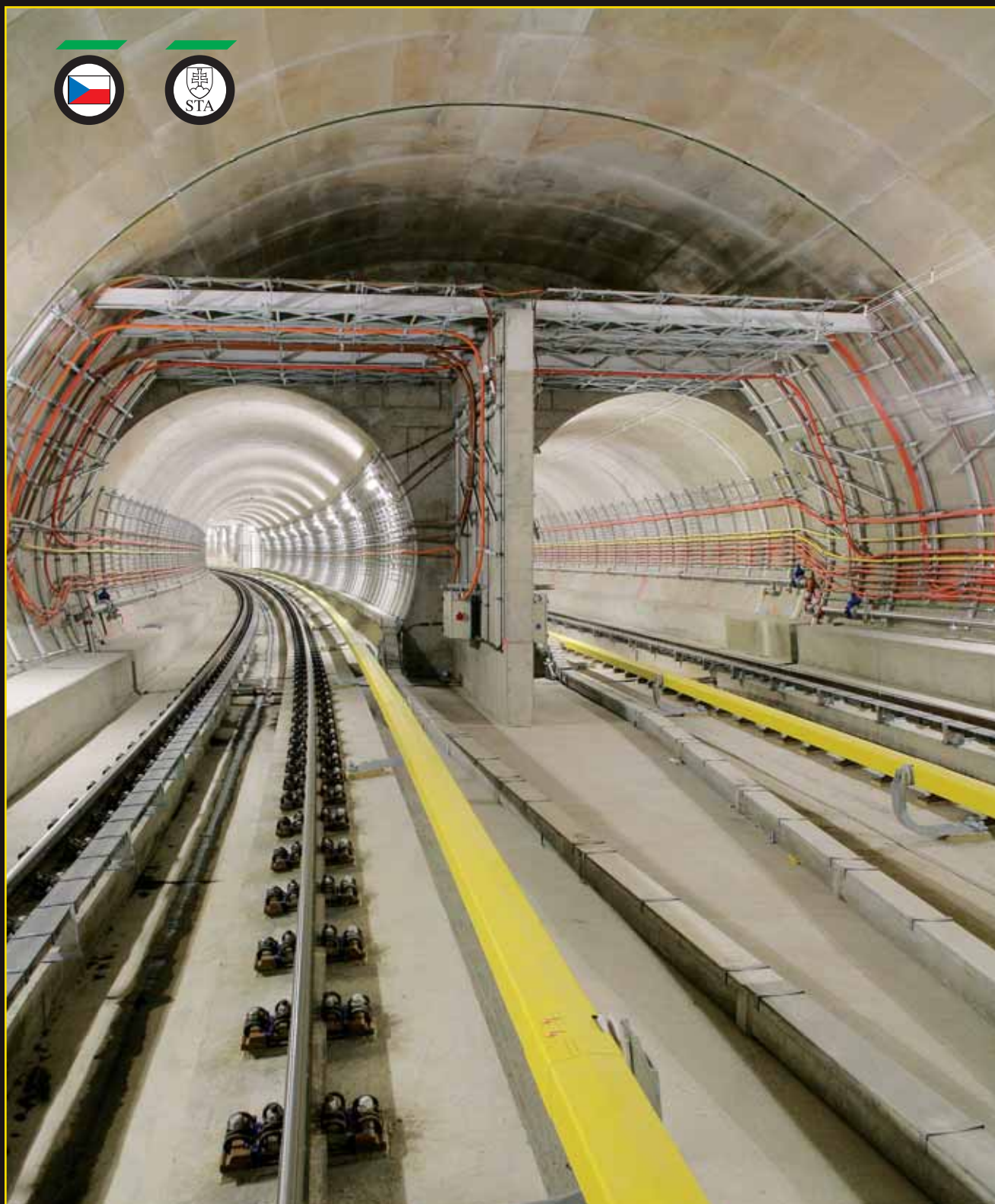


TuNEL

č. 1
2008

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



EDITORIAL

Vážení čtenáři časopisu Tunel!

Psát editorial do prvního čísla nového (již 17.) ročníku časopisu Tunel svádí k bilancování a k vyhlášení vydavatelských záměrů pro rok 2008 zvláště proto, že jeho autor je vedoucím redaktorem časopisu.

Pokud jde o bilancování, tak podle vašich ohlasů lze konstatovat, že časopis v posledních letech zlepšil svou úroveň. Týká se to jak vnější podoby, jejíž změna byla provedena počínaje číslem 1/2005, tak i kvality jeho obsahu i zvětšeného rozsahu. Zvýšený zájem čtenářů se projevil i v počtu nových předplatitelů a větší rozsah svědčí o zájmu autorů v časopise publikovat. Poznávám, že v minulosti měl časopis 64 stran, ale v posledních dvou letech vycházel v rozsahu průměrně kolem 80 stran. Jistě jste také postřehli, že snahou redakční rady je získávat pro časopis původní autorské články ze zahraničí, případně některé mimořádně zajímavé články ze zahraničních časopisů přejímat.

Přes širší čtenářskou obec je však časopis Tunel především časopisem, který slouží členům Českého tunelářského komitétu a Slovenské tunelářské asociace ITA/AITES. Má jim přinášet informace, poznatky a zkušenosti z oboru podzemního stavitelství. Také jim má ovšem umožňovat prezentaci jejich aktivit v tomto oboru a tím šířit povědomí o příslušné firmě či organizaci.

Bohužel ne všichni členové ČTuK nebo STA tuto možnost využívají. Rád bych je na začátku roku 2008 přiměl k zařazení publikační činnosti nebo uveřejnění inzerátu v časopise Tunel do plánu jejich aktivit na rok 2008 i na roky další. Stejná výzva platí samozřejmě pro všechny čtenáře, členy národních komitétů ITA/AITES a zahraniční firmy působící v tunelovém stavitelství.

Jedním z vydavatelských záměrů v tomto roce je zahájení provádění recenzních posudků na všechny články uveřejňované v časopise Tunel, a to od čísla 2/2008. Redakční rada si od toho slibuje další zvýšení kvality obsahu i prestiže časopisu.

Pokud jde o číslo 1/2008, chtěl bych upozornit, že v něm největší česká firma z hlediska objemu prací v podzemním stavitelství, Metrostav a. s., informuje nejprve o dokončování trasy IVC2 pražského metra, která bude uvedena do provozu v květnu t. r. Další článek je věnován ražbě tunelů pod Vltavou a pod Královskou oborou na největší současné podzemní stavbě v České republice – tunelovém komplexu Blanka, který je součástí pražského městského okruhu. O stavbě pravé tunelové trouby dálničního tunelu Lučice, kterou Metrostav a. s. staví v Chorvatsku v geotechnických podmínkách zahrnujících krasové jevy, napsal článek Ing. Miloslav Zelenka.

O výzkumu stárnutí podzemních staveb s využitím monitorovacích a mikroměřicích systémů, kde jsou zkoumány možnosti spolehlivé indikace technického stavu součástí dynamicky zatěžovaných stavebních konstrukcí, pojednává článek Sledování tunelového ostění pražského metra pro hodnocení jeho technického stavu.

Důležité téma bezpečnosti provozu v silničních tunelech je obsaženo v článku prof. Pavla Příbyla, CSc., a Ing. Milana Košťála, Ph.D. O výstavbě metra v Madridu podrobně informuje doc. Dr. Ing. Jan Pruška, zatímco připravované tunelové stavby na železniční trati mezi Benešovem a Voticemi ve svém článku popisují Ing. Gramblička, Ing. Mára a Ing. Mařík.

Když se ještě podíváte na pravidelné rubriky časopisu, předpokládám, že shledáte obsah čísla dostatečně zajímavým a různorodým.

A nezapomeňte – časopis Tunel je tu pro vás! Proto jej nejen čtete, ale také do něj pište a v něm inzerujte!

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
vedoucí redaktor a sekretář ČTuK ITA/AITES

EDITORIAL

Dear readers of Tunel magazine!

To cope with the task to write an editorial for the first issue of the new (already seventeenth) volume of Tunel magazine, the author is tempted to review the previous results and announce publisher's objectives for 2008, particularly when the author is the editor-in-chief of the magazine.

As far as the review is concerned, it is possible to conclude that the magazine has increased its quality level in recent years, both in terms of the image, where the change was performed by the publication of issue 1/2005, and the quality and extent of its content. The increased interest can also be documented by the increased number of new subscribers, while the extended content proves the increased interest of authors in publishing in the magazine. Let me note that the number of the magazine pages, which was 64 in the past, has amounted to an average of about 80 during the recent two years. You must have even noticed the editorial board's efforts to provide either original papers by foreign authors or some exceptionally interesting papers borrowed from foreign magazines.

Nevertheless, despite the interest of the wider readership, Tunel magazine serves first of all members of the ITA/AITES Czech Tunnelling Committee and the Slovak Tunnelling Association. Its aim is to provide information, know-how and experience from the field of underground engineering. In addition, it is intended to allow the readers to present their activities in this field, thus to promote awareness of particular companies or organisations.

Unfortunately, not all of the CTuK or STA members use this opportunity. I would be happy if I could coax them, at the beginning of 2008, into incorporating their publishing activities or the placement of an advertisement in Tunel in their activity plans for 2008 and following years. Of course, the same appeal applies to all readers, members of the ITA/AITES national committees and foreign companies involved in underground engineering businesses.

One of the Tunel publisher's objectives for 2008 is to start to obtain reviews of all papers published in Tunel, with the first review to be presented in the issue 2/2008. The editorial board believes that this innovation will yield further improvement of the quality of the content and enhancement of the prestige of the magazine.

Regarding the magazine issue 1/2008, let me draw your attention to the fact that it contains three papers submitted by Metrostav a.s., which is the largest Czech company in terms of the quantity of underground construction work. The first paper informs about the finishing of the work on the Line IVC2 of the Prague Metro, where the commencement of the commercial service is planned for May 2008, whereas the next paper is dedicated to the driving of tunnels under the Vltava River and Královská Obora (Royal Deer Park) in Prague, which are parts of the Blanka complex of tunnels, which is currently the largest underground construction project in the Czech Republic (a segment of the Prague City Circle Road). The third paper was written by Ing. Miroslav Zelenka. It deals with the construction of the right tube of the Lučice motorway tunnel, which is being carried out by Metrostav a.s. in Croatia, in geology rich in karst phenomena.

A survey into the ageing of underground structures, investigating possibilities of reliable indication of the technical condition of components of dynamically loaded building structures by means of monitoring and microelectromechanical measurement systems, is the topic of the paper 'Monitoring of Prague metro tunnel lining for the purpose of assessing its technical condition'.

An important topic, safety in road tunnels, is dealt with in an article by Prof. Pavel Příbyl, CSc. and Ing. Milan Košťál, Ph.D. Detailed information on the development of the Madrid Metro is provided by Dr. Ing. Jan Pruška, whereas the tunnel constructions planned for the railway line between Benešov and Votice are described in a paper by Ing. Gramblička, Ing. Mára and Ing. Mařík.

I believe that if you, in addition, look at the content of the regular columns in the magazine, you will find the content to be sufficiently interesting and chequered.

Remember, Tunel magazine is here for your use - not only for reading, but also for your writing and advertising!

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
Editor-in-Chief and Secretary of the ITA/AITES CTuK



VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

časopis TUNEL, který právě dostáváte do ruky, obsahuje materiály o několika stavbách, kde pracuje Metrostav a. s. Ať jde o právě končící stavby trasy IVC2 pražského metra a tunelu Lučica v Chorvatsku, probíhající ražby na Islandu nebo začínající stavbu tunelů Blanka v Praze, jde vždy o projekty, které reprezentují úroveň českého podzemního stavitelství v celé jeho pestré škále. Myslím, a loňský pražský kongres to prokázal velice důrazně, že český podíl na otevírání jednoho z posledních volných prostorů – podzemí – je důstojný a že v tomto oboru jsme v přední části světového pelotonu.

Nejde přitom jen o ohlédnutí na dosud provedené práce, úroveň a pověst oboru v té které země ovlivňuje i jeho perspektiva, očekávání, které vyvolává u veřejnosti, a řešení úkolů, které jsou mu nabízeny.

Práce, především v dopravní infrastruktuře, zřejmě nejsou ohraničeny ničím jiným než našimi schopnostmi. Nemyslím tím jen dnes se rodící projekt železničního tunelu Praha–Beroun, ale i postupně směřování stále většího množství kapacitní automobilové dopravy pod zem. Efekt, který přinesla pražskému Smíchovu pouhý kilometr dlouhá Mrázovka, a dalekosáhlé dopady do dopravy v několika městských částech, které přinesou tunely Blanka, jsou a budou lákavým příkladem pro řešení stále se zvyšujících městských problémů s automobilem. Jestliže dnes se nám zdá, že obdobná řešení jsou možná pouze ve velkých aglomeracích, jako jsou Praha či Brno, tak zítra se bude jednat o další města a obce, které nezbytně ke svému rozvoji budou potřebovat řešení podobná, a to nejen pro odvedení tranzitní dopravy, ale k řešení vnitřních dopravních problémů.

Na tyto úkoly musí být české stavebnictví připraveno vytvořit kapacity finanční, technické i lidské. Zatímco kapacity finanční vytváří slibný ekonomický růst státu a kapacity technické jsou rychle dosažitelné, tak kapacity lidských zdrojů jsou omezené a jejich doplnění a nezbytně nutné posilování je v současnosti velice obtížné. Přístupu nové krve do našeho oboru brání konkurence objektivně lehčích možností získání vzdělání v jiných, především humanitárních, oborech, zrovna tak jako náročnost a odpovědnost, která na absolventy čeká po nástupu na naše stavby či do našich projektových pracovišť.

Metrostav a. s. si byl vždy vědom toho, že lidské zdroje jsou limitujícím faktorem rozvoje nejen všech firem v oboru, ale i oboru samotného. Proto věnoval a i v současnosti věnuje kvalitě lidského potenciálu nemalé úsilí. V současné době se snažíme zvýšit zájem nové generace o studium technických vysokých škol a spolupracujeme se studenty již od nižších ročníků, nabízíme jim uplatnění ve společnosti během studia a následně zaměstnání. Loni jsme zahájili úzkou spolupráci s ČVUT Praha na Podzemním výukovém středisku Josef, kde poprvé budou mít studenti podzemního stavitelství možnost podzemí nejen vidět, ale také v něm pracovat. Nebudou se tak opakovat situace, kdy absolvent se dostane do raženého objektu až ve chvíli, kdy má práce v tomto prostředí řídit a za ně odpovídat. V neposlední řadě je nutno zmínit, že jsme začali masivně podporovat i školství učňovské a naším cílem je získávat tak ročně alespoň sto kvalifikovaných dělníků na naše stavby.

Péče o rozvoj lidských kapacit se, vážení čtenáři, stává stále naléhavější především v tak specializovaném oboru, jakým podzemní stavitelství nesporně je. Záleží pouze na nás, jak si svoji budoucnost připravíme. Měli bychom si již dnes uvědomit, že další rozvoj našeho oboru záleží především na nás samých, na tom, jak se připravíme na příští výzvy na nás kladené a na tom, jaké nástupce si vychováme.

DEAR READERS,

The issue of TUNEL which you have just received contains papers on several construction projects which are being implemented by Metrostav a.s. All of them (i.e. the currently finishing projects of the IVC2 extension of the Prague metro and the Lučica tunnel in Croatia, the ongoing excavation of tunnels in Iceland or the Blanka complex of tunnels in Prague, where the work has recently started) represent the level of Czech underground construction throughout its chequered range. In my opinion, which was very convincingly confirmed by the last year's World Tunnel Congress in Prague, the Czech contribution to the activities focused on the opening of one of last free spaces, the underground, has been respectable and our republic belongs among the countries found at the cutting edge of this field.

The work which has been carried out till now is not the only criterion for the assessment of the level and reputation of the underground construction industry in a particular country. There are even other aspects, such as the prospects, expectations evoked in the public and the ability to accomplish the tasks assigned to the industry.

There are probably no other limits to our work, first of all the work related to the field of transport-related infrastructure, than those imposed by our capabilities. I do not mean only the Prague – Beroun railway tunnel project, which is currently being prepared, but also the gradual increase in the volume of vehicular traffic which is directed underground. The effect on the Prague district of Smíchov which was produced by the only one kilometre long Mrázovka tunnel, as well as the extensive changes in the traffic in several districts of Prague which will result from the construction of the Blanka tunnels, are and will become tempting examples of solutions to the ever growing problems of motor vehicles in cities. If it seems to us today that similar solutions are applicable only to big cities, such as Prague or Brno, we will see tomorrow that there will be other towns and municipalities where similar solutions will be necessary for their development – not only to divert transit transportation routes but also to deal with internal traffic problems.

The Czech construction industry must be prepared to develop financial, technical and human resources which will be adequate to these tasks. While the financial resources are being developed owing to the promising economic growth of the state and the technical sources are easy to obtain, human resources are limited and hard to replenish and increase, which is today critical for us. The efforts to bring some new blood to our industry are hampered due to the competition with objectively easier opportunities to receive education in other fields, mainly humanitarian, as well as the exactingness and responsibilities which the graduates will have to cope with when they enter our construction sites or project management teams.

Metrostav a.s. has always been aware of the fact that human resources are a limiting factor not only for all companies within the industry but also for the industry itself. For that reason, it has paid significant attention to the quality of man power. Currently we are trying to increase the interest of the new generation in studies at technical universities by means of collaboration with students, starting from third-year undergraduates, offering them personal fulfilment in our company during the studies and employment after graduation. Last year, we developed close collaboration with the Czech Technical University in Prague, at the Josef Underground Training Centre, where, for the first time, underground engineering students will be given the opportunity not only to see the underground but also to work there. Thus the situations where a graduate gets to a mined construction site as late as the moment when he or she is expected to control the work in this environment and be accountable for it will be avoided. At last but certainly not least, I must mention the fact that we have started to support even vocational schools, with the aim of attracting annually at least a hundred of qualified workers for our construction sites.

Dear readers, the care of the development of human resources has become very acute, above all for such a specialised industry as underground construction. We are the only ones to be held responsible for the preparation of our future. We should realise now that the further development of our industry depends, first of all, on us, how we will gear up for future challenges thrown down to us and what the level of the preparation of our successors will be.



ING. JIŘÍ BĚLOHLAV
generální ředitel Metrostav a.s.
CEO Metrostav a.s.

VÝSTAVBA SILNIČNÍHO TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA V PRAZE STAVBA 0079 – TUNEL MEZI ŠPEJCHAREM A PELC-TYROLKOU

DEVELOPMENT OF BLANKA ROAD TUNNEL COMPLEX IN PRAGUE CONSTRUCTION LOT 0079 – TUNNEL BETWEEN ŠPEJCHAR AND PELC-TYROLKA

JAN KVAŠ, RADOVAN CHMELÁŘ

ÚVOD

Silniční tunelový komplex Blanka bude tvořit velmi důležitou a potřebnou součást Městského okruhu v Praze, který společně s Pražským okruhem a spojnicovými radiálními bude tvořit ucelený systém dopravního řešení hlavního města Prahy. Rozsáhlá liniová stavba nazvaná Blanka je budována v rámci výstavby severozápadní části Městského okruhu. Její celková délka činí 6,382 km. Tato dopravní stavba doplní již provozovanou část okruhu délky 17 km s tunely Zlíchovským, Mrázovkou a Strahovským. Po zprovoznění celé stavby, které je předpokládáno v roce 2011, bude tunel mezi Špejcharem a Pelc-Tyrolkou nejdelším raženým tunelem v České republice.

Tunel Špejchar – Pelc-Tyrolka (ŠPELC) lze označit též jako „tunel Královská obora“. Jedná se o úsek dvou jednosměrných tunelových trub od křižovatky U Vorlíků na Letné, které začínají krátkým hloubeným a pokračují raženým úsekem vedoucím pod letenskou zástavbou, přírodním parkem Stromovkou (neboli Královskou oborou), pod plavebním kanálem, Císařským ostrovem i vlastním řečištěm Vltavy. Na trojský portál tunelových trub navazují ještě hloubené tunely. Celková délka trasy tunelů je 3,09 km, z toho je ražených 2,230 km. Délkou bude překonán dálniční tunel Panenská v severních Čechách (na hranici se SRN), který je zatím nejdelším souvislým raženým tunelem na území ČR.

ZÁKLADNÍ POPIS TUNELŮ

Ražená část tunelu Špejchar – Pelc-Tyrolka je členěna na dvoupruhové a třípruhové úseky v každém směru. Počet jízdních pruhů odpovídá

INTRODUCTION

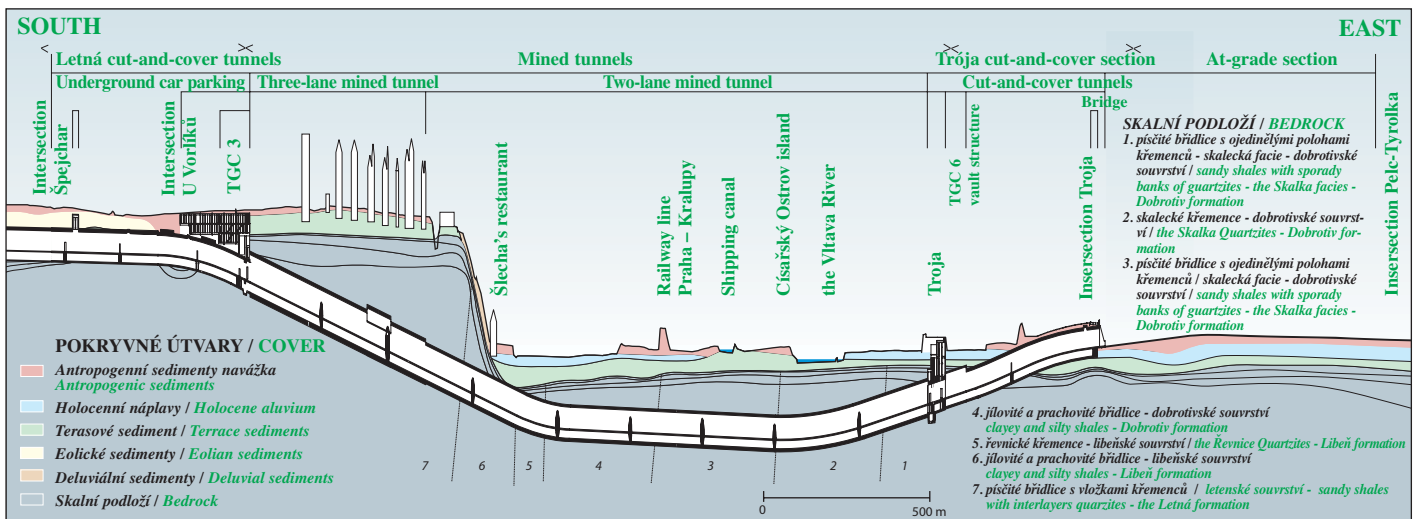
The Blanka road tunnel complex is a very important and necessary part of the City Circle Road (an inner circle) in Prague, which will, together with the Prague City Ring Road (an outer circle) and a system of radial roads, form an integrated system of the transportation solution for the City of Prague. The extensive linear construction project Blanka is being implemented within the framework of the development of the north-western part of the City Circle Road. The overall length amounts to 6.382 km. This transport-related construction will be added to the already operating, 17 km long part of the Circle Road containing the Zlíchov, Mrázovka and Strahov tunnels. When the whole project is completed and opened to traffic, which is expected to happen in 2011, the tunnel between Špejchar and Pelc-Tyrolka will become the longest tunnel in the Czech Republic and one of the longest urban tunnels in Europe.

