži na rozvod požiarnej vody v tuneli. V západnej armatúrnej šachte sa potrubie rozdeľuje na dve vetvy a vo východnej armatúrnej šachte sa potrubie spája. Pre zabezpečenie vodovodného potrubia v zimnom období proti zamrznutiu je navrhnuté vyhrievanie oboch vetiev požiarneho vodovodu elektrickým káblom po celej dĺžke. Požiarne hydranty v priestore tunela budú osadené v SOS výklenkoch. Požiarne hydranty pred portálmi tunela budú osadené samostatne v blízkosti nástupných plôch.

Technologické vybavenie tunela zahŕňa zásobovanie tunela elektrickou energiou, centrálny riadiaci systém, riadenie dopravy, monitorovací systém, komunikačný systém, vetranie tunela a osvetlenie tunela. Zásobovanie tunela elektrickou energiou bude z existujúcej linky č. VN 202 vzdialenej cca 200 m od východného portálu tunela. Vsađeným odbočným stožiarom z predpätého betónu bude vedená prípojka dĺžky cca 160 m.

Riadenie dopravy rieši premenné dopravné značenie a značky, trvalé dopravné značenie v tuneli, závory, vodorovné dopravné značenie a svetelné signalizačné zariadenia.

Monitorovací systém tunela pozostáva z merania fyzikálnych veličín, elektrickej požiarnej signalizácie, videodohľadu s videodetekciou a elektronickej zabezpečovacej signalizácie.

Komunikačný systém tvoria SOS telefóny v SOS kabínach, rádiové spojenie v tunelových rúrach pre záchranné zložky a údržbu NDS, a. s., šírenie rádiového vysielania na FM frekvencii 92,2 MHz, tunelový rozhlas a pokrytie každej časti tunela GSM signálom všetkých mobilných operátorov.

Pozdĺžny vetrací systém v tuneli Šibenik pozostáva spolu z 12 prúdových ventilátorov (6 dvojíc) priemeru 1250 mm, prietoku $Q_{SV} = 25,6 \text{ m}^3/\text{s}$ a ťažnej sile 900 N.

ZÁVER

Začiatkom roka 2008 sa na Slovensku rozbehol proces prípravy diaľničných projektov formou verejno-súkromného partnerstva (PPP). Dĺžka plánovaných diaľničných úsekov cez tieto projekty je 151 km. Úsek diaľnice D1 Jánovce – Jablonov bol zaradený do prvého tendra PPP na výstavbu a prevádzku vybraných diaľničných úsekov pri Žiline a Prešove s dĺžkou 74,84 km. My, ktorí sme s uvedeným projektom úzko spät, veríme, že tender na získanie koncesie sa úspešne dokončí a úsek diaľnice D1 Jánovce – Jablonov s tunelom Šibenik (obr. 8) sa čo najskôr začne realizovať.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

Recenzoval: Ing. Miloslav Frankovský

ment. The reason is the opinion of the Fire Rescue Service that the use of small mobile intervention equipment is not expected.

Combined SOS niches with hydrants were designed, with respect to the fact that the required intervals between SOS cabins and between hydrants are identical; the niches are always on the right-hand side (in the direction of travel). The ground-plan dimensions of all SOS niches are identical, i.e. 2200 x 1680 mm (see Fig. 7). It means that each niche will be even built in the primary lining. The net height of the niche is 2300mm. The shape of the SOS cabin floor is irregular with respect to the installation of the hydrant in front of the partition wall in the SOS cabin. The floor of the niche is elevated above the walkway edge at least by 50mm and, in front of the SOS cabin; it is on a transverse gradient of 2% falling toward the emergency walkway. The reinforced concrete partition wall between the SOS cabin and the tunnel tube space is 120mm thick; its properties are identical with those of the secondary lining.

The hydrant line distributes hydrant water in the tunnel. The pipeline is split into two branches in the western valve shaft, whereas the two branches are joined in the eastern valve shaft. The pipelines will be protected in winter seasons against freezing throughout their lengths by means of electric trace heating. Fire hydrants will be installed in SOS niches in the tunnel. Pre-portal fire hydrants will be installed separately, close to areas designed for the mustering of rescue units.

The tunnel equipment comprises a power supply system, central control system, traffic control system, monitoring system, communications system, tunnel ventilation and tunnel lighting. The tunnel will be supplied with power from the existing line No. HW 202, which is found at a distance of about 200m from the eastern portal of the tunnel. The connection line, which will begin at a branch tower, will be about 160m long.

The traffic control will be carried out by means of variable road signalling and traffic signs, permanent road signalling inside the tunnel, barriers, road marking and traffic light signals.

The tunnel monitoring system comprises measurements of physical quantities, the fire alarm and detection system, video surveillance with video detection and electrical protection signalling system.

The communications system consists of SOS telephones in SOS cabins, wireless communication in tunnel tubes for rescue units and NDS, a.s. maintenance crews, radio broadcasting on 92.2 MHz FM frequency, public address and coverage of each part of the tunnel by GSM signals of all mobile operators.

The longitudinal ventilation system in the Šibenik tunnel consists of 12 jet fans (6 pairs) 1250mm in diameter, a flow rate $Q = 25.6 \text{ m}^3/\text{s}$ and drawing force of 900N.

CONCLUSION

The beginning of 2008 in Slovakia saw the start of the process of planning of motorway construction projects in the PPP form. The length of the planned motorway sections to be implemented through the PPP system is 151km. The Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway was incorporated into the first PPP tender proceedings for the construction and operation of selected motorway sections near Žilina and Prešov, at a length of 74.84km. We, adherents of the above project, believe that the tender proceedings for the concession will be successfully finalised and the construction of the Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway, together with the Šibenik tunnel (see Fig. 8), will commence as soon as possible.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.



Obr. 8 Západný portál tunela Šibenik (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)
Fig. 8 Western portal of the Šibenik tunnel (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

VLIV DYNAMICKÝCH ÚČINKŮ TRAMVAJOVÉ DOPRAVY NA OSTĚNÍ KOLEKTORU

DYNAMIC EFFECTS OF TRAFFIC IN THE CALCULATION OF LOADS ACTING ON A UTILITY TUNNEL

ROMAN MAREK, BARBARA LUŇÁČKOVÁ, JOSEF ALDORF

1. ÚVOD

Zohlednit dynamické účinky povrchové dopravy na ostění kolektoru je nesnadným úkolem. V praktických řešeních se nejčastěji tyto účinky zanedbávají nebo se zohledňují pomocí různých, méně či více reálných dynamických koeficientů majících charakter součinitelů zatížení. Cílem příspěvku, vycházejícího ze zpracované modelovací studie, je ověřit vliv dynamických účinků a reálnost alternativních dynamických koeficientů, jejich velikost a způsob použití při stanovování celkového zatížení ostění kolektoru.

Na základě měření dynamických veličin od tramvajové dopravy *in situ* byl vytvořen matematický model v programovém systému Plaxis 2D disponujícím výpočtovým dynamickým modulem, který umožňuje řešení dynamických úloh pomocí MKP.

2. MODELOVÝ PŘÍPAD

Konkrétním vyšetřovaným případem byla odezva tramvajové dopravy na kolektor „Centrum“ v Ostravě – základní geometrie viz obr. 1. Tramvajový vůz, jehož dynamické účinky byly zaznamenávány registrační aparaturou GCR-16 (Kaláb et al., 2007), byl typu ASTRA 10.08, což je čtyřnápravová, nízkopodlažní tramvaj o celkové hmotnosti 24 200 kg – viz obr. 2.

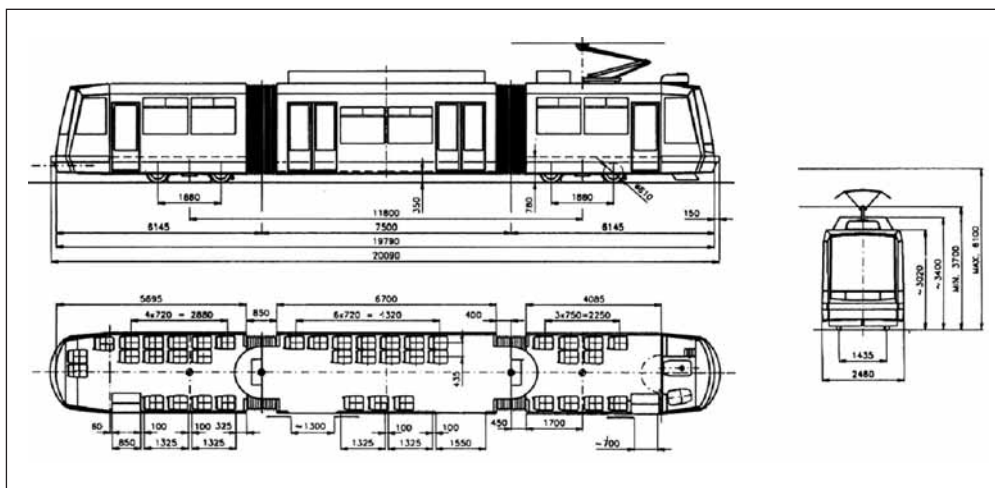
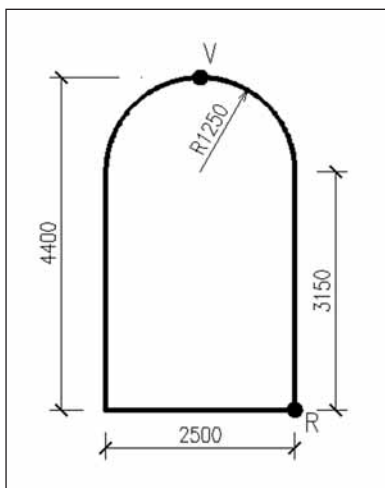
3. NUMERICKÝ MODEL

Osově symetrický, numerický model byl vytvořen v programovém systému Plaxis 2D (MKP), který umožňuje simulovat dynamické působení vnějšího zatížení.

Vrstevnaté zeminové prostředí odpovídá charakteristické geologii pro dané území. Fyzikální a mechanické vlastnosti zemin spolu s mocnostmi jednotlivých vrstev jsou v tab. 1. Vliv podzemní vody není, z důvodu částečného zjednodušení, uvažován.

Geometrie osově symetrického modelu, který umožňuje zanedbání materiálových parametrů tlumení, odpovídá konkrétnímu místu měření dynamických účinků projíždějící tramvaje. V bezprostřední blízkosti kolejového lože se nachází konstrukce vozovky, dno kolektoru leží cca 10 m pod povrchem, nadloží kolektoru je 6 m. Schéma viz obr. 3.

Zatížení, podílející se na velikosti vnitřních sil a momentů, pomocí kterých následně bude vliv dynamických účinků vyhodnocován, je v počáteční fázi kombinací statického a dynamického účinku od tramvaje a geostatického účinku zemního tlaku.



Obr. 1 a 2 Základní geometrie kolektoru (vlevo) a tramvaje (vpravo)
Figures 1 and 2 Basic geometry of the utility tunnel (left side) and the tram (right side)

1. INTRODUCTION

The task to take into account dynamic effects of surface traffic acting on the lining of a utility tunnel is not easy. In practical analyses, these effects are very often ignored or are allowed for using various, more or less realistic, dynamic coefficients having the character of loading factors. The objective of this paper, which is based on a modelling study, is to verify the influence of dynamic effects and realness of alternative dynamic coefficients, their magnitude and the method of their application in the process of the determination of the aggregate load acting on the utility tunnel lining.

The mathematical model was developed on the basis of *in-situ* measurements of dynamic quantities induced by tramway traffic, using the Plaxis 2D program, which contains a dynamic calculation model allowing dynamic problems to be solved by the FEM.

2. MODEL CASE

The concrete case which was analysed was the response of the “Centre” utility tunnel in Ostrava to tram traffic – for the basic geometry see Fig. 1. The tram car the dynamic effects of which were recorded by a GCR-16 registration unit (Kaláb et al., 2007) was of the ASTRA 10.08 type, which is a four-axle, low-floor tramcar with the gross weight of 24.200kg – see Fig. 2.

3. NUMERICAL MODEL

The axial-symmetric numerical model was developed using the Plaxis 2D (FEM) model, which allows the simulation of dynamic effects of external loading.

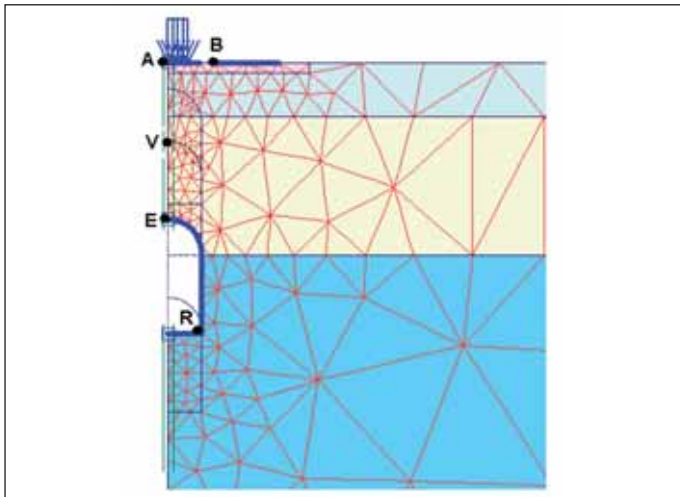
A layered soil environment corresponds to the geology that is characteristic of the given area. The physical and mechanical properties of soils, together with the thickness of individual layers are presented in Table 1. The influence of ground water is not taken into consideration for reasons of partial simplification.

The geometry of the axial-symmetric model which allows the ignoring of material parameters of damping corresponds to the particular location where the dynamic effects of the passing tram are measured. There is a roadway structure in the close vicinity of the rail bed; the bottom of the utility tunnel is about 10m under the surface; the overburden is 6m high. For the chart see Fig. 3.

In the initial phase, the loading, which contributes to the magnitude of internal forces and moments which will be subsequently used for the

Tab. 1 Uvažované zeminové prostředí
Table 1 The soil environment at issue

Název / Name	Mocnost / Thickness m	γ [kN/m ³]	ν [-]	E [kN/m ²]	c [kN/m ²]	ϕ [°]
Kolejové lože / Ballast	0,40	20	0,25	300000	0	40
Navázka (GW) / Fill	2,20	19,5	0,4	9000	8	26
Štěrkopísek (Y) / Gravel-sand (GC) Jíly (CL) / Clay	5,20 -	19,6 19,9	0,2 0,35	25000 18500	3 14	31,5 17



Obr. 3 Základní schéma modelu
Fig. 3 Basic model chart

Primární napjatost je generována programovým systémem automaticky na základě vlastností uvažovaných zemín a hloubky uložení díla.

Statický účinek na bázi roznášecí vrstvy byl stanoven ze znalosti maximální hmotnosti částečně obsazené tramvaje připadající na jednu nápravu ve velikosti 7000 kg. Z toho zidealizované náhradní spojité statické zatížení činí maximálně:

$$q = \frac{F}{A} = \frac{70}{1,5 \cdot 1} = 46,67 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

A ... plocha působení (rozchod tramvaje x 1m) [m²]
F... síla [kN]

Nejsložitějším problémem bylo stanovit dynamický účinek tramvaje na základě změřených dat. Experimentální seismická měření probíhala ve dvou fázích, kdy jeden akcelerační senzor byl umístěn na okraji přilehlé vozovky ve vzdálenosti cca 1,8 m od okraje modelu (bod B), což je 1 m od přilehlé tramvajové kolejnice, druhý senzor byl umístěn na ostění ve vrcholu kolektoru, cca 6 m pod kolejovým svrškem (bod E). Maximální hodnoty zrychlení měřené na povrchu byly ve směru svislé osy z a nepřesáhly hodnotu 0,463 m.s⁻². Převládající frekvence kmitání se pohybovala v rozsahu 42-68 Hz. Na ostění v kolektoru se hodnoty zrychlení pohybovaly v desítnách těchto hodnot (Kaláb et al., 2007).

Pro potřeby matematického modelu však bylo nutné zjistit zdrojové veličiny zrychlení a příslušné převládající frekvence kmitání projíždějící tramvaje. Tyto neznámé se do výpočtů zavedou ve formě silového účinku od zrychlení vlivem seismického působení, příslušnou frekvencí a fázovým posunem (Luňáčková, 2007). Fázový posun v tomto případě není uvažován. Zbývající dvě neznámé vycházejí z parametrických výpočtů. Silový účinek na povrchu byl stanoven ve velikosti 3,7 kN tak, aby vypočtené a naměřené parametry kmitání na výztuži kolektoru byly shodné.

Zdrojová frekvence zrychlení kmitání byla uvažována $f = 40$ Hz. Časový interval odpovídající dynamickému působení byl

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{40} = 0,025 \text{ s}$$

Ověření správnosti určení zdrojových veličin bylo učiněno srovnáním naměřených a vypočtených hodnot zrychlení kmitání v bodě B a E. Z obr. 4 vyplývá, že v bodě B nepřesáhlo maximální zrychlení ve svislém směru hodnotu 0,5 m.s⁻². Zdrojové zrychlení kmitání v bodě A, který se nachází v působišti dynamického zatížení, dosáhlo téměř 0,9 m.s⁻². Obr. 5 pak znázorňuje útlum zrychlení kmitání ve směru osy z v bodě E, což řádově také odpovídá naměřeným hodnotám.

4. ANALÝZA VLIVU DYNAMICKÝCH ÚČINKŮ

Výpočty a analýza probíhaly ve třech fázích a ve čtyřech různých hloubkách založení kolektoru. V první fázi byl sledován pouze vliv geostatického

assessment of the dynamic effects, is a combination of static and dynamic effects of the tram and geostatic effect of the earth pressure.

The primary stresses generated by the program system automatically, on the basis of the properties of the soils taken into consideration and the depth of the structure under the surface.

The static effect on the base of the bearing layer was determined using the knowledge that the maximum weight of a partially occupied tram per one axle is 7000kg. The idealised equivalent continuous static loading which is derived from this weight is:

$$q = \frac{F}{A} = \frac{70}{1,5 \cdot 1} = 46,67 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

A ... active area (tram gauge x 1m) [m²]
F... force [kN]

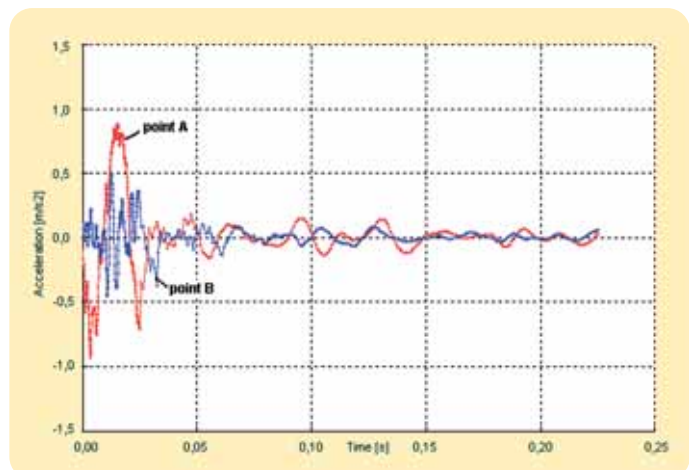
The most complex problem was the determination of the dynamic effect of the tram on the basis of the measured data. Experimental seismic measurements were carried out in two phases, where one acceleration sensor was located on the edge of an adjacent road, at a distance of about 1.8m from the edge of the model (point B), which is at a distance of 1m from the adjacent tram rail; the other sensor was installed on the lining, in the utility tunnel crown, about 6m below the trackwork structure (point E). The maximum acceleration values measured on the surface had the direction of the vertical axis; they did not exceed 0.463m.s⁻². The dominant vibration frequency ranged from 42-68 Hz. The values of the acceleration measured on the utility tunnel lining varied, reaching tenths of the above values (Kaláb et al., 2007).

It was, however, necessary for the needs of the mathematical model to determine the source quantities of the acceleration and respective dominant frequencies generated by the passing tram. These unknowns will be introduced into the calculations in the form of the effect of acceleration forces induced by seismic effects, the respective frequency and phase displacement (Luňáčková, 2007). The phase displacement is not taken into consideration in this particular case. The remaining two unknowns result from parametric calculations. The magnitude of the effect of the forces on the surface was determined to be 3.7kN so that the calculated and measured parameters of vibration of the utility tunnel lining were identical.

The source frequency of the vibration acceleration was assumed to be $f = 40$ Hz. The interval of time corresponding to the dynamic action was

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{40} = 0,025 \text{ s}$$

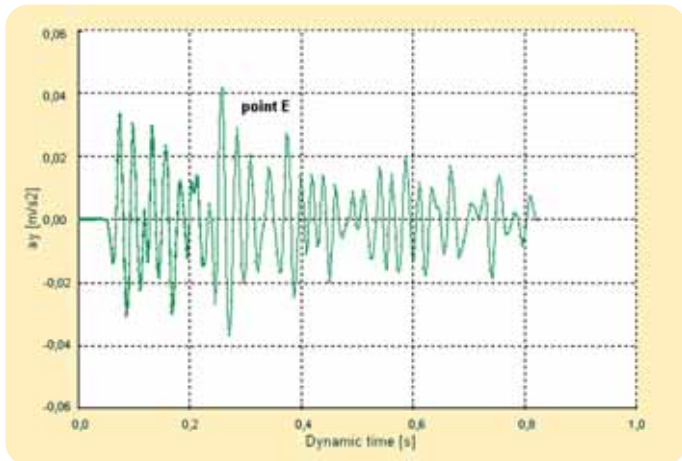
The correctness of the determination of the source quantities was verified by means of a comparison of the measured values and calculated values of the



Obr. 4 Závislost zrychlení kmitání na čase v bodě A a B
Fig. 4 Time – vibration acceleration curves for points A and B

a statického zatížení na vývoji vnitřních sil a momentů v ostění kolektoru, a to v jeho vrcholu a rohu. V druhé části byl zohledněn i vliv dynamického zatížení a ve třetí části byl tento dynamický účinek nahrazen alternativními dynamickými koeficienty. Mocnost nadloží nad vrcholem kolektoru se pohybovala v rozmezí 1, 3, 6 a 9 m.

Výstupy první a druhé fáze výpočtů jsou shrnuty v tabulce 2. V prvním a druhém oddílu jsou vybrány maximální hodnoty daných veličin v daném místě, v případě statického + dynamického zatížení jsou to maximální hodnoty v čase maximální odezvy dynamického působení na kolektor. Ve třetím oddílu je vypočten rozdíl absolutních hodnot z první a druhé fáze působení, který určuje o kolik dynamické zatížení zvýší vnitřní síly a momenty ve



Obr. 5 Závislost zrychlení kmitání na čase v bodě E
Fig. 5 Time – vibration acceleration curve for point E

výtuži oproti prvnímu zatěžovacímu stavu. Dá se konstatovat, že toto navýšení je vzhledem k maximálním hodnotám velice malé (maximálně v řádech několika desítek až stovek N/m resp. Nm/m – viz oddíl 3 tab. 2).

Grafickým zobrazením závislosti diferencí hodnot normálových sil a momentů v oddílu 3 na mocnosti nadloží kolektoru dostaneme charakter útlumu dynamické odezvy od tramvaje. Z něj vyplývá, že v hloubce 9 m je už rozdíl jen v řádech maximálně jednotek newtonů, jak můžeme vidět na obr. 6, což je prakticky zanedbatelná velikost.

5. ALTERNATIVNÍ PŘÍSTUP ŘEŠENÍ PROBLÉMU POMOCÍ DYNAMICKÝCH SOUČINITELŮ

Nejjednodušším přístupem zohlednění dynamických účinků v praktických úlohách je začlenění těchto vlivů do celkového zatížení pomocí systému dílčích součinitelů, kdy návrhová hodnota vychází z charakteristické hodnoty a právě těchto součinitelů. Pro daný případ lze uvést následující součinitele zohledňující vliv dynamického působení na ostění kolektoru vlivem tramvajové dopravy:

- Součinitel δ_t podle ČSN 73 6203 – tento dynamický součinitel vychází z normy pro zatížení mostů a dá se alternativně použít i pro zatížení kolektorů vlivem dopravy a má tvar:

$$\delta_t = [1 + 0,85 \cdot (\delta - 1)] - \delta', \text{ kde } \delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_d - 0,2}} + 0,73$$

$$\delta' = 0,1 \cdot (h - 0,5) \cdot 1,5$$

Tab. 2 Početní vyhodnocení první a druhé fáze modelování
Table 2 Numerical assessment of the first and second modelling phases

ODDÍL 1 / SECTION 1				ODDÍL 2 / SECTION 2				ODDÍL 3 / SECTION 3			
Statické / Static S				Statické + dynamické / Static + dynamic D				IDI - ISI			
	N	Q	M		N	Q	M		N	Q	M
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]		[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]		[N/m]	[N/m]	[Nm/m]
Vrchol V				Vrchol V				Vrchol V			
Mocnost nadloží				Mocnost nadloží				Mocnost nadloží			
Crown V				Crown V				Crown V			
cover				cover				cover			
thickness				thickness				thickness			
1	-30,410	-2,640	0,267	1	-30,658	-2,644	0,275	1	247,803	-4,226	8,262
3	-45,552	-3,973	-0,156	3	-45,722	-3,976	-0,161	3	170,232	2,293	4,572
6	-77,950	-6,819	0,204	6	-78,026	-6,821	0,205	6	76,366	2,083	1,030
9	-112,594	-9,848	0,440	9	-112,631	-9,847	0,440	9	36,400	-0,711	0,554
Roh R				Roh R				Roh R			
Mocnost nadloží				Mocnost nadloží				Mocnost nadloží			
Corner R				Corner R				Corner R			
cover				cover				cover			
thickness				thickness				thickness			
1	-58,063	51,934	-15,880	1	-58,105	51,944	-15,891	1	41,914	10,374	10,811
3	-78,826	69,032	21,182	3	-78,851	69,071	21,190	3	25,578	38,656	8,808
6	-116,384	95,996	-30,614	6	-116,393	95,989	-30,618	6	9,060	22,262	3,900
9	-153,108	126,048	-40,060	9	-153,112	126,058	-40,060	9	4,650	10,460	0,512

vibration acceleration in points B and E. It follows from Fig. 4 that maximum vertical acceleration in point B did not exceed 0.5 m.s^{-2} . The source vibration acceleration in point A, which is found in the dynamic load point of action, reached nearly 0.9 m.s^{-2} . Fig. 6 shows the damping of the vibration acceleration in the direction of the z axis, in the point E, which even corresponds, in the order of magnitude, to the measured values.

4. ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DYNAMIC EFFECTS

The calculations and analysis were carried out in three phases and for four differing depths of the utility tunnel foundation. In the first phase, the only subject of the examination was the influence of the geostatic and static loading on the development of internal forces and moments in the utility tunnel lining, concretely at its crown and corner. In the second phase, even the influence of the dynamic load was taken into consideration, whereas this dynamic effect was substituted by alternative dynamic coefficients in the third phase. The height of the tunnel overburden varied from 1 through 3 and 6 to 9m.

The outputs of the first and second phases of the calculation are summarised in Table 2. The first and second section contains maximum values of the given quantities in the given point; in the case of the static + dynamic loading, these are the maximum values reached at the moment of maximum response to the dynamic effect on the utility tunnel. The third section contains the results of the calculation of the difference between the absolute values obtained during the first and second phases of the action, which determines how much the dynamic loading increases the internal forces and moments in the lining compared to the first loading state. It is possible to state that this increase is very small, considering the maximum values (in the order of several tens to hundreds of N/m or Nm/m respectively as a maximum – see Chapter 3, Table 2).

When we plot the dependence of differences between the values of normal forces and moments contained in section 3 and the height of the utility tunnel overburden in a chart, we will obtain the character of the damping of the dynamic response induced by the tram. It follows from the chart that the difference at a depth of 9m is in the order of several Newtons as a maximum, as we can see in Fig. 6, which value is practically negligible.

5. ALTERNATIVE APPROACH TO THE PROBLEM SOLUTION USING DYNAMIC COEFFICIENTS

The simplest approach to the taking of dynamic effects into consideration in practical problems is to incorporate the effects into the aggregate load by means of a system of partial coefficients, where the design value is based on the characteristic value and the coefficients in question. For the given case, it is possible to use the following coefficients, which allow for the influence of dynamic effects on the utility tunnel lining induced by tram traffic:

- Coefficient δ_t according to ČSN 73 6203 – this dynamic coefficient is defined in the standard Action on Bridges and can be alternatively applied to the loads induced by traffic, acting on utility tunnels. It has the following form:

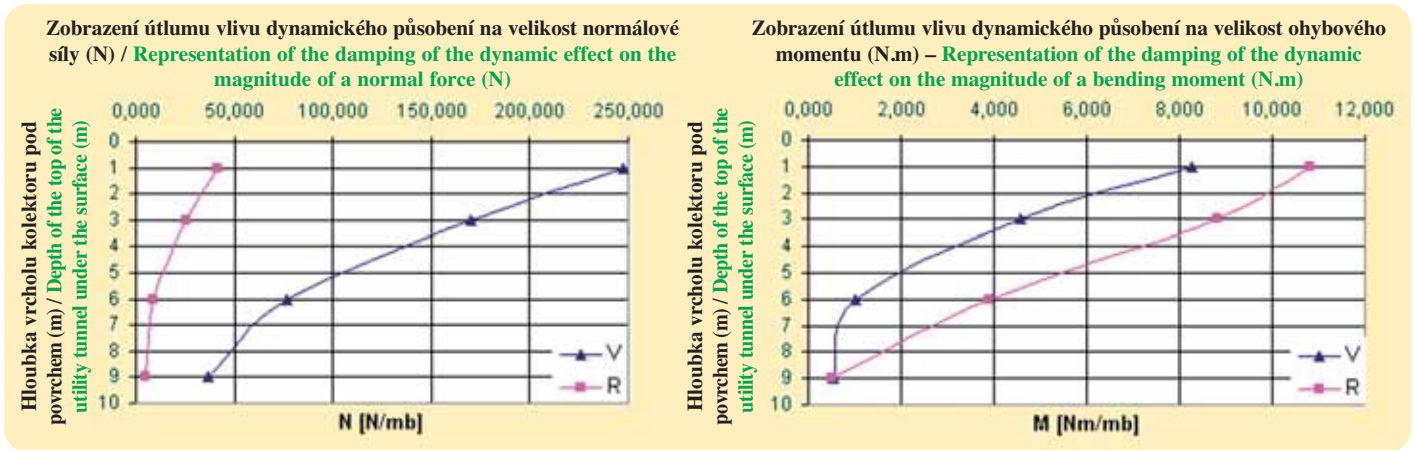
$$\delta_t = [1 + 0,85 \cdot (\delta - 1)] - \delta', \text{ where } \delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_d - 0,2}} + 0,73$$

$$\delta' = 0,1 \cdot (h - 0,5) \cdot 1,5, \text{ where}$$

L_d ... equivalent length of the load-bearing structure (the width of the utility tunnel) [m]

h ... the height of the overburden [m]

After the putting into the formula, this coefficient will assume the values which are presented in Table 3; it is incorporated into the calculations of the aggregate load in the form of the so-called quasi-static load, the magnitude of which corresponds to the product of multiplying the static effect of the tram



Obr. 6 Zobrazení útlumu dynamické odezvy od tramvaje
Fig. 6 Representation of the damping of dynamic response to a tram

L_d ... náhradní délka nosné konstrukce (šířka kolektoru) [m]
 h ... výška nadloží [m]
 Po dosažení bude tento součinitel nabývat hodnot, které jsou uvedeny v tab. 3 a do výpočtů celkového zatížení je zapracován ve formě tzv. kvazistatického zatížení, jehož velikost odpovídá součinu statického účinku tramvaje a dynamického součinitele δ_t . Výhodou tohoto součinitele je, že zohledňuje vliv nadloží.