The Špejchar – Pelc-Tyrolka (ŠPELC) tunnel can be also called “the Královská Obora tunnel”. It is the section consisting of two unidirectional tunnel tubes starting from the U Vorlíků intersection in Letná, which have a short cut-and-cover part at the beginning and continue in the form of mined tunnels under existing buildings in Letná, the natural park of Stromovka (or Královská Obora), a shipping canal, Císařský Ostrov island and the bottom of the Vltava River itself in the Troja district. There is a cut-and-cover tunnel section connecting to the Troja portal of the mined section. The aggregate length of the tunnel route is 3.09 km; of this length, the mined tunnel takes 2.230 m. In terms of the length, the Panenská tunnel in Northern Bohemia (on the border with the FRG), which is currently the longest continuous mined tunnel in the Czech Republic, will be topped by ŠPELC.



Obr. 1 Celková situace plánovaných komunikací s tunelem ŠPELC (SATRA spol. s r. o.)

Fig. 1 Overview of planned roads and the ŠPELC tunnel (SATRA spol. s r. o.)



Obr. 2 Podélný řez tunelem ŠPELČ s vyznačením geologických vrstev
Fig. 2 ŠPELČ tunnel – a longitudinal section showing geological layers

plánované intenzitě dopravy, podélnému sklonu trasy a je uzpůsoben napojení ramp mimoúrovňových křižovatek propojujících okruh s povrchovou dopravní sítí. Dvoupruhové úseky tunelů jsou navrženy v úseku z Troje směrem na Letnou v délkách 1649 m v severní tunelové troubě a 1791 m v jižní tunelové troubě. Zbývající úseky v severní (582 m) a v jižní tunelové troubě (433 m) budou vyraženy jako tunely třípruhové. Příčný průřez výrubu dvoupruhového tunelu je 123,7 m² a třípruhového 172,6 m².

Při výstavbě ražených tunelů Špejchar – Pelc-Tyrolka se očekává několik kritických míst. Prvním obtížným úsekem ražby od trojské strany je podchod řeky Vltavy dvěma raženými tunelovými tubusy. Jde o historicky v pořadí již čtvrtou dopravní tunelovou trasu vyraženou v Praze pod korytem řeky Vltavy. Současná ražba městských tunelů následuje za výstavbou tratových tunelů několika tras pražského metra. V tomto případě je však dosaženo největšího výrubního průřezu (123,7 m²) při minimálním nadloží pod dnem Vltavy 14,5 m.

Druhým a pravděpodobně nejtěžším úsekem ražby tunelů je oblast bývalé Šlechty restaurace ve Stromovce. Jedná se o úsek délky cca 160 m od úpatí svahu Letné do Stromovky. Tunelové trouby zde procházejí místy s minimálním skalním nadložím (cca 1,5 m), nad kterým jsou již zvodnělé šterky údolní terasy Vltavy. Ražba zde bude prováděna v obtížných geotechnických podmínkách. Předpokládá se výskyt měkkých a místy tektonicky porušených jílovitých libeňských a dobrotivských břidlic spolu s rozpukanými řevnickými křemenci se silnými přítoky podzemní vody. Z těchto důvodů je v tomto úseku ještě před ražbou vlastních tunelů prováděna trysková a tlaková sanační injektáž.

Třetím obtížným úsekem ražby je výstavba složitěho komplexu ražených podzemních technologických objektů pod obytnou zástavbou na Letné. Vzduchotechnické objekty byly navrženy pro zajištění požárního a provozního větrání převážně části ražených tunelů úseku Královská obora. Jedná se o strojovnu vzduchotechniky, propojovací, přívodní a odvodní vzduchotechnické kanály a šachty. Největším objektem tohoto technologického komplexu je strojovna vzduchotechniky, která je umístěna paralelně s trasou tunelů. Plocha výrubu strojovny vzduchotechniky činí téměř 300 m², její délka je 125 m při výšce skalního nadloží cca 25 m. Do objektu strojovny vzduchotechniky jsou zaústěny přívodní a odvodní vzduchotechnické kanály. Tento složitý podzemní uzel zde byl navržen s ohledem na předpokládané příznivé geologické podmínky reprezentované převážně pevnými písčivými břidlicemi letenské souvrství.

GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Skalní podloží, ve kterém se razí celý tunel Špejchar – Pelc-Tyrolka, tvoří ordovické sedimentární horniny náležející do klasického geologického útvaru Barrandienu. Jedná se vesměs o písčité či jílovité břidlice a jemnozrné křemence (popřípadě křemenné pískovce). Při ražbě bude postupně zastíženo souvrství dobrotivské, libeňské a souvrství letenské. Pro technické potřeby je výhodnější hodnocení litologické. Nezávisle na stratigrafickém zařazení můžeme vyčlenit skupiny hornin s podobnými podmínkami vzniku a tedy i s obdobným petrografickým složením. Jde o tyto litologické typy:

- písčité břidlice s ojedinělými lavičemi jemnozrných křemenců a křemenných pískovců – souvrství dobrotivské,

BASIC DESCRIPTION OF THE TUNNELS

The mined part of the Špejchar – Pelc-Tyrolka tunnel consists of double-lane and triple-lane sections in each direction. The number of traffic lanes corresponds to the planned traffic volume, longitudinal gradient of the route, and is adjusted to the connections of ramps of the grade-separated intersections which link the Circle Road with the surface traffic network. The design requires the double-lane sections of the tunnels to be in the section from Troja towards Letná, at the lengths of 1649m and 1791m in the northern tube and southern tube respectively. The remaining sections in the northern mined tunnel tube (582m long) and southern tube (433m) will be of a three-lane type. The excavated cross sectional areas of the double-lane and triple-lane tunnel tubes is 123.7 m² and 172.6 m² respectively.

There are several locations which are expected to be critical during the course of the construction of the Špejchar – Pelc-Tyrolka mined tunnels. The first difficult section of the excavation from the Troja side is the passage of the two mined tunnel tubes under the Vltava River. This tunnel route is already the fourth transportation route in Prague passing under the Vltava riverbed. The current excavation of the urban tunnels follows after the construction of running tunnels of several lines of the Prague Metro. In this particular case, the excavated cross sectional area of 123.7m² is the largest of all, with the minimum overburden height of 14.5m under the Vltava bottom.

The second, probably most difficult section of the tunnel route is the area of the former Šlechta's restaurant in Stromovka Park. It is a 160m long section, leading from the foot of the Letná slope to Stromovka Park. The tunnel tubes pass through locations with a minimum rock cover (about 1.5m), which is overlain only by water bearing layers of gravel, forming a Vltava flood-plain terrace. The geotechnical conditions will be difficult for the excavation in this section. It is expected that it will consist of weak to locally tectonically faulted Libeň and Dobrotiv clayey shales, together with broken Řevnice quartzites with intense inflows of ground water. For the above reasons, the ground conditions are improved in this section, in advance of the tunnel excavation, by means of jet grouting and pressure grouting.

The third difficult section of the excavation is the construction of a complex system of mined underground structures for equipment and service purposes under existing buildings in Letná. Ventilation-purpose structures will provide fire ventilation and operating ventilation for the major part of mined tunnels in the Královská Obora section. They consist of a ventilation plant cavern, connecting, intake and outlet ducts and shafts. The largest structure of this system is the ventilation plant cavern, which is positioned in parallel with the tunnel route. The excavated cross sectional area and length of the ventilation plant cavern are nearly 300 m² and 125m respectively; the rock cover is about 25m thick. The intake and outlet ventilation ducts are linked to the ventilation plant cavern. This complex underground node was designed to be developed in the given location with respect to the anticipated existence of favourable geological conditions, which are mainly represented by strong sandy shales of the Letná Member.

- křemenné pískovce až jemnozrnné křemence s vložkami písčitých a jílovitých břidlic – skalecké křemence – souvrství dobrotivské,
- jílovité až prachovitojílovité břidlice – souvrství dobrotivské,
- křemenné pískovce až jemnozrnné křemence s vložkami jílovitých břidlic – řevnické křemence – souvrství libeňské,
- jílovité až prachovitojílovité břidlice – souvrství libeňské,
- písčité břidlice s vložkami jemnozrnných křemenců či pouze písčité břidlice – souvrství letenské.

Horninový masiv skalního podloží byl v geologické minulosti nejprve varisky zvrásněn a následně pak rozlámán podél zlomových linií. Kvartérní pokryvné útvary tvoří v oblasti Letné především letenská terasa, eolické sedimenty a navážky. V oblasti Stromovky, Císařského ostrova a Troje pokryvné útvary tvoří šterkovité terasové sedimenty údolní (maninské) terasy a hlinité holocenní náplavy.

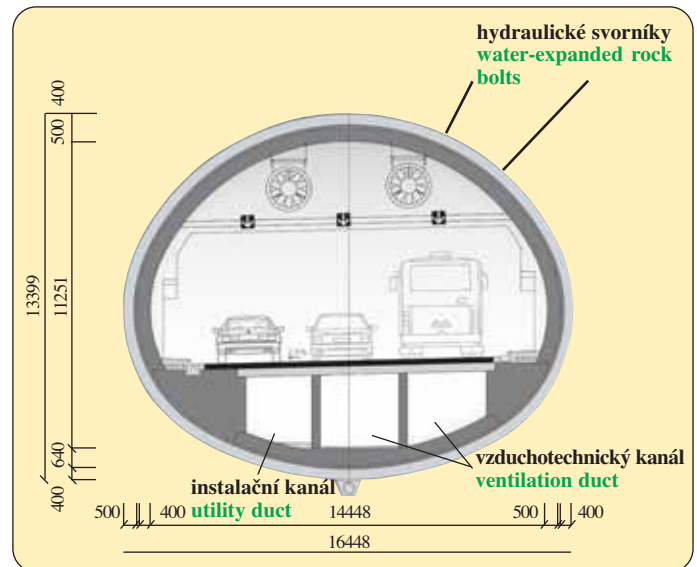
Podzemní voda v oblasti tunelů je vázána jednak na prostředí s průlinovou propustností – pokryvné útvary (především pak terasové sedimenty Vltavy), a jednak na prostředí s puklinovou propustností – ordovické horniny skalního podloží. Výrazně zvodnělé jsou sedimenty údolní (maninské) terasy na obou stranách Vltavy. Jak na trojské straně, tak i v celé Stromovce až po úpatí Letné.

VÝSTAVBA TUNELŮ

Ražba tunelů a budování primárního ostění se provádí podle zásad Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Konstruktivní řešení ostění a technologie ražby jsou navrženy podle technologických tříd (TT) NRTM, které zohledňují kvalitu horniny, velikost výrubu a z toho vyplývající předpovědi chování nosného systému primárního ostění. Zatřídění do jednotlivých technologických tříd je prováděno jednak na základě tunelářské klasifikace QTS, která byla vytvořena pro pražské prostředí, a jednak na základě výsledků geotechnického monitoringu. Toto zatřídění horninového masivu provádí nezávislá organizace jako jednu z činností komplexního geomonitoringu celé stavby. Předpokládá se zastížení technologických tříd NRTM 3, 4, 5a s délkou záběru od 0,8 do 2,25 m. Pro úseky ražeb, kde existují nadřazené priority (např. bezpečnost ražby pod vodním tokem) byly technologické třídy modifikovány.



Obr. 4 Letecký pohled na portály STT a JTT ve stavební jámě Troja
Fig. 4 NTT and STT portals in the construction trench in Troja – an aerial view



Obr. 3 Příčný řez v úseku třípruhového tunelu ŠPELČ (SATRA spol. s r. o.)
Fig. 3 ŠPELČ tunnel – a cross section of the three-lane tunnel structure (SATRA spol. s r. o.)

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

The bedrock through which the whole Špejchar – Pelc-Tyrolka tunnel is driven consists of Ordovician sedimentary rocks of the classical geological formation of Barrandian. It is mostly a mixture of sandy or clayey shales and finely grained quartzites (or quartzose sandstones). The excavation will, step by step, encounter the Dobrotiv, Libeň and Letná Members. A lithological assessment of the ground conditions is more suitable for technical purposes. Independently of the stratigraphic classification, we can identify rock groups which originated in similar conditions and, therefore, even their petrographic composition is similar. The following lithological types are in question:

- sandy shales with sporadic banks of finely grained quartzites and quartzose sandstones – the Dobrotiv Member
- quartzose sandstones to finely grained quartzites with interlayers of sandy shales and clayey shales – the Skalec Quartzite – the Dobrotiv Member
- clayey to silty-clayey shales – the Dobrotiv Member
- quartzose sandstones to finely grained quartzites with interlayers of clayey shale – the Řevnice Quartzites – the Libeň Member
- clayey to silty-clayey shales – the Libeň Member
- sandy shales with interlayers of finely grained quartzites or only sandy shales – the Letná Member.

In the geological history, the rock mass forming the bedrock was first folded during the Variscan orogeny, subsequently it was broken along fault lines. Quaternary superficial deposits form, in the Letná area, mainly the Letná terrace, aeolian sediments and man-made ground. In the areas of Stromovka Park, Císařský Ostrov island and Troja, the superficial deposits form gravelly terrace sediments of the flood-plain (Maniny) terrace and loamy Holocene alluviums.

Ground water in the area of the tunnels is bound either to bodies exhibiting intrinsic permeability – the covering bodies (above all the Vltava River terrace sediments) or to bodies with fissure permeability – the Ordovician rock in the bedrock. The sediments forming the flood-plain (Maniny) terrace on both sides of the Vltava are significantly saturated, both on the Troja side and in Stromovka Park, up to the base of the Letná slope.

TUNNEL CONSTRUCTION

The tunnel excavation and construction of the primary lining is carried out in accordance with the NATM principles. The structure of the lining and the excavation technique were designed according to NATM excavation support classes, which were determined with respect to the rock quality, the dimensions of the excavated opening and the prediction about the behaviour of the primary lining support system following from the quality and dimensions. The determination of individual excavation support classes is carried out on the basis of both the QTS tunnelling classification, which was developed for the Prague environment, and the results of geotechnical monitoring. The rock mass classification is performed by an



Obr. 5 Osazování sítě a rámu Bretex v kalotě STT

Fig. 5 Installation of steel mesh and Bretex lattice girders in the NTT top heading

Pod řekou Vltavou byla volena modifikovaná technologická třída 3H, pro příportálové úseky v Troji byla volena třída NRTM 5a s uzavřenou spodní klenbou.

Razičské práce byly zahájeny na severní tunelové troubě (STT) 9. července 2007 uložení sošky sv. Barbory do portálu tunelu na trojské straně. Ražba jižní tunelové trouby (JTT) byla dle plánu zahájena s měsíčním odstupem za STT. Vyšším dodavatelem stavby tunelu ŠPELČ je Metrostav a. s. Severní tunelovou troubu razí Metrostav – divize 5, zatímco výstavbu JTT zahájila společnost Subterra.

Vlastní ražba probíhá s pomocí standardních strojních sestav s uplatněním kombinace strojního rozpojování horniny na čelbě tunelovým bagrem a použitím trhačích prací. Tunel Špejchar – Pelc-Tyrolka je v současné době ražen z portálu Troja dvěma strojními sestavami a jednou nekompletní, která je složena z klíčových záložních mechanismů. Použitou strojní sestavu zde tvoří:

- vrtací vůz Atlas Copco L2C total – pro vrtné práce (vrtání čelby a otvorů pro svorníky)
- razič stroj – tunelbagr Liebherr R934 – rozpojování a nakládání rubaniny
- kolový nakladač Volvo 180 S, 120E – pro nakládku rubaniny
- manipulátor s čerpadlem Meyco Potenza pro aplikaci stříkaného betonu
- důlní pracovní plošiny Atlas Copco DC16/HL
- dampry Volvo A 25 4x4 a 6x6 – pro odvoz rubaniny

Výrub dvoupruhového tunelu je členěn horizontálně na kalotu, opěří a dno. Ve vytipovaných úsecích obou tunelových trub je z důvodu minimalizace sedání povrchu navrženo svislé členění celého výrubu tunelu či kombinace svislého členění kaloty a horizontálního pobírání opěří a dna tunelu. Výrub je zajišťován primárním ostěním ze stříkaného betonu třídy C 20/25 s proměnlivou tloušťkou od 250 mm do 300 mm (v závislosti na technologické třídě NRTM), vyztuženým příhradovými rámy Bretex z betonářské oceli, dvěma ocelovými sítěmi 150/150/6,3 mm a hydraulicky upínanými svorníky Wibolt EXP 120 délky 4 m v dvoupruhovém tunelu a 6 m v třípruhovém tunelu nebo po délce nouzového zálivu. Počty svorníků se liší podle zastížené technologické třídy NRTM od 5 do 12 kusů na 1 záběr. V celé délce tunelu se předpokládá nástřik mokré betonové směsi. Pouze pro úsek průchodu pod Vltavou byla připravena varianta použití stříkání suché betonové směsi z důvodu snazšího zastavení očekávaných přítoků vody do díla. Tuto variantu nebylo třeba u první tunelové trouby využít. Úsek byl proveden standardním způsobem s upravenou recepturou betonové směsi pro mokré stříkání.

Na základě zkušeností z průchodu severní tunelové trouby (STT) úsekem pod korytem Vltavy lze konstatovat, že předstihové sanační a zmnšící práce realizované z předem vyražené průzkumné štoly výrazně zmnšily zejména puklinovou propustnost ve skaleckých křemencích. Kontrola úspěšnosti sanačních injektáží provedená pomocí presiometrických zkoušek ve vrtech z průzkumné štoly potvrdila zvýšení tuhosti horninového masivu. Došlo k vyplnění rozevřených puklin horninového masivu, což mělo za následek výrazné snížení přítoků podzemní vody do čela výrubu.

Ražba vlastních tunelů je prováděna v místech, kde je již předražena průzkumná štola s napojením do odvodňovací jímky s čerpací šachtou. V průběhu výstavby nastala komplikace s nutností projít ražbou STT v těsné blízkosti odvodňovací jímky. Jímka byla zřízena již při ražbě průzkumné štoly v jejím nejnižším místě. Z ní se odvádí podzemní vody

independent organisation, as one of the activities of the comprehensive geotechnical monitoring for the whole of the project. The NATM excavation support classes 3, 4 and 5a are expected to be encountered, with the round lengths ranging from 0.8m to 2.25m. The excavation support classes were modified for the tunnel excavation sections where other priorities exist (e.g. the safety of excavation under a riverbed). The modified excavation support class 3H was selected for the passage under the Vltava River, while the NATM class 5a with the profile closed by an invert was chosen for the portal sections in Troja.

The tunnel excavation work started on 9th July 2007 on the northern tunnel tube (NTT) by the installation of St. Barbara's statuette into the tunnel portal on the Troja side. The excavation of the southern tunnel tube (STT) started, in compliance with the plan, with a one-month delay after the NTT. The main contractor for the ŠPELČ tunnel construction is Metrostav a.s. The northern tunnel tube is driven by Division 5 of Metrostav a.s., while Subterra a.s., a sub-contractor, started the excavation of the STT.

The tunnel excavation itself is performed using standard equipment sets, combining mechanical rock disintegration at the face by a tunnel excavator with the drill-and-blast technique. The Špejchar – Pelc-Tyrolka tunnel is currently being driven from the Troja portal, using two complete equipment sets and one incomplete set containing key standby machines. The equipment set comprises:

- an Atlas Copco L2C Total drilling rig – for the drilling of holes for the blasting and rock bolts
- a tunnelling machine – a Liebherr R934 tunnel excavator – rock disintegration and loading of muck
- a Volvo 180 S, 120E wheeled loader – loading of muck
- a Meyco Potenza manipulator with a pump – application of shotcrete
- an Atlas Copco DC16/HL mine access platform
- Volvo A 25 4x4 and 6x6 dumpers – removal of muck.

The excavation of the double-lane tunnel is divided horizontally into three sequences, i.e. a top heading, bench and invert. A vertical excavation sequence or a combination of the vertical sequence in the top heading and horizontal sequence covering the bench and invert excavation is designed for selected sections of both tunnel tubes, with the aim of reducing the surface settlement. The excavation support is provided by a primary lining, which is provided by a 250mm to 300mm thick layer (depending on the NATM class) of sprayed concrete of the C 20/25 grade, Bretex lattice girders (produced using concrete reinforcement bars), two layers of 150/150/6.3mm mesh and Wibolt EXP 120 friction bolts expanded by pressurised water (4m long in the double-lane tunnel and 6m long in the triple-lane tunnel or throughout the lengths of the lay-bys). The numbers of rock bolts vary from 5 to 12 pieces per round, depending on the excavation support class encountered. The shotcrete will be applied using the wet process throughout the length of the tunnel, with the exception of the passage under the Vltava River for which the dry process was prepared as a variant because it can easier stop water inflows to the excavation. The use of this variant was not necessary during the excavation of the first tunnel tube. The passage was carried out in the standard way, with the formula for the wet process sprayed concrete adjusted.

We can state, on the basis of the experience gained during the passage of the NTT under the Vltava riverbed, that the pre-excitation grouting and sealing grouting which had been performed prior to the excavation from within the exploration gallery significantly reduced the permeability, most



Obr. 6 Pohled do STT po vyražení opěří tunelu

Fig. 6 View inside the NTT after the completion of the bench excavation



Obr. 7 Odstavená mechanizace při práci na čelbě JTT

Fig. 7 Tunnelling equipment waiting for action at the STT excavation face

z obou ražených tunelových trub na povrch. Přítok do ražených děl se pohybuje v době sepsání tohoto článku v rozmezí cca 70 – 100 l/s. S ohledem na toto množství nebylo možné čerpání přerušit ani při průchodu ražby STT. Čerpací potrubí muselo být převedeno přes výrub STT za provozu.

Při nepřetržitém čtyřsměnném provozu byl zatím dosažen při ražbě kaloty maximální výkon 147 m za měsíc.

DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ TUNELŮ

Ražené tunely jsou navrženy jako dvouplášťové. Primární a definitivní ostění i mezilehlá izolace jsou uzavřené. Pro zajištění vodotěsnosti ražených tunelů byl navržen speciální hydroizolační systém z PE izolační fólie.

Definitivní ostění ražených tunelů je navrženo z monolitického železobetonu jako uzavřené v celé délce tunelu ŠPELC s protiklenbou. Dispozičně každá tunelová trouba v příčném řezu sestává z dopravního prostoru nad vozovkou a pod ním umístěných požárních vzduchotechnických kanálů a instalačních kanálů pro rozvod inženýrských sítí. Při betonáži definitivního ostění budou v souběhu se spodní klenbou budovány i některé části vnitřních konstrukcí (deska a stěna nesoucí vozovku). Do betonové směsi horní klenby budou přidávána polypropylenová vlákna sloužící jednak jako ochrana proti vzniku trhlinek od počátečního smrštění betonu, jednak jako účinný prostředek pro snížení vlivu požáru na destrukci povrchové plochy či případně celé klenby definitivního ostění.

ZÁVĚR

K 1. 12. 2007 se kalota posunula v severní tunelové troubě již pod Císařský ostrov na vzdálenost 550 m od portálu. Byl překročen nejnižší bod tunelu, a tak z úpadní se ražba změnila na ražbu dovrchní. Ražba opěří v STT probíhá s odstupem od čelby kaloty 150 m. Ražba jižního tunelu (JTT) se nachází k výše uvedenému datu pod korytem Vltavy na 352 m od portálu. Ražba opěří je prováděna 200 m v odstupu od čelby kaloty. Výstavba tunelových trub Špejchar – Pelc-Tyrolka úspěšně zdolává první z problematických úseků na své trase. Oproti předpokladům byl úsek STT ve skaleckých křemencích pod korytem Vltavy méně zvodnělý. Svou pozitivní roli zde nesporně sehrálo jak vyrazení průzkumné štoly (především její drenážní účinek), tak i provedení sanačních injekcí. Rozsah celé stavby je mimořádný a srovnat jej lze pouze s výstavbou prvního provozního úseku pražského metra. Odpovídá tomu i délka přípravy stavby, množství vyvolaných investic, počty přeložek inženýrských sítí, organizace městské hromadné dopravy, navazující autobusové dopravy, koordinace a organizace celé výstavby. V průběhu realizace, ale hlavně ve výsledném efektu, dojde k ovlivnění dopravního života převážně části hlavního města a po dokončení ke značnému zlepšení životního prostředí. Převedením dopravy do podzemí bude příznivě ovlivněno i území na hranicích historického centra Prahy, zapsaného do seznamu kulturního a historického dědictví UNESCO. Dokončení a zprovoznění severozápadní části Městského okruhu umožní po dlouhých desítkách let znovu otevřít problematiku tzv. Severojižní magistrály. Cílem bude adaptovat ji do nového pojetí historických částí města, z nichž by měla být vyloučena veškerá tranzitní doprava.

ING. JAN KVAŠ, kvas@metrostav.cz, METROSTAV a. s.,
RNDr. RADOVAN CHMELAR, Ph.D.,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS a. s.

of all the fissure permeability of the Skalec Quartzite mass. A check on the success of the pre-excitation grouting, which was performed by means of pressuremeter tests in boreholes from the exploration gallery, confirmed that the toughness of the rock mass increased. Open fissures in the rock mass were filled and, as a result, ground water flows to the heading were significantly reduced.

The excavation of the tunnels is carried out in locations where the exploration gallery was driven beforehand and connected to a drainage sump and a pumping shaft. A complication occurred during the course of the construction when the NTT excavation had to pass in close vicinity of the drainage sump. The sump had been built during the excavation of the exploration gallery, at its lowest point. Water from both mined tunnels is evacuated from the sump to the surface. The inflow to the mined spaces varied between 70 and 110 l/s at the moment when this paper was being written. With respect to this amount, the pumping could not be interrupted during the passage of the NTT excavation past the sump. The pumping pipeline had to be diverted to allow the crossing of the NTT excavation without any interruption to the mining operations.

The maximum output which has been achieved during the continuous 4-shift operation is 147m per month.

FINAL TUNNEL LINING

The mined tunnels are of a two-shell design. The primary and final linings and the intermediate waterproofing are closed systems. A special waterproofing system using a PE membrane was designed for the mined tunnels.

The design of the final lining of the mined tunnels is that of a cast-in-situ reinforced concrete structure, closed by an invert throughout the length of the ŠPELC tunnel. The cross section of each of the tunnel tubes contains a traffic space above the road surface and fire ventilation ducts and utility ducts below the road surface. Some parts of internal structures (the slab and the wall carrying the roadway) will be built concurrently with the casting of the inverted arch of the final lining. Polypropylene fibres will be added to the concrete mixture used for the casting of the upper vault. The fibres will prevent the cracking of concrete during the initial concrete shrinking phase and will serve as an effective means of reducing the destructive effect of a fire on the surface or even the entire vault of the final lining.

CONCLUSION

As of 1. 12. 2007, the top heading in the northern tunnel tube was found under Císařský Ostrov island, at a distance of 550m from the portal. The lowest point of the tunnel had been overcome, thus the downhill driving changed to uphill. The bench excavation in the NTT proceeds at a distance of 150m behind the top heading face. As of the above-mentioned date, the excavation face of the southern tunnel tube (STT) was found under the Vltava riverbed, 352m from the portal. The bench excavation follows at a distance of 200m behind the top heading face. The construction of the tunnel tubes between Špejchar and Pelc-Tyrolka is successfully passing the first of the problematic sections of the route. Surprisingly, the Skalec quartzites in the NTT section under the Vltava River were less saturated than expected. Among other reasons, it was so, undoubtedly, owing to the positive role of the excavation of the exploration gallery (mainly its drainage effect) and the pre-excitation grouting. The extent of the whole project is exceptional; it can be compared only to the construction of the first operating section of the Prague underground railway. The duration of the construction planning phase, the number of induced investment cases, numbers of utility network diversions, difficulties in the organisation of the urban mass transport and the linking bus traffic and the coordination of all construction activities correspond to this extent. The traffic in the major part of the capital will be affected during the construction, but most of all in the final effect. When the works are finished, the quality of the environment will be significantly better. The diversion of traffic underground will favourably influence the UNESCO listed historic and cultural site which is found on the border of the historic core of Prague. The completion of the north-western part of the City Circle Road and its opening to traffic will allow authorities to tackle the long-standing problem of the so-called Severojižní Magistrála (the North-Southern Backbone Road). The aim will be to adapt it so that it fits in the new concept of the historic parts of the city, which should be free of all transit traffic.

ING. JAN KVAŠ, kvas@metrostav.cz, METROSTAV a. s.,
RNDr. RADOVAN CHMELAR, Ph.D.,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS a. s.

METRO IVC2 V PRAZE JE VE FINÁLE

PRAGUE METRO IVC2 REACHES THE FINAL

JAN PROSR, PAVEL KREJČÍ

ÚVOD

O tunelech, především ražených, se v tomto odborném časopise píše stále – koneckonců to odpovídá názvu časopisu. Převážně se píše o tunelech dopravních včetně metra, často o pražském metru a v posledních ročnících aktuálně o úseku IVC – nejprve o etapě IVC1 z Holešovic do Ládví a nejnověji o etapě IVC2 z Ládví přes Střížkov a Prosek do Letňan (viz např. články v č. 1/2005 – str. 24 až 27, č. 3/2005 – str. 33 až 38, č. 2/2006 – str. 4 až 9 a str. 10 až 14 nebo v č. 2/2007 – str. 43).

Etapa IVC2 se v současné době dokončuje a v květnu 2008 bude uvedena do provozu s cestujícími. Výstavba metra (a to nejen tohoto úseku) byla i námětem některých příspěvků při jednáních Světového kongresu WTC v květnu 2007 v Praze (viz Sborník).

OHLÉDNUTÍ DO HISTORIE

Je možná správné ohlédnout se nejdříve na celou historii pražského metra.

Metro vstoupilo do podzemí Prahy jako nejmladší součást jeho technické infrastruktury, aby tak společně s ostatními sítěmi sloužilo člověku dvacátého a dalších století.

Myšlenka o podzemní dráze v Praze byla poprvé vyslovena již v roce 1898. Vlasteneckého železáře V. J. Rotta tehdy napadlo, že by se i ve třetím nejdůležitějším městě rakousko-uherského mocnářství mohlo začít s hloubením tunelů podzemní dráhy paralelně s tunely kanalizačními. Byla to prorocká slova, na něž ale došlo až mnohem později – to už tak s proroctvími bývá.

Čtyři roky po vytvoření Velké Prahy přišli se stejným návrhem inženýři B. Bellada a V. List. Trasy jejich návrhu a po něm i většiny dalších vedly ve směrech nejvyšších přepravních nároků. Tento první, stejně jako několik dalších koncepčních návrhů celého systému pražské hromadné dopravy prodělaly dlouhou kalvárii protřásání, osekávání a nakonec zavrhování až do konečných rozhodnutí v šedesátých letech 20. století.

Návrhy na řešení systému městské hromadné dopravy v Praze zahrnovaly různé koncepce – od pouze autobusového provozu

INTRODUCTION

Tunnels, mainly mined tunnels, are permanent subjects of the articles which are published in this technical magazine; this is, after all, what the magazine name suggests. Prevailing topics of the articles deal with transport-related tunnels, including metro, frequently the Prague Metro. Recent annual volumes of the magazine have covered the construction of the IVC operating section of metro – first the IVC1 section between Holešovice and Ládví, then the IVC2 stage leading from Ládví via Střížkov and Prosek to Letňany (see, for example, the articles on pages 24 through 27 of the issue No. 1/2005, pages 33 through 38 of the issue No. 3/2005, pages 4 through 9 and 10 through 14 of the No. 2/2006 or page 43 of the No. 2/2007).

Stage IVC2 is currently being completed, to enter the revenue service in May 2008. The development of the Prague Metro (not only the above-mentioned section) was, in addition, the topic of several papers which were presented during the World Tunnel Congress 2007 in Prague (see the Conference Proceedings).

PRAGUE METRO HISTORY

It is possibly the right moment now to remind us of the whole history of the Prague Metro.

The metro entered the Prague underground as the youngest part of its technical infrastructure so that it could, jointly with other networks, serve people in the twentieth century and the following centuries.

The idea of the development of an underground railway in Prague was first formulated as long ago as 1898. It occurred to V. J. Rott, a patriotic ironmonger, that tunnels for the underground railway could start to be excavated concurrently with sewerage tunnels even in Prague, the third most important city of the Austro-Hungarian Empire. His words can be considered prophetic, but it was proven much later, as usual in cases of prophecies.

Four years after the establishment of the City of Greater Prague, engineers B. Bellada and V. List submitted the same proposal. The



Obr. 1 Ortofotomapa trasy IVC2

Fig. 1 Orthophoto map of the Line IVC2



Obr. 2 Nástupiště stanice Střížkov
Fig. 2 Střížkov station – the platform

v celé síti, přes podpovrchovou tramvaj s krátkými tunelovými úseky v centru s doplňkovou autobusovou sítí, či tratě budované tak, aby na železničních stanicích navazovaly na tratě předměstských drah s možností přejezdu kolejových vozidel nebo návrh tramvajových tunelů, které by ve výhledu mohly sloužit metru, až po „čistou“ variantu metra od samého počátku.

V lednu roku 1966 se začalo s výstavbou podpovrchové tramvaje v prvním úseku dnešní trasy C metra: Nuselský most – Legerova – Hlavní nádraží – Bolzanova. Současně se však prohloubily spory mezi zastánci schváleného postupu a zastánci názoru, že je třeba progresivnější dopravní systém, tedy metro, začít budovat ihned bez mezikroky podpovrchové tramvaje.

Zásadní změnu vyvolalo již koncem roku 1966 doporučení sovětských expertů, podpořené i některými dalšími povolanými odborníky, např. z NSR: přejít ihned k přímé výstavbě metra. Československá vláda pak usnesením ze srpna 1967 vyslovila souhlas s tímto doporučením a rozhodla o urychleném přepracování projektu.

S výstavbou vlastních tras metra (ražených a hloubených tunelů a stanic) samozřejmě vždy souběžně probíhá výstavba technologických zařízení a staveb nezbytných pro provoz a další rozšiřování sítě, např. energetické páteřní trasy, trafostanice, centrální dispečink MHD, technická centra a v neposlední řadě i depa pro garážování a opravy vozových souprav: Kačerov na trase C, Hostivař na trase A (s opravárenskou základnou metra v sousedství) a Zličín na trase B.

Jedinečnost pražského metra byla v roce 2000 oceněna v odborné i laické anketě o titul Stavba 20. století, v níž mezi stovkami nominovaných staveb různého druhu obsadilo metro první místo.

NEDÁVNÁ MINULOST A SOUČASNOST

Výstavba právě dokončované etapy IVC2 (z Ládví přes Střížkov a Prosek do Letňan) byla zahájena ještě před uvedením etapy IVC1 (z Holešovic přes Kobylisy do Ládví) do provozu v 1. pololetí roku 2004.

Technická řešení, postupy a problémy při realizaci ražených tunelů (dvou- a jednokolejných) metodou NRTM byly v tomto časopise komentovány již několikrát (viz seznam).

Proto bychom se rádi věnovali i dalším aspektům, mj. také proto, že metro nejsou jenom ražené tunely.

LÁDVI

Na provozovaný úsek IVC1 se navazovalo otevřenou stavební jámou s kotvenými záporovými stěnami, pod jejichž ochranou se postupně vybuďovala železobetonová krabicová konstrukce s částí jedné obrátové koleje, dvěma průjezdnými kolejemi za stanicí Ládví pod ulicí Střelníčkovou, na které navázaly hloubené tunely až k portálu dvoukolejného tunelu NRTM směrem ke Střížkovu.



Obr. 3 Vstup z ulice Vysočanské do stanice Střížkov
Fig. 3 The entrance to Střížkov station from Vysočanská Street

routes proposed by them, and the majority of subsequently proposed routes, followed the directions of the highest transport requirements. This initial conceptual design of the whole system of Prague mass transport, as well as several subsequent designs, underwent a long period of examinations, truncation and, eventually, even rejection, which ended in the 1960s when the final decisions were made.

The proposals for the solution for the urban mass transport in Prague comprised various concepts, from services to be provided within the whole network solely by buses, through at-grade tramlines containing short underground sections in the city centre and combined with a bus network, or routes which were designed to be linked to suburban railway lines, thus allowing the transfer of rail cars, or a design for tram tunnels which could be used for the metro in the future, to the variant of “pure metro” to be built from the very beginning.

January 1966 saw the commencement of the construction of the first section of the underground tramline, which is the today's metro section of the Line C Nuselský Most – Legerova – Hlavní nádraží – Bolzanova. At the same time, however, the disputes between the advocates of the approved concept and the holders of the opinion that the construction of the more progressive transport system, i.e. the metro, had to begin immediately, without the intermediate stage, became more serious.

A fundamental change was brought about at the end of 1966 by the recommendation which was issued by Soviet experts and supported by some other experts who had been invited, e.g. from the FRG, that the transition to the direct construction of the metro take place immediately. In August 1967, the Czechoslovak government issued an order through which it agreed with the recommendation and decided that the designs be expeditiously revised.

Needless to say, the work on the metro lines themselves (mined/cut-and-cover tunnels and stations) proceeded in parallel with the work on service facilities and structures required for the operation and further expansion of the network, e.g. trunk power



Obr. 4 Stanice Střížkov uprostřed sídliště Prosek
Fig. 4 Střížkov station in the centre of Prosek residential area



Obr. 5 Hloubený tunel mezi stanicemi Střížkov a Prosek
Fig. 5 The cut-and-cover tunnel between Střížkov and Prosek stations

STŘÍŽKOV

Za portálem raženého tunelu na západním okraji sídliště Střížkov – Prosek byla podobným způsobem jako na Ládví otevřena hloubená stavební jáma zajištěná kotvenými záporovými stěnami, ve které byla vybudována železobetonová konstrukce hloubeného dvoukolejného tunelu, stejně jako navazující jáma pro stanici Střížkov.

Tato stanice se dvěma bočními nástupišti je tvořena jediným a jedinečným halovým prostorem se zavěšenou ocelovou konstrukcí zastřešení, které umožnilo maximální prosklení obvodového pláště i střechy a tím i prosvětlení staniční haly denním světlem. Otevřením jedné podélné stěny do zahloubeného atria získává stanice přímý vizuální kontakt s vnějším prostorem a umožní tak i budoucí úroňové propojení s obchodní vybaveností, která bude navazovat přímo na prostor atria. Zahloubené stanici tak toto řešení dodává charakter stanice povrchové.

Kromě unikátní, zcela ojedinělé konstrukce zakrytí bude mít tato stanice ještě jednu zvláštnost: díky přístupu denního světla do vnitřního prostoru se tu uvnitř objeví živá popínavá zeleň.

Na obou koncích stanice nad kolejištěm budou z ulice přístupné lékárna a cukrárna, obě nástupiště s úrovní terénu spojují panoramatické výtahy a nástupiště směrem do centra ožíví prosklená stěna restauračního zařízení. Podchod s výtahem a obchodní vybaveností pod ulicí Vysočanskou umožní cestujícím bezkolizní přístup k zastávkám autobusové dopravy.

Mezi stanicí Střížkov a Prosek byl vybudován hloubený dvoukolejný železobetonový tunel v otevřené stavební jámě zajištěné záporovými stěnami kotvenými v několika úrovních, které musela ustoupit část Parku přátelství se vzrostlými stromy. Dnes už je celá tato část opět zkuřivována, nové dřeviny a keře vysázeny, travnaté plochy osety a vybaveny závlahovým systémem, provedeny nové parkové cesty, osvětlené novými moderními svítidly.



Obr. 7 Pohled z vestibulu na nástupiště stanice Prosek
Fig. 7 A view of the platform of Prosek station from the concourse



Obr. 6 Úpravy povrchů nad vestibulem stanice Prosek
Fig. 6 Surface finishes above the concourse of Prosek station

lines, transformer stations, a central management facility for the urban mass transit system, equipment and services centres and, at last but not least, depots for the keeping and repairs of rolling stock in Kačerov on the Line C, Hostivař on the Line A (with a repair base in the neighbourhood) and Zličín on the Line B.

The uniqueness of the Prague Metro was recognised in 2000 in the professional and lay opinion poll “The Construction of the 20th Century”, where, among hundreds of nominated projects of various types, it took first place.

THE RECENT HISTORY AND THE PRESENT

The construction of the IVC2 section (from Ládví, via Střížkov and Prosek, to Letňany), which is today being completed, had started even before the IVC1 section (from Holešovice, via Kobylisy to Ládví) was opened to traffic (1st half of 2004).

The means and procedures which were used and problems which were encountered during the implementation of mined tunnels (both double-rail and single-rail) by the NATM have been several times commented on in this magazine (see the list above).

For that reason, we would like to focus even on other aspects, among other reasons it is because mined tunnels are not the only elements of the metro.

LÁDVÍ

There was a construction pit with the sides supported by anchored soldier beam and lagging walls, which was connected to the operating section IVC1. The pit was used for the construction of a reinforced concrete box containing a complex of rail switches, one back shunt track and two running tracks behind Ládví station, under Střelnická Street. Adjacent cut-and-cover tunnels continued in the direction toward Střížkov, up to the portal of a NATM-driven double-rail tunnel.

STŘÍŽKOV

A construction pit supported by anchored soldier beam and lagging walls, similar to that one in Ládví, was provided behind the portal of the mined tunnel on the western edge of Střížkov – Prosek residential area. The pit was used for the construction of the reinforced concrete structure of the double-rail tunnel; the adjacent excavation pit for the Střížkov station structure was similar.

Střížkov station, with its two side platforms, features a single, unique space formed by a suspension roof steel structure, which allowed the designer to use a maximum degree of glazing of the external cladding and roof. The glazing allows daylight to directly illuminate the station space. One longitudinal wall will be open to an atrium, which will be partially sunk under the ground surface; thus the station will allow a direct visual contact with the outer space and, in the future, direct connection to a shopping mall, which will link to the atrium. This design gives the partially sunk station the view of an at-grade station.

In addition to the unique structure of the roof and external cladding, the station will feature another curiosity: thanks to the daylight



Obr. 8 Přechod hloubeného tunelu do raženého za stanicí Prosek ve směru na Letňany

Fig. 8 Transition from a cut-and-cover tunnel to a mined tunnel, behind Prosek station (in the direction toward Letňany)

Podél téměř celé Vysočanské ulice tak vznikla nová pěší proměna.