Tab. 3 Hodnoty součinitele δ_t

Mocnost nadloží [m]	δ^* [-]	δ_t [-]
1	0,075	2,03 => 1,80
3	0,370	1,73
6	0,820	1,28
9	1,275	0,83 => 1,00

• Součinitel γ_a – je alternativním přístupem, který vyjadřuje vzájemný vztah mezi zrychlením kmitání ostění a gravitačním zrychlením. Tento vztah byl stanoven takto:

$$\gamma_a = \frac{a_d + g}{g}$$

a_d ... zdrojové zrychlení kmitání [m.s⁻²]
 g ... gravitační zrychlení ~ 9,80665 m.s⁻²

Uvažujeme-li hodnotu zdrojového zrychlení kmitání $a_d = 0,9\text{m.s}^{-2}$, bude pak součinitel γ_a nabývat velikosti $\gamma_a = 1,09$. Do výpočtu může být zaveden opět pomocí kvazistatického zatížení nebo variantně může upravovat hodnoty geotechnických vstupních veličin (např. objemové tíhy).

Srovnáme-li velikost součinitelů γ_a a δ_t , je na první pohled patrné, že γ_a ani zdaleka nenabývá hodnot δ_t . Pokud tedy tento součinitel γ_a dostatečně nahradí dynamické účinky dopravy na kolektor, budeme moci stejně tak konstatovat, že tomuto předpokladu vyhoví i první jmenovaný součinitel.

Kvazistatické zatížení, kterým bylo nahrazeno dynamické a statické zatížení od tramvaje, je pak:

$$q_{kv} = q \cdot \gamma_a = 46,67 \cdot 1,09 = 50,87\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Tab. 4 Početní vyhodnocení třetí fáze modelování

Tab. 4 Numerical assessment of the third modelling phase

by the dynamic coefficient δ_t . The advantage of this coefficient is the fact that it allows for the influence of the overburden.

Tab. 3 Values of the coefficient δ_t

Overburden thickness [m]	δ^* [-]	δ_t [-]
1	0,075	2,03 => 1,80
3	0,370	1,73
6	0,820	1,28
9	1,275	0,83 => 1,00

• Coefficient γ_a – This is an alternative approach, which expresses the relationship between the acceleration of the vibration of the lining and the acceleration of gravity. This relationship was determined as follows:

$$\gamma_a = \frac{a_d + g}{g}, \text{ where}$$

a_d ... source acceleration of vibration [m.s⁻²]
 g ... acceleration of gravity ~ 9.80665 m.s⁻²

If we consider the value of the source acceleration of vibration $a_d = 0,9\text{m.s}^{-2}$, the coefficient γ_a will assume the value $\gamma_a = 1,09$. It can be introduced into the calculation again by means of the quasi-static load or, as a variant, it can modify the values of input geotechnical quantities (e.g. volume weight).

If we compare the magnitudes of the coefficients γ_a a δ_t , we will at first sight find that the value of γ_a is far from the values of δ_t . Therefore, if this coefficient γ_a sufficiently substitutes for the dynamic effects of traffic on the utility tunnel, we will also be able to state that even the former coefficient will satisfy the assumption.

Then, the quasi-static load which substituted for the dynamic and static load is:

$$q_{kv} = q \cdot \gamma_a = 46,67 \cdot 1,09 = 50,87\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

This load is simulated in the third phase of the mathematical modelling. The maximum magnitudes of normal forces and moments at the crown and corner of the utility tunnel were always greater than those found in the case of the preceding phases, where the simulation covered initially only the static effect and then also the static + dynamic effect, which is summarised in Section 5 of Table 4. Section 6 of Table 4 further presents the determination of the difference between the absolute values of normal forces and the

ODDÍL 5 / SECTION 5

kvazistatické / quasi-static C

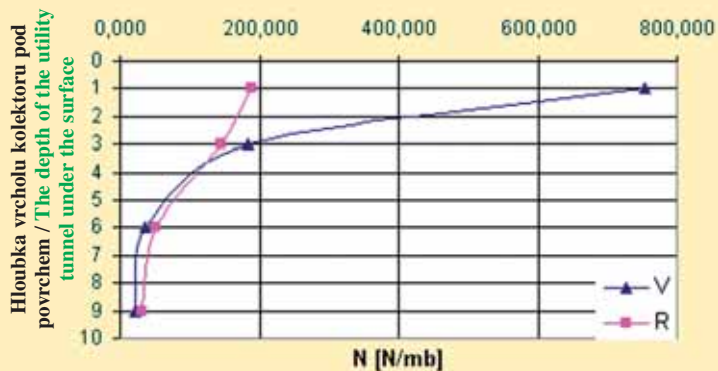
Vrchol V Mocnost nadloží Crown V cover thickness		N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1		-31,411	-2,726	0,285
3		-45,906	-4,004	-0,162
6		-78,062	-6,829	0,205
9		-112,653	-9,853	0,440
Roh R Mocnost nadloží Corner R cover thickness		N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1		-58,293	52,032	-15,921
3		-78,997	69,110	21,211
6		-116,444	95,990	-30,624
9		-153,145	126,062	-40,066

ODDÍL 6 / SECTION 6

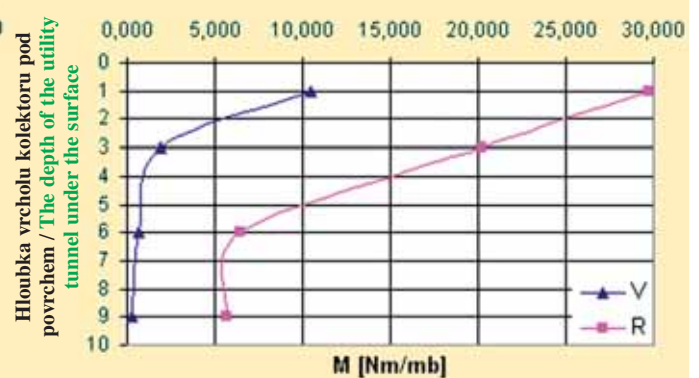
difference / difference |C|-|D|

Vrchol V Mocnost nadloží Crown V cover thickness		N [N/m]	Q [N/m]	M [Nm/m]
1		753,268	81,9139	10,5042
3		184,052	27,86	1,96514
6		35,953	7,5869	0,64788
9		22,58	5,6938	0,27658
Roh R Mocnost nadloží Corner R cover thickness		N [kN/m]	Q [kN/m]	M [Nm/m]
1		188,131	87,314	29,747
3		145,326	38,947	20,196
6		50,36	1,663	6,481
9		32,66	4,06	5,704

Zobrazení difference při kvazistatickém zatížení pro normálovou sílu (N)
/ Representation of the difference in the case of quasi-static loading
for a normal force (N)



Zobrazení difference při kvazistatickém zatížení pro ohybový moment (N.m) / Representation of the difference in the case of quasi-static loading for a bending moment (N.m)



Obr. 7 Zobrazení rozdílů ve velikosti vnitřních sil při kvazistatickém zatížení oproti dynamickému zatížení

Fig. 7 Representation of the differences between the magnitude of internal forces in the case of quasi-static loading compared to dynamic loading

Toto zatížení bylo simulováno ve třetí fázi matematického modelování. Maximální velikosti normálových sil a momentů ve vrcholu i v rohu kolektoru byly vždy vyšší než v případě předchozích fází, kdy byl simulován nejprve jen statický a posléze také statický + dynamický účinek, což je shrnuto v tab. 4., oddíl 5. V této tabulce, v oddílu 6, je dále stanoven rozdíl absolutních hodnot normálových sil a momentů kvazistatického vs. statického + dynamického účinku zatížení ostění kolektoru tramvají. Tento rozdíl, opět v rádech desítek až stovek N/m, resp. Nm/m, jenž je graficky znázorněn na obr. 7, můžeme označit rezervou součinitele γ_a proti „skutečnému“ dynamickému účinku tramvaje.

7. ZÁVĚR

Dynamická odezva vlnění od tramvajové dopravy je velice malá (Kaláb, 2007) a nemá vzhledem k celkovému zatížení ostění dopravou zásadní vliv na změnu napjatosti v ostění kolektoru. Pokud bychom přece jen chtěli dynamické účinky tohoto druhu a jejich velikosti do výpočtu zavést, je dostačující nahradit dynamické působení dynamickým součinitelem γ_a , případně součinitelem dynamického zatížení δ_t , kterými zvýšíme statické zatížení tramvají. Při stanovení γ_a je však nutné znát zdrojovou hodnotu maximálního zrychlení kmitání. Tato veličina se však dá pro různé druhy seismického zatížení experimentálně změřit a na základě zkušeností tabelovat. Proti součiniteli δ_t hovoří skutečnost, že jeho velikost neodpovídá reálnému roznosu dynamického působení v zemině a z něj vyplývající kvazistatické zatížení je zbytečně neúměrně vysoké.

V poslední části matematického modelování byla vyšetřována vhodnost přenásobení objemových tíh γ zemin v nadloží kolektoru součinitelem γ_a . Výsledky modelu však dokazovaly, že touto úpravou dochází k nereálnému zvýšení zatížení na ostění kolektoru, a proto tento postup zohlednění vlivů dynamických účinků nedoporučujeme.

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS a finančního přispění GAČR při řešení projektu č. 105/052712.

ING. ROMAN MAREK, marek_roman@post.cz,
ING. BARBARA LUŇÁČKOVÁ, barbara.lunackova@vsb.cz,
PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,
VŠB-TU OSTRAVA, Fakulta stavební

Recenzovali: Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,
a Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.

moments of the quasi-static vs. static + dynamic effect of the loading action on the utility tunnel lining by the tram. This difference (again in the order of tens to hundreds of N/m or Nm/m respectively), which is graphically represented in Fig. 7, can be considered to be a margin of coefficient γ_a against the 'actual' dynamic effect of the tram.

7. CONCLUSION

The dynamic response to the vibration induced by tram traffic is very low (Kaláb, 2007) and, with respect to the aggregate load induced by traffic, acting on the lining, its influence on a change in the state of stress in the utility tunnel lining is insignificant. Still, if we wished to introduce the dynamic effects of this kind and their magnitudes into the calculation, it would be sufficient if we substitute the dynamic coefficient γ_a or the dynamic load coefficient for the dynamic effect; thus we increase the static load of the tram. It is, however, necessary to know the source value of the maximum vibration acceleration when we determine the γ_a . This quantity can be experimentally measured and tabulated for various seismic load types. The coefficient δ_t is countered by the fact that its magnitude does not correspond to the real distribution of the dynamic load action in soil and the magnitude of the quasi-static load which is derived from the coefficient is unnecessarily big, out of proportion.

The suitability of the multiplication of volume weights γ of the soils in the tunnel overburden by the coefficient γ_a was examined in the last part of the mathematical modelling process. However, the results of the model proved that this modification results in an unrealistic increase in the load acting on the tunnel lining, therefore we do not recommend this procedure to be applied to the taking of the influence of dynamic effects into account.

This result was obtained with a financial contribution of the Ministry of Education of the Czech Republic, Project 1M6840770001, within the framework of the CIDEAS research centre and financial contribution to the work on the Project No. 105/052712 by the Grant Agency of the Academy of Sciences of the CR.

ING. ROMAN MAREK, marek_roman@post.cz,
ING. BARBARA LUŇÁČKOVÁ, barbara.lunackova@vsb.cz,
PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,
VŠB-TU OSTRAVA, Department of Civil Engineering

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Manuál programu PLAXIS 2D – verze 8
- [2] Kaláb, Z. (2007): Mělká podzemní díla a vibrace. Tunel, roč. 16, č. 2/2007, 12–20
- [3] Kaláb, Z., Marek, R. & Stolárik, M. (2007): Zohlednění dynamických účinků kmitání k dimenzování ostění kolektoru, sborník Zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2007, VŠB-TU Ostrava, ISBN 978-80-248-1291-5
- [4] Luňáčková, B. (2007): Stanovení odezvy horninového prostředí a podzemního díla na dynamické zatížení způsobené beraněním šťetivnic, sborník Juniorstav 2007, VUT Brno, ISBN 978-80-214-3337-3
- [5] Norma ČSN 73 6203 (1986, 1989 – změna b) – Zatížení mostů

GEOLOGICKÉ SLEDOVÁNÍ VÝSTAVBY DVOU TUNELŮ NA SEVERU ISLANDU

GEOLOGICAL MONITORING DURING THE CONSTRUCTION OF TWO TUNNELS IN THE NORTH OF ICELAND

PAVEL GAJDOŠ, JAN ŠTOVÍČEK

1. ÚVOD

Na severu Islandu, v kraji Nordurland, razí od září 2006 akciová společnost Metrostav dva silniční tunely. Geologickou dokumentaci ražeb zajišťuje Stavební geologie-Geotechnika, a.s., Praha. Na každém tunelu pracuje jeden geolog, který vede průběžnou primární geologickou dokumentaci čeleb, fotodokumentaci a geologickou mapu tunelů. Geologové rovněž spolupracují při řešení případných problémů majících původ v geologických a hydrogeologických podmínkách. Jedná se např. o přítomnost zvodnělých poruch pod vysokým hydrostatickým tlakem nebo možnost zastížení postvulkanických jevů (např. horkých vod). Vzhledem k výšce nadloží, dosahující až 900 m, je nutné brát v úvahu i napjatostní projevy horského masivu.

2. ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROJEKTU

Celý projekt s oficiálním názvem Hedinsfjardargöng spočívá ve výstavbě komunikace spojující městečka Olafsfjordur (cca 900 obyv.) a Siglufjordur (cca 1400 obyv.) vzdálená od sebe přibližně 15 km vzdušnou čarou. Současné silniční spojení měří cca 60 km. Silnice překonává horský hřeben a v zimě je často neprůjezdná. Na navržené trase budou vybudovány dva ražené tunely. Délka raženého úseku na straně Olafsfjorduru bude činit cca 6,9 km a na straně Siglufjorduru cca 3,6 km. Mezi těmito dvěma tunely leží opuštěný Hedinsfjord, do něhož budou oba tunely ústít. Údolí Hedinsfjordu bude komunikace překonávat po silničním násypu a mostní konstrukci.

Lokalita je situována na poloostrově Trollaskagi (poloostrov trollů), vzdálena je cca 60 km od metropole severního pobřeží Islandu – Akureyri (15 tis. obyv., přístav, letiště, univerzita) a přibližně 50 km jižně od severního polárního kruhu. Portál tunelu Olafsfjordur leží v nadmořské výšce 7 m, terén se však prudce zvedá a nejvyšší bod nad tunelem má nadmořskou výšku kolem 900 m n. m.

Ražba byla zahájena v září 2006 ze severozápadu (tunel Siglufjordur), v listopadu se začal od jihovýchodu razit tunel Olafsfjordur. Hned na začátku se projevil vliv místního klimatu, když silný vítr zničil dílenskou halu v Siglufjorduru a v listopadu sněž ztěžoval ražbu v Olafsfjorduru.

Ražba tunelů se provádí Norskou tunelovací metodou (Norwegian method of tunnelling - NMT). NMT byla vyvinuta ve Skandinávii pro tunelování v tvrdých, netlačivých, rozpukaných horninách. Jejímí hlavní rysy jsou velmi rychlý postup ražby, vysoký stupeň mechanizace



Obr. 1 Přehledná situace tunelů
Fig. 1 Synoptical layout of the tunnels

1. INTRODUCTION

In the north of Iceland, the Nordurland region, Metrostav a.s. has driven two road tunnels since September 2006. The geological documentation for the drives has been provided by Stavební geologie – Geotechnika, a.s., Praha. There is one geologist engaged on each tunnel, who maintains the continual primary geological documentation of excavation faces, photodocumentation and geological mapping of the tunnels. In addition, the geologists collaborate when contingent problems arising from geological or hydrogeological conditions are to be solved. Among them, we can mention the presence of saturated weakness zones, which are under a high hydrostatic pressure, or the possibility of encountering post-volcanic phenomena (e.g. hot water). Because of the overburden height, reaching up to 900m, manifestations of the state of stress also must be accounted for.

2. BASIC INFORMATION ABOUT THE PROJECT

The whole project, which is officially named the Hedinsfjardargöng, comprises the construction of a road connecting the municipalities of Olafsfjordur (the population of about 900) and Siglufjordur (the population of about 1400). The distance between the two small towns is about 15km as the crow flies. The existing road connecting the towns is about 60km long. The road overcomes a mountain range and is often impassable in winter seasons. Two mined tunnels will be constructed on the designed route. The mined sections on the Olafsfjordur side and Siglufjordur side will be about 6.9km and 3.6km long, respectively. Both tunnels will have their portals in the deserted Hedinsfjord, which is found between the two tunnels. The road will cross the Hedinsfjord valley on an embankment and a bridge structure.

The locality is situated on Trollaskagi peninsula (trolls's peninsula), at a distance of roughly 60km of Akureyri, which is a metropolis of the northern coast of Iceland (the population of about 15 thousand, a harbour, airport, university) and about 50km south of the Arctic Circle. The portal of the Olafsfjordur tunnel is found at an altitude of 7m above the sea level, but the terrain steeply rises and the altitude of the highest point above the tunnel is about 900m a.s.l.

The tunnel excavation started in September 2006, from the north-west (the Siglufjordur tunnel), to be followed by the Olafsfjordur tunnel excavation from November. The influence of the local climate presented itself just in the beginning, where a strong wind destroyed a workshop in Siglufjordur and in November, where snow made the excavation in Olafsfjordur significantly more difficult.

The tunnels are driven using the Norwegian Method of Tunnelling – the NMT. (The NMT was developed in Scandinavia for the excavation through hard, non-squeezing, fractured rock). The main features of the method comprise a very high excavation advance rate, a high degree of mechanisation and low cost. So-called low-cost tunnels are often spoken about in the context of the NMT. The NMT is based on the experience which was gained during the excavation of about 5000km of Norwegian tunnels. Compared to the NATM, which was developed in Alpine conditions, where the frequent occurrence of squeezing and swelling rocks is a typical feature, observational measurements (convergence measurements, measurements of pressures on the lining or pressures on the contact with the excavated surface) are not a common part of the NMT procedures. Another difference from the NATM is total absence of steel frames in a tunnel lining. The frames are not erected in individual rounds. The only measure, which is implemented in the case of very difficult geological conditions (including the encountering of squeezing rock), is that the advance length is reduced and the primary lining is strengthened as necessary by means of reinforced shotcrete ribs. Reinforcing rods are fixed by radial bolts. This is

a nízké náklady. V souvislosti s NMT se často hovoří o tzv. nízkonákladových tunelech (low cost tunnels). NMT je založena na zkušenostech získaných z vyrazení cca 5000 km norských tunelů. Oproti Nové rakouské tunelovací metodě (NRTM), která vzešla z alpských podmínek, pro něž je typický častý výskyt tlačivých a bobtnavých hornin, nejsou u NMT běžnou součástí technologických postupů observační měření (měření konvergencí, tlaků v ostění nebo tlaků na kontaktu s výrubem apod.). Další odlišností od NRTM je naprostá absence ocelových rámu v ostění tunelu. Rámy se po jednotlivých záběrech nestaví. Pouze v případě velmi ztížených geologických podmínek včetně zastžení bobtnavých hornin se zkrátí délka záběru a primér se podle potřeby posiluje pomocí žeber ze stříkaného betonu, která jsou vyztužena pruty z žebírkové oceli (tzv. reinforced concrete ribs). Pruty jsou fixovány pomocí radiálních kotev. Jedná se o flexibilní způsob, který je snadné přizpůsobit přímo na místě jakémukoliv profilu. Žebra bývají 0,5–2 m široká s krokem 1–5 m a tloušťkou 15–30 cm. Nejhorší úseky (velké zlomy nebo oslabené zóny) se procházejí formou betonového ostění zhotoveného na místě (cast-in-place concrete lining). Primér větší vyražených úseků sestává pouze ze stříkaného betonu (prostého nebo drátkobetonu) a kotvení (systematického nebo nahodilého). Ve skandinávských tunelech jsou běžné dlouhé úseky zcela bez výstroje. Z klasifikačních systémů pro vyjádření kvality výrubu se jak ve fázi projektování, tak i ve fázi výstavby používá nejčastěji Bartonův Q-systém (Barton et al., 1974).

Tunely Siglufjordur a Olafsfjordur budou mít pouze jednu tunelovou troubu s obousměrným provozem. Běžný profil (mimo zálivy) má plochu cca 52 m² (norský profil T8.5), v zálivech cca 73 m². Odstřely se provádějí na plný profil, záběry jsou dlouhé 5 m a používá se emulzní trhavina. Pouze v případě zhoršených geologických či hydrogeologických poměrů se záběry zkracují, nejčastěji na 3 m. Po každých třech záběrech se vrtají zkušební předvrtky na délku 25–27 m před čelbu za účelem ověření přítomnosti a vydatnosti podzemní vody. Při navrtání vysokých přítoků se provádí pregouting. Ražba probíhá nepřetržitě od ranní směny v pondělí do noční směny ze soboty na neděli. Primární výstroj sestává ze zastříkání stropu v průměru 3–5 cm mocnou vrstvou prostého betonu; v případě zhoršených geologických podmínek se používá drátkobeton a v ojedinělých případech se přidává kari síť. Kotvy jsou převážně třímetrové, v zálivech a v místech se zhoršenou geologií se používají rovněž čtyřmetrové a pětmetrové. Definitivní výstroj spočívá v přidání kotev a přestříkání celého profilu betonem. Neprovádějí se žádná observační deformační měření.

3. GEOLOGICKÉ POMĚRY

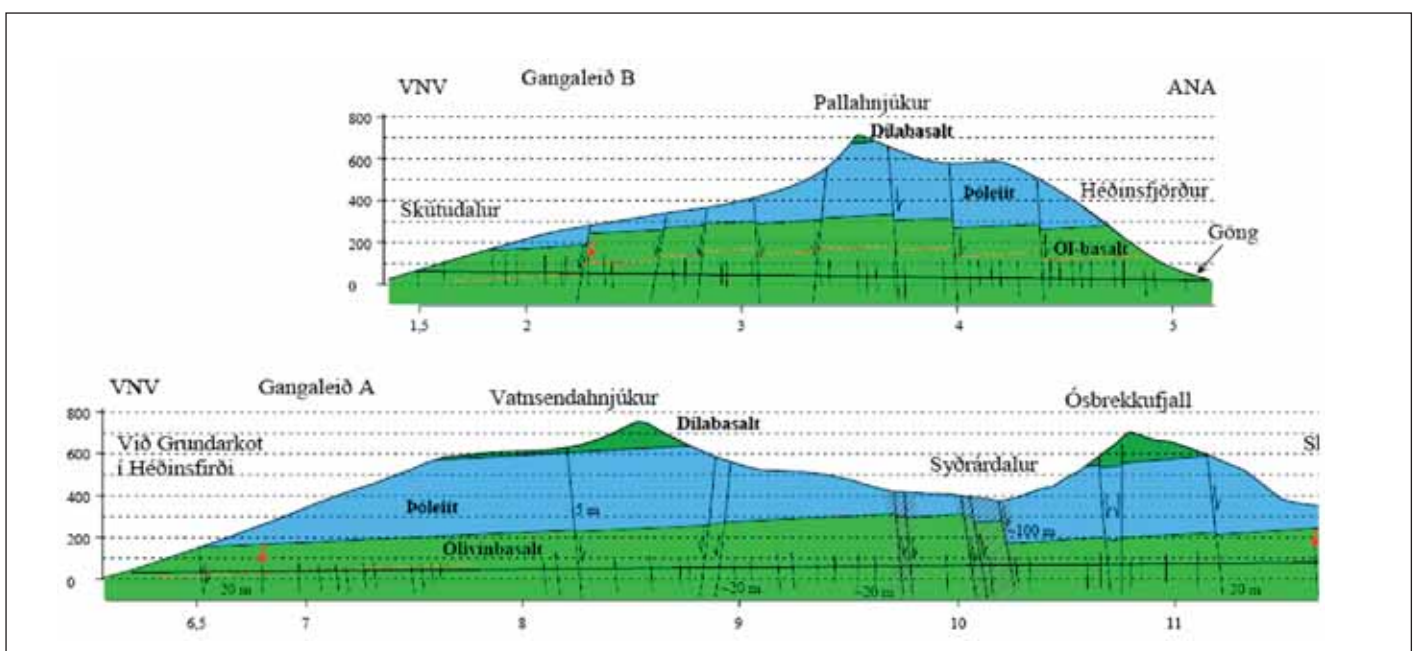
Island patří ke geologicky velmi mladým oblastem. Lokalita se nachází v území tvořeném třetihorními vulkanickými horninami. V průběhu terciéru se v prostoru poloostrova Trollaskagi vytvořil peneplén. Během čtvrtohor byl terén ledovci vymodelován, čímž vznikl

a flexible method, which can be easily accommodated to any excavated profile, directly in situ. The ribs are usually 0.5 – 2m wide, at 1 – 5m spacing and 15 – 30cm thick. The worst sections (big faults or weakness zones) are passed through using a cast-in-place concrete lining. The primary lining of the majority of tunnel sections comprises only shotcrete (unreinforced or steel fibre reinforced) and bolting (systematic or random). In Scandinavian tunnels, long sections without any support are a commonplace. Of the excavation quality classification systems, the Barton Q-system (Barton et al., 1974) is used most frequently during both the design and construction stages.

Each of the Siglufjordur and Olafsfjordur tunnels will have only one tube, carrying bidirectional traffic. The common cross sectional area (excepting lay-bys) is about 52m² (Norwegian profile T8.5); for lay-bys it is 73m². Full-face blasting is a standard procedure; the advance length is 5m; emulsion explosives are used. The advance length is reduced only in the cases of deteriorating geological or hydrological conditions, most frequently to 3m. Probe boreholes are drilled ahead of the excavation face after every third advance. The objective of the 25 – 27m long boreholes is to verify the presence and yield of ground water reservoirs. Pre-grouting is performed when high inflows are tapped. The round-the-clock excavation starts by the morning shift on Monday and ends by the night shift between Saturday and Sunday. The primary lining consists of an on average 3 – 5cm thick layer of unreinforced shotcrete, applied to the excavation crown; steel fibre reinforced shotcrete is used in the cases of worsened geological conditions and, in sporadic cases, steel mesh is added. The bolts are mostly 3m long; also 4m and 5m long bolts are used - in lay-bys and locations with worsened geology. The final lining comprises additional bolts and spraying of concrete on the whole tunnel profile. No observational measurements of deformations are carried out.

3. GEOLOGICAL CONDITIONS

Iceland belongs among geologically very young regions. The locality is found in an area consisting of Tertiary volcanic rock masses. A peneplane developed on Trollaskagi peninsula during the Tertiary Period. The current Alpine configuration of the landscape originated during the Quaternary Period, when the terrain was moulded by glaciers. The tunnels are driven through a Tertiary basaltic formation consisting of basaltic lava sheet with interlayers of sediments and tuff. Individual SW trending layers of lava are about 10 – 15m thick and have a uniform slight dip of about 5°. The end and beginning of each effusion is accompanied by porous, scoriaceous basalt to scoria. The volcanic series of strata is intersected in many places by basalt dikes (old lava conduits) from several metres to several tens of metres thick. Their directional reach is even several kilometres. The material forming the dikes is harder and more brittle than the surrounding environment. The dikes are mostly affected by heavy cubical fracturing.



Obr. 2 Schematický podélný profil (převzato z geologického průzkumu)
Fig. 2 Synoptical longitudinal section (borrowed from the geological survey)

současný alpský ráz krajiny. Tunely jsou raženy v terciérní basaltové formaci tvořené lávovými příkrovy čediče s mezivrstevními vložkami sedimentů a tufů. Jednotlivé lávové vrstvy mají mocnost cca 10–15 m a jednotný mírný sklon (cca 5° k JZ). Konec a začátek každého výlevu je doprovázen porézním, scoriózním čedičem až scorií. Vulkanické souvrství na řadě míst protínají pravé basaltové žíly (staré přívodní cesty lávy) – díky – o mocnostech od několika málo metrů až po několik desítek metrů. Jejich směrný dosah činí i několik km. Horninový materiál žil je tvrdší a křehčí než okolní prostředí. Tělesa žil jsou většinou postižena silným kostkovitým rozpuštěním.

Zlomy a okraje diků (někdy i jejich vlastní silně rozpuštěná tělesa) představují přednostní cestu pro oběh podzemních vod. Kromě proudící vody se v masivu vyskytuje i voda stacionární. Při ražbě Olafského tunelu pod horou Osbrekkufjall byl v místech s vyšším nadložením překřížen systém paralelních zvodnělých otevřených puklin pod vysokým hydrostatickým tlakem, který odpovídal vodnímu sloupci kolem 300 m. Jednalo se o pukliny, které byly po spádu – od povrchu do značných hloubek – otevřené, ale po směru zřejmě neprůběžné – zavírající se. Pukliny byly nasyceny vodou nadrženu ze srážek a tajícího sněhu. S největší pravděpodobností šlo o vodu stojatou. Systém byl paralelní s výraznou tektonickou poruchou, kterou doprovázel.

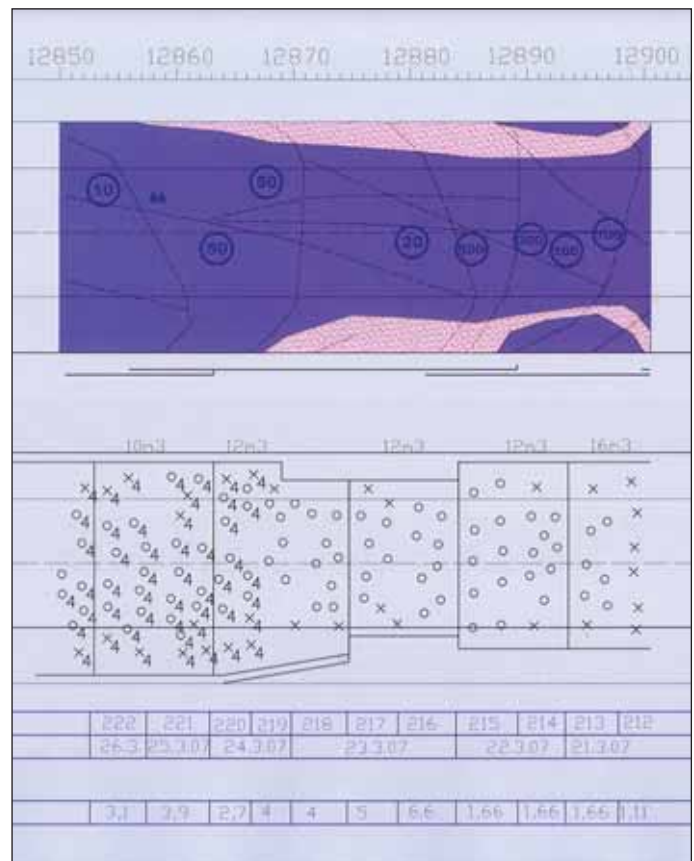
Tektonický obrazec oblasti má silně severojižní orientaci – jedná se o směr většiny diků, hlavních puklin a zlomů. Sklon basaltových žil je většinou značně strmý: 85 – 90°. Severojižní směr se ve vztahu ke směru ražby projevuje pozitivně, jako systém příčný. Při ražbách byl však zastížen i druhotný, nicméně značně nepříznivý SZ – JV směr, který je vzhledem k trase orientován směrně a doprovází ražbu často na vzdálenost mnoha desítek metrů.

4. GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Pro účely stavby tunelů byly místními firmami provedeny dva geologické průzkumy.

První průzkum (Saemundsson, 2000) zvažoval varianty trasy, druhý průzkum (Gudmundsson, 2001) se pak již věnoval stávající trase tunelů. Vzhledem ke značné vertikální členitosti horského pásma, pod kterým jsou tunely vedeny, byly vrtné průzkumné práce provedeny v portálových oblastech. V rámci průzkumu z roku 2001 bylo odvráceno 9 jádrových průzkumných vrtů, z nichž pouze některé dosahovaly pod úroveň počvy budoucích tunelů. Jádrové vrty byly doplněny mělkými bezjádrovými sondami, které měly ověřit mocnost pokryvných útvarů. Součástí průzkumných prací bylo dále povrchové geologické mapování, na jehož základě byla vymezena základní geologická rozhraní mezi formacemi tholeitického, olivínického a porfyritického čediče. Podle výsledků průzkumu jsou tunely raženy ve formaci olivínického čediče. Situace formací, ověřených basaltových žil a poruch byla společně s profily vrtů zrczena do převýšeného podélného geologického profilu. Z polních měření ve vrtech bylo uskutečněno několik Lugeových testů na zjištění propustnosti. Dále byly stanovovány pevnosti v prostém tlaku. U litologických popisů vrtných jader byly uváděny hodnoty RQD a hodnoty Q – systému (Barton et al., 1973). Nebyl zde proveden žádný odhad kvazihomogenních geotechnických bloků v trase a kromě pevností v prostém tlaku zde nebyly prezentovány žádné geomechanické vlastnosti hornin. Průzkum se nezabýval ani numerickým modelováním napětídeformačních stavů. Q – hodnoty byly uvedeny u popisů vrtných jader, dále ve stratigrafické kolonce pro jednotlivé petrografické typy (rozmezí hodnot pro basalt, svrchní a spodní scorii, intervulkanické sedimenty a tufy), a poté byly zpracovány ve formě histogramů v textové zprávě (zvláště pro oba tunely). Ve formě histogramů byly rovněž prezentovány výsledky stanovení pevnostních zkoušek.

Po prostudování průzkumných zpráv lze dojít k závěru, že průzkum avizoval ražbu převážně v kompaktním horninovém prostředí s občasnými poruchami. Rozsah porušení horninového masivu se však zdá být vyšší. O tom svědčí časté problémy s přítoky vody a potřeba rozsáhlých injekekcí. Např. více jak 100 m dlouhý úsek v tunelu Olafsfjörður v km 12,560–12,680 vyžadoval z důvodu značných přítoků po intenzivním (a mimochodem pro ražbu značně nepříznivým směrném porušení masivu) systematickou injekekcí. Případem extrémně nepříznivých podmínek pro tunelování byla ražba v Olafském tunelu v km 12,015–12,045, kde bylo raženo ve významném tektonickém pásmu doprovázeném systémem subparalelních oslabených zón včetně otevřených puklin s výjimečně vysokými přítoky do 4000 l/min a tlakem do 32 barů, a to bez ztelného poklesu v čase. Pásmo subparalelních natlakovaných oslabených zón a otevřených puklin bylo zakončeno mohutnou poruchou procházející tělesem diků s více než



Obr. 3 Ukázka počítačově zpracované mapy tunelu Olafsfjörður
Fig. 3 A sample of the Olafsfjörður tunnel map plotted by a computer

Faults and edges of dikes (sometimes even heavily fractured bodies of the dikes) represent a preferred path for the circulation of ground water. Apart from flowing water, even stationary water does exist in the rock massif. When the Olafsfjörður tunnel was driven under Osbrekkufjall Mountain, a system of parallel water bearing open fissures was crossed in locations with the highest overburden. The water was under a high hydrostatic pressure, corresponding to the height of water column of about 300m. The fissures were persistent from the surface to great depths in the direction of the inclination, whereas probably nonpersistent, closing in the strike direction. The fissures were saturated with accumulated rain water and water from melting snow. With highest probability, it was standing water. It was a system parallel with a marked tectonic fault, which it attended. The tectonic pattern of the area is significantly orientated in the north-south direction – it is the direction of the majority of dikes, main fissures and faults. The dipping of the basalt dikes is mostly very steep: 85 – 90°. The north-southern strike proves to be positive in respect to the direction of the tunnel excavation, as a transverse system. Although, even a secondary, a very unfavourable NW – SE strike was encountered, which is orientated in the direction of the tunnel excavation and follows the excavation often to a distance of many tens of meters.

4. GEOLOGICAL SURVEY

Local companies carried out two geological surveys for the construction of the tunnels.

The first survey (Saemundsson, 2000) dealt with variants of the route, whereas the other survey (Gudmundsson, 2001) was focused on the current route of the tunnels. Because of the significant altitude differences in the mountain range under which the tunnels pass, borehole surveys were performed in the portal areas. During the 2001 survey, 9 exploratory core holes were drilled; only some of them reached under the level of the floor of the future tunnels. The core boreholes were supplemented by shallow full hole probes, which were designed to verify the thickness of surface deposits. Another part of the surveys was surface geological mapping, which provided the base for the determination of basic geological interfaces between tholeitic, olivine and porphyry basalt formations. According to the results, the tunnels are driven through an olivine basalt formation. The configuration of the formations, verified basalt veins and faults were plotted, together with



Obr. 4 Vrtání pomocí vrtacího stroje TAMROCK
Obr. 4. Drilling by a TAMROCK drilling set

1,5 m širokou kavernou v pravém boku, ze které vytéká malý potok. Navíc se oproti předpokladům jednalo o vodu studenou (3,4 °C), která vylučovala efektivní nasazení cementové injektáže. Pro zvládnutí situace musela být nasazena masivní chemická injektáž. Potřeba injektáží, jak na olafské, tak i na straně Siglu, sama o sobě vypovídá o komplikovaných poměrech.

5. POMĚRY PŘI RAŽBĚ

Přes zdánlivě jednoduchou a rytmicky se střídající geologickou stavbu nejsou poměry z hlediska tunelování jednoduché. Samostatnou kapitolu tvoří problematika výskytů vysokých přítoků s extrémně tlakovou vodou, která již byla popisována výše. Tyto poměry si vyžádaly rozsáhlé injektážní práce.

Co se týče stability masivu, tak ta je celkově příznivá pro vytváření horninové klenby. Snížená stabilita se vyskytuje při zastižení intervulkanických sedimentárních vrstev (rudé pískovce a tufy). Tyto vrstvy jsou pouze 0,5–2 m mocné a mají tendenci se ve stropu deskovitě odlamovat. Při stropní pozici sedimentu vzniká po výlomu staticky nepříliš optimální krabicovitý tvar stropu označovaný výrazem box-shape. Vzhledem k malému úklonu bývají polohy intervulkanických vrstev sledovatelné na vzdálenosti mnoha desítek metrů. V závislosti na směru ražby přechází buď pomalu ze stropu směrem k počvě, nebo naopak od počvy ke stropu. Při výskytu vrstvy v bocích má výrub tendenci vytvářet deformovaný tvar tzv. mushroom-shape. Pokud se vrstva sedimentu nachází ve stropu, je dovoleno ji odstranit i za cenu nadvýlomů, případně se důkladně prokotví a přestříká mocnější vrstvou drátkobetonu. Ke zvýšení bezpečnosti se výstroj místy posiluje i o klasické betonářské sítě. Pokud je vrstva v bocích (typ mushroom), je možné přestříkat i boky. Vzhledem k rytmické stavbě masivu se v tomto prostředí ražba vždy po určité době opakovaně ocitá. Dalším prostředím s nižší stabilitou jsou tělesa diků, která jsou většinou navíc i zvodnělá. Intenzivní kostkovité rozpukání vytváří nebezpečí ospávání výrubu. Zastoupení diků bude zřejmě vyšší, než činily odhady. Na závěr projektu bude zajímavé provést vyhodnocení jejich celkového výskytu. Výrazněji snížená stabilita byla pozorována v km 11,720 při otevření poruchy doprovázené mocnou nesoudružnou tektonickou brekcií charakteru šterku s hlinitou výplní. Situace byla ztížena intenzivním prouděním podzemní vody do výrubu. Zde po otevření došlo k menšímu vykomínování levého rohu přístropí a k negativním projevům tlaku materiálu brekcie na levý bok primárního ostění. Situace byla překonána souborem technických opatření, které zahrnovaly odlehčovací vrty, injektáže, kotvení, zastříkání stropu i boků a vyztužení dvěma vrstvami betonářských sítí.

Mezi málo diskutovanou problematikou patří napjatostní poměry masivu. Ražba probíhá pod poměrně vysokým nadložím. Orientačním rozbohem primární napjatosti pro nadloží např. 500 m, při průměrné objemové hmotnosti $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$, pevnosti v prostém tlaku $\sigma_c = 175 \text{ MPa}$ (převzato z dostupné literatury) a deformačním modulu $E = 50 \text{ GPa}$ lze při použití níže uvedených empirických vztahů:

the drill logs, in an exaggerated geological longitudinal section. Of the in situ down-hole measurements, several Lugeon tests were conducted to determine permeability. Furthermore, unconfined compression strengths were determined. Lithological core logs contained RQD values and Q-system values (Barton et al., 1973). In this particular case, an assessment of quasihomogeneous geotechnical blocks along the route was missing and, with the exception of unconfined compression strengths, no geomechanical properties of rock were presented. In addition, the survey did not conduct numerical modelling of stress-strain states. The Q-values were presented only in rock core logs and in the stratigraphic column for individual petrographical types (ranges of values for basalt, an upper and lower scoria, intervolcanic sediments and tuff); then they were processed in the form of histograms, which are contained in the text report (separately for each of the tunnels). The form of histograms was also used for the presentation of the results of the strength testing.

When we study the survey reports, we can arrive at the conclusion that the survey indicated that the excavation would pass mostly through a compact rock environment with infrequent faults. However, the extent of the rock mass faulting seems to be larger. Problems with water inflows and the need for extensive grouting is the evidence for this opinion. For example, the over 100m long section at chainage km 12.560 – 12.680 of the Olafsfjordur tunnel required systematic grouting due to high flows of water running into the tunnel along an intensely fractured zone following the direction of the excavation (which was, by the way, very unfavourable for the excavation). The excavation of the Olafsfjordur tunnel at chainage km 12.015 – 12.045 was a good example of the extremely unfavourable conditions. The excavation passed through a significant tectonic zone, which was accompanied by a system of sub-parallel weakness zones, including open fissures conveying exceptionally high rate (4000 l/min) and high pressure (up to 32 bar) inflows, which would not subside with time. The zone of sub-parallel pressurised weakness zones and open fissures ended in a mighty fault, which passed across the body of a dike, with an over 1.5m wide cavern on the right side and a small stream flowing from the cavern. In addition, in contrast with the anticipation, the water was cold (3,4 °C), therefore the possibility of an effective application of massive cement grouting was excluded. To cope with the situation, the contractor had to use massive chemical grouting. The consumption of grout both on the Olafsfjordur and Siglufjordur sides is a sufficient proof of the complicated character of the rock environment.

5. CONDITIONS DURING THE COURSE OF THE EXCAVATION

Despite the seemingly simple and rhythmically alternating geological structure, the conditions are not simple from the tunnelling viewpoint. The problems of the occurrence of high-rate inflows of high-pressure water have been discussed above. These conditions required extensive grouting operations.

As far as the rock mass stability is concerned, it is, on the whole, favourable for the development of natural rock arch. Reduced stability is encountered when driving through intervolcanic sedimentary layers (red sandstone and tuff). These layers are only 0.5 – 2m thick and tend to separation of plates from the roof. When the sediment is found in the crown, the box-shape roof which originates after the excavation is not optimal in terms of a structural analysis. Owing to the small dip angle,



Obr. 5 Závěj před portálem tunelu Ólafsfjörður – leden 2007
Obr. 5 A snow bank in front of the Ólafsfjörður tunnel portal – January 2007



Obr. 6 Červená scoria zastížená ve spodní části čelby
Obr. 6 Red scoria encountered in the lower part of the excavation face

$\sigma_v = \gamma * z$
 $\sigma_h = k * \sigma_v$
 $k = 0,25 + 7 * E * (0,001 + 1/z)$, kde E je v GPa (Hoek and Brown, 1988)

dojít k následujícím výsledkům:

σ_v (teoretické vertikální napětí) = 13,5 MPa

σ_h (teoretické horizontální napětí) = 17,55 MPa

Pro odhadnutou pevnost horniny $\sigma_c = 175$ MPa a výšku nadloží 500 m a vyšší vychází poměr $\sigma_c/\sigma_h < 10$, což signalizuje, že možnost napjatostních problémů od nadloží cca 500 m výše není vyloučena. To potvrzuje i staré norské tunelářské pravidlo, které praví, že od nadloží 500 m je třeba se připravit na možné napjatostní projevy (Engineering geology and rock engineering, NBG 2000). Při ražbě pod hřebenem hory Osbrekkufjall (kóta 759 m n. m.) se tunel ocitl zřejmě v úrovni spodní hladiny tzv. high stressu. Ten je dle Bartonovy klasifikace (Barton, Grimstad, 1994) obvykle příznivý pro stabilitu – může však být méně příznivý pro stabilitu stěn (doslovný překlad). Ne vždy se high stress projevuje a ne vždy v dramatické formě (odprsky, zvukové projevy). Grimstad (1999) uvádí různé příklady projevů napjatostních problémů z pozorování ražeb 24,5 km dlouhého Laerdalského tunelu, ve kterém byly během výstavby zastíženy všechny hladiny stressu – od nízké úrovně až po těžké odprsky. Autor uvádí, že v některých úsecích tunelu bez jakýchkoli projevů high stressu bezprostředně po výlomu byly boky ponechány nevystrojené. Po týdnech až měsících se zde pak postupně vyskytlo odrolování a odlupování stěn (spalling, slabbing). Pro zastavení degradace stěn se nakonec přistoupilo k jejich zastříkání a doplnění kotev ve výšce cca 1 m nad počvou. Nejdramatičtější projev high stressu se vyskytují v tvrdých, křehkých horninách s vysokým deformačním modulem. U horninových typů s nižším deformačním modulem se za stejných podmínek high stress nemusí projevit vůbec nebo jen v mírnější podobě (bez zvukových projevů nebo jen s nízkými zvukovými projevy), a to až po pomalém doznění plastických deformací. Tento případ poskytuje sice mnohem menší problémy, než je tomu u masivních tvrdých hornin, ale na druhou stranu se tyto horniny mohou pomalu deformovat po velmi dlouhou dobu. Projevy high stressu v tvrdých horninách samozřejmě snižuje nebo vylučuje vyšší intenzita rozpukání. V Olafském tunelu byla na několika místech v úsecích pod hřebenem hory Osbrekkufjall pozorována pomalá degradace geomechanických vlastností stěn – odrolování. Nejde sice o prokázání, ale ani o vyloučení projevu high stressu. V tunelu na straně Siglu byly podle výpovědí některých pracovníků zaznamenány mírnější zvukové projevy masivu. Nicméně je nutné podotknout, že nejvyšší nadloží (přes 800 m) mají raziči Metrostavu stále ještě před sebou (masiv mezi Hedinsfjordem a údolím Sydriadalur). Z širšího úhlu pohledu se zájmové území nachází v blízkosti činné riftové tektoniky. Nelze proto vyloučit ani možnost existence většího horizontálního napětí, než je napětí teoretické, které je odhadnuto výše. Měření primární napjatosti „in situ“ nebyla ani v průzkumné, ani v realizační etapě prováděna. Blízkost živé riftové tektoniky dokazuje existence dílčího zemětřesného

the intervolcanic layers are often traceable up to a distance of tens of meters. Depending on the direction of excavation, the layer passes slowly either from the crown to the bottom or the opposite, from the bottom to the crown. When the layer is found on sides, the excavation has a tendency to create a deformed shape, the so-called mushroom shape. When the sedimentary layer is found in the crown, it is allowable to remove it, even at the expense of overbreaks, or it must be thoroughly anchored and covered with a thicker layer of steel fibre reinforced shotcrete. To improve the safety, the excavation support is locally strengthened by adding traditional concrete reinforcing mesh. When the layer is on the sides (the mushroom type), shotcrete can be applied to the sidewalls. As a result of the rhythmical structure of the massif, the excavation through this environment repeatedly arrives to the intervolcanic layers. Another less stable environment is encountered in the cases of the bodies of dikes, which are, on top of that, mostly water-bearing. Intense cubicle fracturing poses the risk of spalling of the excavated surface. The proportion of the dikes in the massif is probably going to be higher than estimated. It will be interesting to carry out an assessment of the overall occurrence at the conclusion of the project. More significantly reduced stability was observed at chainage km 11.720 where a fault attended by a mighty incoherent tectonic breccia having the character of gravel with loamy matrix was opened. The situation was aggravated owing to intense ground water flows into the excavation. In this location, a minor excavation collapse happened in the left corner of the roof and negative manifestations of the pressure of breccia material on the left side wall of the primary lining were observed. The problems were dealt with through a set of technical measures, which comprised relieving holes, grouting, bolts, application of shotcrete on the roof and sidewalls and strengthening by two layers of steel mesh.

Among little discussed problems, we can name the stress-strain state of the rock mass. The excavation is carried out under a relatively very high overburden. It is possible on the basis of a preliminary analysis of the primary state of stress for the overburden e.g. 500m high, at an average volume weight $\gamma = 27$ kN/m³, unconfined compressive strength $\sigma_c = 175$ MPa (borrowed from literature available) and modulus of deformation $E = 50$ GPa, using the following empiric relationships:

$$\sigma_v = \gamma * z$$

$$\sigma_h = k * \sigma_v$$

$k = 0.25 + 7 * E * (0.001 + 1/z)$, where E is in GPa (Hoek and Brown, 1988)

to arrive at the following results:

σ_v (theoretical vertical stress) = 13.5 MPa

σ_h (theoretical horizontal stress) = 17.55 MPa

For the estimated rock strength $\sigma_c = 175$ MPa and the height of the overburden of 500 m and greater, the resulting ratio $\sigma_c/\sigma_h < 10$, which fact suggests that the possibility of stress-related problems due to the overburden higher than about 500m is not excluded. This is even confirmed by an old rule of thumb used by Norwegian tunnellers that it is necessary to be prepared for potential problems when the overburden is higher than 500m (Engineering geology and rock engineering, NBG 2000). During the excavation under the crest of Osbrekkufjall Mountain (altitude of 759m a.s.l.), the tunnel probably got under the lower level of the so-called high stress. The high stress is, according to the Barton classification system (Barton, Grimstad, 1994), usually profitable for stability, but it may be less profitable for the stability of side walls. It is not always that the high stress effect manifests itself and if it does, it is not always in a dramatic form (rockbursts, acoustic manifestations). Grimstad (1999) presents various examples of the manifestations of problems associated with the state of stress, which he gathered during the observations of the excavation of the 24.5km long Laerdal tunnel, where all levels of stress were encountered during the construction, i.e. from a low level up to heavy rockbursts. The author states that side walls were left without any support within some tunnel sections where no manifestations of high stress appeared immediately after the excavation. Subsequently, after several weeks to months, wall spalling and slabbing started to appear. With the aim of stopping the wall degradation, the walls were eventually sprayed with concrete and bolts were added at a height of about 1m above the tunnel floor. The most dramatic manifestations of the high stress are encountered in hard, brittle rocks with a high modulus of deformation. In the cases of rock types with lower moduli of deformation, under the same conditions, the high stress does not have to be encountered at all or can appear in a milder form (without acoustic manifestations or with very slight acoustic manifestations), as late as after the development of plastic deformations has slowly ended. On the one hand, this case poses smaller



Obr. 7 Intenzivní přítoky vody z předvrtů
Obr. 7 Intense water inflows from advance boreholes

podmořského epicentra u nedalekého Dalviku. V trase tunelů nelze vyloučit ani možnost výskytu postvulkanických jevů (horké geotermální vody). Průzkum avizoval v plánované trase nejméně tři geotermální pole. Naštěstí se doposud tato prognóza nevyplnila. Během dosavadních prací na projektu bylo dosaženo několika rekordů. Extrémně vysoké natlakované přítoky vody v km 12,015–12,045 představují druhý největší případ tohoto druhu v tunelových stavbách na Islandu. Na prvním místě byl již jen katastrofální průval v tunelu v oblasti západních fjordů. V červenci 2007 činil měsíční postup na Olafském tunelu 330 m, čímž byl vytvořen jeden z nejlepších výkonů v ražbách tunelů srovnatelných parametrů na Islandu a nejlepší měsíční postup u firmy Metrostav vůbec.

6. PŮSOBNÍ GEOLOGA NA STAVBĚ

Hlavní náplní práce geologické služby je vedení primární geologické dokumentace každé čelby a průběžné zkrusování rozvinuté geologické mapy tunelu v měřítku 1 : 500. Do mapy se zakresluje nejen geologie, ale i primární výstroj (kotvy, stříkaný beton). Do konečné verze mapy bude zakreslena i sekundární výstroj. Mapa se vypracovává jednak ručně, a následně je po každých cca 100 m překreslována do elektronické podoby v programu AUTOCAD. Kromě mapy se po vyražení delších úseků zpracovává podélný svislý geologický profil celou horou v měřítku 1 : 5 000. Provádí se zařídění výrubu podle Bartona a nákrus čelby se ukládá v elektronické podobě průběžně na databázový server Barab. Fotodokumentace se vede separátně. Součástí prací je rovněž dokumentace průzkumných předvrtů po každém třetím záběru. Na vyžádání zhotovitele geotechnická služba spolupracuje při vytváření pracovních prognóz, vyhotovení geologických podkladů pro jednání s investorem, popřípadě se těchto jednání účastní.

7. ZÁVĚR

Vyrazení obou silničních tunelů výrazně přispěje ke zkrácení jízdní doby mezi obcemi Olafsfjordur a Siglufjordur. Celý projekt by měl být hotov do konce roku 2009, kdy se počítá se zprovozněním celé trasy až do Siglufjorduru.

ING. PAVEL GAJDOŠ, gajdos@geotechnika.cz, RNDr. JAN ŠTOVIČEK, stovicek@geotechnika.cz,
SG-GEOTECHNIKA a. s.
Recenzoval: Ing. Boris Šebesta

problems than massive hard rocks, on the other hand, these rocks can slowly deform for a very long time. Naturally, a higher fracturing rate diminishes or excludes the manifestations of high stress in hard rock. As far as the Olafsfjordur tunnel is concerned, slow degradation of geo-mechanical properties of side walls (spalling) was observed in several locations, in the sections under the crest of Osbrekkufjall Mountain. Even though it is not a proven manifestation of the high stress, it is not excluded that it is the manifestation. Moderate acoustic manifestations of the massif were, according to statements made by several workers, recorded in the Siglufjordur tunnel. Nevertheless, it must be noted that the highest overburden (over 800m) is still ahead of Metrostav's mining crews (the massif between Hedinsfjord and Sydriadalur Valley). From a wider perspective, the area of operations is found in the vicinity of active rift tectonics. It therefore cannot be excluded that a higher horizontal stress than the theoretical stress which is estimated above can be encountered. In situ measurements of the primary state of stress were conducted neither in the surveying stage nor in the construction stage. The nearness of live rift tectonics is proved by the existence of a partial undersea earthquake epicentre at the near town of Dalvik. Not even the possibility of the occurrence of postvolcanic phenomena (hot geothermal water) along the route of the tunnels can be excluded. The survey identified at least three geothermal fields along the planned alignment. Fortunately, this prognosis has not come true yet. Several records have been achieved during the work on the project. The inflows of water which was under extremely high pressures at chainage km 12.015 – 12.045 represent the second case of this sort during tunnel construction in Iceland. The first place was taken by a catastrophic water breakout in a tunnel in the area of western fjords. In July 2007, the monthly advance rate at the Olafsfjordur tunnel amounted to 330m, which is one of the highest advance rates for the excavation of tunnels featuring comparable parameters in Iceland and the highest advance rate ever achieved by Metrostav a.s.

6. GEOLOGIST'S ACTIVITIES ON SITE

The main workload of the geological service comprises the maintenance of primary geological documentation for each excavation face and continual plotting of a 1 : 500 unwrapped structural map of the tunnel. The map contains not only geology but also the primary support (bolts, shotcrete). The final version of the map will even contain the secondary lining. The map is plotted manually and, subsequently, it is re-plotted every about 100m in electronic format using AUTO-CAD program. Apart from the map, a 1 : 5 000 longitudinal geological section is plotted after completion of longer sections of the excavation. The Barton classification of the excavation is carried out and face mapping sheets are continually stored in electronic format using the Barab server. Progress photographs are stored separately. Part of the work load is also the documentation of the probe boreholes which are drilled ahead of the excavation face every third advance. On contractor's request, the geotechnical service collaborates on the development of working prognoses, preparation of geological documents to be used as a basis for discussions with the client, or participates actively in these discussions.

7. CONCLUSION

The completion of the excavation of the two road tunnels will significantly contribute to the reduction in the time of travel between the municipalities of Olafsfjordur and Siglufjordur. The whole project is planned for completion by the end of 2009, when the entire route to Siglufjordur is to be inaugurated.

ING. PAVEL GAJDOŠ, gajdos@geotechnika.cz,
RNDr. JAN ŠTOVIČEK, stovicek@geotechnika.cz,
SG-GEOTECHNIKA a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- Barton N. et al, 1974: Analysis of rock mass quality and support practice in tunnelling and guide for estimating support requirements. NGI, Rep. 54206, 74 p
Barton N., Grimstad E., 1993: Updating of the Q-system for NMT
Engineering geology and rock engineering, Norwegian group of rock mechanics, 2000
Grimstad E., 1999: Experiences from excavation under high rock stress in the 24,5 km long Laerdal tunnel, NGI
Gudmundsson A., 2001: Siglufjordur–Olafsfjordur, Road tunnel through Hedinsfjordur–geological report, JFS Geological services Ltd
Hoek E.: Practical Rock Engineering, 2007
Saemundsson K., 2000: Jarðgöng milli Siglufjardar og Olafsfjardar um Hedinsfjord. Orkustofnun Rannsóknasvið

REKONSTRUKCE JAROVSKÉHO ŽELEZNIČNÍHO TUNELU

RECONSTRUCTION OF THE JAROV RAIL TUNNEL

OTAKAR HASÍK, MIROSLAV CHYBA

HISTORIE

Železnice na našem území má dlouhou historii. Např. v roce 1871 bylo u nás za jediný rok postaveno 1200 km tratí, a to bez jakékoli mechanizace, jen s použitím ručního nářadí a povozů. Železniční síť byla v podstatě vybudována již kolem roku 1900.

Posázavská železnice vznikala po etapách v rozmezí let 1881 až 1900. Druhou etapou byl 39,6 kilometru dlouhý úsek Modřany–Dobříš. Trať z Modřan do Vraného n. Vltavou vede podél pravého břehu Vltavy většinou poměrně příznivým terénem, jedinou překážku tvořil skalnatý masiv u Jarova, kterým byl proražen 393 metrů dlouhý tunel.

Stavba probíhala od listopadu 1895 rychle, dobříšská trať byla předána do provozu 22. září 1897 a zpřístupnila tehdy zapomenutý kraj, což podpořilo rozvoj místního průmyslu. Ten byl naopak zdrojem stálého příjmu za přepravy pro železnici.



Obr. 1 Dobová pohlednice
Fig. 1 Period picture postcard

Když píšeme o historii, nemůžeme nezmínit příhodu z 2. světové války. Na konci války, na jaře 1945, útočily americké a sovětské letouny na českém území na pozemní cíle, a tím ochromovaly válečnou mašinerii. Lidové označení „kotláři“ reflektovalo fakt, že jejich nejčastějším cílem byly pamí lokomotivy (resp. jejich kotle).

Podle vyprávění očitého svědka se jeden z útoků odehrál právě před Jarovským tunelem. „Kotláři“ nalétli nad osobní vlak nejdříve bez střelby. Tak upozornili cestující a osádku, aby vlak zastavili a opustili, aby nedošlo ke krveprolití. Pak znovu nalétli, aby zničili lokomotivu. Než se však tenkrát letadla otočila, strojvedoucí vlak znovu rozjel a zajel do Jarovského tunelu a vozy i parní stroj zachránil.

V 50. a 60. letech sloužila trať mimo jiné velkému počtu víkendových turistů, trampů, kteří vždy zaplnili místní nádraží. Dnes již vlakem cestuje lidí méně, ale romantická trať vedoucí malebnou krajinou povltaví a posázaví zvaná „posázavský pacifik“ je stále populární a má jistě další budoucnost před sebou, uvažuje se o elektrifikaci pro příměstskou dopravu.

GEOLOGIE A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Jarovský tunel je vyražen na pravém břehu řeky Vltavy v západním svahu skalního hřebene katastru obce Zvole. Bezprostřední okolí a nadloží tunelu tvoří sedimenty svrchněproterozoické štěchovické skupiny, zastoupené prachovci a jílovcí, pouze v okolí vjezdového portálu jsou zastoupeny relativně mladší série hrubozrnnějších drob. Rytmičké střídání jednotlivých poloh s úklonem cca 20–40° k jihovýchodu je dobře opticky rozlišitelné a je patrné i na fotografiích.

Z hlediska hydrogeologického tvoří horniny štěchovické skupiny puklinový kolektor se zvýšenou propustností při povrchové zvětralé zóně. Voda se vyskytuje v poruchách a otevřených puklinách a její vydatnost je výrazně ovlivňována množstvím srážek, vykazuje mírnou agresivitu vůči betonovým konstrukcím kvůli vyššímu obsahu síranových iontů. V deštivých obdobích pracovníci zaznamenali řadu výronů a zavlhlých míst v tunelu,

HISTORY

The history of railway in the Czech Republic is long. For example, the year 1871 saw 1200km of new tracks, which were built during a mere one year, without any mechanical equipment, using only hand tools and carts. The development of railway network was, in substance, finished as long ago as about 1900.

The railway line along the Sázava River was being developed in stages between 1881 and 1900. The second stage was the 39.6km long Modřany–Dobříš section. The rail line from Modřany to Vrané n. Vltavou leads along the left bank of the Vltava River, mostly through relatively favourable terrain, with the only obstacle formed by a rock massif near to the village of Jarov. The massif was overcome by means of a 393m long tunnel.

The progress of the construction, which started in November 1895, was fast. The rail line to Dobříš was inaugurated on 22nd September 1897 and opened up the, at that time forgotten, region, and, consequently, promoted the development of local industry. Conversely, the industry was a source of permanent income for the railway.

While writing about the history, we must not fail to mention a story from the second world war. At the end of the war, American and Soviet airplanes attacked ground targets in Bohemia to paralyse the war machinery. The Czech colloquial expression “kotlář” (“boilermaker”) for the pilots reflected the fact that the most frequent target of the fighters were steam locomotives (or rather their boilers).

According to an eye witness's narration, one of the attacks took place just before the Jarov tunnel. First, the “boilmakers” used to fly above a train without firing so that passengers and locomotive operators were warned, stopped the train and left it, thus bloodshed was avoided. Then they made a loop and returned to destroy the engine. In this particular case, before the fighters managed to return, the locomotive driver restarted the engine and hid the train in the tunnel to save the carriages and steam engine.