PROSEK

Tato proměna ústí do zcela nově architektonicky ztvárněného prostoru mezi obchodním domem Billa a ulicemi Vysočanskou a Proseckou, který vybaven pestrou zámkovou dlažbou v geometrických obrazcích, lavičkami, pergolami a přístřešky i plochami pro hry dětí vytvoří klidovou zónu mezi rušnými komunikacemi. Zároveň jsou zde vyústěny nadzemní čtyřboké jehlany buď se žaluziemi větrání stanice metra, nebo prosklené, zajišťující prosvětlení podzemního vestibulu. Ten je z terénu přístupný výtahy nebo pevnými schodišti s přístřešky a komfort pro cestující je zajištěn i dvěma podchody z vestibulu pod ulicí Vysočanskou a Proseckou přímo k zastávkám povrchové MHD.

Stanice metra Prosek byla také vybudována v otevřené stavební jámě pod zajištěním záporových stěn kotvených v několika úrovních. Železobetonová konstrukce stanice s bočními nástupišti má v úrovni pod nástupištěm technické chodby a kabelové kanály, úroveň nástupišť s částí přístupnou cestujícím a s provozními místnostmi a technologickými prostory a nad nástupišti vestibul s ochozem, z něhož je možný pohled shora na nástupiště a kolejiště. V ose kolejiště je řada válcových elegantních sloupů podepírajících strop stanice, který je zakrytý zajímavě rastrovaným lamelovým podhledem.

Na vestibul navazuje průchozí prostor, ve kterém budou postupně otevřeny jednotky obchodní vybavenosti různého zaměření a specializace.

Až do kvadrantu mezi ulicemi Vysočanská a Prosecká byl v otevřené stavební jámě zabezpečené kotveným záporovým pažením vybudován železobetonový hloubený dvoukolejný tunel, přecházející za strojovnu vzduchotechniky do raženého dvoukolejného tunelu budovaného NRTM, který až před stanicí Letňany přechází do dvou krátkých ražených jednokolejných tunelů.

LETŇANY

Stanice Letňany i odstavné a obrátové koleje s výhybkovým komplexem za ní byly vybudovány v otevřené stavební jámě zajištěné záporovým pažením kotveným v několika úrovních, jako železobetonová krabicová konstrukce se střední řadou válcových sloupů v prostoru nástupiště pro cestující. Už nyní, před zahájením provozu a po dokončení kvalitních dlažeb, nerezových obkladů sloupů, barevných smaltovaných plechů na stěnách za vlakem (v červenomodrobílé kombinaci) doplněných zrcadlovými plochami a lamelového zvlněného stropu, prostor stanice působí jako velkolepá dvoulodní podzemní katedrála.

Ostrovní nástupiště, zatím nejširší v Praze (15 m), má zajistit bezproblémový provoz i v době nárazové koncentrace cestujících

access to the inner space, there will be natural green vegetation (climbing plants) in the station.

There will be a pharmacy and confectioner's at both ends of the station, which will be accessible from the street. Both platforms are connected with the street level by panoramic lifts; the station platform on the side toward the centre will be animated by a glazed wall of a restaurant. A pedestrian subway with a lift and shops under Vysočanská Street will allow collision-free access of passengers to bus stops.

A cut-and-cover reinforced concrete double-rail tunnel was built between Strážkov and Prosek stations, in a construction trench supported by soldier beam and lagging walls, which were stabilised by several tiers of anchors. A part of Park Přátelství (Friendship Park) with full-grown trees had to give way to the trench. Today, the restoration of this part has been completed, new woody plants and brushes planted, re-grassed plots provided with an irrigation system, new park paths established and new, modern lighting installed along them. This operation gave rise to a new promenade nearly throughout the whole length of Vysočanská Street.

PROSEK

The above-mentioned promenade ends in a newly architecturally designed space between Billa shopping centre and Vysočany and Prosecká Streets, which is paved with chequered interlocking pavers forming geometrical figures. It is provided with benches, pergolas and sheds, even areas for children's games, thus creating a quiet zone between the busy streets. At the same time, aboveground square pyramid structures are installed in this area, which are either provided with metro station ventilation louvers or are glazed to allow the access of daylight to the underground concourse. The concourse is accessible from the surface by means of lifts or via firm staircases covered with sheds. In addition, passenger comfort is improved by two pedestrian subways leading from the concourse, under Vysočanská and Prosecká Streets, directly to bus stops and tram stops.

Prosek metro station was also built in a construction trench supported with soldier beam and lagging walls, anchored in several tiers. The reinforced concrete structure of the station, with side platforms, has services corridors and cable ducts under the platforms, the platform level with a part accessible for passengers and with service rooms and equipment rooms, and the concourse with a balcony, from which the viewing of the platforms and rails from the top is possible. A row of elegant cylindrical columns supporting the station roof is on the centre line, between the rails. The ceiling is covered with a suspended ceiling, consisting of lamellas arranged in an interesting grid.

The concourse links to a mall, where variously focused and specialised shops will be stepwise opened.

A cut-and-cover double-rail tunnel was built in a construction trench, supported by anchored soldier beam and lagging walls, up to



Obr. 9 Přechod dvoukolejného raženého tunelu do dvou jednokolejných před stanicí Letňany

Fig. 9 Transition from a double-rail mined tunnel to a pair of single-rail tunnels, before Letňany station



Obr. 10 Nástupiště stanice Letňany
Fig. 10 Letňany station – the platform

při konání výstav a veletrhů v blízkém PVA (Pražském výstavním areálu).

Ze dvou vestibulů spojených s nástupištěm pevnými schodišti, eskalátory i výtahy bude se zahájením provozu s cestujícími otevřen jen ten severní. Jižní bude zprovozněn až v době, kdy další výstavba přivede do této části Letňan nové obyvatel, resp. bude-li rozhodnuto o výstavbě olympijského areálu nebo definitivního veletržního areálu.

Nad stanicí metra Letňany je vybudováno velké patrové parkoviště P + R pro osobní auta a rozsáhlý terminál autobusů pražské MHD, příměstské dopravy a dálkových spojů do středních a severních Čech. Zastávky jsou kryty rozsáhlými prosklenými přístřešky chránícími cestující a ve dvou objektech je umístěno zázemí pro řidiče a dispečink.

TECHNICKÉ NOVINKY

Poprvé v pražském metru bude na nástupištích všech tří nových stanic použita SIL (světelná informační linie). Jsou to vlastně nízkonapěťová podélná svítidla s modrými LED diodami zakrytá tvrzeným sklem, vložená do dlažby nástupiště a vymezující tzv. bezpečnostní pás k hraně nástupiště.

Dalším vylepšením jsou upravená svítidla Robus nad podélnou hranou nástupiště, která ji jednak lépe nasvětlují a také na sobě nesou informační údaje o příslušné trase, stanici a výstupech z ní.

Doslova technickou lahůdkou je již zmíněná konstrukce a zasklení stanice Střížkov. Mimořádných a náročných operací



Obr. 11 Výhybkový komplex za stanicí Letňany
Fig. 11 The complex of rail switches behind Letňany station

the quadrant between Vysočanská and Prosecká Streets. Behind a ventilation plant room, the tunnel passed to a NATM mined double-rail tunnel, which passes to a pair of short single-rail tunnels just before Letňany station.

LETŇANY

Letňany station as well as the stabling tracks and back shunts with a complex of rail switches which are located behind the station were built in a construction trench supported with soldier beam and lagging walls anchored at several levels. The design is a reinforced concrete box structure, with a central row of columns in the public part of the platform area. Now, before the operational service entering, after the completion of high-quality floor tiling, stainless steel sheet cladding of columns, coloured vitreous enamel cladding of the walls behind trains (a red-blue-white combination), mirrors on the cladding and corrugated lamellar suspended ceiling, this space has already assumed the appearance of a majestic, double-aisle underground cathedral.

The central platform, which is for the time being the widest in Prague (12m), is to secure trouble-free operation in the cases of short-term concentration of passengers during the exhibitions and fairs which will be held in the vicinity (in the Prague Exhibition Area).

Of the two concourses, which are connected with the platform by firm staircases, escalators and lifts, only the northern one will be open on the commencement of operation. The southern concourse will be opened later, when the population of this area grows as a result of the future development, or when the decision on the development of the new Olympic grounds or a definite fair grounds is made.

A large, one-storey park-and-ride facility for cars and a large terminal for buses of the Prague mass transit system, suburban buses and long-distance lines heading to central and northern Bohemia was built above Letňany station. The stops are covered by extensive glazed sheds to protect passengers; two buildings provide back-up facilities for drivers and operators.

TECHNICAL INNOVATIONS

It will be for the first time on the Prague metro network that the Light Emitting Information Line will be installed on the platforms of all of the three new stations. The line is formed by low-tension linear blue LED lighting fixtures, which are covered with hardened glass. They are embedded in the platform flooring to mark the border of the so-called safety strip following the platform edge.

Another improvement are the modified lighting units Robus above the longitudinal platform edge, which not only provide better illumination but also carry signs informing about the particular metro line, station and exists from the station.

The above-mentioned glazed structure of Střížkov station is literally a great technical treat, consisting of many new engineering details - from the grouting of the bed under four huge footings, through the complicated placement of reinforcement and casting of concrete, the accuracy of the fabrication and erection of the two welded, hollow arched girders which cut each other above the ground level, the longitudinal beam suspended from the girders with a system of pairs of transverse load bearing secondary beams which are suspended on tie rods and supported by slanted props forming an unequalled letter Y, which carry the load imposed by the roof, and vertical lattice girders from stainless steel pipes which reinforce the external cladding, to the successful coping with problems associated with the glazing of the roof and side walls (mounting, suspension, sealing in all directions, joints in corners, outside corners and sliding walls, expansion joints). This station is really a proof of great abilities of the whole team, from the architectural study, through high-quality design to the performance of several tens of artisans and workers of various professions, who were led by competent technicians of the Group of Contractors.

EQUIPMENT

The civils work contract for the IVC2 stage was implemented by a group of companies consisting of Metrostav a. s., Skanska CZ a. s. and Subterra a. s., and their sub-contractors, according to the Metroprojekt Praha a. s. design. The first deadline for the completion

zde bylo více než na jiných také složitých objektech. Injektáž podloží pod čtyřmi mohutnými základovými patkami, jejich náročné armování i betonáž, přesnost výroby i montáže dvou svařovaných, nad zemí se protínajících dutých obloukových nosníků. Na nich visí podélný průvlak se soustavou dvojic příčných nosných trámů zavěšených na táhlech a podepřených šikmými stojkami ve tvaru nerovnoramenného písmene Y, které přenášejí zatížení od střechy. Zvláštní je užití příhradových svislých nosníků z nerezových trubek vyztužujících obvodový plášť. Vyřešení mnoha problémů si vyžádalo zasklení střechy i bočních stěn (upevnění, zavěšení, utěsnění ve všech směrech, dilatace a detaily ukončení v rozích a nárožích i u otevíravých stěn). Stanice je opravdu důkazem špičkových schopností celého týmu od ideového návrhu architekta, přes kvalitní projektovou dokumentaci až po několik desítek řemeslníků a dělníků různých profesí, vedených kompetentními techniky sdružení zhotovitelů.

TECHNOLOGIE

Stavební práce na etapě IVC2 metra podle prováděcí projektové dokumentace METROPROJEKT Praha, a. s., provádělo Sdružení Metrostav a. s., Skanska CZ, a. s., Subterra, a. s. se svými četnými subdodavateli. Již ve 3. čtvrtletí 2006 bylo třeba zajistit první stavební připravenost tak, aby mohly plynule začít montážní práce na technologických provozních celcích a souborech energetických zařízení, zabezpečovacích a sdělovacích zařízení, strojního zařízení, vzduchotechniky a ASDŘ. To vše v době, kdy ještě nebyl dokončen kolejový svršek v celém rozsahu, takže se technologická zařízení zavážela do trasy čtyřmi montážními otvory ve stropě hloubených tunelů. Postupně byly zakrývány, nicméně poslední – mezi stanicemi Střížkov a Prosek – byl využíván až do října 2007.

Realizací technologické části IVC2 bylo pověřeno Sdružení firem Skanska CZ, a. s., ČKD DIZ, a. s., a Metrostav a. s. s jejich subdodavateli.

Aby byl výčet úplný, je třeba se zmínit ještě o dodávce mobilních strojů a zařízení a dalších nových vlakových souprav metra.

ZÁVĚR (A BUDOUCNOST ?)

Už dnes – ještě před zahájením provozu s cestujícími – je snad možné konstatovat, že se úsek IV.C2 pražského metra povedl: stavební práce byly provedeny ve velmi dobré kvalitě a bez zjevných závad, o čemž svědčí dosavadní průběh technických prohlídek, předpřijímek i vlastních přejímacích řízení, podle harmonogramu probíhají komplexní zkoušky funkčních technologických celků, kompletují se nezbytné doklady pro kolaudační řízení a zpracovávají se projekty skutečného provedení.

Na povrchu se minimalizují zábory pro výstavbu i pro zařízení staveniště, všechna omezení dopravy byla již zrušena a nová výsadba se brzy začne zelenat. Vozovky, chodníky, dopravní značení, veřejné osvětlení, městský mobiliář, informační systém – vše září novotou a začíná sloužit cestujícím.

A jak je už v Praze zvykem: tam, kde se „objeví“ metro, stává se výrazným fenoménem a městotvorným prvkem s obrovským inspiračním vlivem na široké okolí.

A budoucnost metra v Praze? Dle našich informací je připravena studie na prodloužení trasy A z Dejvic přes Motol až k ruzyňskému letišti, a to v několika etapách. Existují už i dvě varianty (standardní a tzv. lehké metro) nové trasy D od Hlavního nádraží přes Nusle do Modřan.

Lze si jen přát, aby se co nejdříve i na stránkách tohoto odborného periodika objevily články o bezprostřední přípravě výstavby některého z těchto úseků. Ideální by ovšem bylo, jak všichni víme, kdyby výstavba metra v Praze byla kontinuální, ničím nepřerušovaný proces.

ING. JAN PROSR, prosr@metrostav.cz, METROSTAV a. s.,
ING. PAVEL KREJČÍ, troja-ids@iol.cz,
INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB a. s.



Obr. 12 Napojení stanice Letňany na komunikace (uprostřed patrový parking P+R a terminál autobusů s objekty dispečinku a zázemí pro řidiče)

Obr. 12 Incorporation of Letňany station into the road network – the one-storey P+R facility with two buildings housing back-up facilities for drivers and operators is in the centre

of the civils work was planned for as early as the 3rd quarter of 2006 so that the installation of equipment, i.e. the power supply system, signalling and communications systems, mechanical equipment, ventilation system and the automated system of supervisor control could start. The installation of trackwork had not been completed at that time, therefore the components of the equipment had to be lowered through four assembly openings in the roof of the cut-and-cover tunnels. The openings were step-by-step closed; nevertheless, the last one (between Střížkov and Prosek stations) was used till October 2007.

The contract for the supply and installation of equipment in the IVC2 section was awarded to a group of companies consisting of Skanska CZ a. s., ČKD DIZ a. s. and Metrostav a. s., with their sub-contractors.

To have the summary complete, we must mention the supply of mobile machines and equipment and new metro trains.

CONCLUSION (AND THE FUTURE?)

Already today, even though the revenue service has not started yet, it is possible to state that the section IVC2 of the Prague metro has turned out well: the civils work quality is high, without obvious defects, as proven by the course of technical inspections or preliminary acceptance and acceptance proceedings; comprehensive tests of equipment systems are continuing in compliance with the contractual schedule, the documents required for the final inspection proceedings (“kolaudace”) are being collected and the as-built design is being carried out.

The extent of the land which was occupied for the construction purposes and site facilities is being minimised, all traffic restrictions have been removed and newly planted vegetation will soon start to turn green. Roadways, pavements, traffic signs, public lighting, street furniture and the information system – everything is new and shining, ready to serve passengers.

As usual in Prague, wherever the metro “appears”, it becomes a significant phenomenon and a city-forming element which has a great inspiring effect on a wide area around.

And the future of the Prague Metro? Our information is that a study on the Line A extension from Dejvice via Motol to the Ruzyně international airport (divided into several stages) has been completed. In addition, there are two variants of the metro Line D (a standard “heavy” metro rail line and light rail transit line) from Hlavní Nádraží via Nusle to Modřany.

We may only believe that papers on the immediate preparation of some of the above-mentioned lines will appear soon on the pages of this periodical technical magazine. Naturally, it would be an ideal state, as all of us know, if the development of the metro in Prague became a continuous, uninterrupted process.

ING. JAN PROSR, prosr@metrostav.cz, METROSTAV a. s.,
ING. PAVEL KREJČÍ, troja-ids@iol.cz,
INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB a. s.

VÝSTAVBA PRAVÉ TUNELOVÉ TROUBY DÁLNIČNÍHO TUNELU LUČICE CONSTRUCTION OF RIGHT TUNNEL TUBE OF LUČICE TUNNEL

MILOSLAV ZELENKA

ÚVOD

Výstavba chorvatských dálnic prožívá v období po roce 2000 stavební „boom“, který má umožnit velkému množství turistů směřujících každoročně v letní sezoně ze severu k moři bezkolizní přesun tam a zpět. Součástí budovaného dopravního systému je úsek Rijeka – Zagreb, který je zatím na části vedoucí členitým horským terémem provozován obousměrně na jedné dostavěné polovině dálnice. Druhá polovina dálnice se postupně buduje a jednotlivé úseky se uvádějí do provozu zhruba v půlročních intervalech. Celkem je jich pět o celkové délce 47,5 km. Na dokončovaném dálničním tahu se staví mosty a razí se „druhé“ jednosměrné tunelové trouby. Jednou z nich je také druhá tunelová trouba tunelu Lučice. Metrostav a. s. divize 5 ji dokončil ke konci roku 2007. Jednalo se o dodávku kompletní stavební části tunelu (kromě technologie).

ÚČASTNÍCI VÝSTAVBY A TERMÍN VÝSTAVBY

Supervize na stavbě	IGH (Institut Građevinarstva Hrvatske)
Investorská organizace	ARZ (Autocesta Rijeka – Zagreb) Zagreb
Projektant	IPZ (Inženjerski Projektni Zavod) Zagreb
Dodavatel stavby	Chorvatské sdružení (Konstruktor, Viadukt, Hidroelektra, Strabag)

Subdodavatelem razičských, měřičských a betonářských prací na tunelu Lučice se stal Metrostav a. s. pro firmu Konstruktor Split. Smluvní termín ukončení prací na tunelu je 31. leden 2008.

ZÁKLADNÍ TECHNICKÁ DATA TUNELU

Tunel Lučice se nachází ve výšce cca 750 m n. m. v pohoří zvaném Gorski Kotar. Nejvyšší hory v tomto horském území dosahují výšky přes 1500 m n. m. Tunel je vzdálen přibližně 45 km od města Rijeki. Označení tunelu je převzato od názvu vesnice, která se nachází v jeho těsné blízkosti.

Technické údaje dvoupruhového dálničního automobilového tunelu Lučice:

- generální směr trasy tunelu; západ – východ;
- dálniční tunel s dvouplášťovým ostěním s mezilehlou izolací;
- celková délka tunelu 590 m;



Obr. 1 Skladba rubaniny v úvodním úseku tunelu Lučice
Fig. 1 Composition of the muck from the initial section of the Lučice tunnel excavation

INTRODUCTION

The development of motorways in Croatia has experienced a construction boom since 2000 with the aim of allowing the large numbers of tourists heading every year in the summer season from the north to the sea to move without collision to and fro. Part of the transportation system which is being developed is the Rijeka – Zagreb section. The part of this section which passes through rugged terrain is, for the time being, operating bi-directionally on the half of the dual carriageway which has been completed. The other half of the carriageway has been developed in phases; individual sections are opened to traffic approximately in half-year intervals. There are five of the sections in total, at a total length of 47.5km. Bridges are being built and “second” (parallel) uni-directional tunnel tubes are being driven on the motorway part which is being completed. One of them is the second tunnel tube of the Lučice tunnel. Division 5 of Metrostav a.s. finished this tunnel construction at the end of 2007. The contract covered all civils work (with the exception of tunnel equipment).

INVOLVED PARTIES AND CONSTRUCTION TERM

Construction supervisor	IGH (Institut Građevinarstva Hrvatske)
Employer	ARZ (Autocesta Rijeka – Zagreb) Zagreb
Designer	IPZ (Inženjerski Projektni Zavod) Zagreb
Contractor	Croatian joint-venture (Konstruktor Split, Viadukt, Hidroelektra, Strabag)

Metrostav a.s. was Konstruktor's sub-contractor for the excavation, survey and concrete casting operations on the Lučice tunnel. The contract deadline for the completion of the work on the tunnel was 31st January 2008.

BASIC ENGINEERING DATA OF THE TUNNEL

The Lučice tunnel is found at the altitude of about 750m a.s.l., in the Gorski Kotar mountain range. The highest mountains of this mountain range reach altitudes over 1500m a.s.l. The distance of the tunnel from the city of Rijeka is about 45km. The name of the tunnel is taken from the name of a village which is in its close vicinity.

Engineering data on the double-lane motorway tunnel Lučice:

- general direction of the tunnel alignment: west - east
- motorway tunnel with a double-shell lining and intermediate waterproofing
- total tunnel length: 590m
- of this length the mined part: 551 m
- general gradient (downhill in the direction from Rijeka): 2.82 %
- excavated cross sectional area (depending on the NATM excavation support class): from 76.35 to 86.80m²
- cross passages (passages for pedestrians to the existing tunnel): 2 pieces (the lengths of 21m and 23m)
- overburden: from about 6m (at portals) to about 90m.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The Lučica tunnel excavation passed mainly (with some exceptions) through Triassic age dolomites. The dolomite colour varies, from light to dark shades; it is bedded and heavily fractured. The width of fissures depends on the degree of the faulting of the rock massif, varying in the range of centimetres; the thickness of weathered layers reached tens of meters. The fissures are mostly filled with loamy sand in colour shades varying from yellow to red. Even karst phenomena were encountered during the course of the tunnel excavation (caves, more or

- z toho ražená část 551 m;
- generelní sklon (úpad ve směru Rijeka) 2,82 %;
- plocha výrubu (dle technologické třídy NRTM) od 76,35 do 86,80 m²
- tunelové spojky (průchod pro pěší se stávajícím tunelem) 2 ks (délka 21 a 23 m);
- nadloží od cca 6 m (portály) do cca 90 m.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Ražba tunelu Lučice probíhala zásadně (až na výjimky) v dolomitech triasového stáří. Dolomit je zbarven od světlé do tmavé barvy, je vrstevnatý a silně rozpukaný. Velikost puklin je závislá na stupni porušení vlastního skalního masivu a pohybuje se v řádu centimetrů až do zvětřalých poloh v šíři desítek metrů. Pukliny jsou vesměs vyplněny hlinitým pískem zbarveným v odstínech od barvy žluté do barvy červené. Během ražby byly zastiženy i krasové jevy (zeminovým materiálem více či méně zasypané jeskyně) až do objemů velikosti desítek m³.