In the 1950s and 1960s, the rail line was used, apart from other users, by weekend tourists, who used to fill the local station. Today, the numbers of passengers are smaller, but the romantic track, passing through the picturesque landscape along the Vltava and Sázava Rivers, which has been nicknamed “the Sázava Pacific”, is still popular and certainly has a bright future ahead; the electrification of the track for suburban services is under consideration.

GEOLOGY, WATER

The Jarov tunnel was driven on the right bank of the Vltava River, through the western slope of a rock crest, in the Zvole village cadastre. The immediate surroundings and overburden of the tunnel consists of Upper Proterozoic sediments of the Štěchovice Member, represented by siltstone and claystone; relatively younger series of coarse-grained greywacke are found only in the vicinity of the entry portal. Rhythmic alternation of individual SE trending



Obr. 2 Hlavní část tunelu je ponechána bez ostění
Fig. 2 The main part of the rock excavation is left unlined



Obr. 3 Portál a prvních 40 m s provizorním zajištěním
Fig. 3 The portal and initial 40m with a temporary support

ponejvíce právě v úseku do 10 m od Vranského portálu, kde je minimální nadloží (pak již skalní svah stoupá příkře vzhůru). V období rekonstrukce byly ale srážky minimální, nepředpokládaly se tedy přítoky do výrubu.

PŮVODNÍ STAV TUNELU A PROJEKT REKONSTRUKCE

Tunel dlouhý 393 m je obezděn jen v příportálových úsecích v délkách cca 70 m, hlavní část tunelu je ponechána jen ve skalním výrubu (obr. 2). Obezdvíka portálu k Vranému n. Vltavou byla v havarijním stavu, prvních 40 m bylo podsazeno ocelovými oblouky a dřevěnými pažnicemi a rychlost průjezdu vlaků zde byla omezena na 10 km/h.

Projekt rekonstrukce tohoto úseku zpracovaný firmou SEDOS v červnu 2007 vycházel z koncepce rekonstrukcí jednokolejných železničních tunelů v osmdesátých letech dvacátého století, prováděných zpravidla za omezeného vlakového provozu na trati v několikahodinových výlukách bez nasazení moderních výkonných mechanismů. Používal se pracovní vlak s vagony naloženými lehčími mechanismy (vrtací soupravy, sbíjecí soupravy/impaktory, zdvihací pracovní plošiny, jeřáb, stříkáč souprava) a s vagony pro zachycení a odvoz vybouraného zdiva, rubaniny a materiálu. Projekt předepsal vybourání horní části kamenné obezdvíky, tedy klenby, zvětšení výrubu klenby (zvýšení tunelu pro budoucí elektrifikovaný provoz) a provedení izolace a definitivního ostění klenby s ukončením nad operami. Opěry měly být pouze zpevněny spárováním a injektáží a drenáž svedena k základům.

MODERNÍ ZPŮSOB REKONSTRUKCE

Investor SŽDC po výběrovém řízení pověřil firmu Subterra a. s. – divizi 1 rekonstrukcí. Práce v tunelu se prováděly v období úplné výluky tratě od 5. 11. 2007 do 20. 12. 2007 podle realizačního projektu Metroprojektu Praha a. s.

Protože bylo zadáno, že hlavní práce rekonstrukce tunelu proběhnou za úplné výluky tratě, bylo navrženo alternativní řešení rekonstrukce, které při zachování koncepce původního projektu přináší moderní spolehlivé řešení izolace a konstrukce ostění a vychází ze současného strojního vybavení a zkušeností firmy Subterra a. s. Úprava spočívá zejména v tom, že opěry jsou rekonstruovány stejně jako klenba.

PŘÍPRAVA, BOURÁNÍ A DOBÍRÁNÍ PRŮŘEZU A PRIMÁRNÍ ZAJIŠTĚNÍ

Ochrana kolejového svršku se provedla panely, dřevěným záklopem, šterkem a geotextilií tak, aby se vytvořila stavební cesta pro mechanismy v celé šíři dna tunelu. Datový kabel vyvěšený na obezdvíce byl vyměněn za nový a uložen do nové chráničky položené v kolejovém loži. Pak byly zahájeny vlastní práce.

Směrem zevnitř tunelu k portálu se po záběrech odstraňovaly ocelové oblouky a dřevěné pažiny provizorního zajištění, vybourala se stávající obezdvíka v klenbě a následně i v opěrách, vyrubal se zvětšený průřez v klenbě do požadovaného tvaru. Následovalo dočasné zajištění primárním ostěním jako při postupu podle NRTM tvořené kotvami a stříkaným betonem C 20/25 v tloušťce cca 50–100 mm s jednou výztužnou sítí.

ROZPOJOVÁNÍ, PŘEDPOKLAD A SKUTEČNOST VLASTNOSTÍ HORNIN

Bourání ostění a rozpojování skalní horniny (dobírání) se zásadně předpokládalo a provádělo mechanickým způsobem, tj. pomocí impaktoru a tunelového rypadla.

Z fyzikálních a mechanických vlastností hornin byla vzhledem ke značné homogenitě masivu a z důvodu navrženého rozpojování bez použití trhacích prací důležitým parametrem pevnost v prostém tlaku. Údaje

layers, dipping about 20–40°, is well optically recognisable and is visible even in photographs.

From the hydrological point of view, the Štěchovice Member rocks form a fissure aquifer, with increased permeability of the surface, weathered zone. Water, which is found in faults and open fissures, with the yield significantly depending on precipitation, displays a slightly corrosive effect on concrete structures due to a higher content of sulphate ions. Workers recorded many leaks and wet points in the tunnel in rainy periods, most of all within the above-mentioned section up to 10m from the Vrané portal, where the overburden is the shallowest (then the rock slope rises steeply up). Because minimum rain precipitation was recorded during the reconstruction, no flows into the tunnel were expected.

ORIGINAL CONDITION OF THE TUNNEL AND THE DESIGN FOR THE RECONSTRUCTION

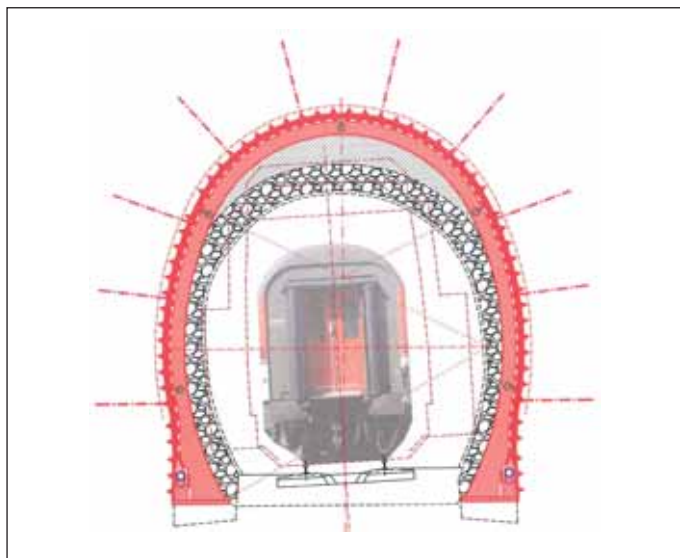
The 393m long tunnel is provided with a lining only in about 70m long portal sections, whilst the rock surface in the main part of the tunnel is bare (see Fig. 2). The lining of the portal on the side toward the village of Vrané n. Vltavou was in an emergency condition; the initial 40m long section of the tunnel was supported by steel frames and wooden lagging. The speed of passing trains was restricted to 10 km/h.

The design for the reconstruction of this section, which was carried out by SEDOC in June 2007, was based on the concept of reconstructions of single-rail tunnels which had been applied in the 1980s, i.e. reconstructions which were performed usually under restricted traffic and during several one-hour closings of traffic, without modern, high performance equipment. They used a construction train, with carriages loaded with lighter mechanical equipment (drilling sets, impactors, hoisting platforms, a crane, spraying machine) and carriages holding and carrying away masonry debris, muck and materials. The design prescribed that the upper part of the masonry lining, i.e. the vault, be removed, the excavated cross section be increased in the vault (to increase the height clearance for the future electrification of the rail line), a waterproofing system be installed and the final lining of the vault ending on the top of side walls be erected. The sidewalls were to be only strengthened by pointing and grouting and drains were to be extended to reach the footings.

MODERN RECONSTRUCTION BY SUBTERRA A.S.

The client, the Railway Infrastructure Administration, awarded the contract for the reconstruction to Subterra a.s., the winner of the tender. Division 1 of Subterra a.s. worked in the tunnel according to a detailed design supplied by Metroprojekt Praha a.s., in the period from 5.11.2007 to 20.12.2007, when the line was completely closed to traffic.

Because the tender conditions allowed the contractor to carry out the principal items of the works during a complete closure of the line to traffic, an alternative design for the reconstruction was approved which, while maintaining the concept of the original design, provides a modern and reliable solution to the waterproofing and lining structure and, in addition, is based on the existing mechanical equipment and Subterra's experience. The main item of the design modification is that the sidewalls are reconstructed concurrently with the vault.



Obr. 4 Příčný řez původního a rekonstruovaného tunelu
Fig. 4 A cross section of the original tunnel and reconstructed tunnel



Obr. 5 Detail pobírání skalního masivu a původní obezdívky
Fig. 5 A detail of the breaking of the rock and the original masonry lining

z průzkumu hovořily o hodnotách 50 až 70 MPa. Navíc se předpokládalo podle zkušeností z obdobných rekonstrukcí, že horninový masív bude za ostěním rozvolněný do vzdálenosti přibližně 1 m a rovněž stávající kamenná obezdívka že bude narušená. Toto se k překvapení všech zúčastněných nestalo a skutečná tvrdost horniny znamenala jeden z největších problémů při rekonstrukci. Hned za obezdívkou byla měřena pevnost v tlaku, průměrná hodnota byla 137 MPa. Rovněž vlastní obezdívka byla velmi pevná. Čas potřebný k rozpojování horniny a snesení obezdívky byl neúměrně velký a ohrožoval harmonogram prací a termín znovu uvedení železnice do provozu.

IZOLACE, DRENÁŽE A DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Když bylo dokončeno primární ostění jednoho pasu, instaloval se po obvodu klenby a opěr standardní izolační systém deštníkového typu, stejně jako u novostaveb se svedením prosakující vody k drenážím v patě opěr. Částečně perforované trubky Raudril DN150 s rovným dnem byly uloženy v mezerovitém (drenážním) betonu a vyvedeny do odvodňovacích šachtiček před portálem.

Při zpracování realizačního projektu bylo vybíráno ze dvou systémů izolace, fóliové izolace a stříkané izolace. Porovnání systémů a ceny je následující:

Klady stříkané izolace:

- jednodušší a rychlejší aplikace bez složitých mechanismů (nejsou nutné plošiny, vrtání kotev, svařování atd.),
- jednodušší detaily napojování a ukončování,
- jednoduchá a spolehlivější aplikace ve složitých tvarech (výklenek, žlab),
- průsak se projeví v místě poruchy izolace (není drenážní vrstva mezi primárním a sekundárním ostěním).

Klady fóliové izolace:

- geotextilie za izolaci zajistí odvod vody (drenážní účinek) do patečních drenáží,
- nevyžaduje tak hladký, jemný povrch primárního ostění,
- jednoduše prokazatelná (instalovaná) tloušťka izolace (u stříkané izolace závisí tloušťka na zkušenosti obsluhy),
- instalaci neprovází prašnost,
- cena je nižší.

Vzhledem k technicky vhodnějším vlastnostem fóliové izolace (zejména drenážní účinek ochranné geotextilie a prokazatelně spolehlivé tloušťky fólie) a dále vzhledem k nižší ceně a dlouhodobým zkušenostem s tímto materiálem byla vybrána fóliová izolace. Na podkladní vrstvu z geotextilie 500 g/m² upevněnou na primární ostění přišla izolační fólie PE Carbofol® Tunnel Liner tl. 2 mm se signální vrstvou 0,2 mm se zesílením pásy fólie v pracovních spárách.

Definitivní (sekundární) ostění o celkové tloušťce 250 mm je ze stříkaného betonu C 25/30 XF1 vyztuženého dvěma polohami svařovaných sítí připojených na výztužné oblouky. Ostění se nastříkávalo po jednotlivých pasech délky cca 10 m. První pracovní spára po 10 m za portálem je dilatační. Jeden výklenek byl vybudován 25 m od portálu napravo, na straně do hory, resp. na stejné straně jako je stávající výklenek cca 50 m od portálu.

GEOMONITORING

Pro ověření chování skalního prostředí při odstranění obezdívky a dobírání průřezu byly osazeny dva pětibodové měřicí profily. Naměřené deformace byly jen několik mm, výrub byl stabilní, a proto definitivní ostění již nebylo měřeno. Geologické poměry byly sledovány běžně na každé čelbě.

PLANNING, BREAKING AND ENLARGEMENT OF THE EXCAVATED CROSS SECTION AND PRIMARY SUPPORT

Trackwork was protected by means of panels, timber decking, gravel and geotextile. This is how a construction-purpose pavement for equipment, covering the whole width of the tunnel floor, was built. The data cable which was suspended on the lining was replaced by a new cable, which was embedded in the ballast, in a new duct. Then the reconstruction work itself started.

The steel frames and wooden lagging forming the temporary support were removed stepwise, in individual advances proceeding from the tunnel interior toward the tunnel portal, the existing masonry lining was removed first in the vault and then on the sides and the excavated cross section was enlarged in the crown to the required shape. The installation of the temporary support followed. It consisted of the surrounding rock mass which was reinforced by anchors and a 50 – 100mm thick layer of C 20/25 sprayed concrete with one layer of steel mesh.

ROCK DISINTEGRATION, ASSUMED AND ACTUAL ROCK PROPERTIES

The breaking of the lining and disintegration of the rock mass (cutting back) was, in principle, assumed to be carried out and was carried out mechanically, using an impactor and tunnel excavator.

Of the physical and mechanical properties of the rock, unconfined compression strength was of great importance with respect to the high homogeneity of the massif and the proposed excavation technique, avoiding the use of explosives. The data obtained by the exploration showed values of 50 to 70 MPa. In addition, it was expected according to the general experience of similar reconstruction jobs that the rock mass behind the lining would be loosened up to a depth of about 1.0m and the existing masonry lining would also be eroded. To general surprise of all parties, the expectation turned out to be incorrect. The actual hardness of the rock posed one of the biggest problems during the reconstruction. The average rock strength which was measured just behind the lining reached 137 MPa. Even the lining itself was very hard. The time required for the rock breaking and removal of the lining was excessive and threatened the works schedule and the term for the reopening of the track to traffic.

WATERPROOFING, DRAINAGE AND FINAL LINING

When the primary lining of one round had been completed, a standard umbrella-type waterproofing system was installed around the circumference of the vault and side walls, in the same way as at newly built tunnels, with the seeping water being taken down to the drains running along the footings. Partly perforated, flat-bottom pipes Raudril DN 150 were embedded in porous (drainage) concrete and connected to drainage shafts in front of the portal.

Two waterproofing systems, i.e. a membrane and a spray-on system, were under consideration during the work on the detailed design. The comparison and costs of the two systems are as follows:

Positives of spray-on waterproofing:

- simpler and faster application, without complicated equipment (there is no need for hoisting platforms, drilling for anchors, welding etc.)
- simpler details of joints and ends
- simple and more reliable application in the cases of more complex shapes (niches, troughs)
- any seepage is visible directly in the location where the waterproofing is actually defective (there is no drainage layer between the primary and secondary liners)

Positives of membrane-based waterproofing:

- the geotextile behind the membrane acts as a drain, ending in the footing drainage
- it does not require so smooth, fine surface of the primary lining
- the thickness of the installed waterproofing layer is easy to prove (the thickness of a spray-on waterproofing layer depends on operator's experience)
- the installation is not accompanied by an increased rate of airborn dust
- the cost is lower

With respect to the technically more suitable properties of membrane waterproofing (above all the drainage effect of the protective felt and reliably provable thickness of the membrane) and further, considering the lower cost and long-term experience of the application of this material, the membrane waterproofing system won. The system consisted of a 500g/m² geotextile sub-base, which was fixed to the primary lining, 2.0mm thick PE Carbofol® Tunnel Liner waterproofing membrane with a 2mm thick signalling layer and strengthening bands of the membrane installed in day joints.

The final (secondary) 250mm thick lining consists of C 25/30 XF1 shotcrete, support frames and two layers of welded mesh, which are fixed



Obr. 6 Rekonstruovaný tunel
Fig. 6. The tunnel after reconstruction

ORGANIZACE VÝSTAVBY

Zařízení staveniště bylo přímo před portálem na pruhu podél kolejí v délce cca 150 m a v závilu podél silnice u Vltavy. Všechna média byla zajišťována z mobilních zdrojů. Rozebírání obehzdvky a dovůrub postupovaly zevnitř tunelu k portálu. Stříkaný beton primárního i sekundárního ostění byl ze suché směsi. Betonárka byla umístěna v ZS na úrovni komunikace a čerpala se do výšky cca 10 m do tunelu.

Pro výstavbu byly použity dva malé bagry Takeuchi 153 a 183 s impaktory, univerzální jeřáb a zdvihač plošina Manitou, univerzální dvoucestný bagr Liebherr 900 (s možností jízdy po kolejích), souprava pro stříkání suché betonové směsi Aliva, kompresor, čerpadlo na vodu (voda byla dovážena v cisternách) a mobilní elektrocentrála.

Dopravu a uložení rubaniny zajišťoval dvoucestný bagr s nakládkou na drážní „mufku“ osazenou kontejnerem „sträger vanou“. Rubanina byla uložena dočasně na ploše před portálem a potom převezena a uložena na skládku. Po dokončení ostění a jeho proměření byla ochrana koleje odklíněna a kolej směrově i výškově vyrovnána.

ZMĚNY V PRŮBĚHU REALIZACE

Vzhledem k tomu, že se jednalo o rekonstrukci, byly některé skutečnosti zjišťovány teprve během výstavby a podle zjištěného stavu a zaměření bylo nutno upravit postup prací a částí stavby.

Stávající základ opěr byl pevnější než nově navržený (více než 50 MPa), proto se neboural.

Úprava drenážního systému byla vyvolaná krátkou výlukou, při které musela být ponechána kolej (pouze ochráněna). Drenáž v hloubce 1,2 m pod T.K. se nedala provést. Proto byla pateční drenáž vyvedena až před portál.

ZKUŠENOSTI A PROBLÉMY Z VÝSTAVBY Z POHLEDU ZHOTOVITELE

Problém znamenala malá výška pracovního prostoru, bylo možno nasadit jen malé stroje. Bourání ostění pod úroveň šterkového lože při ponechání kolejového svršku bylo značně zdoluhavé a problematické. Rozsáhlejší rekonstrukci by bylo lepší provádět po demontáži koleje a s použitím trhačích prací. Dodržení projektovaného tvaru primárního ostění bez výztužných rámu činilo značné obtíže, proto bylo nutno rámy provizorně stavět jako šablonu.

ING. OTAKAR HASÍK, hasik@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a. s.

MIROSLAV CHYBA, mchyba@subterra.cz, SUBTERRA a. s., divize I
Recenzoval: Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE

to the frames. The lining was sprayed stepwise, in about 10m long blocks. The first day joint, which is 10m behind the portal, is of the expansion type. One safety recess was provided at a distance of 25m from the portal, on the site toward the rock massif (on the same side where there is an existing recess – about 50m from the portal).

GEOMONITORING

Two 5-point measurement stations were installed for the purpose of monitoring of the behaviour of the rock environment during the work on the removal of the lining and the cutting back of the profile. The measured deformations were only several millimetres; the excavation was stable, therefore other measurements on the final lining were not necessary. Geological conditions were commonly monitored at each heading.

CONSTRUCTION ORGANISATION

The site facility was erected just in front of the portal, within an about 150m long belt along the track, and in a lay-by along a road near the Vltava. All media were provided from mobile sources.

The dismantling of the lining and the enlargement of the excavated profile proceeded from the tunnel interior toward the portal.

Shotcrete for the primary and secondary liners was applied using a dry mix. The batching plant was located at the site facility, at the road level, and concrete mix was pumped to the tunnel, to the level of about 10m.

The list of equipment: two small excavators Takeuchi 153 and 183 with impactors, a universal crane and a Manitou hoisting platform, a Liebherr rail-roader excavator, an Aliva dry mix spraying set, a compressor, water pump (water was brought in tanks) and a mobile generator.

The transport and deposition of the muck was provided by the rail-roader excavator, which loaded the muck on a Diesel railcar carrying a dumpster. The muck was temporarily deposited in the area in front of the portal and subsequently moved and deposited to a permanent dump.

When the lining structure and the survey of the lining had been completed, the protective decking of the track was removed and the track was relined both horizontally and vertically.

CHANGES DURING THE COURSE OF THE WORKS

Because of the fact that the job was a reconstruction, some facts were found only during the course of the works. The work procedures or parts of the construction had to be modified in accordance with the identified conditions.

The existing footings of the side walls were stronger than the newly designed footings (over 50 MPa), therefore it was not demolished.

A modification of the drainage system was necessary because of the short time of the track possession, during which the rail had to remain untouched (only provided with protection). The drainage could not be installed at the depth of 1.2m under the top of rail. For that reason the drains running along the footings were brought as far as the front of the portal.

EXPERIENCE AND PROBLEMS OF THE RECONSTRUCTION FROM CONTRACTOR'S VIEWPOINT

The small height of the working space posed a problem: only small equipment could be used.

The breaking of the lining under the ballast bottom level, with the trackwork left in place, was very time consuming and problematic. A more extensive reconstruction would be easier to carry out with the track removed and using the blasting.

The task to keep to the designed shape of the primary lining without support frames was very difficult. It was necessary to erect the frames temporarily, as templates.

ING. OTAKAR HASÍK, hasik@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a. s.

MIROSLAV CHYBA, mchyba@subterra.cz, SUBTERRA a. s., divize I

Omluva autorů článku „Metodika zkoušení požárů v tunelech pozemních komunikací“

Článek „Metodika zkoušení požárů v tunelech pozemních komunikací“ (Tunel č. 1/2008) popisuje závěry vědeckého projektu OPTUN zabývajícího se na výzkumné úrovni mimo jiné i přístupem k různým typům zkoušek požární bezpečnosti.

Z článku by mohlo vyplynout, že metodika zkoušení je schválena, čemuž tak není. Jedná se o první návrh, který bude dál projednáván. Platí ovšem, že dopracování metodiky bude mít velký význam, neboť uvede celou problematiku zkoušení požárů do reálné a ekonomicky akceptovatelné podoby.

Prof. Ing. Pavel Příbýl, CSc., Ing. Milan Košťál, Ph.D.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

2. SYMPOZIUM BBT 2008
BBT 2008 SYMPOSIUM

The second symposium on the Brenner Base Tunnel took place on 28th – 29th February 2008 at the Leopold-Franzens University in Innsbruck, Austria. The symposium comprised two parts: lectures and discussions were held on the first day, while the second day was dedicated to an excursion to the construction sites of railway tunnels in the valley formed by the Lower Inn River (Unterinntal), which form an access route to the Brenner Base Tunnel itself.

Druhé sympozium o Brennerském báзовém tunelu se uskutečnilo 28.–29. února 2008 na Leopold-Franzens University v rakouském Innsbrucku. Sympozium se skládalo ze dvou částí: první den probíhaly přednášky a diskuse, druhý den následovala exkurze na výstavbu železničních tunelů v údolí spodního Innu (Unterinntal), které tvoří přístupovou trasu k vlastnímu Brennerskému tunelu.

Odborné přednášky byly kromě Brennerského báзовého tunelu zaměřeny i na další obdobné železniční tunely či projekty (tunel Koralm, báзовý tunel Latschberg, tunely v údolí Innu, železniční spojení Kolín–Rýn/Mohan, italské dlouhé železniční tunely, atd.). Většina přednášek byla zaměřena na různé aspekty přípravy výstavby. Jednalo se zejména o netechnická témata (organizace a jednotlivá stadia přípravy, výběr vhodného typu smlouvy a zkušenosti s různými modely smluvních vztahů, předběžné stanovení ceny a faktory ovlivňující výslednou cenu včetně zohlednění rizik, způsob komunikace s politiky a veřejností, atd.), nicméně některé příspěvky byly také technického rázu (návrh TBM pro složité geologické podmínky, metoda ADECO RS, metody a způsoby vyhodnocení geotechnických průzkumů, atd.).



Obr. 1 Šachta pro sestavení TBM

Diskuse po jednotlivých blocích a závěrečná panelová diskuse za účasti médií byly poměrně otevřené. Většina dotazů se týkala konečné ceny projektu BBT a délky doby výstavby, což je velmi důležité pro prosazování projektu a pro politickou scénu a veřejnost. Díky mnoha vlivům proměnným v čase je však obtížné tyto parametry určit. Za hlavní problém není považována omezená znalost geologických podmínek, které je, vzhledem ke značné hloubce, obtížné předem určit. Větší vliv na cenu a dobu výstavby má rozsah projektu, který se během jeho přípravy a realizace mění (změny technických, bezpečnostních a ekologických požadavků, valorizace, atd.).

Páteční exkurze na různé části projektu železničních tunelů v údolí Innu byla zaměřena na podzemní stavby. Dva úseky dvoukolejných tunelů jsou raženy pomocí TBM firmy Herrenknecht o průměru 13 m. Jedná se o tzv. „mixshieldy“, které umožňují ražbu v zemích i ve skalních horninách. Převažující části ražeb jsou prováděny v sedimentech Innu, pod hladinou podzemní vody, se stabilizací čelby bentonitovou suspenzí. Kromě návštěvy tunelu (obr. 1) zahrnovala exkurze i prohlídku zařízení staveniště včetně separačního zařízení a výroby železobetonových segmentů prefabrikovaného ostění tunelu (obr. 2).

Více údajů o konferenci lze nalézt na webové stránce: www.bbt-symposium.eu

Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D.; hilar@d2-consult.cz,
ING. MARTIN SRB; srb@d2-consult.cz;
D2 Consult Prague s. r. o.



Obr. 2 Zařízení staveniště sekce H3-4

ZASEDÁNÍ VÝBORU C4 PIARC „ROAD TUNNEL OPERATION“
MEETING OF THE PIARC TECHNICAL COMMITTEE C4 „ROAD TUNNEL OPERATION“

PIARC, the world road association which unambiguously defines trends in the equipment and operation of tunnels, works in 4-year cycles, which end by the publishing of numerous documents. The last cycle ended in 2007 by the World Road Congress, which was held by the PIARC in the autumn in Paris. This means that the meeting of the Technical Committee C4 held in March 2008 was the first within the new 4-year cycle (2008-2011). The main objective was to define tasks and the working groups which will accomplish them.

Organizace PIARC, která jednoznačně určuje trendy ve vybavování a provozování tunelů, pracuje ve čtyřletých cyklech, které končí vydáním řady dokumentů. Poslední cyklus byl ukončen v roce 2007 podzimním světovým kongresem PIARC v Paříži. Zasedání výboru C4 v březnu t. r. bylo tedy první v novém čtyřletém cyklu (2008–2011). Hlavním cílem bylo definovat úkoly a pracovní skupiny, které je budou realizovat.

Hned v úvodu je nutné zdůraznit, že činnost ITA a PIARC není v rozporu, neboť byla harmonizována vzájemnou dohodou, která v principu říká, že ITA má v předmětu zájmu vlastní výstavbu tunelů

a s tím související činnosti, jako je geologie, geotechnika atd., zatímco PIARC se zabývá převážně vybavováním a provozováním tunelů.

Zasedání se konalo ve dnech 26.–27. března na La Defance v Paříži. První den dopoledne se konalo společné zasedání všech čtyř výborů, které se zabývají bezpečností na pozemních komunikacích (TC C.1 až TC C.4). Následně se činnost rozdělila a jednání výboru C4 „Road Tunnel Operation“ vedl nový předseda P. Schmitz (Belgičan). Výsledkem diskuse k náplni práce na další údobí je vytvoření pracovních skupin, které mají následující náplň práce:

WG1 Provoz a bezpečnost

2. Doporučení na organizaci bezpečnosti v tunelu včetně role a vzdělání hráčů
5. Návod pro trénink tunelových týmů, cvičení a zpětné vazby z provozu
6. Doporučení na organizaci servisu a inspekci

WG2 Analýza rizik

1. Zpráva sumarizující prioritní oblasti zlepšování bezpečnosti tunelů založená na analýze nákladů a přínosů

2. Směrnice pro analýzu rizik a současný stav v akceptování rizika
WG3 Komunikace s tunelovými uživateli
 4. Směrnice na výuku řidičů a komunikaci v reálném čase s uživateli tunelu
WG4 Tunelová ventilace a oheň
 7. Nová data o vozidlových škodlivinách včetně nových škodlivin a doporučení pro ventilační systémy
 8. Inovované doporučení na návrh požáru pro ventilační systém
 9. Směrnice pro aplikování, efektivitu a provoz fixních hasicích systémů
WG5 Komunikace a znalosti
 10. Vytvořit obecné kontextové tabulky, propojené na relevantní dokumenty a požadavky na další práci

11. Vytvoření dokumentu prezentujícího systematicky dostupné znalosti pro specialisty nebo praktické informace pro nespecialisty.

Čísla výstupů souhlasí s původním rozpisem témat.

Velkou pozornost vyvolává stále analýza a řízení rizik v tunelech. K té bylo sděleno, že koncem roku 2008 bude Evropská komise žádat členské státy o popis národní metody analýzy rizik. V dubnu 2009 by mělo být vše publikováno a následně mohou (a nemusí) být metody harmonizovány. To je rozdíl oproti minulosti, kde se mluvilo o nutnosti mít pouze jednu evropskou metodu.

Do práce v pracovních skupinách jsou, stejně jako v minulých letech, zapojeni naši odborníci. Po dohodě s Tunelovou sekcí České silniční společnosti, byli za českou stranu nominováni kolegové:

SMOLIK Jiri	WG2 – M	jsmolik@subterra.cz	Bezova 1658, 147 14 Praha 4	Subterra a. s.
SAJTAR Ludvik	WG2 – M	ludvik.sajtar@satra.cz	Sokolska 32, 120 00 Praha 2	Satra a. s.
STRANSKY Vaclav	WG1 – M	stranskyv@eltodo.cz	Novodvorska 14, 14201 Praha 4	Eltodo EG a.s.
LEBL Ales	WG1 – M	lebl@tunnel-tech.info	Čerčanská 12, 140 00 Praha 4	RSD
NOVAK Miroslav	WG4 – M	novak@metroprojekt.cz	I. P. Pavlova 2, 120 00 Praha 4	Metroprojekt a. s.
ZAPARKA Jiri	WG4 – M	jiri.zaparka@upcmail.cz	Sokolska 32, 120 00 Praha 2	Satra a. s.
PRIBYL Pavel	WG2 – CM	pribylp@eltodo.cz	Novodvorska 14, 142 01 Praha 4	Eltodo EG, a. s.
	WG5 – CM			Fakulta dopravní

Ve druhém sloupci tabulky písmeno „M“ znamená, že odborník je řádným členem skupiny (Member) se všemi právy a s povinností se účastnit jednotlivých zasedání. Oproti tomu CM (Correspondence Member) se neúčastní zasedání, ale přispívá k činnosti písemnou formou. Je také uváděn jako spoluautor zpracovávaných dokumentů.

ZÁVĚR

Výbor C4 „Road Tunnel Operation“ si klade velmi ambiciózní cíle, kdy se kromě „tradiční“ domény související s analýzou rizik silně orientuje na organizační aspekty provozování tunelu a na vzdělávání a komunikaci s vlastními uživateli, což nejsou jenom řidiči, ale i další osoby ve vozidlech. V tomto tématu má velmi blízko i projekt ministerstva dopravy SAFETUN, kdy Fakulta dopravní, jako člen řešitelského kolektivu, má v letošním a příštím roce zpracovat metodiku výuky dispečerů.

Dalším ambiciózním úkolem je zajistit šíření informací do odborné veřejnosti, které PIARC za patnáctiletou periodu dosud zpracoval do 25 technických zpráv. Tím se bude zabývat pracovní skupina WG5, protože je nutné dostat ke koncovým uživatelům znalosti obsažené na více než 1500 stranách zmíněných dokumentů.

Za důležité lze považovat, že Česká republika bude mít opět zastoupení svými experty v pracovních skupinách, byť nároky na jejich odborné znalosti jsou vysoké a kromě toho k tomu přistupují i cestovní náklady, které si hradí ze svých prostředků. Na druhé straně je stále možné se k činnosti ve skupině přihlásit cestou národního výboru PIARC.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc.,
národní delegát ve výboru C4, pribylp@eltodo.cz,
ELTODO EG, a. s.

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE – ŽELEZNIČNÍ TUNEL BŘEZNO TUNNELLERS' AFTERNOON - THE BŘEZNO RAILWAY TUNNEL

The ITA/AITES Czech Tunnelling Committee started a series of regular half-day seminars, which are held under the title Tunneller's Afternoon. The first of them took place on Tuesday 15th April 2008 at the Masaryk's College, the Czech Technical University in Prague. It was dedicated to the Březno railway tunnel. The objective of the seminars is to create space for the exchange of information and know-how in the area of underground construction. The event should allow less formal meetings of the professionals who are interested in this branch of construction, no matter in which aspect.

The first Tunneller's Afternoon was attended by more than 70 persons (see Fig. 1). The session was opened by Ing. Otakar Hasík

(Metroprojekt Praha a.s.), the main organiser – see Fig. 2. Then the attendees were welcomed by Ing. Ivan Hrdina, the chairman of the CTuC. The subsequent discussion was moderated by Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. The seven papers which were presented contained a lot of interesting information about the planning and implementation of the Březno tunnel construction.

V úterý 15. 4. 2008 se uskutečnilo v Masarykově koleji ČVUT v Praze Tunelářské odpoledne, které bylo zaměřeno na železniční tunel Březno. Jednalo se o první ze seminářů, které budou pravidelně organizovány ČTuK. Cílem seminářů je vytvoření prostoru pro výměnu informací a zkušeností z oblasti podzemních staveb. Měla



Obr. 1 Pohled do sálu
 Fig. 1 A view of the meeting room



Obr. 2 Ing. Otakar Hasík zahajuje jednání semináře
 Fig. 2 Ing. Otakar Hasík opens the discussion



Obr. 3 Prezentace ředitele stavby Ing. Milana Majera ze SŽDC s. o.
Fig. 3 Presentation by the project director Ing. Milan Majer, Railway Infrastructure Administration s. o.

by to být méně formální setkávání odborníků, které tato oblast jakýmkoli způsobem zajímá.

5. MEZINÁRODNÍ SYMPOZIUM O STŘÍKANÉM BETONU Moderní používání betonu stříkaného mokrou cestou pro podzemní stavby FIFTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPRAYED CONCRETE

The fifth Symposium on Sprayed Concrete was held on 21st – 24th April 2008 in Lillehammer, Norway; it was focused on the use of wet-mix sprayed concrete in underground construction. The seminar itself was preceded by the ITA/AITES Executive Meeting and a meeting of the WG12 (the Working Group for shotcrete). More detailed information is available on the web page: www.sprayedconcrete.no.

Páté sympozium o stříkaném betonu (SB) se uskutečnilo 21.–24. dubna 2008 v Lillehammeru v Norsku (dějiště ZOH 1994). Vlastní konferenci předcházelo setkání exekutivy ITA-AITES a setkání WG12 (pracovní skupina pro stříkaný beton), kde byla zastoupena i ČR.

Konference se zúčastnilo přibližně 150 delegátů, celkem bylo předneseno asi 40 příspěvků včetně 2 příspěvků z ČR. Hlavní příspěvky byly předneseny první den. Prof. Celestino Tarcisio (vedoucí WG12) přednesl příspěvek o činnosti skupiny. Hlavní náplní WG12 je v současnosti testování a porovnání vlivu různých druhů vláken na výsledné chování vláknobetonu, testování probíhá od roku 2006 ve škole Hagerbach ve Švýcarsku. Dalšími řešenými tématy jsou certifikace operátorů trysky, sjednocování nástřiku betonu do zkušebních forem, zvyšování požární odolnosti SB, atd. Následující přednášku měl Knut Garshol (předchozí vedoucí WG12) a její náplní byla

Prvního Tunelářského odpoledne se zúčastnilo přes 70 zájemců (obr. 1). Setkání uvedl hlavní organizátor Ing. Otakar Hasík (Metroprojekt Praha a. s.) – viz obr. 2, po něm přítomné přivítal předseda ČTuK Ing. Ivan Hrdina. Průběh jednání následně moderoval prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Celkem bylo předneseno 7 prezentací, ve kterých byla uvedena řada zajímavých informací o přípravě a průběhu výstavby tunelu Březno.

Po prezentacích následovala velmi živá diskuse, vyvolaná zejména výběrem témat prezentací a obtížným průběhem výstavby tunelu Březno. Za velmi přínosnou lze považovat přítomnost zástupců investora stavby (obr. 3), včetně ředitele SŽDC Plzeň Ing. Václava Štátného, kteří se do diskuse aktivně zapojili a kladně hodnotili snahu tunelářské komunity o tomto projektu diskutovat a z projektu se poučit pro realizaci dalších tunelových projektů na železnici. Diskuse se protáhla skoro do 19.00 hod., kdy byl seminář ukončen.

Další Tunelářské odpoledne se bude konat v říjnu 2008, tématem budou tunelové objekty staveb silničního okruhu kolem Prahy 513 a 514. Pozvánka bude rozeslána a uvedena na webové stránce ČTuK; všichni zájemci jsou již dnes srdečně zváni.

Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D.; hilar@d2-consult.cz;
D2 Consult Prague s. r. o.

současná situace oboru (State of the Art Report). Prezentace přinesla informaci o vývoji a současné situaci SB v různých zemích. Dále byly diskutovány současné trendy ve využití SB pro trvalá ostění, možnosti vyztužení ostění ze SB, současné možnosti vybavení pro nástřik SB, vývoj technologie SB, současná legislativa, vliv trhačích prací na vlastnosti SB, atd. Daná zpráva bude zveřejněna na webu ITA-AITES.

V dalších přednáškách byla diskutována současná témata, jako jsou možnosti využití ocelových a polypropylenových vláken, problematika návrhu a posouzení vláknobetonových ostění, zvyšování požární odolnosti, vodonepropustnosti a životnosti SB, stříkané membrány, současné normy a směrnice pro SB, současný stav zavádění certifikací nástřikovačů, atd. Řada příspěvků byla soustředěna na využití stříkaného vláknobetonu pro trvalá ostění, což je běžný přístup v Norsku, který je nyní stále častěji uplatňován i v dalších zemích. V rámci konference se konala také návštěva Norského muzea rozpojování hornin, kde byl předveden vývoj technologie pro ražby podzemních staveb v Norsku. Exkurze zahrnovala také prezentaci o výstavbě nejdelšího silničního tunelu Laerdal. Více údajů o konferenci lze nalézt na webové stránce: www.sprayedconcrete.no.

Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D.; hilar@d2-consult.cz;
D2 Consult Prague s. r. o.

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

REVÍZIA STN 73 7507 PROJEKTOVANIE CESTNÝCH TUNELOV REVISION OF STN 73 7507 STANDARD: DESIGN OF ROAD TUNNELS

On the basis of an order placed by the Slovak Road Administration and from an initiative of the Ministry of Transport of the Slovak Republic, Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., Bratislava, developed a revision of STN 73 7507 standard: Designing of Road Tunnels, which was published in 2001. The basic motive for the revision was the bringing of the standard into harmony with the European directive 2004/54/ES on minimum safety requirements for tunnels, the requirement of the Ministry of Transport for the modification of geometric design of a road in a tunnel and the incorporation of conditions for construction of lay-bys in front of tunnels.

Based on the reassessment of the content of the original 2001 standard and the comparison of the standard with standards being in force in neighbouring states dealing with the designing of road tunnels, the author arrived at the opinion that the original extent of the revision had

been insufficient and the standard required complete reworking and the addition of parts which had not been contained in the original standard. The additions to the revision of the STN standard dealt mainly with the following parts:

- environmental protection,
- operation, maintenance and cleaning,
- safety (safety concept, threats and risks, safety documentation),
- analysis (requirements for structural properties of a tunnel),
- proportioning,
- waterproofing systems, accumulation emergency reservoirs,
- construction parts associated with a tunnel (portals, equipment centres and ventilation centres),
- tunnel equipment designing rules.

Such the extensive modification of the STN 75 7307 fully follows the newest know-how and PIARC/AIPCR, ITA/AITES, SIA (Switzerland), RVS (Austria), RABT (Germany) and other standards.

ÚVOD

Na projektovanie, priestorové usporiadanie a vybavenie novonavrhovaných tunelov na cestných a miestnych komunikáciách platila do konca roka 2007 norma STN 73 7507: 2001. Pretože pôvodná STN 73 7507 z decembra 1995 bola prekladom bývalej ON 73 7507 z januára 1989 a niektoré ustanovenia dávnejšie stratili aktuálnosť, prípadne pre návrh niektorých zariadení tunela chýbali, so súhlasom jednotlivých stavebníkov (vtedy najmä Slovenskej správy ciest, teraz Národnej diaľničnej spoločnosti, a. s.) sa pri projektovaní využívali aj rakúske a švajčiarske smernice a normy. Keďže nielen z pohľadu projektanta, ale aj stavebníka bola táto situácia neúnosná, Slovenská správa ciest sa rozhodla spracovať novú normu, pričom za základ sa zoberal preklad českej normy ČSN 73 7507 Projektování tunelu pozemních komunikací. Norma z roku 2001 neobsahovala základné požiadavky požiarnej bezpečnosti tunelov, ktoré sa riešili osobitným predpisom. Rovnako neobsahovala ustanovenia na výpočet konštrukcie tunelov, ich realizácie a technologického vybavenia. Neobsahovala ani ďalšie časti, týkajúce sa bezpečnosti tunelov.

Za posledných 5 rokov sa podstatne zmenili požiadavky na tunely z pohľadu ich bezpečnosti (poučenie z rozsiahlych požiarov v cestných tuneloch štátov EÚ a Švajčiarska). Na Slovensku sa za uplynulé obdobie neprijali ani žiadne predpisy riešiace napr. technologické vybavenie tunelov. Preto na základe objednávky Slovenskej správy ciest a podnetu z Ministerstva dopravy pôšt a telekomunikácií SR (MDPaT SR) spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., Bratislava, vypracovala revíziu normy STN 73 7507 Projektovanie tunelov na pozemných komunikáciách, vydané v roku 2001. Základným podnetom revízie bolo zosúladienie normy s európskou smernicou 2004/54/ES o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely, požiadavka MDPaT na úpravu priestorového usporiadania komunikácie v tuneli a zapracovanie podmienok na výstavbu odstavných plôch pred tunelmi. Na základe prehodnotenia obsahu pôvodnej normy z roku 2001 a jej porovnaní s aktuálnymi normami platnými v okolitých štátoch riešiacich projektovanie cestných tunelov spracovateľ dospel k názoru, že pôvodný rozsah revízie je nedostatočný a normu je treba kompletne prepracovať a doplniť o časti, ktoré v pôvodnej norme neboli. Doplnenie revízie STN sa týkalo najmä týchto častí:

- ochrana životného prostredia,
- prevádzka, údržba a čistenie,
- bezpečnosť (bezpečnostný koncept, ohrozenia a riziká, bezpečnostná dokumentácia),
- analýza (požiadavky na statiku tunela),
- dimenzovanie,
- hydroizolačné systémy, akumulácie havarijné nádrže,
- časti stavby súvisiace s tunelom (portály, technologické a vetracie centrály),

- zásady pre navrhovanie technologického vybavenia tunelov.

Takáto rozsiahla úprava STN 75 7307 je plne v zmysle najnovších poznatkov a noriem PIARC/AIPCR, ITA/AITES, SIA (Švajčiarsko), RVS (Rakúsko), RABT (Nemecko) a iné. V nasledujúcej časti sa zameriam iba na niektoré nové, resp. revidované kapitoly normy.

REVÍZIA STN 73 7507

Z priestorových dôvodov nie je možné sa venovať všetkým zmenám, a preto spomeniem iba niektoré.

Termíny a definície

V rámci revízie sa mení pôvodný názov normy Projektovanie tunelov na pozemných komunikáciách na Projektovanie cestných tunelov. Termíny a definície sú prevzaté z nových Technických podmienok (TP) 05/2006 Tunelové názvoslovie, ktoré vypracovala spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o. TP stanovujú pojmy týkajúce sa výstavby a prevádzky podzemných objektov na pozemných komunikáciách, definujú ich v zmysle aktuálneho stavu poznania v stredo európskom priestore, odborné uznávaného v celosvetovom meradle tak, aby sa dosiahla jednotnosť a správnosť pri ich užívaní. TP sú doplnené slovensko-anglicko-nemeckým slovníkom používaných pojmov.

Bezpečnosť

Doplňa sa kapitola 3 Bezpečnosť. Okrem popisu ohrození a rizík a opatrení na zamedzenie a zníženie rizika počas prevádzky a údržby tunela sa napríklad nanovo uvádza pojem bezpečnostný koncept.

Bezpečnostný koncept

Cieľom bezpečnostnej koncepcie tunela je navrhnuť stavebné, technické a organizačné opatrenia na zmenšenie rizika, zabránenie vzniku krízových situácií alebo nehôd s katastrofálnym rozsahom, zmenšenie ich potenciálu nebezpečenstva, ako aj obmedzenie ich negatívnych účinkov. Primárnym cieľom je ochrana obyvateľstva (osobná bezpečnosť) a životného prostredia. Ciele bezpečnostnej koncepcie sa majú dosiahnuť pomocou organizácie bezpečnosti správcu tunela, analýzou bezpečnosti tunela a vedením bezpečnostnej dokumentácie.

Bezpečnosť tunela sa musí riešiť v každej etape životnosti tunela, pričom navrhnuté opatrenia a riešenia bezpečnosti tunela musia spĺňať požiadavky podľa Nariadenia vlády SR č. 344/2006 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti.

Šírkové usporiadanie jazdného pásu

Upravuje sa šírkové usporiadanie cestnej alebo miestnej komunikácie v tuneli. To je určené šírkou b_0 medzi zvýšenými obrubníkmi a šírkami obojstranných zvýšených núdzových chodníkov p . Jednotlivé kategórie sú označené podľa šírky medzi zvýšenými obrubníkmi. Šírku medzi zvýšenými obrubníkmi b_0 tvorí súčet širok jazdných pruhov a , vodiacich pruhov v_1, v_2 , núdzových pruhov c_1 a prípadne šírky prídavných pruhov pre pomalé vozidlá alebo predchádzacích pruhov. Prehľad jednotlivých kategórií tunelov obsahuje tab. 1.

Prejazdny prierez

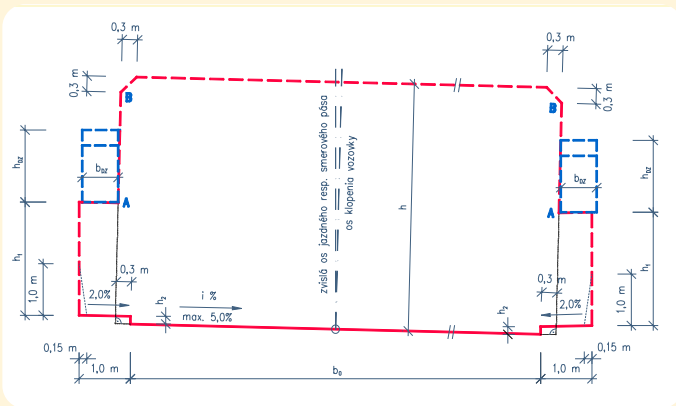
Prejazdny prierez tunela sa stanovuje v závislosti od kategórie tunela a dopravného významu cestnej alebo miestnej komunikácie. Upravená schéma prejazdneho prierezu tunela je na obr. 1.

Tab. 1 Prehľad šírkového usporiadania komunikácie v tuneli

Druh tunela	Kategória tunela ¹⁾	Návrhová rýchlosť [km.h ⁻¹]	Rozmery prvkov priečného rezu v [m]							Nadväzujúca návrhová kategória komunikácie ²⁾
			a	v_1	v_2	c_1	b_0	p	b_1	
Dvojpruhový jednosmerný tunel	2 T-7,50	80, 100	3,50	0,25	-	-	7,50	1,0	9,50	R 22,5; C 22,5; D 24,5; R 24,5 D 26,5; R 26,5
	2 T-8,00	100, 120	3,75	0,25	-	-	8,00	1,0	10,00	MR 24,5; MR 26,5; MZ 25+20; D 24,5; R 24,5; D 26,5; R 26,5
	2 T-10,75	120	3,75	0,25	0,50	2,50	10,75	1,0	12,75	D 28; D 26,5; MR 26,5
Dvojpruhový obojsmerný tunel	T-6,50	70	3,00	0,25	-	-	6,50	1,0	8,50	C 7,5
	T-8,00	80	3,50	0,25	-	0,25	8,00	1,0	10,00	C 9,5; MZ 14+9
	T-9,00	80	3,50	0,25	-	0,75	9,00	1,0	11,00	C 11,5

¹⁾ Kategória tunela je charakterizovaná šírkou medzi obrubníkmi.

²⁾ Nadväzujúce návrhové kategórie komunikácií sú uvedené podľa STN 73 6101 a STN 73 6110. Ich skratkové označenie podľa STN 73 6100 je nasledovné:
D - diaľnica, MR - miestna rýchlostná komunikácia,
R - rýchlostná cesta, MZ - miestna zberná komunikácia,
C - cesta.



Obr. 1 Schéma prejazdného prierezu tunela (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

Technologické vybavenie tunela

Podstatne sa doplnila a rozšírila kapitola stanovujúca požiadavky na technologické vybavenie tunela. Technologické vybavenie tunela zahŕňa nasledovné časti:

- dopravný systém (dopravné značenie a značky, zariadenie na meranie výšky vozidiel, svetelná signalizácia, otočné závery),
- osvetlenie tunela,
- vetranie tunela,
- komunikačné, meracie a detekčné zariadenia,
- požiarno-technické zariadenia a zariadenia na protipožiarny zásah,
- technologické centrály a centrálny riadiaci systém,
- zásobovanie elektrickou energiou,
- zariadenie na údržbu (napr. čistenie).

Dopravný systém

Zvislé dopravné značenie

V tuneli sa používajú nasledovné signalizačné značky a dopravné zariadenia:

- trvalé dopravné značky,
- svetelné signalizačné zariadenia,
- svetelné signály pre jazdu v pruhoch,
- premenné dopravné značky,
- ďalšie dopravné značky (informačné, orientačné a pod.).

Vodorovné dopravné značenie

V tuneli s obojsmernou premávkou musia byť jazdné pruhy oddelené dvojitou pozdĺžnou súvislou čiarou. V tuneli s jednosmernou premávkou musia byť jazdné pruhy oddelené jednou pozdĺžnou prerušovanou čiarou. Vymedzenie jazdného pruhu v tuneli (pri jednosmernej a obojsmernej premávke) musí byť vyhotovené po jeho oboch stranách. Na zvýraznenie vymedzenia jazdného pruhu sa použijú svetelné LED gombíky inštalované po oboch stranách tunela na núdzovom chodníku.

Označenie bezpečnostných zariadení

Označenie bezpečnostných zariadení zahŕňa (pozri TP 04/2006 Požiarna bezpečnosť cestných tunelov, ktoré pre MDPaT SR vypracovala spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.):

- označenie SOS výklenku dopravnou značkou,
- označenie zariadení núdzového volania (SOS kabín) bezpečnostnými značkami (značka „hasiaci prístroj“ a „tlačidlový hlásič EPS“),
- značenie núdzových východov a únikových ciest dopravnými značkami.

Osvetlenie tunela

Osvetlenie vozovky

Pri osvetlení vozovky rozlišujeme medzi nasledovnými druhmi osvetlenia:

- prejazdové osvetlenie,
- adaptačné osvetlenie (vjazdové a výjazdové pásmo),
- núdzové osvetlenie.

Núdzové osvetlenie je súčasťou prejazdového osvetlenia a slúži na osvetlenie jazdných pruhov pri výpadku elektrickej energie. Núdzové osvetlenie je napojené separátne na náhradný zdroj elektrickej energie (UPS, dieselgenerátor).

Požiarné núdzové osvetlenie

Požiarné núdzové osvetlenie slúži v prípade požiaru ako núdzové osvetlenie nechránených únikových ciest v tunelovej rúre. Požiarné núdzové osvetlenie musí byť napojené na náhradný zdroj elektrickej

energie. Svetidlá požiarného núdzového osvetlenia v tunelovej rúre sa musia umiestňovať na strane núdzových východov vo výške od 0,8 do 1,0 m nad povrchom núdzového chodníka a ich vzájomná vzdialenosť je najviac 25 m.

Vetranie tunela

Vetrací systém tunela patrí medzi základné systémy zabezpečujúce bezpečnosť užívateľov tunela, a to počas normálnej prevádzky, ako aj v prípade mimoriadnej udalosti. Vetrací systém tunela musí počas normálnej prevádzky zabezpečovať nasledovné:

- nepripustiť väčšiu koncentráciu škodlivín vo vzduchu tunela ako je najvyššia prípustná koncentrácia $CO_{lim} = 70$ ppm,
- zaistiť dobrú viditeľnosť potrebnú na prejazd vozidiel – prípustná opacita $K_{lim} = 0,005$ m⁻¹,
- riadiť rozptyl škodlivých látok vo vzduchu, a tým znížiť emisné zaťaženie okolia tunela.

V norme sú popísané vetracie systémy. Požiadavky na požiarné vetranie sú uvedené v TP 04/2006.

Riadiace centrum

Pre tunely sa navrhujú riadiace centrály slúžiace na:

- riadenie dopravy a premávky – slúži na riadenie a dohľad nad dopravou, ako aj na riadenie zásahu záchranných zložiek v prípade mimoriadnej udalosti v tuneli,
- riadenie prevádzky – slúži na dohľad nad technickými zariadeniami a na zabezpečenie ich prevádzkyschopnosti.

V technologickej centrále na portáli tunela sa môžu umiestniť zariadenia (bezobslužný terminál, ústredňa a pod.), ktorými je možné vykonávať všetky funkcie riadiaceho centra na riadenie dopravy a prevádzky v prípade potreby.

Monitorovacie systémy

V tuneli sa inštalujú nasledovné zariadenia na meranie a detekciu:

- meranie fyzikálnych veličín (koncentrácia CO a NO_x, opacita K, rýchlosť a sila prúdenia vzduchu, intenzita jasu, meranie otáčok a vibrácií ventilátorov),
- detekcia vozidiel,
- meteorologické zariadenia,
- videodohľad.

Detekcia vozidiel

Detekcia vozidiel je tvorená detektormi vozidiel a počítačovým vyhodnocovaním ako súčasťou integrovaného riadiaceho systému tunela. Hodnoty získané meraním a úpravou dopravných dát sú spracovávané v dopravnom modeli, ktorý je podstatnou časťou dopravného systému tunela. V tuneloch sa inštalujú mikrovlnné detektory, ktoré pracujú v rozsahu GHz, resp. videodetektory.

Meteorologické zariadenia

Podľa požiadaviek sa v tuneli inštalujú meteorologické zariadenia na kontrolu vplyvu počasia na premávku v tuneli. Inštalované zariadenia sledujú najmä námrazu na komunikácii, relatívnu vlhkosť a teplotu, resp. hmlu.

Videodohľad

Videodohľadom sa vybavujú všetky tunely, ktoré sú vybavené mechanickým vetracím systémom. Videodohľad v tuneli sa navrhuje tak, aby pokrýval prístupové a prejazdové komunikácie (vjazdy, výjazdy z tunela a tunelové rúry), SOS a hydrantové výklenky, núdzové zálivy, priečhodné a prejazdné priečne prepojenia a vstupy do nich.

Komunikačné zariadenia

V tuneli sa inštalujú nasledovné komunikačné zariadenia:

- tunelový rozhlas,
- rádiové spojenie,
- dopravné rádio,
- zariadenie núdzového volania (SOS kabína).

SOS kabíny sa musia umiestniť v blízkosti portálov a vo vnútri tunela do SOS výklenkov v odstupoch najviac 150 m. SOS výklenok sa môže vyhotovovať v kombinácii s hydrantom. V každom núdzovom zálive alebo najviac do vzdialenosti 10 m od núdzového zálivu sa musí umiestniť jedna SOS kabína. Ďalšie požiadavky na komunikačné zariadenia sú uvedené v TP 04/2006.

Zásobovanie elektrickou energiou

Tunel sa musí napájať elektrickou energiou z dvoch nezávislých zdrojov. Za nezávislý zdroj elektrickej energie sa považuje uzol prenosovej siete 400 kV, 220 kV alebo 110 kV a záložný zdroj napájania.

Tunel môže byť napájaný nasledujúcimi spôsobmi:

- normálne napájanie elektrickou energiou: zdroj z prenosovej siete,
- náhradné napájanie elektrickou energiou:
 - druhý nezávislý zdroj z prenosovej siete,

- nezávislý záložný zdroj napájania (dieselagregát, atď.),
- zdroj neprerušovanej dodávky elektrickej energie (UPS, RUPS).

Kapacita záložného zdroja pri náhradnom napájaní musí v prípade potreby zabezpečiť zásobovanie zariadení, ktoré zabezpečujú bezpečnosť prevádzky a požiaru bezpečnosť podľa TP 04/2006.

ZÁVER

Kompletnou revíziou STN 73 7507, vrátane zmeny jej názvu na Projektovanie cestných tunelov sa dostáva projektantovi do rúk

nástroj, pomocou ktorého dokáže navrhnuť rozhodujúce časti tunelových stavieb. Celkovo sa norma upravila tak, aby bola v súlade s obdobnými zahraničnými predpismi pre projektovanie tunelov (Švajčiarsko, Nemecko, Rakúsko) a odporúčaniami svetovej cestnej asociácie PIARC/AIPCR z hľadiska zaistenia hospodárneho priestorového usporiadania tunelov s primeranými investičnými nákladmi a s optimálnou úrovňou bezpečnosti cestnej premávky v tuneli.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

TRI DESAŤROČIA OD VÝSTAVBY PREČERPÁVACEJ VODNEJ ELEKTRÁRNE ČIERNY VÁH THE ČERNÝ VÁH PUMPED STORAGE POWER PROJECT COMPLETED THREE DECADES AGO

The Čierny Váh pumped storage scheme represents a unique construction project, the first of its kind in former Czechoslovakia. The beginning of this project dates back to 1974, the inauguration took place in 1982. The scheme is located on the northern edge of the Low Tatras National Park, near the confluence of the Čierny Váh and Biely Váh Rivers, at a distance of about 12km east of the town of Liptovský Hrádok. The original intention to use the hydropower potential of the Čierny Váh River from the 1950s assumed that a 150 million m³ dam reservoir would be built and water would be diverted through a tunnel to the Biely Váh valley. This solution, using the difference in elevation of 100m, would have yielded an output of 50MW. In the 1960s, this intention was reassessed. The decision was made that it would be more profitable if a pumped storage scheme allowing generation of 400MW is developed.

During the work on the feasibility study, the solution was shifted up to a proposal for an increase in the output to 660MW. This version was approved by governmental expert's examination and the project was implemented accordingly. With respect to geological conditions, the original idea of placing the powerhouse in an underground cavern was abandoned and the powerhouse was built in the dam of the downstream reservoir. Penstocks and a communications tunnel remained underground. The Čierny Váh pumped storage scheme consists of the following four main structures: a downstream reservoir, powerhouse with pumps, penstocks and upstream reservoir. The downstream reservoir is in the Čierny Váh River valley, the upstream reservoir is nearby, on the top of Neznáma Hill, at the altitude of 1150m a.s.l.

ÚVOD

Prečerpávací vodná elektrárň (PVE) Čierny Váh predstavuje unikátnu stavbu, prvú svojho druhu v bývalom Československu. Začiatok tejto stavby sa datuje do roku 1974 s uvedením do prevádzky v roku 1982. Dodnes jej zostáva prívlastok najväčšia vodná elektrárň. Je situovaná na severnom okraji Národného parku Nízke Tatry, blízko sútoku Čierneho a Bieleho Váhu, vo vzdialenosti približne 12 km na východ od Liptovského Hrádku. Pôvodný zámer využitia hydroenergetického potenciálu Čierneho Váhu z obdobia päťdesiatych rokov predpokladal vybudovať údolnú nádrž s objemom 150 mil. m³ a vodu

previesť tunelom do údolia Bieleho Váhu. Týmto riešením pri využití výškového rozdielu 100 m by sa získal výkon 50 MW. V šesťdesiatych rokoch sa tento zámer prehodnotil s takým výsledkom, že bude výhodnejšie vybudovať prečerpávaciu elektrárň s možnosťou získania 400 MW. Pri spracovaní projektovej úlohy sa riešenie posunulo k návrhu zvýšenia výkonu až na 660 MW. Túto verziu štátna expertíza odsúhlasila a podľa nej sa aj stavba realizovala. So zreteľom na geologické pomery sa upustilo od pôvodnej myšlienky umiestnenia samotnej elektrárne v podzemnej kaverne, a tak sa elektrárň umiestnila do hrádze v dolnej nádrži. V podzemí zostali umiestnené tunelové privádzače vody a komunikačný tunel. Komplex stavby PVE Čierny Váh tvoria štyri hlavné objekty: dolná nádrž, elektrárň s čerpadlovou prevádzkou, tlakové privádzače a horná nádrž. Dolná nádrž je v údolí rieky Čierny Váh, horná nádrž je na vrchole príslušného kopca Neznáma v nadmorskej výške 1150 m.