Z geologického hlediska byl zcela specifický první úsek ražby v délce 90 m. Trasa tunelu od portálu byla vyprojektována přímo do poruchy v horninovém masivu, která jen pod velmi malým úhlem vyklíňovala z průřezu tunelu. Porucha byla vyplněna hlinitopískitým materiálem charakteru zeminy, v němž se nacházely roztroušené balvany o velikostech opsaného průměru přibližně od 1 do 3 m.

Průsak vody se během ražby tunelu vyskytovaly výjimečně. Jejich výskyt vždy korespondoval se srážkami – jednalo se evidentně o vodu prosakující z povrchu terénu do tunelu. Pro úplnost je nutno dodat, že srážková činnost v tomto místě Chorvatska je podobně jako jinde v horách v evropském pásmu velmi intenzivní, zejména na jaře a na podzim. S ohledem na velkou puklinatost a propustnost horninového prostředí se však téměř vždy ztrácela bez nutnosti čerpání.

ZAHÁJENÍ STAVBY

Stavba byla zahájena vybudováním zařízení staveniště a provedením mikropilotového deštníku na riječské straně tunelu Lučice v říjnu a listopadu 2006. Portál tunelu byl zajištěn mikropilotovým deštníkem dlouhým 12 m. Původně navržený deštník byl 6 m dlouhý a umístěn pouze v kalotě tunelu. Na základě skutečně zastižených geologických podmínek a po dohodě s projektantem a investorem stavby bylo původní rozmístění mikropilot rozšířeno na celý obvod tunelu. Jednalo se o 59 mikropilot o průměru 114 mm injektovaných cementovým mlékem. Některé z mikropilot bylo problematické kvalitně zainjektovat, protože zeminové prostředí s volnými balvany absorbovalo injektážní směs bez časového omezení. Z výše uvedených důvodů se protáhla realizace mikropilotového deštníku téměř na celý měsíc místo původně předpokládaných 14 pracovních dnů.

RAŽENÍ TUNELU

Dálniční tunel Lučice byl ražen technologií NRTM částečně mechanickým rozpojováním, za příportálovým úsekem většinou s pomocí trhacích prací. Protože se jednalo o ražbu v pořadí druhé tunelové trouby, přičemž první dočasně obousměrná trouba byla normálně dopravně zatížena, bylo nutno při použití trhacích prací zastavovat dopravu v provozovaném tunelu. To se provádělo za součinnosti provozovatele dálnice ARZ (Autocesta Rijeka – Zagreb), policie a hasičského záchranného sboru výhradně podle předem určeného časového rozpisu. Časový rozpis plánovaných přerušování provozu však nebyl pravidelný, tzn., že mezi určenými časy pro odpaly trhavin nebyly stejné intervaly, což s ohledem na cykličnost prací při ražbě situaci velmi komplikovalo. Další omezení trhacích prací přicházelo vždy s víkendem, kdy nebylo možno provádět trhací práce v pátek a v neděli odpoledne a večer, kdy doprava směrem k moři a od moře byla výrazně intenzivnější. Po dobu svátků pak nebyly trhací práce povoleny vůbec. Během každého odpalu se provádělo seismické měření v provozované tunelové troubě. Maximální hodnota byla povolena 50 mm/s – této hodnoty však nebylo nikdy dosaženo.

Vlastní ražba tunelu byla zahájena začátkem prosince 2006 z hloubené části na riječském portálu. Po přechodu ražby z ochranného mikropilotového obvodového zajištění výrubu se začaly projevovat problémy plynoucí ze situování trasy do geologické poruchy. Spočívaly v sérii dílčích závalů s nadvýlomy s potřebou jejich okamžité sanace. Důsledkem bylo zpomalení



Obr. 2 Roztroušené balvany v materiálu charakteru zeminy
Fig. 2 Scattered boulders in the soil material

less filled with loamy materials); the volumes of the caves reached even tens of cubic meters.

From the geological point of view, the initial, 90m long section of the excavation was absolutely specific. The tunnel design route ran from the portal directly into a layer of slope wash, which only slowly gave place to competent rock rising gradually (throughout the length of 90m) from the excavation bottom. The slope wash consisted of a loamy-sandy material having the properties of soil, which contained scattered boulders with the sizes of the diameter of a circumscribed circle ranging approximately from 1 to 3m.

Water seepage into the tunnel during the excavation occurred exceptionally. The occurrences always corresponded to precipitation – it was obviously water seeping from the surface. For the sake of completeness, it must be added that the precipitation in this area of Croatia is similar to that in other mountains in the European zone, i.e. very intense, mainly in the spring and autumn. Owing to the intense fracturing and high permeability of the rock environment, the water nearly always disappeared without a need for pumping.

CONSTRUCTION COMMENCEMENT

The work started in October and November 2006 by the construction of the site facility and the installation of canopy roof pre-support on the Rijeka side of the Lučice tunnel. The tunnel portal was supported by a canopy formed by 12 long micropiles. The original design required a 6m long canopy to be installed only above the top heading. As approved by the designer and project owner, based on the actually encountered geological conditions, the originally planned configuration of the micropiles was changed to cover the whole circumference of the tunnel. There were 59 micropiles 114mm in diameter, grouted with fluid cement, around the tunnel cross section. In some cases it was difficult to achieve quality grouting of the micropiles because the soil environment with loose boulders absorbed the grouting mixture without any time limit. For the above-mentioned reasons, the time for the installation of the micropile pre-support extended nearly to the whole month instead of the originally anticipated 14 working days.

TUNNEL EXCAVATION

The Lučice motorway tunnel was driven by the NATM and partly by the drill-and-blast technique; the drill-and-blast prevailed beyond the portal section. Because the task was to excavate the second tube of the twin-tube tunnel, whereas the first tube was carrying temporary, regular bi-directional traffic, it was necessary to suspend the traffic through the operating tunnel tube whenever the blasting was necessary. The traffic was suspended in collaboration with the motorway operator, ARZ (Autocesta Rijeka – Zagreb), the police and fire rescue service, always in compliance with a time schedule which had to be approved in advance. The time schedule of the planned cases of suspension of traffic was irregular, which means that the intervals between the times agreed for the blasting events were not identical. This fact seriously complicated the situation, considering the cyclic nature of the tunnel excavation operations. Another restriction to the blasting operations



Obr. 3 Zajištění čelby a nadloží tunelu střikaným betonem a injektovanými IBO kotvami (úsek 90 m)

Fig. 3 Stabilisation of the tunnel face and roof by shotcrete and grouted IBO anchors (the 90m long section)

postupu ražby. Ražba tunelu v té době probíhala s předraženou kalotou na dosah lžíce tunelbagru a s následným rozpojováním opěří. Trhací práce byly v té době využívány pouze lokálně při rozpojování velkých balvanů velikosti 2 až 3 m, které byly volně roztroušeny v zemině. Často se stávalo, že při uvolňování některého z balvanů došlo k řetězové reakci, která měla za následek zavalení kaloty tunelu směsí písčitohlinitého materiálu i dalších balvanů z poruchy. Docházelo k zastavení ražby a před dalším záběrem bylo nutné projektovat zavalenou čelbu cementovou maltou.

Od samého počátku bylo prováděno měření deformací primárního ostění, které bylo v materiálu charakteru zeminy enormně namáháno a posuny některých měřených bodů dosáhly až 120 mm. Došlo dokonce k popraskání primárního ostění v délce tunelu cca 15 m. Lokální sanace zdeformovaného ostění byla provedena 56 ks IBO kotev délky 6 m v rastru 1,2 x 1,2 m.

Skutečnost, že podmínky pro ražení byly v počátečním úseku délky 90 m opravdu velmi nepříznivé, potvrzuje i zkušenost chorvatského sdružení z ražby první tunelové roury, kdy došlo na dvou místech k úplnému závalu tunelu s vykomínováním až na povrch a k dílčí destrukci primárního ostění tunelu.

Měsíční postupy při ražbě tunelu Lučice

	bm	poznámka
prosinec 2006	36	ražba v zemině, technologická třída V(soil)
leden 2007	58	ražba v zemině + šterkové pole, TT V(soil)
únor 2007	13 + uzavírání dna	TT V; TTVb
březen 2007	112	TT IVb; TT IVa
duben 2007	92 + spojka č. 1	TT V; TT IVb; TT IVa; TT III
květen 2007	120	TT V; TT IVb; TT IVa; TT III
červen 2007	120 + spojka č. 2	TT V; TT IVb; TT IVa; TT III
celkem bm	551	TT V; TT IVb; TT IVa; TT III

Postupy v prvních třech měsících byly ovlivněny tím, že příportálový úsek byl ražen v horninovém prostředí charakteru zemin s velkým obsahem robustních balvanů.

Rozdíly v zařazení do technologických tříd NRTM

	předpoklad		skutečnost		chybový rozdíl v %	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
TT II	9	2	0	0	-9	-1,6
TT III	113	20	88	16	-25	-4,5
TT IV	259	47	321	58	62	+11,3
TT V	170	31	142	26	-28	-5,0
celkem	551	100	551	100		

Prostředí, ve kterém ražba probíhala, bylo zařizováno do technologických tříd (TT) podle geotechnických vlastností pro ražbu, přičemž každá TT měla projektem přesně stanovenou skladbu

started to take effect before and the end of weekends, when the blasting operations were banned on Friday and Sunday afternoon and evening because of the intensity of traffic to the sea and from the sea was significantly higher at those times. No blasting operations were allowed during public holidays. Seismic measurements were conducted in the operating tunnel tube during each blasting event. The peak particle velocity of 50mm/s which was permitted was never reached.

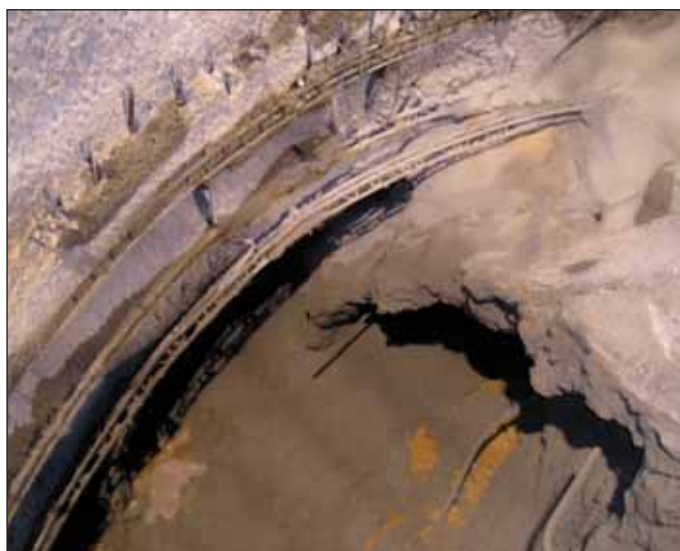
The tunnel excavation itself started at the beginning of 2006, from the cut-and-cover section at the Rijeka portal. When the excavation had left the section which was provided by the pre-support, problems following from the setting of the route in the geological fault started to emerge. A series of partial cave-ins called for immediate filling of the overbreaks. As a result, the excavation advance rate was reduced. At that time, the tunnel was excavated in the sequence where the advance of the top heading face ahead of the side-wall drifts corresponded to the reach of the tunnel excavator shovel. The drill-and-blast technique was then used only locally, for the disintegration of large boulders (2 to 3m), which were scattered in the soil. It frequently happened that a chain reaction started to develop during a boulder removing operation and, as a result, the tunnel top heading was filled with a sandy-loamy material and other boulders from the slope wash zone. The excavation had to be interrupted and the collapsed face had to be grouted with cement mortar prior to the subsequent excavation advance.

The deformations of the primary lining were measured from the very beginning. The loads acting on the lining were extremely high in the material having the nature of soil, therefore the displacement of some measurement points reached up to 120mm. The primary lining even displayed cracking within a tunnel length of about 15m. The deformed lining was locally stabilised by 56 pieces of 6m long IBO anchors, which were installed on a 1.2 x 1.2m grid.

The fact that the excavation conditions were really very unfavourable throughout the length of the initial 90m is, in addition, confirmed by the experience which was obtained by the Croatian joint-venture during the excavation of the first tunnel tube, where two "daylight" collapses happened and the primary lining of the tunnel was partly damaged.

Monthly advance rates during the Lučice tunnel excavation

	m	Note
December 2006	36	excavation trough soil, NATM excavation support class V
January 2007	58	excavation trough soil + gravel field, NATM class V
February 2007	13 + closing invert	NATM class V; NATM class Vb
March 2007	112	NATM class IVb; NATM class IVa



Obr. 4 Dílčí odtěžení čelby pod klenbou kaloty zabezpečované IBO kotvami
Fig. 4 Partial excavation of the face under the top heading vault, which was supported by IBO anchors



Obr. 5 Zastižené krasové jevy s nevyplněnými dutinami v pevnějších polohách dolomitů

Fig. 5 Karst phenomena with unfilled cavities which were encountered in harder dolomite layers

ostění. Např. v TT IVa, a TT III již nebylo navrženo použití ocelových příhradových rámců. Nejvýznamnějším rozparem v zatřídění TT byla však skutečnost, že projektový návrh zajištění výrubu v TT V uvažoval s postupem a zajištěním výrubu jako v dočasně stabilním zvětralém horninovém prostředí.

Po zdolání úvodních 90 metrů ražby se geologické poměry vylepšily natolik, že celý další průběh ražby proběhl relativně v očekávaných podmínkách. Výjimkami byly občasné anomálie ve formě krasových útvarů zaplněných zeminou plně nebo zčásti. Některé podzemní prostory či nevyplněné pukliny byly v trase tunelu dlouhé řádově desítky metrů a měly objem desítky m³. V žádném případě jsme nezastihli jeskyni velkou tak jako chorvatská firma Viadukt v sousedním relativně krátkém 260 m dlouhém tunelu Vrata, kde ražbou zastižená prázdná podzemní prostora měla rozměry cca 30 x 40 x 60 m. Její velikost byla tedy taková, že by se do ní pohodlně vešel i několikapatrový dům. Přitom první tunelovou troubou nebyla tato jeskyně zachycena vůbec. Chorvatští projektanti se společně s investorem stavby dohodli na tom, že výsledným řešením bude most vybudovaný v prostoru této jeskyně.

STROJNÍ SESTAVA

Ražba tunelu Lučice byla prováděna klasickou strojní sestavou pro NRTM:

- beztrhavinové rozpojování tunelbagrem Liebherr 932;
- nakládání rubaniny nakladačem Volvo 120;
- doprava rubaniny dumpery Volvo 25;
- střikání beton pevnosti C 25/30 mokrým způsobem strojem Meyco Potenza;
- vrtací práce na čelbě a vrty pro osazování kotev strojem Atlas Copco Boomer L2C;
- stavba rámců a montáž sítí primárního ostění strojem Atlas Copco DC 16 – HL.

DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Na základě vyhodnocení geomonitoringu při ražbě stanovil projektant tunelu úseky s definitivním ostěním železobetonovým a monolitickým z prostého betonu. K vyarmování ostění byly kromě obou portálových úseků určeny části tunelu, kde byla zastižena TT V, místa křížení hlavního tunelu se spojovacími chodbami, místa, kde se při ražbě vyskytly vyšší deformace primárního ostění, místa průchodu dolomity s krasovými jevy a místa, kde se později definitivní ostění zatíží technologickým provozním zařízením (např. ventilátory). Tímto rozhodnutím o místech určených k vyarmování bylo možné ušetřit na finanční náročnosti finálního betonového ostění. Kvalita betonu definitivního ostění byla C 25/30, tloušťka 30 cm. Velmi kvalitní tunelové bednění včetně výklenků bylo dodáno rakouskou firmou Östu Stettin.

Hydroizolační vrstva tunelu byla realizována po obvodu horní klenby definitivního ostění. Na obou koncích izolační fólie byla osazena drenážní trubka PVC o Ø 150 mm, která by případnou sté-

April 2007	92 + cross passage No. 1	NATM class V; NATM class IVb; NATM class IVa; NATM class III
May 2007	120	NATM class V; NATM class IVb; NATM class IVa; NATM class III
June 2007	120 + cross passage No. 2	NATM class V; NATM class IVb; NATM class IVa; NATM class III
Total m	551	NATM class V; NATM class IVb; NATM class IVa; NATM class III

The advance rates were affected in the initial three months by the fact that the portal section of the excavation passed through the ground environment having the nature of soil with a high content of robust boulders.

Differences in the determination of the NATM excavation support classes

	assumption		reality		error - difference %	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
class II	9	2	0	0	-9	-1.6
class III	113	20	88	16	-25	-4.5
class IV	259	47	321	58	62	+11.3
class V	170	31	142	26	-28	-5.0
Total	551	100	551	100		

The environment through which the excavation passed was assigned respective NATM excavation support classes according to geotechnical properties relevant to the excavation, where the particular composition of the lining was specified for each of the classes by the design. For example, lattice girders were not required for the NATM classes IVa and III. The most significant discrepancy in terms of the NATM classification was the fact that the excavation round length and excavation support design for the excavation support in the case of the NATM class V was designed for temporarily stable, weathered rock environment.

Once the initial 90m of the tunnel excavation had been completed, the geological conditions improved so much that the entire remaining excavation was carried out relatively in the anticipated conditions. The only exceptions were infrequent anomalies in the form of karst cavities filled fully or partially with soil. Some underground spaces or unfilled fissures followed the tunnel route throughout the lengths in the order of even tens of meters; their volume was even tens of cubic meters. We never encountered so large a cave as that which was encountered by Croatian company Viadukt on the neighbouring, relatively short (260m long) Vrata tunnel, where the dimensions of the empty cavern which was encountered during the excavation of the second tube were 30 x 40 x 60 m. The dimensions were sufficient for a multi-storey building to be accommodated in it. It was interesting that the drive of the first tunnel tube had encountered no part of this cavern. Croatian designers, together with the employer, decided that the final solution would consist of a bridge, which will be built in the cavern.

TUNNELLING EQUIPMENT

The Lučice tunnel was driven by a set of equipment which is traditional for the NATM:

- blast-less disintegration by a Liebherr 932 tunnel excavator
- muck loading by a Volvo 120 loader
- muck hauling by Volvo 25 dumpers
- C25/30-grade shotcrete application using the wet process, by a Meyco Potenz machine
- drilling for the face blasting and for anchors by an Atlas Copco Boomer L2C drill rig,
- erection of lattice girders and placement of mesh for the primary lining by an Atlas Copco DC 16 – HL machine.



Obr. 6 Obrovská krasová kaverna v souběžně budovaném tunelu Vrata, v níž bude vybudován most o délce 47 metrů

Fig. 6 The immense karst cavern in the concurrently built Vrata tunnel, in which a 47m long bridge will be built

kající vodu odváděla ve spádu tunelu. Hydroizolace se skládala z ochranné vrstvy a izolační PVC fólie tloušťky 2 mm. Ochranná vrstva měla tloušťku 5 mm a gramáž 500 g/m². Požadavky na její nehořlavost včetně podkročení stanovených parametrů na vývin jedovatých výparů a kouře musely být doloženy.

Na tunelu Lučice prováděla montáž i dodávku izolace nevídaným tempem rakouská firma Strabag pouze dvěma pracovníky k naší naprosté spokojenosti. Tito dva pracovníci montovali při cca deseti-hodinové směně 1,5 sekce izolace (délka sekce 12 m). Pokud se v sekci vyskytly atypické prvky jako např. výklenky, klesl jejich výkon na úroveň 1 sekce. Nutno říci, že měli připravované ideální podmínky pro práci, ale i tak je to výkon hodný obdivu.

Armatura definitivního ostění byla naprojektována bez uvážení vlastní váhy, že kdyby firma, která montážní práce prováděla, nedala doplňující vzpěry ve třech řadách na každé straně (které však nebyly součástí projektu), klesla by montovaná konstrukce ve stropě tak, že by pod ní nebylo možno najet formou.

TUNELOVÉ VÝKLENKY

V definitivním ostění bylo třeba vybetonovat tunelové výklenky. Slouží k umístění různých zařízení (rozvaděče ventilace, rozvaděče osvětlení, hasicích přístrojů). Některá zařízení jsou pro případ válečného konfliktu navržena k zavalení tunelu. Těchto "válečných výklenků" je v tunelu dlouhém necelých 600 m celkem 14 kusů, těch ostatních pak 17 kusů. Tento počet znamenal relativně velké časové zdržení při přípravě i provádění betonářských prací.

ZÁVĚR

Metrostav a. s. – divize 5 na výstavbě tunelu Lučice využila své rutinní zkušenosti získané na stavbách podobného typu doma i v zahraničí. Kolektiv pracovníků získal však i nové poznatky spojené s ražbou v horninovém prostředí, se kterým se v České republice dosud nesetkal. Jednalo se zejména o krasové jevy v délkách řádu desítek centimetrů až po několik desítek metrů. Negativním poznáním bylo, že při jednání s partnery výstavby některé místní tunelářské či stavební návyky nebylo možné opravit či změnit ani váhou logické argumentace ani expertními posudky.

ING. MILOSLAV ZELENKA, zelenka@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.

FINAL LINING

Based on the assessment of the results of the geomonitring which was carried out during the course of the excavation, the designer specified sections of the tunnel to be provided with reinforced concrete secondary lining and sections with cast-in-situ unreinforced concrete secondary lining. In addition to the portal sections, the sections where the reinforced concrete was to be used comprised the locations where the excavation class V had been determined, locations where the cross passages linked to the tunnel, locations where greater deformations of the primary lining had occurred during the excavation, locations where karst phenomena existed in the dolomites and locations where the final lining would be loaded by tunnel equipment in the future (e.g. fans). The decision to use reinforced concrete only in the above-mentioned sections allowed the employer to reduce the financial demands of the final lining. The quality of the final lining concrete was specified as the C 25/30 grade, while the required thickness was 30cm. Austrian company Östu Stettin supplied a high quality formwork set, including the formwork for recesses.

The tunnel waterproofing layer was installed on the upper vault of the final lining. PVC drainage pipes Ø150mm were laid at both ends of the waterproofing membrane. The drains are intended to evacuate contingent water in the direction of the falling gradient of the tunnel. The waterproofing system consisted of protective fleece and a 2mm thick PVC membrane. The 500g/m² fleece was 5mm thick. The compliance with the requirements for fire resistance, including the fact that the parameters required in terms of the formation of poisonous exhalations and smoke were met had to be proven by documents.

The supply and installation of the waterproofing in the Lučice tunnel was carried out only by two workers of Austrian STRABAG. Their performance was unprecedentedly fast and fully satisfactory for us. The two workers applied one and a half of the waterproofing section (12m long sections) during an approximately 10-hour shift. When atypical elements existed in the section, for example recesses, their performance rate was reduced to 1 section per shift. It must be noted that the conditions which were prepared for their work were ideal; nevertheless, their performance was admirable.

The calculation for the reinforcement of the final lining was carried out without the consideration of the dead weight of the reinforcement. If it had not been for the company which placed the reinforcement, which erected three rows of additional braces on both sides of the tunnel (which had not been required by the design), the reinforcement cage would have sunk in the crown and the travelling tunnel formwork could not be under the cage.

TUNNEL NICHES

It was necessary to form recesses during the casting of the final lining. The recesses are intended to accommodate various parts of the equipment (ventilation switchboards, lighting switchboards, extinguishers). Some parts of the equipment are designed to demolish the tunnel in the case of a war conflict. There are 14 "wartime recesses" in the nearly 600m long tunnel, whereas the number of the remaining recesses is 17. The above-mentioned numbers of recesses meant relatively significant delays during the concrete casting preparation and execution.

CONCLUSION

At the construction of the Lučice tunnel, Division 5 of Metrostav a.s. used its routine experience which its employees had obtained on similar types of projects, both in the Czech Republic and abroad. The construction team even gained new know-how associated with tunnelling through a rock environment which they have not encountered in the Czech Republic. It was, above all, the case of karst phenomena the lengths of which ranged from tens of centimetres to several tens of meters. One negative finding was that some local tunnelling or building customs could not be changed by discussions with the parties involved in the construction, even if logical arguments or expert opinions were submitted.

ING. MILOSLAV ZELENKA, zelenka@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.

SLEDOVÁNÍ TUNELOVÉHO OSTĚNÍ PRAŽSKÉHO METRA PRO HODNOCENÍ JEHO TECHNICKÉHO STAVU

MONITORING OF PRAGUE METRO TUNNEL LINING FOR THE PURPOSE OF ASSESSING ITS TECHNICAL CONDITION

JAROMÍR MACHÁČEK, MARTIN VANÍČEK, JAN PRUŠKA

1. ÚVOD

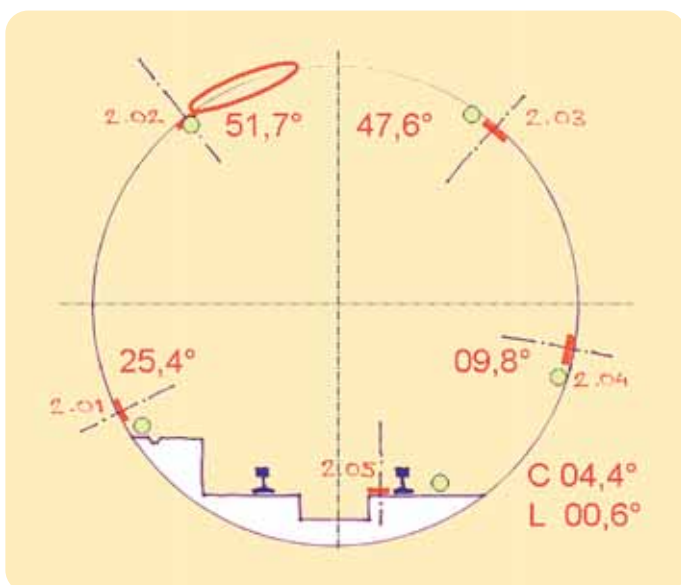
V rámci mezinárodního projektu UNDERGROUND M3 je sledováno přetváření tunelového ostění standardními prvky sledování přetvoření konstrukce (na bázi konvergenčních měření), geofyzikálními metodami a miniaturními snímači přetvoření MEMS. Dále je ověřován systém bezdrátového dálkového měření a přenosu dat z monitoringu tunelu. Pro sledování přetváření tunelového ostění byl vybrán profil na trase pražského metra mezi stanicemi Holešovice a Vltavská, kolej 2 ve staničení km 18,725. V tomto profilu jsou také v rámci grantu GA ČR Reg. č. 103/06/1257 s názvem Výzkum stárnutí podzemních staveb s využitím monitorovacích a mikroměřicích systémů mj. zkoumány možnosti spolehlivé indikace technického stavu součástí dynamicky zatěžovaných stavebních konstrukcí. Tento vybraný profil tunelového ostění bude následně numericky modelován pro vyhodnocení jeho stárnutí. V příspěvku jsou shrnuty dosavadní poznatky z měření a z nasazení systému bezdrátového měření a přenosu dat.

2. TRADIČNÍ METODY MONITORINGU

Pro ověření nových metod měření přetvoření byla v předstihu provedena kontrolní sledování přetváření vybraného profilu tunelu pomocí měření konvergence a náklonů [1][2]. Na obr. 1, kde jsou uvedeny schematicky polohy náklonoměrných desek a konvergenčních bodů pro ruční měření je červenou elipsou vyznačena oblast systému trhlin v železobetonovém tubingu. Osazení měřicích bodů je obtížné pro silné zasítování tunelu. Z důvodu zajištění přístupu i do vrchlíku klenby jsou měření dosud prováděna ze soupravy s montážním vozem, který je nutný pro postupné doplňování instrumentací. Měření přetváření tunelového profilu je doprovázeno měřeními teploty a vlhkosti vzduchu a povrchové teploty ostění.

3. GEOFYZIKÁLNÍ METODY MONITORINGU

Tradiční metody monitoringu popsané výše byly při sledování chování tunelového ostění v metru doplněny dvěma metodami, jejichž



Obr. 1 Polohy náklonoměrných desek
Fig. 1 Positions of tiltmeter plates

1. INTRODUCTION

The international project UNDERGROUND M3 contains, among others, a task of monitoring the tunnel lining deformations using standard elements of the monitoring of structural deformations (based on convergence measurements), geophysical methods and miniature MEMS deformation sensors. Further, it comprises the verification of the system of wireless remote measurement and transmission of the monitoring data. The profile at chainage km 18.725 of the Prague metro between Holešovice and Vltavská stations, rail #2, was selected for the monitoring of tunnel lining deformations. In addition, this profile is used, within the framework of the GA CR Reg. No. 103/06/1257 grant, titled "Examination of the ageing of underground structures using monitoring and microelectromechanical measurement systems", for the examination of possibilities of reliable indication of the technical condition of the components of building structures which are exposed to dynamic loading. The selected tunnel lining profile will be subsequently modelled numerically for the purpose of the assessment of the ageing of the lining. The paper contains a summary of the knowledge which has been gathered till now by means of the measurements and the experience gained during the use of the wireless measurement and data transmission system.

2. TRADITIONAL MONITORING METHODS

With the aim of verifying new deformation measurement methods, the check monitoring of deformations of the selected profile was conducted in advance, by means of convergence and tilt measurements [1][2]. An area containing a system of cracks in a reinforced concrete lining segment is shown in Figure 1, where the positions of tiltmeter plates and convergence points for manual measurements are marked by a red ellipse. The installation of measurement points is difficult due to the existence of a dense utility network in the tunnel. The measurements have been carried out using a scaffold car, which makes the access to the crown of the vault possible and is needed when new instruments are to be gradually added. The measurement of tunnel profile deformations is carried out together with the measurement of the air temperature and humidity and surface temperature of the lining.

3. GEOPHYSICAL MONITORING METHODS

The above-mentioned traditional monitoring methods were complemented by two methods the application of which is required to provide other comparative material documenting the structural condition of the precast lining segments which were selected for monitoring purposes. The diagnostics is performed by means of the studying of the development (with time) of dynamic parameters of the response of the structure to the working load and parameters of propagation of waves through the lining segments being tested.

This diagnostic methodology should, at the same time, allow reasonably correct estimation of the current fatigue level, in view of the residual life time of the structure. It must be of non-destructive nature and the collection of data must not require any disruption of operation or removal of the segments to be tested from the lining. Because it usually cannot be expected that the calculation parameters regarding the installed construction segment which are needed for a standard fatigue analysis will be available (let alone the conditions of interaction with other parts of the structure and with the surrounding environment), the initial condition existing at the beginning of the measurements should be taken as the initial reference material.

aplikace si klade za cíl poskytnout další komparativní materiál dokumentující stavební stav sledovaných prefabrikátů ostění. Popisované práce jsou také součástí vývoje jednoduché a spolehlivé metody indikace technického stavu komponent dynamicky zatěžených stavebních konstrukcí. K diagnostice se využívá studia časového vývoje dynamických parametrů odezvy konstrukce na provozní zatížení a parametrů šíření pružných vlnění v jejích testovaných dílcích.

Tato diagnostická metodika by měla současně umožnit přiměřené korektní odhad aktuálního únavového stadia vzhledem ke zbytkové životnosti konstrukce, musí být nedestruktivní povahy a sběr dat nesmí vyžadovat přerušení provozu a demontáž testovaných dílců. Protože zpravidla nelze očekávat, že u instalovaného stavebního dílce budou k dispozici potřebné výpočetní parametry ke standardnímu únavovému výpočtu (nehledě k podmínkám interakce s ostatními částmi konstrukce a také s obklopujícím prostředím), měl by být výchozím srovnávacím materiálem počáteční stav při zahájení měření.

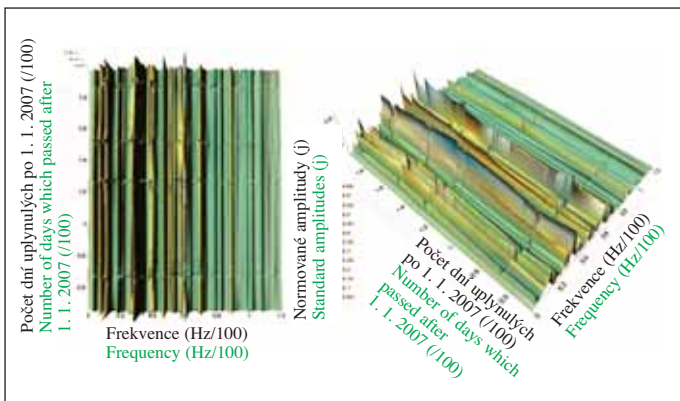
V případě sledování časových změn dynamického chování dílce ostění tunelu při provozním zatížení, generovaném přejezdy vlakových souprav podzemní dráhy, se v podstatě jedná o sledování změn v časových průbězích deformací, frekvenčních spekter a parametrů útlumu odezvy při dynamickém buzení; v případě monitorování časového rozvoje poruch dílců pomocí studia parametrů šíření pružných vlnění v jejich tělesech se jedná o seismická (akustická) měření rychlostí, absorpce a útlumu podélných i příčných vln.

Z důvodů komplikací, očekávaných v provozních tunelech metra v souvislosti se silnými rušivými elektrickými a elektromagnetickými poli, byla pro úvodní měření zvolena varianta pozorovacího bodu, vybaveného elektrodynamickým snímačem (geofonem). Snímač je stabilizován v ostění tunelu a propojen kabelovým vedením s technickými prostory stanice.

V ostění tunelu byly na popisovaném profilu instalovány 2 geofony, a to jeden na dílci s makroskopickým porušením trhlinami (G1) a druhý na sousedním dílci bez makroskopických poruch (referenční geofon G2). Jsou umístěny pod vrchlíky tunelových kleneb. Osy jejich kmitacích systémů jsou orientovány kolmo k povrchu monitorovaných prefabrikátů, takže registrují normálové složky hmotových rychlostí. Ve vývrtech v ostění tunelu jsou geofony fixovány silikonovým tmelem.

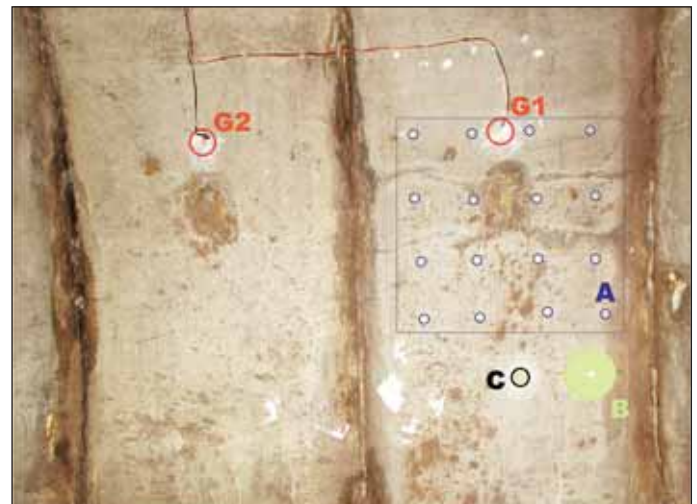
Výstupní napětí ze snímačů vibrací je v iniciální fázi prací vedeno v analogovém režimu do technických prostor stanice Nádraží Holešovice pětižilným kabelem délky 350 m. Každý z 5 vodičů má vlastní stínění, které je zemněno v jednom bodu (ve skřínce zakončení kabelu). Vzhledem k symetrickému výstupu geofonů a z důvodů maximální separace rušivých polí provozních zařízení nejsou stínění využita k přenosu měřených dat.

Sběr dat (časové snímkování odezvy monitorovaných prefabrikátů na přejezdy vlakových souprav metra monitorovacím profilem) probíhá ve víceméně pravidelných měsíčních intervalech. Časové záznamy jsou vyhodnocovány pomocí metod matematické statistiky (standardní parametry, třídění, korelace) v časové i frekvenční oblasti s cílem nalézt vhodnou skupinu veličin detekujících spolehlivě aktuální stavební stav ostění. Výsledky vyhodnocení normovaných frekvenčních spekter, získaných na popsaném zařízení za období únor až červenec 2007, demonstruje obrázek 3. Proměny spekter vlnového obrazu, které by bylo možno interpretovat jako zjevný rozvoj porušení pozorovaného dílce, nejsou zde zřetelné patrné.



Obr. 3 Časový vývoj normovaného frekvenčního spektra odezvy porušeného dílce ostění tunelu (pásmo 2 – 120Hz)

Fig. 3 Development of the standardised frequency spectrum of the damaged tunnel lining segment with time



G1 monitorovací elektrodynamický snímač – G1 monitoring electrodynamic sensor
G2 identický snímač pro získání komparativních dat – G2 identical sensor collecting comparative data
A pole bodů pro akustické vzorkování – A field of acoustic-sampling points
B náklonoměrná deska – B tiltmeter plate
C stabilizovaný bod pro konvergenční měření – C convergence measurement stabilised point

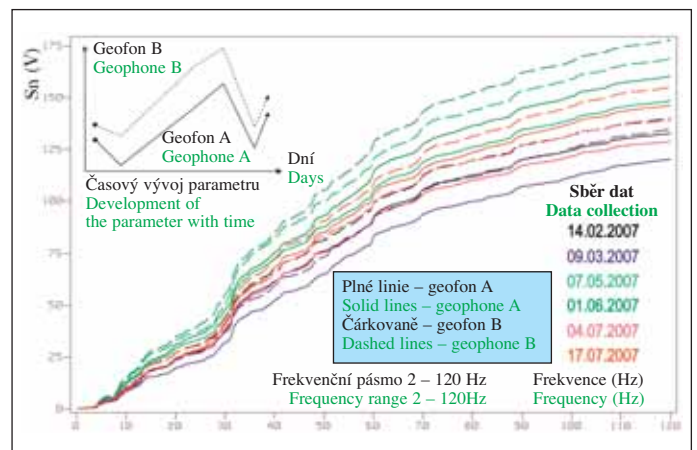
Obr. 2 Instalace zařízení, zajišťujícího sběr dat pro popisované komparativní metody

Fig. 2 Installation of the instrumentation providing the data collection for the comparison methods in question

The case of the monitoring of time-dependent changes in the dynamic behaviour of a tunnel lining segment which is exposed to working loads generated by metro trains passing along is, in substance, the case of the monitoring of changes in time-deformation curves, frequency spectra and parameters of the attenuation of response in the case of dynamic excitation; the case of the monitoring of the development of failures of segments by means of the studying of parameters of propagation of elastic waves through the segments is the case of seismic (acoustic) measurements of velocities, absorption and attenuation of longitudinal and transverse waves.

With respect to the complications which were expected to be encountered in the operating metro tunnels due to interference caused by strong electric and electromagnetic fields, the variant which was selected for the initial measurements comprised a monitoring point which was equipped with an electrodynamic sensor (geophone). The sensor is fixed in the tunnel lining and connected with the technical areas in the station by cable lines.

Two geophones were installed in the tunnel lining in the above-mentioned profile: one on a segment which was damaged by microscopic cracks (G1) and the other on a neighbouring segment, which was without macroscopic defects (the reference geophone G2). They are located under the crowns of the tunnel vaults. The axes of their oscillation systems are perpendicular to the surface of the segments which are



Obr. 4 Sumace (integrace) normovaných spekter odezvy konstrukčních dílců ostění tunelu

Fig. 4 Summation (integration) of standardised frequency spectra of structural parts of tunnel lining

Obr. 4 uvádí výsledky integrace (sumace amplitud) normovaných frekvenčních spekter odezvy, získaných snímači v porušeném (A – geofon G1) i neporušeném (B – geofon G2) dílci ostění (viz obr. 2).

Na tomto obrázku jsou časové změny sumovaných spekter odezvy porušeného dílce ostění pozorovatelné zřetelně; protože je však jednoznačně kopíruje i časový vývoj ve spektrech získaných na snímači umístěném v sousedním dílci bez makroskopických známek porušení, lze je interpretovat jako projev časových změn klimatu (teploty, vlhkosti a tlaku) v tunelové troubě.

Druhou projektovanou metodikou, která by měla poskytnout komparativní materiál k výsledkům sledování rozvoje materiálových poruch mikrosnímači jejich aktivity a ke korelacím s výsledky měření dynamických, jsou měření akustická, aplikovaná na porušeném prefabrikátu ostění tunelu v monitorovacím profilu. Tato měření jsou realizována v pevné síti bodů, tvořené celkem 16 body ve čtyřech řadách a čtyřech sloupcích vzdálených vzájemně cca 20 cm (obr. 2). Měření byla zahájena až po dokončení všech plánovaných instalací, zasahujících do bodového pole, ale prozatím není k dispozici dostatek výsledků pro vyhodnocení.

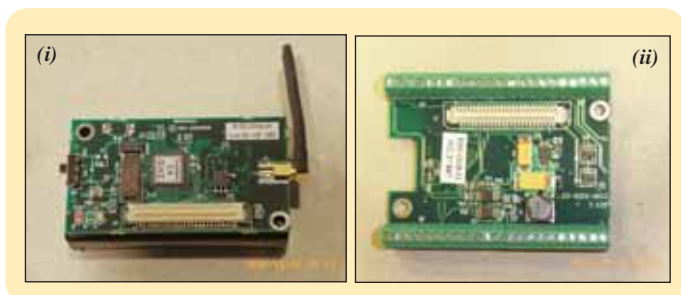
4. BEZDRÁTOVÉ MĚŘENÍ A PŘENOS DAT

Při výběru vhodné platformy pro bezdrátový sběr dat jsme spolupracovali s univerzitou v Cambridge, kde s touto problematikou mají delší zkušenosti. Na výběr bylo několik alternativ. Přednost jsme dali bezdrátové technologii v nelicencovaném pásmu na platformě ZigBee, která funguje na čípech Intel. Ucelené řešení bezdrátového sběru dat od jednotlivých měřicích bodů, na nichž lze připojit jak analogové, tak i digitální měřicí přístroje, je dodáváno společností Crossbow. Vše je jen otázkou spojení odpovídajících čipů (rozhraní) pro sběr dat s čipem pro bezdrátovou komunikaci, společně nazývaných měřicím body bezdrátové sítě. Srdcem celého systému je miniaturní počítač, který pracuje pod operačním systémem Linux, a který je zároveň i základním bodem bezdrátové sítě ZigBee. Tato brána slouží též k úschově nasbíraných dat před jejich odesláním do kanceláře. Jednotlivé body sítě je třeba před jejich nasazením pro konkrétní měřicí situaci naprogramovat v závislosti na jejich pozici v síti a typ připojeného měřicího přístroje.

Jednou z nejdůležitějších věcí při tvorbě bezdrátové sítě je správné nastavení vzdáleností mezi jednotlivými body, aby nedocházelo k výpadkům komunikace. Neboť body, které jsou vzdáleny více než je dosah komunikace od brány, se s touto spojují přes jiné body sítě a takto mohou „skákat“ přes velké množství dalších bodů sítě. Ve volném prostoru je dosah sítě větší než v zastavěném území a ještě menší je v tunelu. Z tohoto důvodu byla nejprve vybudována testovací síť měřicích bodů v metru, kde se ověřuje maximální možná vzdálenost jednotlivých bodů bezdrátové sítě, aby byla zachována její spolehlivost a redundance. Z našeho ověřovacího systému bylo určeno, že optimální pro spolehlivost sítě a zajištění přenosu dat podél osy tunelu je maximální vzdálenost bodů asi 15 m a s ohledem na spolehlivost je potřeba umístit vždy v takovémto profilu tři body sítě.

Asi zde nemusíme zdůrazňovat, že před nasazením systému pro vlastní měření je třeba provést kalibraci jednotlivých připojených přístrojů ke konkrétním bodům sítě a tyto kalibrace zanesť do databáze, která bude zpracovávat data přicházející z měření, aby bylo možné správně identifikovat jednotlivé měřicí body a měřené veličiny. S tím souvisí i správné naprogramování jednotlivých bodů sítě, jak již bylo zmíněno výše.