GEOLOGICKÉ PODMIENKY

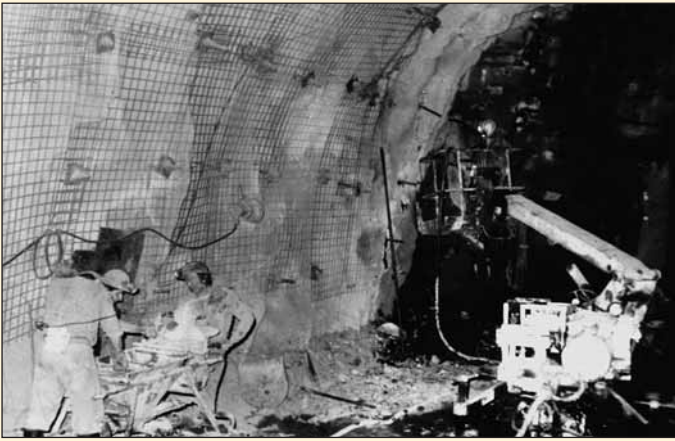
Dotknuté územie stavbou tvorí masív Chočského príkrovu, ktorý je jednou zo základných stavebných jednotiek Centrálnych Karpát. V mieste stavby podzemnej časti elektrárne prebiehajú dve výrazne tektonické línie, rozdeľujúce Chočský príkrov na dve časti s výrazne odlišnými vlastnosťami, a to na Čiernovážsky komplex, v ktorom sú situované všetky podzemné objekty, a Bielovážsky komplex, ktorý sa stavby dotýka iba okrajovo. Čiernovážsky komplex vo vertikálnom členení tvorí vo vrchnej časti krinoidný vápenec liasu, ktorý leží na niekoľko sto metrov v mohutnom masíve dolomitu – v hornej časti vrchnotriasového, v spodnej časti strednotriasového. Spodný trias je stavbou nedotknutý, a nebol preto ani predmetom prieskumu. Tektonické poruchy na zlomových líniách s mocnosťou niekoľko desiatok metrov sú vyplnené ílovitým a brekciovitým materiálom. Geologické a hydrogeologické podmienky sa pred začatím stavby zisťovali prieskumnými štôľňami, jadrovými i vrtní a geofyzikálnymi metódami. Prieskumné geologické práce pre podzemné privádzače začali v roku 1971 razením prieskumnej štôľne Eva v hornej časti kopca a razením štôľne Katarína na horizonte dolných úsekov privádzačov. Celková dĺžka prieskumných diel bola zhruba 1500 m. Časť štôľne Katarína bola využívaná počas stavby ako sklad trhavín.



Obr. 1 Pohľad na elektrárň s dolnou nádržou
Fig. 1 A view of the power plant with the downstream reservoir



Obr. 2 Pohľad na stavebnú jamu hornej nádrže
Fig. 2 A view of the construction pit for the upstream reservoir



Obr. 3 Osádzanie kotiev primárneho ostenia v horizontálnom úseku privádzača
Fig. 3 Installation of anchors providing the primary support within the horizontal section of the penstock

ZÁKLADNÉ ÚDAJE STAVBY

Horná nádrž má užitočný objem 3,85 miliona m³ vody, rozdiel prevádzkových hladín je 25 m. Výškový rozdiel medzi dolnou a hornou nádržou je 440 m. Pri plnom tlakovom spáde preteká v každom z privádzačov 60 m³ vody/s. Ocelové potrubie v privádzačoch je priemeru DN 3800 mm, hrúbka plechu je premenná podľa zaťaženia, zhora nadol od 12 mm do 44 mm. Prepojenie hornej a dolnej nádrže potrubím vedeným na povrchu bolo vylúčené z hľadiska ochrany prírody.

Podzemnú časť stavby predstavujú tri paralelné tunelové privádzače vody a komunikačný tunel v celkovej dĺžke približne 5 km. Privádzače od portálov pri dolnej hrádzi na vzdialenosť 500 m mierne stúpajú, potom sa prudko lomí do stúpania 45° v osovej dĺžke 600 m a do vtokovej časti hornej nádrže sú vyvedené 131 m dlhými úsekmi privádzačov so stúpaním 10 %.

Sústavu podzemných diel Prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh tvoria :

- tri tunelové tlakové privádzače vody
- dopravný tunel a šikmý výtah
- revízná štôlna a injektážna štôlna
- tunelový kryt civilnej ochrany

PODZEMNÉ TLAKOVÉ PRIVÁDZAČE

Tunelové privádzače majú plochu výrubu 22 m². Tunely boli razené na plný profil (predrážky tvorili len začiatky v dĺžke 85 m), na čelbe sa vrtalo 60 až 70 vrtov Ø 38 mm dĺžky 2,8 až 3 m vrtacím vozom typu Tamrock s tromi vrtnými lafetami. Odtážba rúbany sa vykonávala kolesovými nakladačmi Schopf s obsahom lopaty 3 m³. Zabezpečenie výrubu primárnym ostením bolo v pevných nezvetralých dolomitoch vykonávané lepenými svorníkmi, ocelovou sieťovinou a striekaným betónom v hrúbke 50–70 mm. Na osadzovanie lepených svorníkov dĺžky 2–2,5 m bola použitá výkonná súprava Secoma s poloautomatickým režimom ovládania. V nestabilných úsekoch v miestach geologických porúch bolo ostenie zabezpečené oblúkovou výstužou TH, pažením Bernoldovými plechmi so zakládkou z betónu a striekaným betónom v hrúbke 160 mm. Razičské výkony, napriek mnohým problémom a ťažkostiam, sa pohybovali v priemere na úrovni 50 až 60 m, v pevných horninách špičkovo až 150 m.

DOPRAVNÝ TUNEL

Rozšírením prieskumnej štôlny Katarína bol vybudovaný dopravný tunel až pod dolnú stanicu výtahu v dĺžke 515 m. Bol budovaný rozšírením prieskumnej štôlny do jednoplášťového definitívneho ostenia z betónových panelov a s betónovou vozovkou. V tuneli je vedený aj kolektor na uloženie energetických a signalizačných kábelových vedení k hornej nádrži a k vtokovému objektu. Tunel odvádza aj zachytené pramene podzemných vôd.

RAZENÝ TUNEL – KRYT CIVILNEJ OCHRANY

Vzhľadom na jeho účel a prísne požiadavky orgánov civilnej ochrany bol tunel budovaný v dvojplášťovom ostení s medzifľaňou izoláciou a vetracími objektami. Počas výstavby privádzačov bol tunel



Obr. 4 Príprava rúr na stavenisku pred montážou v privádzači
Fig. 4 Preparation of tubes on site, before the installation in the penstock

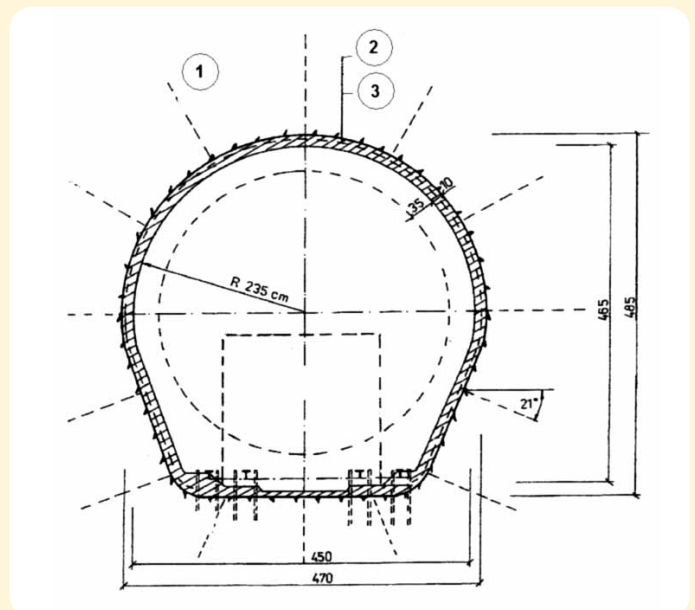
využívaný ako podzemná kompresorovňa. Na tomto objekte bola prvýkrát uplatnená medzifľaňá hydroizolácia z fólie PVC Ropoplast hr. 2 mm. Kryt je vybavený špeciálnym technologickým zariadením.

RAZENIE ŠIKMÝCH ÚSEKOV PRIVÁDZAČOV A ŠIKMÉHO VÝTAHU

S razením podzemných diel so sklonom 45° v dĺžke 600 m neboli nijaké skúsenosti, a preto pri voľbe technológie boli navrhované rôzne metódy razenia, vrátane nasadenia plnoprofilového raziaceho stroja a veľkopriemerovej vrtacej súpravy (systémom Raise drilling). V prípade privádzačov boli určité obavy vzhľadom na nepriaznivé geologické pomery, a preto bolo rozhodnuté raziť šikmé privádzače s predrážkou, razenou zdola nahor (dovrchne) pomocou raziacej plošiny Alimak STH-5 zavesenu na ozubnicovej kolajnici v strope. Výhodou tohto spôsobu razenia bola gravitačná samospádová doprava rúbany. Výhoda predrážky bola aj v tom, že umožňovala prirodzené vetranie pri rozširovaní šikminy zhora nadol do plného profilu.

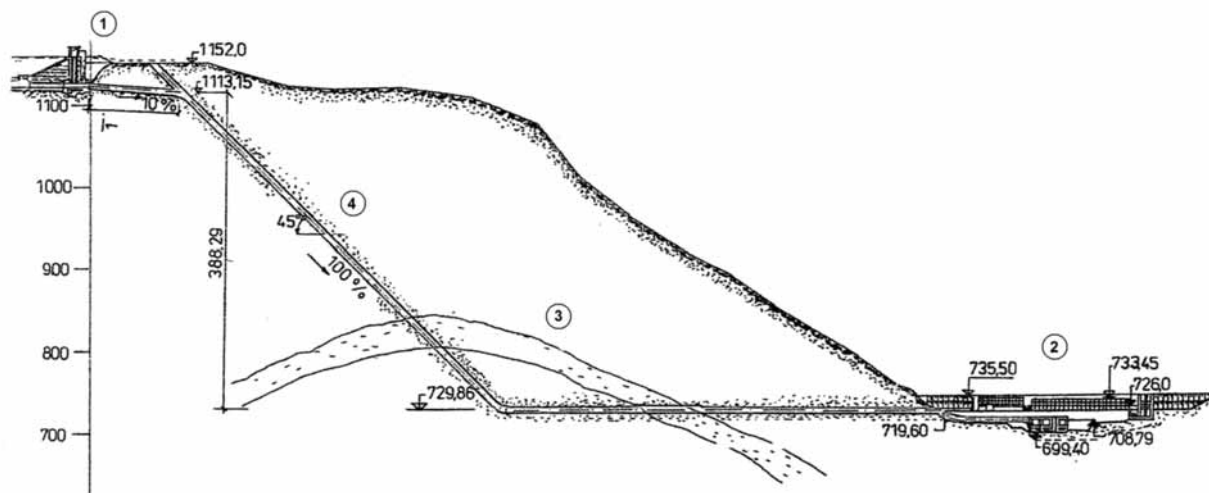
Technické údaje pre razenie predrážky:

• Profil výlomu predrážky 2,1 x 2,1 m	4,4 m ²
• Dĺžka záberu	1,4 m
• Počet vrtov na jeden záber	18 až 20
• Priemerný mesačný postup	70 m
• Maximálny mesačný postup	168 m
• Vystužovanie – kotvy a ocelová sieť, v nestabilných úsekoch aj ocelové rámy	



Obr. 5 Primárne ostenie šikmého privádzača, 1 – lepený svorník, 2 – striekaný betón, 3 – zvaraná sieť

Fig. 5 Primary lining of the inclined penstock, 1 – resin bonded rockbolt, 2 – shotcrete, 3 – welded mesh



Obr. 6 Pozdĺžny profil podzemného privádzača, 1 – vtokový objekt hornej nádrže, 2 – hrádza dolnej nádrže, 3 – poruchová zóna (ílovec, slieňovce)
Fig. 6. Longitudinal profile of the penstock, 1 – intake structure in the upstream reservoir, 2 – downstream reservoir dam, 3 – weakness zone (claystone, marlstone)

Počas dovrchného razenia sa stala iba jedna havária, keď sa z čelby uvoľnili balvany, ktoré zranili členov posádky, zdeformovali plošinu, ktorá sa zasekla v profile a stala sa nepojazdnou. Na vyslobodenie posádky vo výške 230 m sa použila servisná kabína Alimak.

Do plného profilu privádzača bola predrážka rozširovaná zhora nadol s nasadenou raziacou plošinou RP-1. Raziacia plošina bola navrhnutá a vyrobená strojárskym závodom Banské stavby Prievidza za účelom rozšírenia šikmých predrážok. Celá konštrukcia na koľajovom podvozku bola zavesená na lanách, pohybovala sa po koľajniciach rozchodu 2600 mm, bola vybavená vrtnými lafetami, súpravou na osadenie kotiev, zariadením na striekaný betón a drapákovým nakladačom. Rúbanina padala samospádom do dolného úseku k nakládku a odtážbe. Obavy z nedostatočného sklonu pre samospád rúbaniny sa čiastočne potvrdili, predrážka sa pri rozširovaní niekoľkokrát upchala rúbaninou. V jednom prípade sa na uvoľnenie upchávky pokusne použila aj vojenská technika na jej prerazenie raketami typu zem-zem, avšak neúspešne. Upchávku sa nakoniec podarilo odstrániť za pomoci gravitačného zaťaženia vodou zatopením privádzača.

Technické údaje pre razenie privádzača:

• Profil privádzača (podkovovitý tvar)	22 m ²
• Dĺžka šikmého privádzača (sklon 45°)	598 m
• Počet vrtov	50 až 60
• Dĺžka záberu	2,6 m
• Priemerný mesačný postup	95 až 105 m
• Maximálny mesačný postup	123 m
• Výstužovanie plného profilu – kotvy, oceľová sieť a striekaný betón	
Výstavba podzemných privádzačov predstavovala nasledovné objemy prác:	
• Výlomy v hornine	110 000 m ³
• Betóny	90 000 m ³
• Pancierovne privádzačov	11 000 t
• Kontaktná injektáž (živica Epoxy)	40 000 l
Celková dĺžka hlavných podzemných diel:	
• Privádzače 3 x 1 224 m	3 672 m
• Šikmý výtah	595 m
• Dopravný tunel	515 m
• Horné horizontálne úseky	3 x 131 m = 393 m
Šikmý výtah bol inštalovaný v šikmom tuneli, ktorý slúži na dopravu osôb na hornú nádrž.	

Definitívne ostenie tunela je z betónu v hrúbke 250 mm, betonáž postupovala zdola nahor s použitím posuvného oceľového debnenia zaveseného na lanách. Výtah začína dolnou stanicou v dopravnom tuneli, končí hornou stanicou na hornej nádrži. Dĺžka výtahu je 595 m, výškový rozdiel je 445 m. Tunel šikmého výtahu je vybavený ozubnicovou koľajou, dopravnou s kabínou pre 10 osôb, núdzovým schodiskom a kábelovým vedením.

REVÍZNA ŠTÓĽŇA

Slúži na účely kontroly potrubia v horizontálnych dolných privádzačov v dilatčných úsekoch s voľne uloženým potrubím (bez

obetónovania). Revízna štôľňa je prístupná z dopravného tunela a jej dĺžka je 95 m. Sekundárne ostenie štôľne je z monolitického betónu hrúbky 220 mm. Vstup do potrubia je umožnený cez špeciálne otvory na kontrolu vnútorného stavu náterov potrubia.

Revízia potrubia v šikmých úsekoch sa vykonáva špeciálnym kolešovým vozíkom zaveseným na lanách z hornej nádrže.

DOPRAVA A MONTÁŽ OCEĽOVÉHO POTRUBIA

Dodávka potrubia do privádzačov bola komplikovaná tým, že vyrobené plechy vo Vitkoviciach sa vozili do NDR na ohýbanie a skružovanie. Odtiaľ sa rúry vozili ako nadrozmerný náklad nákladnými trailerami na skládku na stavenisko. Tu sa rúry metalizovali a následne sa dopravovali na koľajových vozíkoch do horizontálnych privádzačov, kde sa zvärali do celku.

Podstatne náročnejšia bola doprava rúr do šikmých privádzačov, kde boli rúry spúšťané na vozíkoch s hmotnosťou do 50 t zavesených na lane po štvorkoľajnicovej koľaji. V priebehu stavby došlo aj k jednej havárii so smrteľným úrazom a zraneniam osádky. Príčinou bol nedostatočný úväzok nosného lana, v dôsledku čoho sa lano vyšmyklo a dopravný vozík s rúrami sa zrútil do privádzača.

BETONÁŽ POTRUBIA V PRIVÁDZAČOCH A VÝPLŇOVÁ INJEKTÁŽ

Na dopravu betónu do horizontálnych úsekov sa používali autodomiešavače a piestové čerpadlo, ktorým sa betón začerpával za potrubie. Voľné priestory medzi horninou a betónom sa riešili výplňovou injektážou. Potrubie počas betonáže bolo vystužené kvôli deformácii posuvnou výstužnou konštrukciou. V šikmých privádzačoch sa čerstvá betónova zmes dopravovala gravitačne v otvorenom žlabe. Po počiatočných ťažkostiach s veľkou rýchlosťou dopravovaného betónu sa podarilo problém vyriešiť vloženie hrubej oceľovej reťaze ako brzdiaceho elementu. Tým sa dosiahol pokojný a kontrolovaný tok betónu. Dutiny za potrubím po betonáži boli zisťované špeciálnou metódou a boli zaplnené cez vyvrtané otvory v pancieri injektážou epoxydom.

ZÁVER

Výstavba Prečerpávacej elektrárne Čierny Váh prebiehala ako experimentálna stavba s vysokými nárokmi na kvalitu zabezpečujúcej požadovaný výkon a spoľahlivosť. Samotná výstavba podzemných diel bola technicky a technologicky veľmi náročná na technickú zdatnosť a pracovnú zručnosť všetkých pracovníkov, ktorí sa na jej prípravu a realizácii podieľali. Kvalitu stavby dokazuje súčasná, takmer tridsaťročná prevádzka prečerpávacej elektrárne bez akýchkoľvek závad alebo porúch na podzemných privádzačoch, pri ročnej priemernej výrobe elektrickej energie 370,8 GWh.

ING. ALOJZ VODANSKÝ, bp.cestari@zutom.sk,
BANSKÉ PROJEKTY, s. r. o

TRÉNING SLOVENSKÝCH HASIČOV VO VSH HAGERBACH TRAINING OF SLOVAK FIRE FIGHTERS AT VSH HAGERBACH

On 15th May 2007, selected Slovak fire fighters from the Fire Rescue Stations which could be potentially used for an intervention in a tunnel took part in an integrated training session in research galleries Hagerbach, Switzerland. The training was the first of its kind for Slovak fire fighters; it became necessary owing to the growing number of newly opened and planned road tunnels in Slovakia.

The participants in the training acquainted themselves with extraordinary events, hazards and risks encountered during a fire intervention in a tunnel by means of individual training scenarios. Realistic situations were simulated in a 200m long, purpose-equipped and purpose-built tunnel, which is part of the system of VSH Hagerbach research galleries.

ÚVOD

Dňa 15. mája 2007 sa vybraní slovenský hasiči zo staníc HaZZ, ktoré by mohli byť potenciálne nasadené na zásah v tuneli, zúčastnili vo výskumných štôlniach Hagerbach vo Švajčiarsku na integrovanom tréningovom cvičení. Tréning bol pre slovenských účastníkov prvým svojho druhu a jeho potreba bola vyvolaná narastajúcim počtom novotvorených a plánovaných cestných tunelov na Slovensku.

Praktický výcvik hasičov nasadzovaných v podzemí si na určitom stupni už vyžaduje skúsenosti so skutočným požiarom, lebo jedine tak je možné, aby zasahujúce jednotky boli bezpečne vystavené špeciálnym podmienkam vyplývajúcim z podzemného prostredia a vlastnostiam horenia, ktoré sú s daným prostredím spojené. Aj keď väčšina mimoriadnych udalostí, ktoré si vyžadujú nasadenie záchranárskych zložiek, sa v tuneli našťastie nespája s požiarom, je výcvik zahŕňajúci takúto alternatívu bezpochyby potrebný, a to minimálne v takej miere ako základný hasičský výcvik.



Obr. 1 Vstup do VSH Hagerbach a mapa podzemných priestorov (VSH Hagerbach)

Účastníci cvičenia sa oboznámili s mimoriadnymi udalosťami, nebezpečenstvami a rizikami zásahu v tuneli pomocou jednotlivých výcvikových scenárov. Realistické situácie boli simulované v 200 m dlhom, špeciálne vybavenom a vybudovanom tuneli, ktorý je súčasťou výskumných štôlní – VSH Hagerbach.

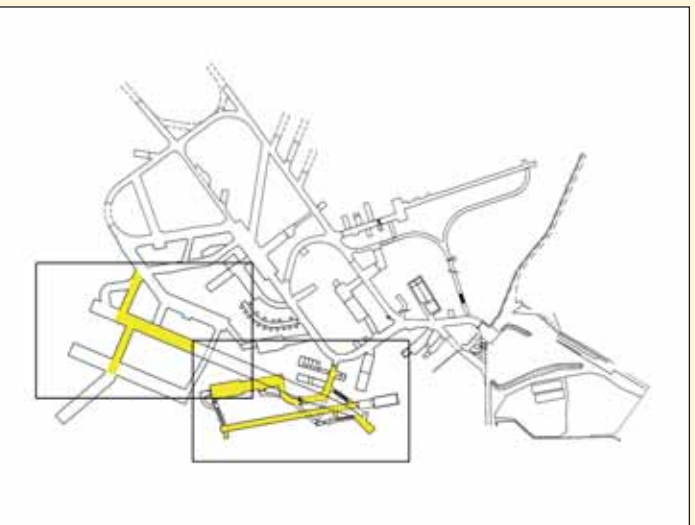
ICST – MEDZINÁRODNÉ CENTRUM PRE BEZPEČNOSŤ V TUNELOCH

Všetky aktivity vo výskumných štôlniach – SH Hagerbach, ktoré prispievajú k rozvoju bezpečnosti v tuneloch, sú prezentované pod hlavičkou s názvom ICST (obr. 1). Toto zariadenie, v ktorom si naši hasiči mali možnosť precvičiť svoje schopnosti, je vybudované výlučne na tieto účely a ku dnešnému dňu predstavuje priestory s dĺžkou okolo 400 m. Priestory vyrazené do skalnej horniny, ktoré takto vznikli, umožňujú cvičenia a experimenty s použitím ohňa bez narušenia ich stability.

Cvičenie prebiehalo najmä v centre tohto zariadenia, kde sa nachádza 200 m dlhý požiarový tunel s rozmermi kopírujúcimi dvojpruhový cestný tunel a k nemu paralelnom tuneli. Tieto dva tunely sú spojené priečnymi prepojeniami. Ďalšie priestory tohto centra sú vybudované tak, aby sa umožnil výcvik zásahu aj v náročnejších stiesnených priestoroch, akými sú napr. ťažko prístupné zásahové cesty do staníc metra a vertikálne únikové šachty.

TRÉNINGOVÝ PROGRAM SLOVENSKÝCH HASIČOV

Samotný tréningový program sa skladal zo štyroch výcvikových modulov, pričom hasiči boli rozdelení do dvoch skupín po 12 osôb a jednotlivých modulov sa zúčastňovali buď jednotlivo, alebo spoločne (obr. 2 a 3).



Obr. 2 Slovenskí hasiči (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)



Obr. 3 Švajčiarski inštruktori (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)



Obr. 4 BIG FIRE (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

Prvý modul sa prioritne zamerl na vyhľadávanie a záchranu osôb pri dlhej zásahovej ceste v zadymenom a neznámom prostredí. Najväčšie prekážky v tomto prípade predstavovali problémy s orientáciou a komunikáciou. V takomto prípade sa osvedčilo využitie termokamery, ktorá významne uľahčuje videnie v zadymenom prostredí a prenášaním signálu napomáha veliteľovi rýchlejšie odpovedať na vyvíjajúcu sa situáciu. Pri termokamerách však treba poznamenať, že existujú určité obmedzenia pri ich využití v podzemí, kde v dôsledku špecifického charakteru podzemných priestorov alebo z dôvodu rovnakých teplôt prostredia a objektov nie sú schopné vidieť alebo správne rozoznávať hľadané objekty. Vyhľadávanie osôb a prieskum miesta nehody počas tohto cvičenia prebiehalo súbežne. Jednou z dôležitých úloh pri tom bolo udržiavanie rádiového spojenia s veliteľom zásahu, čo však pri skutočnom požiari môže byť veľký problém – v prípade poškodenia komunikačných systémov v dôsledku požiaru.

Druhý modul predstavoval úvod do problematiky zásahu pri požiari osobného vozidla v tuneli. Hasiči si navčičili hlavne taktiku vedenia zásahu, ako aj spôsob hasenia v tunelovom prostredí. Úlohou skupiny bolo zistenie rozsahu miesta nehody spolu s identifikáciou nebezpečných látok nachádzajúcich sa na mieste nehody a následné uhasenie menšieho požiaru (jedno osobné vozidlo).

Náplňou tretieho výcvikového modulu bol zásah pri požiari viacerých osobných vozidiel, pričom podmienky na zásah boli skomplikované dlhou zásahovou cestou, intenzívnym zadymením priestoru

a špecifickým charakterom miesta požiaru, čo malo za následok sťaženú rádiovú komunikáciu. Túto časť výcviku absolvovali obe skupiny naraz a predstavovala prípravu na finálny zásah pod krycím názvom BIG FIRE. Takéto cvičenie v zadymenom podzemnom priestore výdatne napomáha oboznámiť sa s ťažkosťami, ktoré čakajú na hasičov pri zásahu v tuneli, a učí ich správnym reakciám na danú situáciu. Zložité a pôdorysne komplikované podzemné priestory, ako napr. vetracie šachty a únikové štôlne, priečne prepojenia a rôzne zálievy predstavujú veľké problémy pri rádiovom spojení. To je možné v tuneli udržať najviac pri dvoch odbočkách, a preto musí byť udržiavané dodatočnými prostriedkami, ako napr. zosilňovacími podstanicami. Ďalším faktorom vplývajúcim na podmienky zásahu je dĺžka zásahovej cesty, ktorá sa pri rozmiestnení núdzových východov podľa súčasných noriem pohybuje od 300 do 500 m. Tento faktor má vplyv najmä na čas, ktorý môžu hasiči zasahovať – ak berieme do úvahy kapacitu kyslíkových fliaš. Zúčastnení hasiči si boli po ukončení cvičenia dobre vedomí tohto problému, čo bolo aj jedným z cieľov cvičenia.

Finále výcviku pod názvom BIG FIRE v sebe kombinovalo prvky predošlých modulov a predstavovalo výzvu pre hasičov po fyzickej, ako aj psychickej stránke. Nasimulovaná mimoriadna udalosť v sebe zahŕňala všetky prvky, ktoré k požiaru v tuneli patria, a overila schopnosti hasičov. Finálne cvičenie môžeme charakterizovať nasledovnými parametrami:

- dlhá a komplikovaná zásahová cesta (cez 250 m),
- požiar a havária viacerých osobných (8 ks) a nákladných vozidiel (2 ks),
- záchrana viacerých uviaznutých osôb v motorových vozidlách,
- komplikovaná komunikácia v dôsledku podzemných priestorov,
- intenzívne zadymenie a vysoké teploty.

Priebeh zásahu bol celkom prenechaný veliteľovi a mal za úlohu preveriť nadobudnuté vedomosti z predošlých cvičení. Celý zásah trval približne 45 minút a počas tohto času museli hasiči simultánne zachraňovať osoby uviaznuté vo vozidlách, hasiť, ochladzovať konštrukciu tunela a v prípade potreby zabráňovať úniku nebezpečných látok (obr. 4).

ZÁVER

Aj napriek tomu, že to bolo iba cvičenie, mali slovenskí hasiči možnosť dostať sa na hranicu svojich fyzických a psychických schopností a do hĺbky si overiť svoje kvality. Možnosť takto si overiť svoje schopnosti v rámci reálneho cvičenia je zárukou, že sa v budúcnosti neprecenia pri skutočnom zásahu a nevystavia tak nebezpečenstvu seba, svojich kolegov, resp. zachraňované osoby.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

EXKURZE ČESKÉ BETONÁŘSKÉ SPOLEČNOSTI DO DUBAJE A ABÚ DHABI CZECH CONCRETE SOCIETY'S TECHNICAL TOUR OF DUBAI AND ABU DHABI

The Czech Concrete Society arranged a tour around significant construction projects in Dubai and Abu Dhabi, the United Arab Emirates. One of the visited projects was the construction site of the Dubai metro, which will be the longest, fully automatically controlled means of mass railway transit in the world. The metro carriages will have 1st class and 2nd class compartments and separate parts for women with children; of course, the trains as well as all stations will be air-conditioned.

The metro construction commenced in 2005 and the commissioning is scheduled to begin in September 2009 (the Red Line), while the Green Line should be brought into service in 2010. In the long range, the Dubai metro is planned to have 5 lines, with the total length of 160km.

The current project consists of two lines: the Red Line and Green Line, which will be 52km and 18km long, respectively. Both lines will be elevated, running on viaducts, but they will also contain underground sections. The 52km length of the Red Line comprises 44km of viaducts, 3km of cut and cover tunnels and 5km of mined tunnels. There will be 4 subsurface stations, 24 at grade stations and two depots on this line. The Green Line consists of 8km of tunnels,

10km of viaducts, 6 subsurface stations, 10 at grade stations and also two depots.

The Green Line will, above all, service the centre of Dubai and will connect the centre with the new airport. The Red Line runs from the existing airport to the centre of Dubai and continues further along the coast, toward Abu Dhabi.

The participants in the tour acquainted themselves with a number of other significant construction projects, including the currently world's highest building, Burj Dubai, the height of which will exceed 800m, and a new road bridge, the Sheikh Zayed Bridge in Abu Dhabi.

Spojené arabské emiráty (SAE) jsou bezesporu jednou z nejobhatších a nejrychleji se rozvíjejících zemí světa. Během posledních tří generací především emiráty **Dubaj** a **Abú Dhabi** (Abú Zabí) prožily sociologický i ekonomický šok. Jejich stejnojmenná hlavní města jsou dnes supermoderní metropole vybavené všemi prvky, které jsou typické pro velkoměsta v nejrozvinutějších zemích světa. Ještě v polovině minulého století to však byly vesnice s domy z hlíny a z palmových listů na pobřeží Perského zálivu. Výjimku tvořily kamenné pevnosti a paláce šejků a jejich rodin.

Spojené arabské emiráty jsou federací sedmi emirátů, z nichž každý je absolutistickou dědičnou monarchií. Vladařem emirátu je šejk, což přeloženo znamená vůdce, který současně stojí v čele nejmočnějšího rodu – v Abú Dhabi jsou to Nahyanové a v Dubaji Maktumové. Slovo „dědičná“ monarchie neznámá, že korunním princem je automaticky nejstarší syn. Vládnoucí rodina na tuto pozici vybírá nikoli podle data narození, ale podle schopností.

SAE jsou plochou o něco větší než Česká republika a poušť v nich zabírá 4/5 území. Na 600 km dlouhém pobřeží Perského zálivu jsou písčité pláže, solné planiny a mangrovové porosty. Písčité moře vnitrozemí, kde se vyskytují duny až 100 m vysoké, přechází směrem k Saúdské Arábii v jedno z nejnehostinnějších míst světa, o čemž svědčí i název, který mu dali Britové – Empty Quarter. Emirát Fujairah (Fudžajra) je jediný, který leží pouze u pobřeží Ománského zálivu, který je součástí Indického oceánu.

Největší a také nejbohatší emirát je Abú Dhabi, který zabírá 87 % plochy SAE. Druhým nejvýznamnějším a nejrychleji ekonomicky se rozvíjejícím emirátem je Dubaj. Tyto dva emiráty jsou tahouny všestranného rozvoje SAE, který znamená, že dnes jen 10 % národního důchodu pochází z ropy, zbytek plyne z obchodu, turistiky a průmyslu, který zde využívá levnou energii a velmi příznivé daňové prostředí.

V SAE se spojil tradiční rodový systém a islámské náboženství, které zde není fundamentalistické, s moderním tržním hospodářstvím. Ukazatelem rozvoje je také nárůst obyvatelstva. Kolem roku 1960 žilo v SAE několik desítek tisíc obyvatel, do roku 1997 vzrostl počet obyvatel na 2,7 mil. a dnes má SAE 4 mil. obyvatel. Tento výsledek není ovšem způsoben mimořádnými rozmnožovacími schopnostmi místních arabských obyvatel. Do počtu obyvatel se totiž počítají také cizinci, kteří mají povolen dlouhodobý pobyt, většinou pracovní. Arabského obyvatelstva (tzv. nationals) je pouze 20 %, tj. 800 tisíc, zbývajících 3,2 milionu „non-nationals“ jsou zahraniční experti a dělníci. Ti dostávají pracovní povolení na tři roky, ročně mají nárok na jednu cestu domů v délce 14 dnů, nebo mohou jet domů na měsíc 1x za dva roky. Tito novodobí „otroci“, kteří jsou ovšem šťastní, že se do zaslíbené země dostali, pocházejí většinou z Pákistánu, Indie, Bangladéše, Filipín, Indonésie a také z Číny či Afriky.

Mimořádný rozvoj SAE, především ovšem Dubaje a Abú Dhabi, se samozřejmě odráží v obrovském stavebním boomeru, který je patrný na první pohled. Dubaj je dnes největší staveniště světa a jak ve své statistice uvádějí výrobci věžových jeřábů, je zde jejich největší koncentrace na světě. Navíc se zde stavějí naprosto výjimečné stavby, které navrhují přední světoví architekti, a používají se nejmodernější stavební postupy a mimořádné technologie.

Výjimečné stavby, ze kterých lze asi na prvním místě jmenovat **Burj Dubai** (Burdž Dubaj – Dubajská věž – bude mít po dokončení výšku přes 800 m), se stavějí nejen proto, aby poskytly nové ubytovací a hotelové kapacity, nové obchodní plochy, nejen proto, aby přilákaly další investory, kupce i turisty, ale stavějí se, aby ukázaly ekonomickou sílu SAE a zvýšily jejich světovou prestiž (obr. 1).

Pro rozvoj turistiky se budují **umělé ostrovy v moři**, které mají prodloužit pobřeží vhodné pro koupání a umožnit, aby si i cizinci



Obr. 1 Pohled na Dubajskou věž (Burj Dubai) v současné době nejvyšší stavbu světa

Fig. 1 A view of the Burj Dubai tower, currently the world's highest building

mohli koupit zde postavenou nemovitost i s pozemkem (obr. 2). Jinde než na umělých ostrovech patří totiž všechny pozemky šejkovi a nelze si je koupit.

V Dubaji, ale také v Abú Dhabi, se staví nebo připravuje výstavba řady nových městských čtvrtí, což jsou vlastně **nová města pro 80 až 100 tis. obyvatel**. Jejich centra tvoří architektonicky mimořádně ztvárněné skupiny mrakodrapů, ale i na zbytku plochy převažuje výšková zástavba. V každém z nových měst se vytvářejí rozsáhlé vodní plochy, do kterých se většinou bude čerpat mořská voda. Vše se staví



Obr. 2 Vizualizace v současné době dokončovaného umělého ostrova u pobřeží u města Dubaje

Fig. 2 Visualisation of an artificial island which is currently being completed at the coast near the city of Dubai



Obr. 3 Model jedné z nových městských čtvrtí Dubaje, jehož výstavba se brzy zahájí (v popředí budoucí dubajská opera od architektky Zaha Hadid)

Fig. 3 A model of one of future districts of the city of Dubai, where the construction work will start soon (the future Dubai Opera House, designed by Zaha Hadid, a female architect, is in the foreground)



Obr. 4 Vizualizace viaduktu a vagonu dubajského metra
Fig. 4 Visualisation of a viaduct and a Dubai metro carriage

nikoli na zelené louce, jak říkáme u nás, ale na žluté poušti. To také znamená, že všechny trávníky, květiny, okrasné keře i stromy se musí uměle zavlažovat vodou získanou z mořské vody odsolováním (obr. 3).

Rozsah i specifika stavebních investic v SAE byly důvodem, proč Česká betonářská společnost uspořádala v letošním roce pro velký zájem českých odborníků dokonce dva odborné zájezdy na významné stavby v Abú Dhabi a v Dubaji.

Druhý z nich proběhl od 29. 2. do 7. 3. 2008 a je trochu problémem, co z jeho nabitého odborného programu zde zmínit.

Protože tento příspěvek je psán pro časopis Tunel, který se zabývá podzemními stavbami, začneme stavbou **dubajského metra**.



Obr. 6 Špičková architektura Emirates Towers
Fig. 6 The top ranking architecture of the Emirates Towers



Obr. 5 Situace červené a zelené trasy dubajského metra
Fig. 5 Layout plan of the Red Line and Green Line of the Dubai metro

Dubajské metro bude nejdelším plně automaticky provozovaným kolejovým prostředkem hromadné městské dopravy na světě. Celý dopravní systém dodávají Japonci. Vozy metra budou mít oddělení 1. a 2. třídy, samostatnou část pro ženy s dětmi a budou samozřejmě klimatizované, stejně jako všechny jeho stanice (obr. 4).

Stavba metra byla zahájena v roce 2005 a do provozu se má uvádět od září 2009 (červená trasa), na zelené trase má být provoz zahájen v roce 2010. Výhledově má mít dubajské metro 5 tras a celkovou délku 160 km.

Dnešní projekt sestává ze dvou tras – červená bude dlouhá 52 km a zelená 18 km. Obě trasy jsou vedeny po nadzemních viaduktech, ale obsahují i podzemní úseky. Z 52 km červené trasy tvoří 44 km viadukty, 3 km hloubené tunely a 5 km tunelů je ražených. Trasa obsahuje 4 podzemní a 24 nadzemních stanic a dvě depa. Na zelené trase je 8 km tunelů, 10 km viaduktů, 6 podzemních a 10 nadzemních stanic a opět dvě depa (obr. 5).

Zelená trasa obsluhuje především vlastní centrum Dubaje a spojí ho s novým letištěm. Červená trasa vede od stávajícího letiště do centra Dubaje a pak pokračuje podél pobřeží směrem na Abú Dhabi. Tímto směrem má být v budoucnosti trasa prodlužována. Vede podél nejvýznamnější městské komunikace Shaikh Zayed Road, která je pojmenována po „otci zakladateli“ SAE šejkovi Zayed bin Sultan Al Nahyanovi. Šejk Zayed byl muž s vizí, vládce Abú Dhabi a dlouholetý prezident SAE (celkem 33 let), o jejichž vznik se zásadním způsobem zasloužil.

Mimočodem, tato páteří komunikace „nového“ Dubaje se šesti pruhy v každém směru dnes již naprosto nestačí intenzitě automobilové dopravy. V její blízkosti stojí mrakodrapy navržené světovými architekty a mezi nimi vyniká dvojice Emirates Towers (obr. 6). Nedaleko se také staví již zmíněná Dubajská věž.

Trasy metra se kříží v centru ve čtvrti a stejnojmenné stanici Burjuman (Burdžuman) a ve stanici Union Square. Úseky obou tras ražené štíty musí v centru podejít podivuhodný mořský záliv nazývaný Creek.



Obr. 7 Montáž viaduktu dubajského metra pomocí zavážecího mostu
Fig. 7 Erection of a viaduct for the Dubai metro using an assembly bridge



Obr. 8 Skládka železobetonových dílců ve výrobě prefabrikátů
Fig. 8 Reinforced concrete segment stocking facility at the casting yard

Je to úzký záliv šířky 300 až 500 m, který se do vnitrozemí červovitě zavrťává a postupně se rozšiřuje až končí mělkou vodní lagunou, která je rezervací vodního ptactva a jiných přírodních druhů. Geologii ražených úseků tvoří vzdušné mořské jemné písky s ččkami hrubších poloh.

Štít pro ražbu na zelené trase byl z Japonska dodán v září 2007 a jeho montáž byla dokončena začátkem letošního roku. Na červené trase byly nasazeny dva štíty, které v době návštěvy Dubaje měly své ražby již dokončit. Bližší podrobnosti se nepodařilo zjistit.

Hlubené úseky jsou prováděny běžným způsobem – pažením obstarávají záporové nebo podzemní stěny různě rozpírané. Použila se i metoda ražby pod zasypaným stropem (tzv. metoda „želva“).

Všechny nadzemní viadukty jsou z prefabrikovaných železobetonových dílců, prefabrikované jsou i hlavice nosných sloupů. V běžné trase je z dílců sestavováno a předpínáno od sloupu ke sloupu pole charakteru prostého nosníku. Pro montáž se používá speciální montážní zařízení, zavážecí most, posouvající se ve směru montáže. Je postavené a ukotvené na hotovém poli, jeho krakorec se vysune nad další pole, opře se o hlavici sloupu a postupně zvedá, urovnává a spíná segmenty montovaného pole (obr. 7).

Kde to místní podmínky vyžadují (např. při křížení s komunikacemi) vytváří se z prefabrikátů spojitý nosník o třech polích. Prefabrikáty mají samozřejmě jiný tvar než v běžné trase a proměnnou výšku. U těchto polí se používá letmá montáž. Na začátku nad vnitřními sloupy a v závěru u krajních sloupů osazuje dílce mobilní jeřáb.

Tempo výstavby si vyžádalo vybudování impozantní výroby prefabrikátů, která zabírá plochu 53,9 ha (obr. 8).

Výrobu a montáž prefabrikátů zajišťuje sdružení firem VSL, Freyssinet a Rizzani de Eccher. Exkurzi na stavbu a do výroby prefabrikátů účastníkům zájezdu umožnila firma VSL.

Dodavatelem celé stavby je konsorcium Dubai Rapid Link (DURL). Sestává z Mitsubishi Heavy Industries, tato firma zodpovídá za dodávku železničního vybavení, a z firem Obayashi, Kajima Corporation and Yapi Merkezi, které zajišťují stavební práce.

Před obhlídkou staveniště **Burj Dubai**, v současnosti nejvyšší stavby světa, proběhla prezentace firem Doka a VSL. O betonové části budovy hovořili pracovníci firmy Doka, ocelovou část prezentovala firma VSL.

Celá věž má být 818 m vysoká a pokud by se v době dokončování stavěla někde ve světě vyšší věž, je stavebník údajně připraven věž zvýšit až k 900 m. Toto zřejmě ale neplatí pro jiný dubajský mrakodrap Al Burj (Věž), jehož projekt i výstavba byly již schváleny. Zahájení jeho výstavby je na spadnutí, výška této budovy má být přes 1 km!!!

Betonová konstrukce dubajské věže končí ve výšce 604 m nad zemí. Jádro její nosné konstrukce má trojúhelníkovitý tvar. Pro svíslé konstrukce se používá samošplhací bednění a jejich betonáž předstihuje vodorovné konstrukce o tři patra. Ty se následně bední a betonují. Beton na místo ukládání ze země čerpají čerpadla Putzmeister s celkovou kapacitou 36 m³/hod. Ve spodní části stavby je použit beton B 80, výše beton B 60. Stavbu obsluhují tři samošplhací jeřáby s rychlostí zdvihu 220 m/min.

Nad betonovou konstrukcí pokračuje konstrukce ocelová, ze které se vysune ještě ocelový nástavec včetně anténního stožáru. Montuje



Obr. 9 Hlavní sál (mužská modlitebna) ve velké mešitě v Abú Dhábí
Fig. 9 The main hall (men's oratory) in the Great Mosque in Abu Dhabi

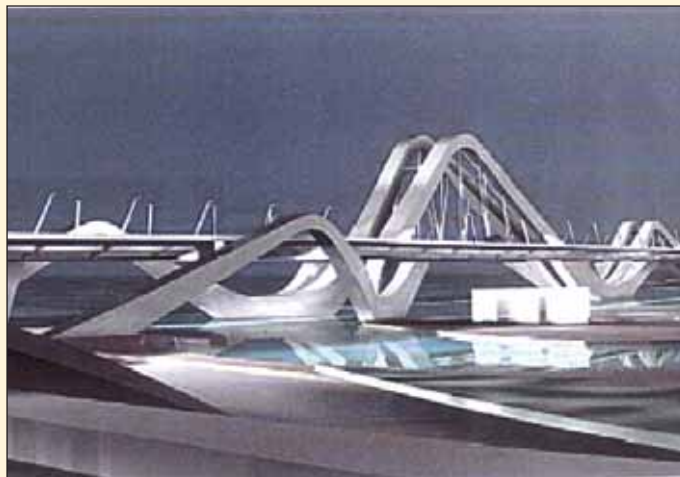
se uvnitř ocelové konstrukce a jeho hmotnost bude cca 500 tun. Jeho vysunutí i celou ocelovou konstrukci zajišťuje firma VSL. Ta ve své prezentaci v rámci svých světových aktivit zmínila i vysouvání mostu přes Rybný potok na dálnici D8 v České republice, jehož dodavatelem byl Metrostav a. s., a zvedání ocelové konstrukce hangáru na mošnovském letišti u Ostravy.

Podle informace pracovníků Doky i VSL se měřičské práce na stavbě provádějí pomocí družicového navigačního systému.

Současný pohled na stavbu Burj Dubai, která byla zahájena 1. 2. 2005 a má být dokončena 30. 11. 2009, je vskutku mimořádný.

Za dalšími třemi významnými stavbami se účastníci vypravili do Abú Dhábí. Nejprve si prohlédli dokončovanou **Velkou mešitu (Grand Mosque)**, která s kapacitou 20 000 osob bude třetí největší na světě (obr. 9). Již z dálky ve slunci září, protože její betonová konstrukce je obložena bílým mramorem včetně 85 m vysokých minaretů. Kvalita provedených prací je mimořádná.

Druhou navštívenou stavbou byl **Shaikh Zayed Bridge**, který po dokončení bude třetím silničním mostem vedoucím do města Abú Dhábí, které se rozprostírá na ostrově odděleném od pevniny úzkým průlivem (obr. 10). Most zlepší dopravní dostupnost, ale hlavně podle přání šejka vytvoří novou impozantní a unikátní vstupní bránu do města. Protože z hlediska velkoleposti návrhy zasláné do prvního kola soutěže šejka neuspokojily, byla k podání návrhu vyzvána světoznámá architektka íránského původu žijící v Londýně Zaha Hadid, resp. její společnost Zaha Hadid Limited. Ta předložila dva návrhy, jejichž nosné prvky (oblouky) neleží ve svíslé rovině. První návrh s lomenými lineárními nosníky nazvala „Zig-zag“, druhý má asymetrické oblouky ve tvaru písčinych dun a byl nazván „Dune“ (Duna). Oba návrhy představovaly obrovské nároky na statiku konstrukce, a proto, když byla vybrána jako vítězný návrh Duna, ještě dlouho probíhaly výpočty a jednání s architektkou, aby se vůbec prokázala proveditelnost mostu.



Obr. 10 Shaikh Zayed Bridge – budoucí nová impozantní vstupní brána do hlavního města SAE Abú Dhábí

Fig. 10 The Sheikh Zayed Bridge – the future new imposing gate to the UAE capital, Abu Dhabi



Obr. 11 Rozestavěný mohutný střední pilíř mostu
Fig. 11 The mighty central pillar of the bridge



Obr. 13 Burj Al Arab (Věž Arabů) – architektonická ikona Dubaje ve tvaru loďní plachty
Fig. 13 Burj Al Arab (Arabs' Tower) – Dubai's architectural icon, in the shape of a sail

Obrovské síly a směr jejich působení si vyžádaly mohutné pilíře (obr. 11) a důkladné založení na hlubokých pilotách prováděných z beraněných jímek. Provedlo se 666 pilot o průměru 1,5 m a celkové délky 15 000 m. Kubatura betonu pilot a pilířů je 140 000 m³. U okrajových částí konstrukcí, které přicházejí do styku s mořskou vodou, se použila výztuž z nerezové oceli jako jedno z protikorozních opatření.

Most je dlouhý 850 m a hlavní pole bude mít rozpětí 150 m při vzdálenosti středů pilířů 234 m. Výška vozovky nad hladinou zálivu je 22,5 m a vrchol nosných oblouků bude v 85 m. Ocelové oblouky montované z předvyrobených dílů o hmotnosti až 800 t ponosou vlastní předpínanou komorovou železobetonovou konstrukci mostu, jejíž celková šířka je až 67 m. Maximální svíslá výška konstrukce je 5 m. Vozovka mostu má v každém směru 5 pruhů (4 jízdní a 1 odstavný), ke kterým přiléhá ještě chodník pro pěší.

Při stavu rozestavenosti mostu k datu návštěvy jeho staveniště se plánovaný termín dokončení v roce 2009 účastníkům exkurze nejevil příliš reálný.

Po společném obědě účastníků s velvyslankyní České republiky v SAE JUDr. Věrou Jeřábkovou, CSc., a s obchodním radou Ing. Jiřím Rakem proběhla návštěva posledního staveniště v Abú Dhábí, kde se staví mrakodrapy Sky Tower a Abu Dhabi Towers. U prvního z nich se z časových důvodů použilo ocelové opláštění sloupů u vnější části budovy, která navazuje na vnitřní železobetonové jádro prováděné v předstihu překládaným bedněním (obr. 12).

V Dubaji byla navštívena ještě řada dalších stavenišť nebo dokončených staveb. Z těch není možno pominout prohlídku stavební ikony Dubaje, kterou je Burj Al Arab (Věž Arabů) vysoká 321 m (obr. 13). Tento exkluzivní hotel je postaven na umělém ostrůvku cca 280 m od břehu moře a jeho architektura je opravdu krásná. Evokuje loďní plachtu napnutou ve větru (ale při pohledu z moře má tvar hlavního křesťanského symbolu – kříže, což asi uniklo při schvalování stavby).

V podvečer před nočním odletem z Dubaje účastníci navštívili jedno z největších nákupních středisek Mall of Emirates. Rozlehlá budova v sobě ukrývá atrakci, kterou by nikdo v této pouštní zemi nehledal – umělou sjezdovku o délce 400 m a převýšení 45 m. Její železobetonový tubus byl vybetonován na zemi a pak vyzdvižen firmou VSL do příslušné polohy. Při pohledu přes sklo do vnitřního prostoru, kde se udržuje stálá teplota -3°C , je iluze horské sjezdovky za podmračeného zimního dne překvapivě dokonalá (obr. 14). Lyžování na ní si užívají i zcela zahalené arabské ženy.



Obr. 12 Osazování ocelového opláštění sloupů na stavbě mrakodrapu Sky Tower v Abú Dhábí
Fig. 12 Installation of the steel cladding of columns during the construction of the Sky Tower building in Abu Dhabi



Obr. 14 Lyžování na umělé sjezdovce v obchodním centru Mall of Emirates v Dubaji
Fig. 14 Skiing down an artificial ski-slope in the Mall of Emirates, Dubai

Z betonářského hlediska lze hlavní dojmy a poznatky stručně shrnout takto:

- mimořádný počet současně betonovaných konstrukcí, především výškových budov a mostů,
- mimořádný objem ukládaného monolitického betonu a tomu odpovídající koncentrace technologických zařízení,
- relativně malý podíl betonové prefabrikace (s výjimkou budovaného metra a monorailů), který souvisí s dostatkem levné pracovní síly na stavbách a s dosud nerozvinutou výrobní základnou prefabrikátů,
- vzhledem k extrémním požadavkům na rychlost výstavby a vzhledem ke speciálnímu charakteru staveb (extravaganční mrakodrapy, rozsáhlá zpevnění umělých ostrovů apod.) jsou využívány nejmodernější, často unikátní zařízení a výrobní postupy (čerpání betonu do rekordních výšek, chlazení čerstvého betonu atd.).

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, ita-aites@metrostav.cz,
ČTuK ITA-AITES;
ING. VLASTIMIL ŠRUMA, sruma@cbsbeton.eu, ČBS

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICCE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA (STAV K 4/2008)

TUNEL ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (ŠPELCO)

Ražby severní a jižní tunelové trouby dále probíhají podle plánovaného harmonogramu stavby. Rychle postupující čelby se již dostaly do předem očekávaného geologicky nejslabšího místa v oblasti pod Šlechtovu restauraci, kde bylo možné očekávat v kontaktu s ražbou zastižení vlivu nepříznivých kvartérních vrstev. Začátkem března také došlo k prvním negativním jevům spojeným s tímto médiem projevených v podobě nadvýlomů a zvýšených deformací. Nicméně i s pomocí uzavírání dna počvy kaloty pokračoval Metrostav dál a začátkem dubna bylo dosaženo již 1000 m čelby severní tunelové trouby. To znamená, že se již v těchto dnech zhotovování díla překlopí do své druhé poloviny. Tak tedy nezbyvá než dodat, jen tak dál i pro druhou polovinu.

Vedle námi sledovaných prací v podzemí se samozřejmě úspěšně rozvíjí v souboru staveb městského okruhu (Blanka) i ostatní práce. Z větší části jsou již dokončeny nebo těsně před dokončením i stavební jámy Troja a Letná a byly zde zahájeny i první betonáže.

TUNEL STAVBY 514 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY

Tunelářské práce společnosti Hochtief pokračují a ražby tunelu se chýlí ke konci. Na přelomu 4–5/2008 se očekává prorážka v kalotě dvoupruhového tunelu. Z ražeb zbývá v průběhu května a června 2008 dokončit ražby jádra v obou tunelových rourách v celkové délce 300 m, vyrazit poslední propojku za Radotínským portálem, dokončit práce na výklencích a ukončit profilaci primárního ostění. Betonáže definitivního ostění se zatím provádějí v hloubené části tunelu celkové délky 300 m. V ostění třípruhového tunelu bude na konci dubna chybět vynechaná konstrukce objektu vzduchotechniky a jediný blok klenby. Po jeho dokončení bude pracovní proud plynule pokračovat posunem do ražené části tunelu. Betonáž ostění dvoupruhového tunelu pokračuje směrem od mělkého konce stavební jámy k raženému portálu Lochkov a na konci dubna bude hotovo 5 bloků klenby z celkem 29 v hloubené části.

TUNEL STAVBY 513 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY

Ražba kaloty třípruhového tunelu byla ukončena slavnostní prorážkou dne 18. 3. 2008. V jádře chybí dorazit cca 400 m. Z obou portálů dále pokračují ražby kaloty rozšířeného dvoupruhového tunelu. Ke dni 10. 4. 2008 bylo v kalotě dvoupruhového tunelu vyraženo 460 m od portálu Komořany a 490 m od portálu Cholupice. Pokračují také ražby spodních partií dvoupruhového tunelu z obou portálů vstupů se zpožděním čelob od 150 do 200 m. Ražby z portálu Komořany provádí společnost Skanska BS, dodavatelem ražeb z portálu Cholupice je Subterra. Stavební jáma před portálem Komořany byla dokončena a zahájily se práce na betonáži hloubené části tunelové konstrukce před třípruhovým tunelem.

TUNEL DOBROVSKÉHO

Ražba jižní tunelové roury Královopolských tunelů (tunel II) pod ochranou osmi mikropilotových deštníků dosáhla včetně všech zabezpečovacích prací ke dni 10. 4. 2008 uzavření celého profilu tunelu na délce 47 m od portálu. Ražby v dílčích profilech pokračují tak, že na konci hodnoceného období bylo zahájeno odstraňování dřívější provizorní konstrukce levé průzkumné štoly ve vzdálenosti 101 m od portálu. Průběh provádění ražeb je pečlivě nepřetržitě sledován činností geomonitoringu, vyhodnocené deformace nepřekročily v hodnoceném období předpokládanou úroveň (cca 50 % očekávaných hodnot). Tunel II razi společnost Subterra. Ražby v severní tunelové rourě Královopolských tunelů (tunel I), prováděné společností OHL ŽS, byly zahájeny v poslední dekádě března.

JABLUNKOVSKÝ TUNEL

Na stavbě „Optimalizace trati st. hranice SR – Mosty u Jablunkova – Bystřice nad Olší“ zahájila Subterra ražbu dvoukolejného

THE CZECH REPUBLIC (AS OF 04/2008)

THE ŠPEJCHAR – PELC TYROLKA TUNNEL (ŠPELCO)

The excavation of the northern and southern tunnel tubes goes on in accordance with the works schedule. The fast progressing headings have already arrived at the location under Šlechta's Restaurant, where the worst geological conditions are anticipated because of the effects of unfavourable Quaternary layers being likely to be encountered by the excavation. The first negative manifestations of these effects appeared at the beginning of March, in the form of overbreaks and increased deformations. Despite this fact, Metrostav a.s. continued to excavate, closing the top heading profile by a temporary invert. About 1000m of the northern tunnel tube excavation was complete at the beginning of April. It means that the work on the tunnel will pass these days to the second half of the works package. Then there is nothing other left to add than to wish good luck for the second half.

Of course, the other work activities on the Blanka complex of structures (part of the City Circle Road scheme) are also in progress, apart from the underground work which is followed by ourselves. The major part of the construction trenches in Troja and Letná has been completed or is just before completion; first concrete casting operations have started.

THE TUNNEL IN CONSTRUCTION LOT 514 ON THE PRAGUE CITY RING ROAD

The tunnel excavation by Hochtief continued and is near completion. The double-lane tunnel top heading breakthrough is expected to take place at the end of April or beginning of May 2008. The excavation items which remain to be completed during May and June 2008 comprise the excavation of the bench in both tunnel tubes (a total length of 300m), the excavation of the last cross passage behind the Radotín portal, the excavation of side-wall recesses and the profiling of the primary lining. The final concrete lining is being cast, for the time being, in the 300m long cut and cover portion of the tunnel length..

At the end of April, the only structures which were missing in the three-lane tunnel lining is the ventilation building, which is skipped over, and a single block of the tunnel vault. When the vault is finished, the workflow will continue, entering the mined part of the tunnel. The casting of the double-lane tunnel lining continues, in the direction from the shallow end of the construction trench toward the Lochkov mined portal; 5 blocks of the vault of the 29 blocks forming the mined part will be finished till the end of April.

THE TUNNEL IN CONSTRUCTION LOT 513 ON THE PRAGUE CITY RING ROAD

The top heading operations in the three-lane tunnel ended by a breakthrough ceremony on 18th March 2008. About 400m of the bench excavation remains uncompleted. The excavation of the double-lane tunnel top heading continues from both portals. As of 10th April 2008, 460m and 490 of the double-lane tunnel top heading has been completed from the Komořany portal and Cholupice portal respectively. The excavation of the bench in the double-lane tunnel also proceeds from both portals; the distances of the faces behind the top headings are ranging from 150m to 200m. The excavation from the Komořany portal is performed by Skanska BS, whereas the contractor for the excavation from the Cholupice portal is Subterra. The construction trench before the Komořany portal has been completed and the casting of the concrete tunnel structures in the cut and cover section before the three-lane tunnel has started.

THE DOBROVSKÉHO TUNNEL

As of 10th April 2008, the excavation of the southern tube of the Královo Pole tunnels (the tunnel II), which is being carried out under the protection of eight micropile umbrellas, including the implementation of all support measures, reached the state where the whole tunnel profile is closed throughout the length of 47m (measured from the portal). The partial headings proceeded successfully; at the end of the period being assessed, the removal of the previous temporary support of the left-hand exploration gallery started at a distance of 101m from the portal. The excavation operations are continually checked by means of geomonitoring; the measured deformations did not exceed the anticipated level (about 50% of the assumed values) during the period being assessed. The tunnel II is being driven by Subterra a.s. The excavation of the northern tube of the Královo Pole tunnels (the Tunnel I), which is carried out by OHL ŽS a.s., started in the last decade of March.

tunelu. V měsíci březnu byly provedeny práce na zajištění pravé strany tunelu pomocí injektovaných třímetrových PG kotev. Na konci měsíce byl s mírným zpožděním připraven jižní portál, a tak mohla začít samotná ražba kaloty, která probíhá v silně rozrušených horninách. V současnosti je vyraženo cca 13 m kaloty. Zároveň s postupem ražby probíhá bourání horní části původního tunelu, jehož klenba je tvořena beskydskými pískovci. Primární ostění kaloty z příhradových výztužných prvků a stříkaného betonu je napojeno na zajištěnou pravou stranu starého tunelu. V současné době se daří postupovat podle plánu, tj. cca 2 m denně.

ROZŠÍŘENÍ KANALIZACE V KARVINĚ

V prvním čtvrtletí roku 2008 byly v rámci projektu „Karviná – rozšíření kanalizace“ zahájeny práce na prvních úsecích prováděných mikrotunelováním. Jedná se o část 10 – Darkov, kterou realizuje společnost TCHAS, a zejména o část 6 – kolektor Alfa, prováděný společností Subterra. V části stavby Darkov byl nasazen stroj TCC Unclemole 400, který provádí práce na uličních stokách o světlem průměru 400 mm. I přes velmi složité geologické podmínky spočívající v nenadálých změnách geologie a v značné četnosti valounů a hrubozrných balvanitých šterků postupují práce podle harmonogramu a v době napsání článku bylo vyraženo cca 250 m. Na úseku 6 – Kolektoru Alfa pokračují práce velmi rychle a v současné době jsou hotovy úseky o délkách 100 m, 160 m a 90 m – vše v kameninových rourách o světlosti 1000 mm. Chybí dokončit poslední úsek ze šachty Ša6 do Ša5 o délce 60 m. Vzhledem k tomu, že průměrné dosahované postupy činily dosud přes deset metrů za směnu, existuje reálný předpoklad ukončení mikrotunelářských prací na této části stavby v měsíci dubnu, což by bylo v předstihu oproti plánovanému harmonogramu. Poté se mikrotunelování přesune na část stavby 4 – sběrač CA2, kde se bude provádět zatlačování rour o světlosti 1400 mm.

DÁLNIČNÍ D8 – 805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

V říjnu 2007 byla zahájena dlouho očekávaná stavba posledního úseku dálnice D8 na Drážďany, stavba D 805 přes České středohoří. V rámci daného úseku je budováno i několik umělých staveb, tedy mostů a tunelů. Tunely jsou zde zastoupeny dvakrát, a to tunelem Prackovice délky 270 m a tunelem Radejčín délky 620 m včetně hloubených částí. Přestože byla stavba zahájena již asi před půl rokem, tak oba naše zmiňované tunely ještě nedostaly příležitost ke svému rozpuštění. Důvodem není nic jiného než stará známá legislativa, která k dnešnímu dni říká, že by se tak mohlo stát v případě tunelu Prackovice až koncem léta letošního roku a v případě tunelu Radejčín bohužel možná také až někdy začátkem roku příštího. Můžeme si tedy jen přát, že paní legislativa zrychlí svůj krok, a že možná již v příštím čísle časopisu si budeme moci přečíst něco povzbudivějšího.

KOLEKTOR VÁCLAVSKÉ NÁMĚSTÍ

Sdružení MENASU (Metrostav, Navatyp, Subterra) dokončilo zhotovování tryskové injektáže z povrchu. Ta má za úkol zlepšit vlastnosti šterkopískového prostředí vltavské terasy, která tvoří nadloží přestavovaného kolektoru. Pod ochranou deštníků tryskové injektáže bude následovat ražba samotného kolektoru. Nejedná se o ražbu „panenskou“, ale o přebudování již existujícího vodovodního kanálu o světlem profilu 6,16 m² na kolektor profilu cca 18,1 m². Ražba probíhá z hloubených šachet v dolní části Václavského náměstí, o profilu cca 15 m² a hloubky 15,5 m. Subterra a. s. zahajuje provádění svých stavebních objektů ze šachty Š51. Z ní v polovině dubna dokončila propojku do Š49, kde Subterra a Energie stavební a báňská realizuje Trasu B kolektoru Václavské náměstí. Leader sdružení MENASU, založeného pro realizaci systému kolektorů pod Václavským náměstím, firma Metrostav, vyhloubila šachtu V2 včetně jejího rozšíření. Provedla zasanování dutiny, která pod povrchem zůstala jako součást někdejší, dnes již nepoužívané, stoky a chystá se k zahájení ražby z dolní části náměstí směrem k muzeu.