Z výše uvedeného je tedy jasné, že před vlastní instalací měřicí sítě je třeba provést její vyzkoušení v laboratoři, kde si ověříme, že všechny



Obr. 5 Základní deska bezdrátového bodu (i) a měřicího obvodu s A/D převodníkem (ii)

Fig. 5 Basic board of a wireless point (i) and a measurement circuit with an A/D converter (ii)

being monitored, therefore they register normal components of the particle velocities. The geophones are fixed in boreholes in the tunnel lining with a silicone sealant.

The output voltage from vibration sensors is led, in the initial phase in the analog mode, by a 350m long, five-conductor cable to technical areas in Nádraží Holešovice station. Each of the five conductors has its own screening, which is connected to earth in a single point (in the cable termination box). With respect to the symmetric output of the geophones and with the aim of achieving maximum separation of the spurious fields produced by the tunnel equipment, the screenings are not used for the transmission of the measured data.

The data collection (the continuous recording of the response of the monitored segments to passage of trains through the monitoring profile) is carried out in more or less regular intervals of one month. The records are assessed by methods of mathematical statistics (standard parameters, classification, correlation) in both the time and frequency domains, with the aim of finding a suitable group of physical parameters which reliably detect the current structural condition of the lining. The results of the assessment of standardised frequency spectra which were obtained by the above-mentioned instrument during February through July 2007 are shown in Figure 3. The changes in the wave pattern spectra which could be interpreted as obvious development of deterioration of the monitored segment are not clearly detectable in the picture.

Figure 4 presents the results of integration (amplitude summation) of the standardised frequency spectra of the response which were obtained by sensors in the damaged lining segment (A – geophone G1) and undamaged segment (B – Geophone G2) (see Fig. 2).

The time-dependent changes in the summed spectra of the deteriorated segment response are clearly detectable in this picture. However, because they are unambiguously copied by the development of the spectra obtained from the sensor installed in the neighbouring segment which is without macroscopic signs of deterioration, the changes can be interpreted as manifestations of changes in the climate (temperature, humidity and pressure) in the tunnel tube with time.

The other method which is required by the design consists of acoustic measurements applied to the deteriorated tunnel lining segment found in the monitoring profile. It is intended to provide data which can be compared with the results of the monitoring of the development of material deterioration by means of the micro-sensors and by correlated with the results of dynamic measurements. The measurements are carried out on a fixed network of 16 points, which are arranged in 4 horizontal lines and four vertical lines, spaced at about 20cm (see Fig. 2). The measurements started when the installation of all planned equipment touching the field containing the points had been completed. The amount of data which has been obtained to date by the measurements is not sufficient for the assessment.

4. WIRELESS DATA MEASUREMENT AND TRANSMISSION

When we were selecting a suitable platform for the wireless data collection, we collaborated with the University of Cambridge, where they had longer experience with this problem. There were several alternatives available. We preferred a wireless technology within a non-licensed range, based on the ZigBee platform, which uses Intel chips. A comprehensive solution of wireless data collection from individual measurement points at which both analog and digital measurement devices can be connected is provided by Crossbow company. Everything is only an issue of the connections of respective data collection chips (interfaces) with a wireless communication chip, which are jointly called the measurement points of a wireless network. The heart of the entire system is a miniature computer, which works under the Linux operating system and which is, at the same time, the basic point of the ZigBee wireless network. In addition, this gate is used for the storage of the collected data before the transmission to the office. Individual points of the network must be programmed before the installation in a particular measurement situation, depending on their location on the network and the type of the measurement device to be connected.

One of the most important things in the process of the development of a wireless network is the proper setting of the distances between individual points so that no communication breakdowns occur. The reason is the fact that the points which are at a distance greater than the reach of the communication from the gate make contact with this gate via other points of the network, thus they may 'skip around', via



Obr. 6 Instalace bezdrátového měřicího bodu v pražském metru
Fig. 6 Installation of a wireless measurement point in the Prague metro

měřicí přístroje a body sítě pracují tak, jak mají, a předávají ty správné informace. Bohužel v laboratorii nelze nasimulovat polní podmínky a tím i přesnou topologii sítě. Z tohoto důvodu existuje jednoduchý program, který umožňuje sledovat vytvoření bezdrátové sítě přímo na místě instalace, a tím si ověřit její funkčnost v konkrétní topologii.

Zejména v tunelu, kde je přístup časově omezen na období výluky, je třeba mít velice přesně naplánovanou implementaci monitorovací sítě s dostatečnou časovou rezervou na případné odladění a odstranění případných problémů. V opačném případě by bylo třeba provést opakované návštěvy místa monitoringu pro odstranění problémů.

V současné době je zkušební bezdrátová síť fungující v metru odladěna pro správný sběr dat, pouze se monitoruje výdrž baterií v závislosti na četnosti měření a vzdálenosti bodů od brány systému.

Zatím je jedinou nevýhodou systému závislost brány na permanentním zdroji energie (musí být pořád v zásuvce). Právě z tohoto důvodu se v rámci již zmíněného mezinárodního projektu uvažuje o možnostech jak získávat energii z alternativních zdrojů, tak aby byl celý systém energeticky nezávislý. Tedy aby nebylo třeba pravidelně vyměňovat baterie u měřicích bodů, ale ani nemít požadavek na zdroj napájení u brány systému. Bohužel toto řešení je ještě hubbou budoucnosti.

Přenosem dat v tomto smyslu se myslí přenos naměřených a sebraných dat z centrálního místa měření (brány) do kanceláře k dalšímu zpracování, vyhodnocení. V současné době je tento přenos realizován na platformě mobilních telefonů – GSM/GPRS. Výhodou této technologie je její relativně dobré pokrytí našeho území, jeho relativně nízká cena a hlavně masovost využití. V našem konkrétním případě je tato technologie mírně problematictější, neboť signálem GSM jsou pokryty pouze stanice metra, kdežto tunely jen v krátkých vzdálenostech od stanic, kam dosahuje dostatečně kvalitní signál pro GPRS komunikaci ze stanic (max. 50 m). Tato limitující podmínka jasně definuje maximální vzdálenost brány od stanic, a tudíž při požadavku na měření ve větší vzdálenosti od stanic je třeba vybudovat rozsáhlejší bezdrátovou síť, aby mohla být přenesena naměřená data od místa měření k bráně. Avšak existují plány mobilních operátorů na rozšíření jejich sítí i do tunelů metra a pak bude tento problém eliminován, takže volba této technologie je volba pro budoucnost.

V současné době je GPRS přenos dat prováděn prostřednictvím routeru Linksys, který umožňuje připojit lokální síť, ať již metalickou (LAN), či bezdrátovou (Wi-Fi) k internetu prostřednictvím GPRS technologie. Do budoucna se uvažuje o připojení GPRS modemu přímo k bráně bezdrátové (ZigBee) měřicí sítě.

Právě kvalita GSM signálu v tunelu metra nám způsobuje určité problémy s přenosem dat a správou měřicí bezdrátové sítě z kanceláře. Dalším problémem, se kterým se potýkáme, je udržení navázaného GPRS spojení, neboť mobilní operátoři ukončí spojení automaticky při delší nečinnosti spojení, což je též spojeno s problémem horší kvality GSM signálu. Z tohoto důvodu v současné době testujeme různé metody udržení spojení a zároveň minimalizaci přenosu nepotřebných dat. Jednou z testovaných variant je nepřetržitý „PING“, který testuje, zda je daný server připojen k internetu. Ač je tato metoda jedna z nejlepších pro udržení spojení, je zároveň velmi náročná na přenos dat (měsíčně kolem 100MB).

Dalším problémem spojeným s dálkovou správou je fakt, že mobilní připojení nemá přiřazenu veřejnou IP adresu, ale adresu privátní za firewalem, a tudíž přímo nepřístupnou z internetu. Tento problém však

a great number of other points of the network. In free space, the reach of the network is longer than in a built-up area and it is even shorter in a tunnel. For that reason a trial network of measurement points was first built in the metro, where the maximum possible distance between individual points of the wireless network for which the reliability and redundancy of the network is still maintained is being verified. Our trials resulted in the finding that the optimum maximum distance, in terms of the network reliability and data transmission along the tunnel route, is about 15m; three points of the network should always be installed in each measurement profile.

We probably do not have to stress the fact that individual devices which are connected to particular points of the network must be calibrated before the system is used for measurements. The calibration must be entered into the database which will process the data provided by the measurements so that the proper identification of individual measurement points and measured quantities is possible. The above-mentioned correct programming of individual points of the network is also related to this process.

It therefore clearly follows from the above text that the measurement network must be tested out in a laboratory before it is installed in situ. We must verify whether all measurement devices and network points work properly and pass correct information. Unfortunately, field conditions, thus also the exact topology of the network, cannot be simulated in a laboratory. This is the reason why a simple program exists which makes it possible for us to monitor the creation of the wireless network directly in the location of the installation and verify its functionality in the particular topology.

The implementation of a monitoring network must be very precisely planned, above all in a tunnel, where the time for the access is restricted to track position times. There must be a sufficient time reserve prepared for the debugging and fixing of problems if necessary. If it is not available, it is necessary to visit the monitoring locations repeatedly to fix the problems.

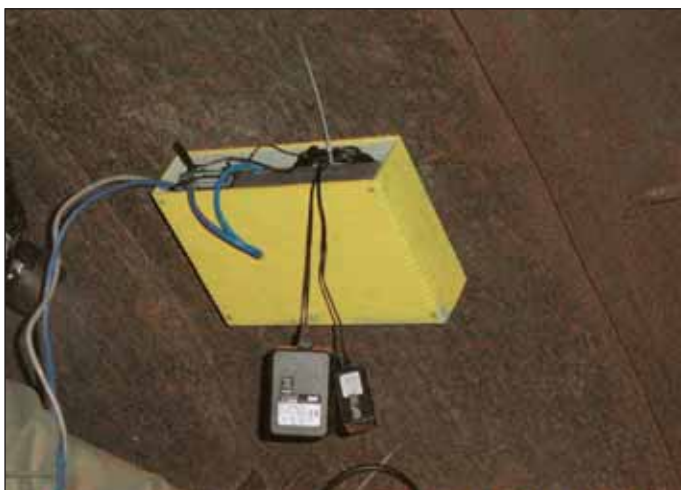
The debugging of the trial wireless network operating in the metro, which was performed with the aim of obtaining a correct collection of data, has been completed; the only activity is the monitoring of the duration of batteries, which is focused on the relationship between the duration, the number of measurements performed and the distances of the points from the system gate.

The only disadvantage of the system is, for the time being, the dependence of the gate on permanent power supply (the system must be permanently plugged in). This is the reason why the possibility of the application of alternative power sources, which would make the system non-volatile, is under consideration, in the framework of the above-mentioned international project. Thus the necessity for regular replacement of batteries in the measurement points or installation of a power source at the system gate would be avoided. Unfortunately, this solution cannot be expected any soon.

The meaning of the term “data transmission” is, in this case, the transition of the measured and collected data from the central measurement station (the gate) to the office for the purpose of further processing and assessment. Today, this transmission is provided on the basis of mobile telephones - GSM/GPRS. The advantage of this technology is the relatively good coverage of the area of the Czech Republic, relatively low cost and, above all, the mass use of the system. In our particular case, this technology is slightly problematic because of the fact that only metro stations are covered by the GSM signal, while only short sections of tunnels adjacent to stations, where sufficiently good quality signal can reach from the stations (a maximum of 50m), have the coverage. This limiting condition clearly defines the maximum distance of a gate from a station; therefore, if the measurements are to be conducted at a greater distance from the station, a more extensive wireless network must be built so that the measured data can be transmitted from the measurement location to the gate. Although, mobile operators have plans for the expansion of their networks even to metro tunnels; then this problem will be eliminated; the decision to use this technology today will mean great benefit in the future.

Currently the GPRS transmission is conducted through a Linksys router, which allows the connection of a local network, either a metallic one (LAN) or wireless (Wi-Fi), to the Internet through the GPRS technology. The GPRS modem connection directly to the gate of the wireless (ZigBee) measurement network is under consideration for the future.

The quality of the GSM signal in a tunnel is what causes certain problems with the data transmission and wireless network management



Obr. 7 Brána bezdrátové sítě s routerem implementujícím GPRS přístup k internetu

Fig. 7 A gate of a wireless network with a router implementing the GPRS access to the Internet

byl již vyřešen, a to prostřednictvím Linuxové aplikace „Remote reverse shell“.

V současné době též implementujeme možnost automatického přenesení naměřených dat v určitém časovém intervalu, neboť v současné době je realizován přenos dat pouze při vzdálené správě.

5 ZÁVĚR

V rámci mezinárodního grantového projektu byl vystrojen testovací profil tratěvého tunelu pražského metra pro ověřování mikrosnímačů přetvoření, který je dosud osazen standardními prvky měření přetvoření ostění a jehož vystrojení je dále doplňováno a rozvíjeno podle potřeb projektu. Dále je tentýž profil osazen monitorovacími prvky pro geofyzikální měření. Výsledky z geofyzikálních měření vykazují dobrou citlivost měření, neboť lze dobře zaznamenat sezonní vlivy na výsledky měření. Z publikovaných výsledků lze konstatovat, že nedochází ke znatelnému stárnutí a degradaci ostění tunelu i pro tubing s viditelným poškozením trhlinami. Taktéž byl vybudován systém pro automatický monitoring prostřednictvím bezdrátového sběru a přenosu naměřených dat. Tento systém je dnes doladován na testovací instalaci v tunelu metra pro ostré nasazení při monitoringu stárnutí podzemních staveb nejen v Praze, ale i v zahraničí. Tento systém se ukázal jako progresivní, který využívá v současnosti jednu z nejmodernějších a nejúspornějších technologií pro bezdrátový sběr dat a není limitován na žádnou konkrétní technologii přenosu dat z terénu do kanceláře. I v tomto směru jsme systém implementovali na bezdrátový přenos dat prostřednictvím jedné z nejmodernějších technologií (mobilních telefonů) a lze jej snadno modernizovat s vývojem technologie mobilních telefonů. Ač jsme se setkali s „porodními bolestmi“ tohoto systému, věříme, že jsme dnes vyřešili téměř všechny z nich a systém je připraven pro ostré nasazení v nejbližší době, o čemž svědčí i laboratorní testování a kalibrace měřících bodů pro nasazení do tunelů pražského metra.

RNDr. JAROMÍR MACHÁČEK, Ph.D.

jaromir.machacek@fsv.cvut.cz,

Ing. MARTIN VANÍČEK, Ph.D., vanicekm@mat.fsv.cvut.cz,

Doc. Dr. Ing. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují Grantové agentuře České republiky, že mohli v rámci grantového projektu GA 103/06/1257 Výzkum stárnutí podzemních konstrukcí s použitím monitorovacích a mikroměřících systémů připravit a publikovat tento příspěvek.

from an office. Another problem we are dealing with is the keeping of the GPRS connection uninterrupted because mobile operators suspend the connection automatically when it is inactive for a longer time. This fact is associated with the problem of worsened quality of the GSM signal. For that reason, we are currently testing various methods of the keeping of connection and, at the same time, minimising the volume of transmission of unnecessary data. One of the variants being tested is the uninterrupted ping, which verifies whether the given server is connected to the Internet. Even though this method is one of the best ones for the maintenance of connection, it is, at the same time, very demanding in terms of the data transmission (annually about 100MB).

Another problem which is associated with the remote data management is the fact that the ID address which is assigned to a mobile connection is not public. It is a private address, which is behind a firewall, therefore inaccessible from the Internet. This problem, however, has already been solved through the Remote Reverse Shell application of Linux.

In addition, we are currently implementing the possibility of automatic transmission of the measured data within a certain time interval because, today, data transmission is performed only during the remote management activity.

5 CONCLUSION

A testing profile of a running tunnel of the Prague metro was established within the framework of an international grant project. The profile was intended to allow the verification of microelectromechanical sensors of deformations using traditional instruments for the measurement of tunnel lining deformation. New measurement devices have been added and the system has been developed according to the requirements of the project. The same profile was further fitted with monitoring elements for geophysical measurements. The results which have been provided by the geophysical measurements exhibit good sensitivity of the deformation measurements. It is well possible to recognise seasonal influences on the measurement results. It can be stated on the basis of the published results that significant ageing and deterioration of the tunnel lining did not occur, even in the case of a lining segment with visible cracking. A system for automatic monitoring through wireless collection and transition of the measured data was also developed. This system is today being tuned at the testing installation in the metro tunnel, to be implemented in common practice for the monitoring of the ageing of underground structures not only in Prague but also abroad. This system has proven progressive, using one of the currently most modern and economic wireless data collection technologies. Its use is not restricted to any particular technology of transmission from the field to the office. We managed to implement the system to the wireless data transmission through one of the state-of-the-art technologies (mobile telephones). It is possible to easily upgrade the system to follow the proceeding development of mobile telephones. Despite the fact that we experienced the initial travails of the system, we believe that we have succeeded in solving nearly all problems and the system is prepared for application in common practice in the foreseeable future. One of the proofs is the results of the laboratory testing and calibration of the measurement points for the installation in Prague metro tunnels.

RNDr. JAROMÍR MACHÁČEK, Ph.D.

jaromir.machacek@fsv.cvut.cz,

Ing. MARTIN VANÍČEK, Ph.D., vanicekm@mat.fsv.cvut.cz,

Doc. Dr. Ing. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank to the Grant Agency of the Czech Republic for allowing them, in the framework of the grant project GA 103/06/1257 Research into the ageing of underground structures using monitoring and microelectromechanical measurement systems, to prepare and publish this paper.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Záleský, J.; Bubeníček, M.: Nové mikrosnímače pro sledování přetvoření geotechnických konstrukcí (New microelectromechanical sensors for monitoring of deformations of geotechnical structures). Proceedings of the 26th international seminar Geotechnical field methods 2006, Sept. 2006, AZ Consult, spol. s r. o. Ústí n. L., ISSN 1213-1237, pp. 155-158.
- [2] Vaníček, M.; Pruška J., Vaníček I.: Prognosis of underground structures deterioration based on in-situ measurements. 3rd Int. Conf. on SEMC, Cape Town, Sept. 10-12 2007. 6 p.

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY SILNIČNÍCH TUNELŮ HÉDINSFJÖRDUR NA ISLANDU (DODAVATEL: METROSTAV a. s.)

PICTURE REPORT ON THE CONSTRUCTION OF THE HÉDINSFJÖRDUR ROAD TUNNELS IN ICELAND (CONTRACTOR: METROSTAV a. s.)

TUNEL SIGLUFJÖRDUR / SIGLUFJÖRDUR TUNNEL



Obr. 1 Hotelová ubytovna v zajištění sněhu
Fig. 1 Hotel-type accommodation facility surrounded by snow



Obr. 2 Portál tunelu po vyražení prvního postupového kroku
Fig. 2 Tunnel portal after the first excavation round



Obr. 3 Vrtání čelby pro další záběrový krok
Fig. 3 Face drilling for the next excavation round



Obr. 4 Průnik tlakové vody po provedení předvrtu
Fig. 4 Intrusion of pressure water after the completion of a probe borehole



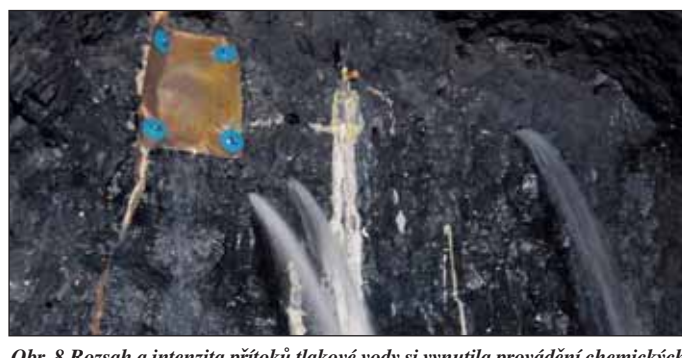
Obr. 5 Voda tryskající pod tlakem při vrtání čelby pro další záběr
Fig. 5 Water gushing under a pressure during the face drilling for the next excavation round



Obr. 6 Přítoky tlakové vody po provedení vývrtů pro kotvy na boku tunelu
Fig. 6 Pressure water inflows after the completion of boreholes for anchors on the tunnel side



Obr. 7 Zatopené čelo tunelu po odpale a odtěžení (úpadní ražba)
Fig. 7 Inundated tunnel heading after the blasting and removal of muck (a downhill drive)



Obr. 8 Rozsah a intenzita přítoků tlakové vody si vynutila provádění chemických injektáží
Fig. 8 The extent and intensity of pressure water inflows required the application of chemical grouting

Fotoreportáž dokumentuje pokračující výstavbu tunelů Siglufjörður (ražený úsek délky 3650 m) a Olafsfjörður (ražený úsek délky 6925 m). Článek o prvním období ražeb obou tunelů byl zveřejněn v časopisu Tunel č. 2/2007 na straně 25.

The picture report documents the progressing construction of the Siglufjörður tunnel (with the mined section 3650m long) and Olafsfjörður tunnel (with the mined section 6925m long). The paper on the initial period of the excavation of both tunnels was published in the issue No. 2/2007, page 25 of Tunel magazine.