ING. VLASTIMIL KAŇOVSKÝ, vkanovsky@subterra.cz,
ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL BÔRIK

Práce na tuneli Bôrik délky cca 1 km na dálnici D1 v úseku Mengusovce–Janovce pokračují aj po prerazení oboch tunelových

THE JABLUNKOV TUNNEL

Subterra a.s. commenced the excavation of the double-rail tunnel, which is part of the project “Optimisation of the rail line between the border with the SR - Mosty u Jablunkova – Bystřice nad Olší”. In March, the right side of the tunnel was stabilised by 3m long, grouted PG anchors. The end of the month saw the completion of the southern portal, even though slightly delayed. Thus the top heading driving could start, passing through heavily broken rock. About 13m of the top heading have been completed. The crown of the original tunnel, which was built in the Beskydy Mountains Sandstone, is being removed in parallel with the advancing excavation. The primary lining of the top heading, consisting of lattice girders and shotcrete, is being connected to the stabilised right-hand sidewall of the old tunnel. The current advance rate is successfully maintained at about 2m per day, in accord with the construction schedule.

KARVINÁ SEWERAGE EXPANSION

The first quarter of 2008 saw the beginning of the work on the first sections of the “Karviná Sewerage Expansion” project, where microtunnelling techniques are being used. The sections in question comprise Part 10 – Darkov, which is carried out by TCHAS, and, above all, Part 6 – Alfa Utility Tunnel, for which Subterra a.s. is the contractor. A TCC Unclemole 400 machine was used in a section of the “Darkov” part, to carry out 400mm i.d. street sewers. Despite very difficult geological conditions (abruptly changing geology, frequent occurrence of boulders and coarse-grained boulder gravel), the work has progressed in accordance with the programme; about 250m of the excavation were completed till the moment of the writing of this paper. The progress of the work on Part 6 – Alfa Utility Tunnel is very fast; sections 100m, 160m and 90m long have been finished (1000mm i.d earthenware pipes.). The last section to be finished is the 60m long stretch between shafts Ša6 and Ša5. Considering the average advance rate of ten meters per shift, which has been achieved till now, it can be realistically expected that microtunnelling operations in this part of the project will be finished in April, i.e. in advance of the construction schedule. Then the microtunnelling will move to Part 4 – CA2 Interceptor Sewer, where 1400mm i.d. pipe jacking will be performed.

THE D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805 LOVOSICE - ŘEHLOVICE

The long-awaited construction of the last stretch of the D8 motorway for Dresden, i.e. construction lot D 805 comprising the crossing of the České Středohoří uplands, started in October 2007. This motorway stretch contains several artificial structures – bridges and tunnels - to be built. There will be two tunnels there: the 270m long Prackovice tunnel and 620m long (including cut and cover parts) Radejčín tunnel. Even though the construction started half a year ago, the work on none of the above-mentioned tunnels was given chance of unrestricted development. There is no other reason than the notorious legislation, according which the work on the Prackovice tunnel could start about the end of the summer of 2008, whereas the Radejčín tunnel excavation could be postponed, unfortunately, even to the beginning of the next year. We can only believe that “Lady Legislation” will accelerate its pace and we will be able to read something more encouraging, possibly in the next issue of our magazine.

THE WENCESLAS SQUARE UTILITY TUNNEL

MENASU (a group of companies consisting of Metrostav, Navatyp and Subterra) has finished the jet grouting from the surface. The objective of the jet grouting is to improve the properties of the environment formed by the Vltava River gravel-sand terrace, covering the utility tunnel being reconstructed. The excavation of the utility tunnel itself will follow, using jet-grouted umbrellas. The subject-matter of the contract is not a new construction; it is the reconstruction of an existing water supply canal (the inner cross sectional area of 16m²) to a utility tunnel with the cross sectional area of about 18.1m². The excavation starts from shafts (cross sectional areas of about 15m², depths of 15.5m), sunk in the lower part of Wenceslas Square. Subterra a.s. has begun to build the structures according to its contract, from shaft Š51. From this shaft, Subterra carried out a section connecting it with shaft Š49 (completed in the middle of April), at which the companies of Subterra and Energie stavební a báňská have worked on “Route B” of the Wenceslas Square utility tunnel. Metrostav a.s., the leader of the MENASU group of companies which was established to build the system of utility tunnels under Wenceslas Square, deepened and enlarged the profile of existing shaft V2. It filled and stabilised the cavity which remained under the surface as a part of the former, today abandoned, trunk sewer; currently it is going to start the excavation of the top heading from the lower part of the square, toward National Museum.

ING. VLASTIMIL KAŇOVSKÝ, vkanovsky@subterra.cz,
ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz

rúr. Po betonáži hĺbených tunelov na východnom portáli prebieha v oboch rúrach betonáž sekundárneho ostenia v smere k západnému portálu. V priebehu druhej polovice roku 2008 by mala byť stavebná časť tunela ukončená realizáciou chodníkov a vozovky s cementobetónovým krytom. V priebehu jarných mesiacov prebehla tiež súťaž na dodávateľa technologického vybavenia tunela, ktorá by mala byť v krátkom čase vyhodnotená. Cieľom je uvedenie tunela do prevádzky v priebehu roku 2009. Tunel Bôrik bude štvrtým slovenským diaľničným tunelom, resp. piatym, ak počítame aj krátky presypaný tunel Lučivná na súvisiacom úseku Važec–Mengusovce.

PPP PROJEKTY NA VÝSTAVBU DIAĽNIC A RÝCHLOSTNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

V novembri 2007 vypísaná predkvalifikácia pre súťaž na koncesiu pre prvý z troch plánovaných balíkov v rámci diaľničných projektov verejno-súkromného partnerstva (PPP) mala v prvých mesiacoch roku 2008 búrlivý priebeh. Koncesia sa týka vypracovania projektov dokumentácie, výstavby, financovania, prevádzky a údržby diaľnice D1 na úsekoch Dubná Skala–Turany, Turany–Hubová a Hubová–Ivachnová, ako aj na úsekoch Jánovce–Jablonov a Fričovce–Svinia v celkovej dĺžke 75 km, pričom súčasťou úsekov sú tunely Rojkov, Havran, Čebrať a Šibenik. Doklady do predkvalifikácie predložilo celkom šesť uchádzačov, z ktorých malo ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií do súťaže vybrať maximálne štyroch. Na konci januára 2008 oznámilo ministerstvo pomerne prevapujúce vylúčenie štyroch uchádzačov kvôli nedoloženiu požadovaných dokladov. Do súťaže mali postúpiť len konzorciá Skanska–Vinci a Bouygues–Doprastav–Váhostav SK–Colas–Intertoll–Mota Engil. Viacerí vylúčení uchádzači podali námietku na Úrad pre verejné obstarávanie, ktorý vyhovel konzorciu Hochtief–Alpine–Western Carpathians Motorway Investors Company a jeho vylúčenie zrušil. Reakciou ministerstva bolo podanie žaloby na súd, ktorý by mal rozhodnúť o platnosti vylúčenia. Až do rozhodnutia súdu ministerstvo súťažné aktivity pre prvý balík PPP pozastavilo.

PREPOJENIE ŽELEZNIČNÉHO KORIDORU TEN-T S LETISKOM A ŽELEZNIČNOU SIEŤOU V BRATISLAVE

V priebehu predošlého roku sa začali práce na projektovej príprave stavieb prepojenia železničného koridoru TEN-T v Bratislave. Projektové tímy vedené Dopravoprojektom spracovali v tomto období dopravnou-urbanistickú štúdiu, dokumentáciu pre hodnotenie vplyvov na životné prostredie (EIA) a rozpracovali aj dokumentáciu pre stavebný zámer. Dôležitým míľnikom bolo vydanie záverečného stanoviska k hodnoteniu environmentálnych vplyvov ministerstvom životného prostredia. Najnáročnejšou z pohľadu technického i ekonomického je 1. stavba, prepojenie stanice Predmestie so stanicou Petržalka s tunelovým vedením trate pod centrálnou mestskou zónou a pod korytom rieky Dunaj. Vzhľadom na potrebu zabezpečenia dopravnej obsluhy mesta sa na tunelových úsekoch uvažuje s vybudovaním podzemných staníc.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk

THE SLOVAK REPUBLIC THE BÔRIK TUNNEL

The work on the about 1km long Bôrik tunnel on the Mengusovce – Janovce section of the D1 motorway continues even after the completion of the excavation of both tunnel tubes. The casting of the secondary linings is underway in both tunnel tubes, in the direction toward the western portal, after the completion of the casting of the cut and cover tunnels at the eastern portal. The civil works on the tunnel, i.e. the construction of walkways and concrete road pavement, should be finished during the second half of 2008. Tenders for the supply and installation of the tunnel equipment, which were submitted in the spring and the winner, should be assessed and the results announced soon. The objective is to open the tunnel to traffic during 2009. The Bôrik tunnel will be the fourth Slovak motorway tunnel, or fifth if we count also the short false tunnel Lučina, on the adjacent motorway section between Važec and Mengusovce.

PPP PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MOTORWAYS AND FAST HIGHWAYS

The course of the pre-qualification for the concession for the first of the three packages of motorway projects which are planned within the framework of the Public Private Partnership scheme, for which the invitation was published in November 2007, was turbulent in the first quarter of 2008. The concession covers the design, construction, funding, operation and maintenance of the D1 motorway sections Dubná Skala - Turany, Turany - Hubová and Hubová - Ivachnová, as well as sections Jánovce - Jablonov and Fričovce – Svinia, at the aggregate length of 75km; parts of the sections are the Rojkov, Havran, Čebrať and Šibenik tunnels. Six applicants submitted pre-qualification documents. The task for the Ministry of transport was to select four of them for the competition as a maximum. At the end of January 2008, the ministry announced relatively surprisingly that four applicants had to be excluded because of their failure to submit required documents. The consortia consisting of Skanska – Vinci and Bouygues - Doprastav – Váhostav SK - Colas – Intertoll – Mota Engil were the only successfully pre-qualified applicants. Several excluded applicants appealed against the decision with the Office for Public Procurement, which subsequently acknowledged the arguments of the Hochtief Alpine - Western Carpathians Motorway Investors Company consortium and cancelled its exclusion. The ministry responded by legal action requiring that the decision whether the exclusion was valid be made by court. The ministry has suspended the tendering for the first PPP package until the court decision is issued.

THE CONNECTION OF THE TEN-T RAIL NETWORK WITH THE AIRPORT AND RAILWAY NETWORK IN BRATISLAVA

The past year saw the beginning of the work on the design documents for structures forming the connection of the TEN-T rail network in Bratislava. Design teams, managed by Dopravoprojekt, carried out the land-use transportation study, the environmental impact analysis, and started the work on the building scheme. The fact that the final opinion on the environmental impact analysis has been issued by the Ministry of the Environment is an important milestone. The most demanding, from technical and economic points of view, is the 1st construction package consisting of the line connecting Predmestie Station with Petržalka Station, where the track will run through a tunnel, under the central zone of the city and under the Danube River. With respect to the need for resident traffic in the city, underground stations are under consideration to be built in the sections running through tunnels.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, frankovsky@terraprojekt.sk

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES REPORTS

www.sta-ita-aites.sk

ROZŠÍRENÉ ROKOVANIE KOMITÉTU STA VO FEBRUÁRI 2008 V PRIEVIDZI THE STA BOARD EXTENDED MEETING IN FEBRUARY 2008, PRIEVIDZA

A meeting of the STA Committee took place on 12th February 2007 in the meeting room of SKANSKA BS, a.s., Košovská cesta 16.

The official part of the meeting was opened by Ing. Róbert Turanský, the chairman of the STA Board. He presented, as the main topic of the meeting, the necessity for formulating the vision and program of the STA activities, which should contribute to the elimination of the prevalent, negative attitudes of mass media resulting in baseless and unsubstantiated arguments negatively influencing the public opinion.

V zasadačke spoločnosti SKANSKA BS, a. s., Košovská cesta 16, sa dňa 12. februára 2008 uskutočnilo rokovanie Komitétu STA rozšírené o prizvaných hostí, zástupcov hostiteľskej organizácie, zástupcov organizácie zaujímajúcej sa o členstvo v STA a zástupcov reklamnej agentúry, s ktorou by mohla STA spolupracovať pri propagácii podzemného stavebníctva.

Priebeh a výsledky rokovania:

Na úvod rozšíreného rokovania Komitétu STA privítal účastníkov predseda

predstavenstva a generálny riaditeľ spoločnosti SKANSKA BS Ing. Miroslav Beka. Vo svojom vystúpení ocenil prínos a význam vzájomnej spolupráce všetkých subjektov v rámci Slovenskej tunelárskej asociácie a prijal by si, aby STA v podmienkach, daných i tých, ktoré sama môže utvárať a ovplyvňovať, aj v budúcnosti plnila svoje poslanie na prospech rozvoja celého odvetvia podzemného stavebníctva.

Oficiálnu časť rokovania otvoril Ing. Róbert Turanský, predseda Komitétu STA. Za kľúčovú úlohu rokovania označil potrebu formovania vízie a programu činnosti STA v záujme odstránenia prevažujúcich negatívnych postojov masmédií a ich ovplyvňovania verejnej mienky nesprávnym smerom, založenom na povrchných a nepodložených argumentoch.

Ing. Mikuláš Pákh predložil účtovnú uzávierku hospodárenia v roku 2007 a odovzdal ju členom revíznej komisie STA Ing. Petrovi Štefkovi, CSc. a Ing. Pavlovi Vavrekovi, Ph.D. na kontrolovanie a schválenie.

Ing. Peter Witkovský, podpredseda Komitétu STA, formuloval predstavu o hlavnom zameraní programu STA s návrhom týchto hlavných okruhov činnosti:

- práca s mládežou a spolupráca so školami;
- odborná-publikačná činnosť;
- aktívne organizovanie seminárov a konferencií, ako aj obsadzovanie odborných podujatí tohto druhu, vrátane svetových tunelárskych kongresov;
- uplatnenie vplyvu odborných kruhov pri presadzovaní ich hľadísk pri tvorbe a aplikácii legislatívy;
- komunikácia s verejnosťou a eliminácia negatívnych prejavov verejnej mienky atraktívnou propagáciou oprávnenosti potreby tunelov a korektných pomeroch v tomto odvetví z hľadiska uplatňovaných cien alebo výkonov a ich porovnateľnosti s pomermi v zahraničí.

Ing. Miloš Frankovský, člen Komitétu STA, charakterizoval nedávnú minulosť a súčasnosť tunelárskeho odvetvia v interpretácii masmédií v takom zmysle, že tlač a elektronické médiá o tuneloch uvěřujú iba tri typické javy: začatie výstavby, uvedenie do prevádzky a havária a mimoriadne situácie (vrátane zdôvodnených alebo plánovaných odstávok, napríklad pre údržbu). Negatívny postoj masmédií a verejnej mienky spravidla vedie k obrannej reakcii odborných kruhov. STA, ktorá predstavuje súhrn odborne kompetentných subjektov by mala byť schopná reagovať nielen obranne, ale vystupovať aj aktívne, publikáciou racionálnych argumentov.

Ing. Viktória Chomová, členka Komitétu STA, uviedla na požiadanie predsedajúceho niektoré informácie týkajúce sa stavu prípravy tunelových stavieb na úseku Dubná Skala – Ivachnová. Najjednoduchší úsek na tejto trase predstavuje Dubná Skala–Turany, ktorý je bez tunelov. Pre úsek Hubová–Ivachnová s tunelom Čebrať (cca 2000 m) je vydané územné rozhodnutie. Najťažší úsek predstavuje diaľnica Turany–Hubová, s tunelmi Havran (2800 m) a Rojkov (1800 m).

Ing. Pavol Vavrek, ako zástupca fakulty BERG TU Košice, reagoval na otáz-

ku a problém možného zvýšenia počtu študentov pre odbor podzemného stavebníctva. Prvoradou prekážkou je nezáujem mladej generácie o štúdium techniky. Okrem toho vyslovil požiadavku možného finančného príspevku pre študentov Fakulty BERG, ktorí by sa mohli zúčastniť konferencie Betontag vo Viedni.

Ing. Mikuláš Beránek, výkonný tajomník Slovenskej baníckej spoločnosti, informoval o terajšom zameraní činnosti tejto organizácie (ktorá na základe zmluvy s STA formálne spolupracuje a v mnohom má podobné problémy ako STA).

Na základe vyjadreného záujmu o členstvo v STA firmou Renesco a. s. Bratislava boli na rozšírené rokovanie Komitétu STA prizvaní reprezentanti tejto spoločnosti, a to Per König, predseda predstavenstva a výkonný riaditeľ, a Ing. Gustáv Schnierer, člen predstavenstva a marketingový manažér z pobočky v Prievidzi.

Ďalším prizvaným subjektom na rozšírené rokovanie boli reprezentanti agentúry Webster zaoberajúcou sa masmediálnou komunikáciou Ing. Peter Blaško, riaditeľ agentúry, a Diana Dobrucká, riaditeľka PR. Prizvanie zástupcov agentúry bolo motivované hľadaním možnosti aktívneho pôsobenia na verejnosť cez oznamovacie prostriedky v spolupráci odborníkov z radov STA s organizáciou profesijne špecializovanou na PR a masmediálnu komunikáciu.

Záver a prijaté úlohy

1. Patronáciu nad činnosťou v oblasti komunikácie s verejnosťou a pôsobenia cez elektronické a tlačové médiá Komitét STA poveruje Ing. Petra Witkovského a Ing. Mikuláša Pácha.
2. Ing. Witkovský a Ing. Pákh vecne sformulujú a písomne pripravia zadanie úlohy agentúry Webster na spoluprácu v oblasti efektívnejšieho pôsobenia na verejnosť prostredníctvom tlačových a elektronických médií.
3. Vo sfére pôsobenia na mladú generáciu odborníkov pre podzemné stavebníctvo a spolupráce s vysokými, prípadne i strednými školami poveruje Komitét STA Ing. Pavla Vavreka Ph.D. a Ing. Ivetu Šnaukovú.
4. Zodpovednosť za oblasť pôsobnosti na elimináciu neprimeraných požiadaviek predpisov (najmä v diaľničných tuneloch) a na vytváranie priaznivejších legislatívnych podmienok pre rozvoj podzemného stavebníctva prijali členovia Komitétu STA Ing. Viktória Chomová a Ing. Peter Dinga.
5. Aktívne organizovanie seminárov a konferencií, ako aj obsadzovanie odborných podujatí tohto druhu, vrátane svetových tunelárskych kongresov bude naďalej v gescii Ing. Mikuláša Pácha, pri aktívnej podpore ad hoc poverených členov Komitétu STA.
6. V spolupráci s firmou Renesco zorganizovať sympóziu na tému „Hydroizolácie podzemných stavieb na súčasnej úrovni techniky“ pre všetkých záujemcov z radov členských organizácií STA. Zodpovednosť: Ing. Štefan Choma.

ING. JOZEF FRANKOVSKÝ

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA-AITES CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA-AITES GENERAL MEETING OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE OF THE ITA-AITES

The General Meeting of the Czech Tunnelling Committee of the ITA-AITES was held in Prague on Thursday the 15th May 2008.

The first item of the programme was the report on the activities of the Committee and its Board since the last working meeting, which took place on 15th November 2007. Mr. Ivan Hrdina, the Chairman of the CTuK, informed about the meetings of the new CTuK Board which took place on 24.1.2008 and 30.4.2008.

At the beginning of the first meeting, the Board assessed the results of the previous term. Then they elected two vice-chairmen, namely Prof. Jiří Barták (the Department of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague) and Mr. Stanislav Sikora (VOKD a.s.). In addition, the members of the Board distributed responsibilities for individual fields of the Committee activities among themselves as follows:

- Tunnel magazine and the edition of CTuK Documents – Prof. Jiří Barták
- related associations – Prof. Josef Aldorf
- working groups – Mr. Stanislav Sikora
- economy and contacts with state administration – Mr. Václav Soukup
- web pages – Mr. Libor Mařík
- seminars and educational events – Mr. Otakar Hasík, in collaboration with Mr. Matouš Hilar (a correspondent to the ITA)
- foreign contacts – Mr. Matouš Hilar, in collaboration with Mr. Libor Mařík.

Further, Mr. Hrdina informed about the commencement of the preparation of the International Conference Underground Construction 2010, Prague, which will be held in the Czech Republic's capital, Prague, in June 2010. Mr. Alexandr Butovič, Satra s. r. o., who acquitted himself very well while organising the ITA workshop within the framework of the WTC 2007, is the chairman of the Preparatory Committee.

Ve čtvrtek 15. května 2008 se konalo v Břevnovském klášteře v Praze 6 valné shromáždění ČTuK ITA-AITES.

Prvním bodem programu byla zpráva o činnosti komitétu a jeho predsedníctva od posledního pracovného shromáždění, ktoré sa konalo 15. 11. 2007. Zprávu prednesl predseda komitétu Ing. Ivan Hrdina. Najprve stručne komentoval ekonomické výsledky WTC 2007, ktoré potvrdil účtelní audit provedený nezávislou auditorskou firmou Spica Audit s. r. o. Zpráva o auditu byla předána 28. 11. 2007 a obsahuje následující závěrečný výrok auditora:

„Předložené účetnictví podává věrný a pravdivý obraz hospodaření WTC 2007 a je v souladu s účetními předpisy platnými v ČR.“

Audit osvědčil zisk WTC 2007 ve výši 3 604 829,45 Kč, který byl rozdělen podle smlouvy o Sdružení WTC 2007. Uzavřením hospodaření kongresu a jeho vypořádáním zaniklo ve smyslu smlouvy Sdružení WTC 2007.

Ing. Hrdina pak informoval o jednáních predsedníctva komitétu dne 24. 1. 2008 a 30. 4. 2008.

Na prvním z nich předsednictvo nejprve hodnotilo uplynulé období. Mimo klady (WTC 2007, časopis Tunel, webové stránky a p.) považuje předsednictvo za hlavní nedostatky práce komitétu nedostatečný kontakt se státní správou, pouze formální existenci některých PS a pasivní účast většiny zástupců ČTuK v ITA WG's.

Předsednictvo zvolilo dva místopředsedy, kterými se stali: prof. Jiří Barták (FS – ČVUT) a Ing. Stanislav Sikora (VOKD a. s.) a rozdělilo si zodpovědnost za činnost komitétu:

časopis Tunel a edice Dokumenty ČTuK – prof. Jiří Barták
příbuzné společnosti – prof. Josef Aldorf
pracovní skupiny – Ing. Stanislav Sikora
ekonomika a kontakty se státní správou – Ing. Václav Soukup
webové stránky – Ing. Libor Mařík
semináře a vzdělávací akce – Ing. Otakar Hasík, spolupráce Ing. Matouš Hilar (korespondent k ITA)

zahraniční kontakty – Ing. Matouš Hilar, spolupráce Ing. Libor Mařík.
Hlavním bodem jednání předsednictva 30. dubna 2008 byla příprava valného shromáždění včetně projednání návrhu revize stanov komitétu.

Ing. Hrdina pak komentoval **hlavní aktivity komitétu**.

Mezinárodní konference Podzemní stavby 2010 Praha
Byla zahájena příprava konference, je stanoven termín konání na 14. až 16. června 2010 a formuje se přípravný výbor. Předsednictvo oslovilo Ing. Alexandra Butoviče z firmy Satra s. r. o., aby přípravný výbor vedl i proto, že se plně osvědčil při organizaci ITA workshopu v rámci WTC 2007.

Časopis Tunel
Udržuje si velmi dobrou úroveň, ale neškodila by větší publikační aktivita mnohých členů komitétu. Podrobnější zprávu pak podal prof. Barták, který také zmínil, že komitét připravuje výkladový slovník tunelářských pojmů.

Edice Dokumenty ČTuK
V dubnu vyšel třetí svazek edice „Stříkaný beton v podzemním stavitelství“, který byl již zaslán členům komitétu. Svazek připravila pracovní skupina pro stříkaný beton pod vedením Ing. Matouše Hilara, kterému za jeho aktivitu patří dík.

Svazek byl také rozeslán některým investorům a orgánům státní správy.
Webové stránky

Podle statistiky jsou hojně navštěvované. Obsahují skutečně hodně informací o činnosti komitétu – od plánovaných akcí přes činnost (či nečinnost) pracovních skupin a jejich dokumenty, knihovnu ČTuK až k časopisu Tunel, který je zde v PDF formátu.

Nedostatkem je, že firmy nevyužívají především možnost umístovat v sekci „Podzemní stavby“ informace o připravovaných, realizovaných i dokončovaných stavbách.

Vzdělávací akce
Komitét zahájil konání pldenních seminářů pod názvem **Tunelářské odpoledne**. Všichni členové komitétu mají možnost se do přípravy Tunelářských odpolední včetně výběru jejich námětů zapojit. Účast na Tunelářských odpo-

ledních není omezena pouze na členy ČTuK ITA-AITES a místem jejich konání nebude jen Praha. Přípravu Tunelářských odpolední koordinují Ing. Otakar Hasík a Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

Informace o konání Tunelářských odpolední naleznete u nás na našich webových stránkách. První tunelářské odpoledne mělo téma „Tunel Břežno“ a bylo úspěšné.

Odborné exkurze a zájezdy
Komitét zorganizoval a finančně podpořil odborný zájezd na tunelové stavby do Německa a Dánska, který se konal 27. 5. až 1. 6. 2008. Počet účastníků byl 40 osob.

Odbornou **exkurzi do Švýcarska** plánuje komitét na 1. pololetí 2009.
Valné shromáždění pak projednalo a odsouhlasilo **zprávu o hospodaření komitétu v roce 2007, návrh rozpočtu na rok 2008, informaci o stavu členské základny a o platební kázní**.

O činnosti **pracovních skupin** hovořil Ing. Stanislav Sikora. Požádal všechny vedoucí pracovních skupin a všechny zástupce komitétu v ITA WG's, aby mu do tří měsíců zaslali plán své činnosti, případně potvrdili, že v ITA WG's budou skutečně aktivně pracovat.

Informoval, že Výbor pro bezpečnost provozu v podzemních stavbách ukončil svou činnost v rámci ČTuK a naši členové se nadále podílejí na práci obdobného výboru v rámci ČSS.

O spolupráci s **příbuznými odbornými společnostmi** podal zprávu prof. Josef Aldorf. Konstatoval, že úroveň spolupráce závisí nejen na aktivitě ze strany ČTuK, ale především na celkové aktivitě příbuzných společností. Z toho pohledu dobře probíhá spolupráce s ČSS (zde díky aktivitě Ing. Jiřího Smolíka), se Společností pro mechaniku hornin (zastupuje nás doc. Šňupárek) a s CBS (zástupci prof. Aldorf a Ing. Šourek – Satra s. r. o.)

Důležitým bodem dalšího jednání byla **revize stanov komitétu**. Po projednání návrhu změny stanov, které předložilo valnému shromáždění předsednictvo, bylo nové znění stanov jednomyslně schváleno. Součástí změny stanov je i změna jeho názvu a používané zkratky: Česká tunelářská asociace ITA-AITES (CzTA). Nové stanovy budou předloženy Ministerstvu vnitra ČR a po schválení vstoupí v platnost.

Následovala prezentace firem **Zakládání Group, a. s.**, a **Zakládání staveb, a. s.** Nejprve informoval o aktivitách firmy Zakládání Group, a. s., její generální ředitel Ing. Zdeněk Rataj. Pak přednesl technický ředitel Zakládání staveb, a. s., Ing. Jiří Mühl velmi zajímavou přednášku o pokusných kompenzačních injektážích na stavbě tunelu Dobrovského v Brně.

V závěru valného shromáždění informoval Ing. Miloslav Novotný účastníky o exkurzi na významné stavby ve Spojených arabských emirátech, konkrétně v Dubaji a v Abu Dhabi. Exkurzi pořádala Česká betonářská společnost a v programu byla také návštěva stavby metra v Dubaji.

Záznam z jednání VS i projednané znění stanov lze nalézt na www.ita-aites.cz.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, ita-aites@metrostav.cz

PUBLIKACE STŘÍKANÝ BETON V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ THE PUBLICATION ON SHOTCRETE IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

The publication Shotcrete in Underground Construction, which was prepared by the Working Group for shotcrete of the Czech Tunnelling Committee (CTuC), was published at the beginning of the second quarter of 2008. It is the third volume within the edition focused on underground construction, which is issued for CTuC's own use under the title "ITA/AITES CTuC Documents".

Počátkem druhého čtvrtletí letošního roku byla vydána publikace Stříkaný beton v podzemním stavitelství, kterou připravila pracovní skupina pro stříkaný beton Českého tunelářského komitétu (ČTuK). Jedná se o třetí svazek v edici zaměřené na podzemní stavby s názvem „Dokumenty ČTuK ITA-AITES“, které vydává ČTuK pro vlastní potřebu. Výtisky všech vydaných svazků lze do vyčerpání zásob obdržet zdarma od sekretariátu ČTuK. Elektronické kopie dokumentů jsou dostupné na webových stránkách ČTuK (www.ita-aites.cz).

Publikace Stříkaný beton v podzemním stavitelství je rozdělena do 14 kapitol, ve kterých jsou popsány základní aspekty tohoto materiálu (historie, složení, příprava, aplikace, požadavky, kontrola, strojní vybavení, možnosti využití, atd.). Kromě odborného textu publikace zahrnuje řadu schémat a fotografií. Publikace je určena odborníkům, ale i laikům se zájmem o danou problematiku.

Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz, D2 Consult Prague s. r. o.

UPLYNUL ROK OD ZAHÁJENÍ PRAŽSKÉHO ITA-AITES WTC 2007 ONE YEAR HAS ELAPSED SINCE THE BEGINNING OF THE ITA-AITES WTC 2007 IN PRAGUE

On 7th May 2008, one year has elapsed since the beginning of the negotiations of the ITA-AITES World Tunnel Congress 2007, Prague, the Czech Republic. The Congress and the related events were very successful. For that reason the Czech Tunnelling Committee of the ITA-AITES wishes to thank all of those who participated in its preparation, who attended it, and also the founding members of the consortium Sdružení WTC 2007. Owing to the fact that they had made the decision to found Sdružení WTC 2007 and make the basic deposit into its account, they made the crucial step which allowed the preparatory work to fully unfold.

This is why you will find their advertisements on the pages of this issue of Tunel magazine.

ING. IVAN HRDINA, ITA-AITES CTuC Chairman

Dne 7. května 2008 uplynul rok od zahájení vlastního jednání světového tunelářského kongresu ITA-AITES WTC 2007, který se konal v pražském Kongresovém centru.

Kongres i s ním související akce byly velmi úspěšné, a proto chce Český tunelářský kongres ITA-AITES ještě jednou poděkovat nejen všem, kteří se na jeho přípravě podíleli, všem kteří se jej zúčastnili, ale také zakládajícím členům Sdružení WTC 2007. Díky tomu, že se rozhodli Sdružení WTC 2007 ustavit a vložit do něj základní vklad, rozhodujícím způsobem umožnili plně rozvinutí přípravných prací.

To je důvod, proč na dalších stránkách tohoto čísla časopisu Tunel najdete jejich inzeráty.

ING. IVAN HRDINA, předseda ČTuK ITA-AITES