TUNEL OLAFSFJÖRDUR / OLAFSFJÖRDUR TUNNEL



Obr. 1 Polární záře nad osvětleným zařízením staveniště
Fig. 1 Northern Lights over the illuminated site facility



Obr. 2 Skalní stěna portálu tunelu Olafsfjörður
Fig. 2 Portal rock wall of the Olafsfjörður tunnel



Obr. 3 Tunel po vyražení první desítky metrů
Fig. 3 The tunnel after the completion of the excavation of initial ten meters



Obr. 4 Vrtání čelby pro odpal vrtacím vozem Axera Tamrock
Fig. 4 Face drilling for the blasting, using an Axera Tamrock drilling rig



Obr. 5 Osazování náloží do vrtů po navrtání čelby
Fig. 5 Priming of charges after the face drilling



Obr. 6 Pohled na čelbu po odtěžení rubaniny při délce záběru 5,3 m
Fig. 6 View of the face after the muck removal, at the excavation round length of 5.3m



Obr. 7 Tryskající tlaková voda z čelby po provedeném předvrtu
Fig. 7 Pressure water gushing from a completed probe borehole



Obr. 8 Zatopené čelo tunelu při průchodu zvodnělou horninovou poruchou
Fig. 8 Inundated tunnel heading during the passage through a water-bearing weakness zone

MODERNÍ PŘÍSTUPY PŘI PROHLÍDKÁCH TUNELŮ

MODERN APPROACHES TO TUNNEL EXAMINATION

JIŘÍ MATĚJÍČEK

ÚVOD

Firma Amberg Engineering Brno, a. s., se mimo jiné zabývá také sanacemi a rekonstrukcemi již provozovaných železničních tunelů. V rámci příprav na projekt sanace tunelu je vždy nutné provést podrobný průzkum, jehož určitou část provádějí pracovníci firmy Amberg Engineering sami. Součástí průzkumných prací je mimo jiné zaměření tunelu a pasportizace tunelového ostění.

ZAMĚŘENÍ TUNELU 3D SCANNEREM

Moderní metodou, používanou při zaměřování tunelů, je 3D skenování. Novější typy 3D scannerů umožňují nasnímat ostění takovým způsobem, že výstup z tohoto měření vypadá jako černobílá fotografie líce ostění (obr. 3). Na obrázcích k tomuto článku byly použity výstupy ze zaměření Banská Štiavnického tunelu, který byl skenován přístrojem Leica GRP5000 (obr. 1). Tento přístroj s rotační snímací hlavou umožňuje kontinuální skenování ostění tunelu při pojezdu rychlostí cca 400 m/hod s přesností měření až 0,1 mm. Samotný vozík, na kterém je scanner namontován, měří kromě ujeté vzdálenosti také příčný a podélný sklon koleje. Tyto údaje potom scanner zpracovává společně s vloženým normovým průjezdným profilem. Výsledkem, který se obvykle prezentuje objednateli průzkumu, jsou pak dvě skupiny dat – příčné profily a analýza (mapa) průjezdnosti (obr. 2 a 3).

Příčné profily – příčné řezy po vzdálenosti 10 m, ve kterých je vidět světový profil tunelu s vloženým průjezdným profilem (obr. 2). V případě železničních tunelů je standardně vložen průjezdný profil TPP, v případě dvoukolejných tunelů STPP. Ve vzdálenostech cca 0,5 m po obvodu profilu vyznačí software ve scanneru vzdálenost ostění od průjezdného profilu. V případě, že ostění zasahuje do průjezdného profilu, vyznačí software barvou tato místa v analýze průjezdnosti.

Analýza (mapa) průjezdnosti – zobrazuje tzv. tunelový pás a vypadá jako černobílý snímek ostění (obr. 3). Barevné označení míst s nevyhovující průjezdností je odstupňováno od přiblížení se k průjezdnému profilu až po výrazný přesah ostění do průjezdného profilu. Oproti starším metodám měření geometrie, jako jsou profilery nebo dokonce měření průjezdnosti obrysnicí, je zde výhoda v kontinuálnosti měření po celé délce tunelu a také v rychlosti měření (cca 400 m/hod) a přesnosti měření (0,1 mm). Navíc díky měřidlům na vozíku získáváme i relativní zaměření koleje.

Na skenu jsou velmi dobře vidět materiály ostění (kamenná ozeď, lity nebo stříkaný beton), dilatační a pracovní spáry a také výrazné plošné poškození jako průsaky, výluhy, atd. To umožňuje provést tzv. předinspekci – vložení skenu do Observeru a záznam pozorovaných fenoménů (jevů) před samotnou inspekci v tunelu.

VYHODNOCENÍ ZAMĚŘENÍ

Bez ohledu na použitou technologii je potřeba výsledky zaměření důkladně a podrobně vyhodnotit. V případě starších jednokolejných tunelů obvykle



Obr. 1 Leica GRP5000 s možností plynulého pojezdu

Fig. 1 Leica GRP5000 with the possibility of continual travel

INTRODUCTION

Amberg Engineering Brno a. s. deals, among other activities, with rehabilitation and reconstruction of operating railway tunnels. A detailed survey must always be carried out within the framework of rehabilitation design preparation; certain part of the survey is conducted by Amberg Engineering employees themselves. The survey activities comprise, among others, a geodetic survey of the tunnel and a condition survey of the tunnel lining.

TUNNEL SURVEY WITH A 3D SCANNER

3D scanning is a modern method used for the surveying of tunnels. Newer types of 3D scanners allow the scanning of the lining to provide measurement outputs which look as a black-and-white photo of the lining surface (see Fig. 3). The pictures contained in this paper are the outputs of the survey of the Banská Štiavnica tunnel, which was scanned using a Leica GRP5000 scanner (see Fig. 1). This instrument with a rotary head allows continual scanning of the tunnel lining while moving at about 400m/h, with the accuracy up to 0.1mm. The vehicle carrying the scanner measures, apart from the distance moved, also the transverse and longitudinal gradients of the rail. This data is subsequently processed by the scanner together with the standard clearance profile data, which is fed into the program. The result which is usually presented to the survey client is two groups of data, i.e. cross-sections and a passableness analysis (map) (see Figures 2 and 3).

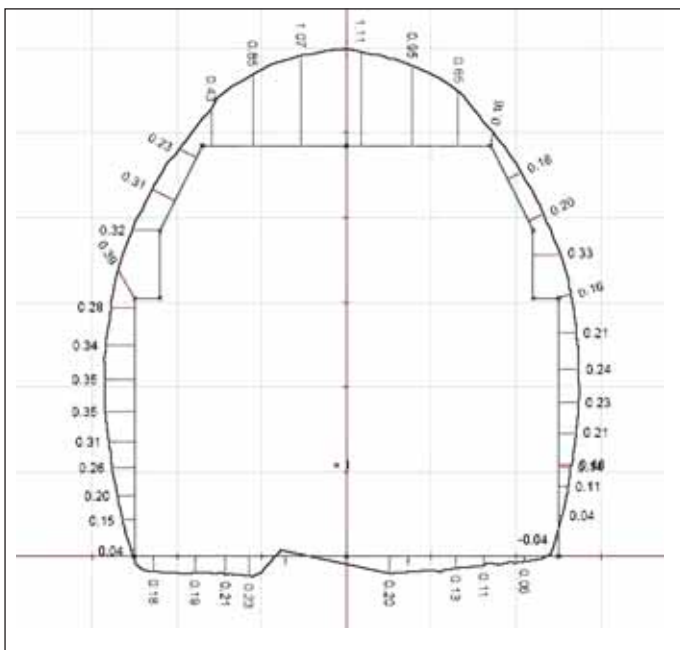
Cross sections – the cross sections, which are plotted at 10 spacing, show the net tunnel profile with the clearance profile drawn in it (see Fig. 2). The TPP clearance profile is used as the standard in the case of railway tunnels, whilst the STPP clearance profile is used in the case of double-rail tunnels. The software of the scanner marks the distance of the lining from the clearance profile in points which are distributed at about 0.5m spacing around the circumference of the profile. If the lining protrudes into the clearance profile, the software marks such points in colour in the passableness analysis.

Passableness analysis (map) – it pictures a so-called tunnel strip, and looks as a black-and-white photo of the lining (see Fig. 3). The colour code for the marking of the points where the passableness criterion is not met is toned, from being near the clearance profile to significant protruding of the lining into the clearance profile. Compared with the older methods of the geometry measurement, such as profilers or even the measurement of passableness by means of a loading gauge, the advantage of this system consists in the continuity of the measurement throughout the tunnel length and also in the measurement speed (approximately 400m/h) and accuracy of the measurement (0.1mm). In addition, owing to the fact that the measuring instruments are installed on a vehicle, we obtain even a relative survey of the rail.

The scan very well shows the materials from which the lining is built (masonry, monolithic concrete or sprayed concrete), expansion joints and day joints and also significant surface damage cases, e.g. leaking, leaching etc. This feature allows the performance of pre-inspection – the insertion of the scan into the Observer, and recording of the observed phenomena prior to the inspection itself.

SURVEY ASSESSMENT

Notwithstanding the equipment used, the results of the measurements must be thoroughly and in detail assessed. Cross sections of older single-rail tunnels usually do not meet the requirements for the current TPP. The most frequently used horseshoe-shaped (or circular) tunnel cross section often protrudes into the clearance profile at the bottom of the footing of side walls. The biggest problem, however, is usually encountered in the tunnel crown. This is because the most tunnels had been built for steam engines or Diesel locomotives and the track was subsequently electrified, whilst the tunnels were granted dispensations from the requirements for the clearance height. On the one hand, these administrative acts saved the cost of reconstruction of the tunnels, on the other hand, the problem with the unsatisfactory passableness remained unsolved. Not always is it necessary to remove the existing lining and replace it by a new, thinner one. A reconstruction design should always start at the substructure superstructure of the track and the possibility of "moving" the track. This is, however, a spot where we run up against a problem – the owner lacking the funding.



Obr. 2 Výstup z měření scannerem – příčný profil (Banskoštiavnický tunel, SR)
Fig. 2 Scanner output – clearance profiles (Banská Štiavnica tunnel, Slovakia)

průřez naprosto nevyhovuje současnému TPP. Nejčastěji používaný podkovovitý tvar tunelu (případně tvar kruhový) často zasahuje do průřezného profilu v patě opěr. Největší problém ale bývá ve vrchlíku tunelu vzhledem k tomu, že velká část tunelů byla budována ještě pro parní nebo dieselové lokomotivy a následně byla trať elektrifikována, přičemž tunelům byly pouze uděleny výjimky z hlediska průřezné výšky. Tím sice byly ušetřeny náklady na přestavbu tunelu, problém nevyhovující průřeznosti tím ale vyřešen nebyl. Ne vždy je nutné bourat stávající ostění a nahrazovat ho novým s menší tloušťkou, návrh rekonstrukce by měl vždy začínat u železničního spodku a svršku a možnosti „hýbat“ s kolejí. Tady ovšem obvykle narážíme na nedostatek financí u investora.

PASPORTIZACE TUNELOVÉHO OSTĚNÍ PROGRAMEM TUNELMAP

TunnelMap je relativně nový software, který vznikl spoluprací odborníků geotechniků z firmy Amberg Engineering a programátorů firmy Amberg Technologies. Pasportizace pomocí tohoto programu může velice kvalitně nahradit roční i hlavní prohlídky tunelů, které provozovatel tunelu dosud prováděl tradičním způsobem, při respektování drážního Předpisu S6 ČD, případně dalších předpisů a norem (zatím nemáme zkušenosti s prohlídkami silničních nebo dálničních tunelů v ČR).

V TunnelMapu se většina dat zaznamenává digitálně přímo v tunelu do počítače na tzv. tunelový pás. Ten zobrazuje pohled na rozvinutý plášť ostění. Podrobnost záznamu závisí na požadavcích kladených na inspekci (prohlídku) a dozorovaný stavební objekt. Firma Amberg Engineering Brno, a. s., zatím realizovala několik inspekci prostřednictvím TunnelMapu v České republice (Rakouský a Střelenský tunel) a ve Slovenské republice (Banskoštiavnický tunel). Autor článku má navíc zkušenosti s inspekcemi v drážních tunelech ve švýcarských Alpách.

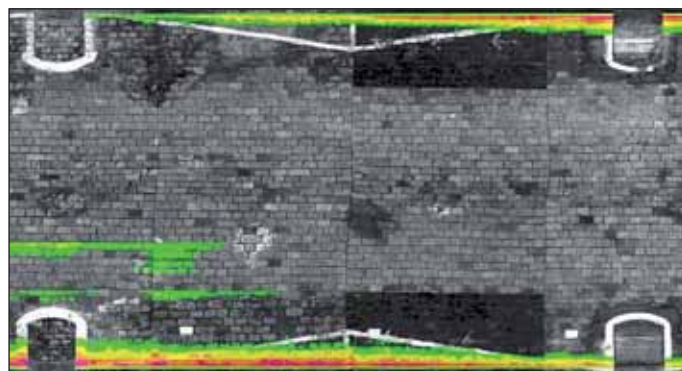
Struktura TunnelMapu

Program TunnelMap se skládá z několika základních a několika vedlejších modulů. Dále budou popsány pouze čtyři základní moduly:

Modul Manager slouží pro vytvoření tzv. zónového modelu. Zónový model definuje tunelový pás s přesnou geometrií tunelu. V případě tunelů s více troubami nebo s technologickými prostory, větracími šachtami apod. umožňuje modul Manager rozdělit projekt na jednotlivé inspektovatelné části.

Modul Observer je pracovní prostředí pro samotnou inspekci, kde inženýr/technik zakresluje tzv. pozorování fenoménů. Obvykle se zakreslují materiály ostění, dilatace, instalace jako zavěšení troleje apod. a zejména poškození. Část fenoménů se dá zakreslit do tunelového pásu v předstihu v kanceláři, jako např. materiály ostění, umístění nouzových výklenků apod. Při samotné inspekci se potom zakreslují poškození, případně dříve prováděné sanace a ověřuje se správnost připravených dat. To vede k úspoře času a nákladů při sběru dat v tunelu.

Pokud se v daných tunelech provádí 3D skenování, je možné výstupy z tohoto měření použít jako podklad pod tunelový pás (obr. 4). Problém je



Obr. 3 Výstup z měření scannerem – analýza průřeznosti (Banskoštiavnický tunel, SR)

Fig. 3 Scanner output – clearance analysis (Banská Štiavnica tunnel, Slovakia)

CONDITION SURVEY OF TUNNEL LINING USING THE TUNNELMAP PROGRAM

The TunnelMap is relatively new software, which was developed jointly by specialist geotechnicians of Amberg Technologies and programmers of Amberg Technologies. A condition survey which is carried out using this program can become a high quality replacement of annual and major inspections of tunnels, which have been performed by the tunnel operator till now by traditional methods, while observing the railway Specification S6 ČD or other regulations and standards (we have not had any experience in inspecting road/motorway tunnels in the Czech Republic yet).

Regarding the TunnelMap, the data is recorded mostly digitally, directly in the tunnel, in the computer, to a so-called tunnel strip. The tunnel strip displays a view of an unwrapped lining mantle. The degree of recorded detail depends on the requirements placed on the inspection and the structure under supervision. Amberg Engineering Brno a.s. has completed several inspections using the TunnelMap in the Czech Republic (the Rakouský and Střelenský tunnels) and the Slovak Republic (the Banská Štiavnica tunnel). In addition, the author of this paper participated in inspections of railway tunnels in the Swiss Alps.

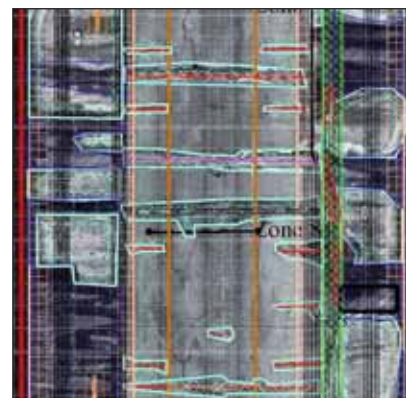
TunnelMap structure

The TunnelMap program consists of several basic units and secondary units. Only the four basic units are described below:

The Manager Program Unit is used for the creation of a so-called “zone model”. The zone model defines a tunnel strip with precise geometry of a tunnel. In the case of tunnels with several tubes or tunnels with equipment rooms, ventilation shafts etc., the Manager Program Unit allows the division of the project into individual parts for which the inspection is practicable.

The Observer Program Unit is a program unit for the inspection itself, where an engineer/technician plots so-called “observation of phenomena”. Usual subjects of the plotting are tunnel lining materials, expansion joints, installations such as catenary suspension etc. and, primarily, defects. Part of the phenomena, such as the lining materials, location of refuge holes etc., can be plotted in the tunnel strip in advance, in the office. The inspection itself then consists of the plotting of defects or previous rehabilitation work, and verification of correctness of the prepared data. This procedure saves time and costs during the data collection in the tunnel.

If the 3D scanning is carried out in the given tunnels, the results of these measurements can be used as a sub-base under the tunnel strip (see Fig. 4). However, the problem is the creation of the zone model because if, for instance, the tunnel is on a horizontal curve, certain errors are generated during the processing of the data provided by the scanner as a result of the “straightening” of the centre line.



Obr. 4 Observer – pracovní prostředí pro samotnou inspekci (předinspekce tunelu metra v Barceloně s využitím výstupů z 3D skenování)

Fig. 4 Observer – module for the inspection itself (preinspection of subway tube in Barcelona, with usage of scanner outputs)



Obr. 5 Příklad grafického výstupu z inspekce (Velký Prštický)
Fig. 5 Example of graphical output of the inspection (Velký Prštický)

s vytvořením zónového modelu, protože např. pokud je tunel ve směrovém oblouku, dochází při zpracování dat ze scanneru k určitým chybám v důsledku „narovnání“ osy.

Observer může sloužit také jako nástroj pro podrobné grafické zaznamenání rozsahu sanačních prací pro dokumentaci skutečného provedení stavby. Například je možné zakreslovat plochy izolací, stříkaného betonu, rozmístění kotev apod.

Modul Statistician – tento modul slouží k číselnému vyhodnocení dat nasbíraných při inspekci. Výstupem jsou tabulky s podrobným výpisem výskytu jednotlivých fenoménů buď pro celý tunel, nebo pro jednotlivé tunelové pasy. Tabulky zobrazují pouze dimenze fenoménů, tedy plochy poškození, délky trhlin, apod. Poloha jednotlivých pozorování fenoménů je potom digitálně zaznamenána v Observeru a graficky je znázorněna ve výkresech, které vznikají výstupem z modulu Reporter.

Statistician dále umožňuje automatické porovnávání následných inspekci, a tedy ukazuje progresivní vývoj stavebního stavu tunelu několik let po sobě.

Pro projektanty a zástupce investorů může být zajímavé i využití statistik pro stanovení předběžného rozsahu sanace – vytvoření předběžného soupisu prací v rámci přípravné dokumentace stavby.

Modul Reporter je modulem pro vytvoření grafického výstupu z inspekce. Vytvoří soubory ve formátu dxf, které se dále zpracovávají např. v AutoCadu. Tento modul automaticky vygeneruje také legendu těch fenoménů, které byly při inspekci zaznamenány. Po menších dokončovacích úpravách těchto výkresů pak dostáváme grafickou přílohu z inspekce, která má mnohem větší vypovídající hodnotu než textové přílohy používané dosud (pro drážní tunely Příloha 4 Předpisu S6). Příklad, jak může vypadat grafický výstup – report – je vidět na obr. 5.

VYHODNOCENÍ PASPORTIZACE

Kromě již zmíněných výstupů z jednotlivých modulů se po inspekci vytvoří technická zpráva, která shrnuje zjištěná pozorování a hlavně zhodnocuje stavební stav tunelu. Např. u drážních tunelů se podle předpisu S6 stavební stav tunelu dělí do tří skupin – dobrý, vyhovující, nevyhovující. Technická zpráva z inspekce dále upozorňuje na případná rizika, a tedy nutnost okamžitých sanačních opatření. V celkové (převodní) zprávě z průzkumných prací je potom předběžně navržen rozsah a způsob sanace celého tunelu.

KOMPLEXNÍ PŘÍSTUP PŘI PRŮZKUMECH

Sama o sobě je inspekce v tunelu, ať už s použitím TunnelMapu, nebo jinými metodami, de facto „jen“ pasportizací povrchu ostění. 3D skenování je „jen“ zaměřením geometrie. Obvykle se dá již po zaměření a inspekci TunnelMapem předběžně určit rozsah sanace tunelu. Ze zkušenosti ale víme, že je vhodné, ne-li nutné, doplnit pasport ještě dalšími průzkumnými pracemi, jako jsou klasické diagnostické průzkumy (průzkumné vrty, zkoušky materiálů ostění), laboratorní rozborů vzorků podzemní vody, geofyzikální měření (zaměřením kaveren nebo odvodňovacích zařízení za ostěním), apod. Tím s maximální přesností zjistíme příčiny poškození za ostěním a získáme velice kvalitní podklad pro projekt sanací nebo rekonstrukcí tunelu.

ING. JIŘÍ MATĚJÍČEK, jmatejcek@amberg.cz,
AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.

The Observer can also be used as a tool for detailed graphical recording of the extent of the rehabilitation operations, which will be used for the as-built documents. It is, for example, possible to plot areas provided with waterproofing or shotcrete, the layout of anchors etc.

The Statistician Program Unit – this program unit serves for numerical evaluation of the data collected during the course of the inspection. The output consists of tables with a detailed list of the existence of the individual phenomena, either for the entire tunnel or for individual tunnel strips. The tables depict only dimensions of the phenomena, i.e. damaged areas, lengths of cracks etc. The location of the individual observations of the phenomena is subsequently digitally recorded in the Observer and plotted in drawings which originate as an output of the Reporter program unit.

The Statistician further allows automatic comparison of subsequent inspections, thus it shows the progressive development of the structural condition of the tunnel for several consecutive years.

Designers and representatives of owners may even find interesting a feature allowing the use of statistics for the preliminary determination of the extent of the rehabilitation project, i.e. creation of a preliminary summary of works within the framework of the preparation of planning documents.

The Reporter Program Unit is used for the creation of a graphical output of the inspection. It creates dxf-format files, which are further processed, for instance using the AutoCad software. This unit also automatically generates the legend for the phenomena which were recorded during the inspection. After minor finishing treatment of these drawings, we receive a graphical enclosure from the inspection, which provides much more valuable evidence than the text-based enclosures which have been used till now (for railway tunnels see the Specification S6, Annex 4). An example of a graphical output – a report – is shown in Figure 5.

ASSESSMENT OF THE CONDITION SURVEY

In addition to the above-mentioned outputs of the individual program units, an engineering report is carried out after the inspection. It summarises the observations and, primarily, assesses the structural condition of the tunnel. For instance, in the case of railway tunnels, the structural condition of the tunnel is divided, according to the railway Specification S6, into three groups: good, conforming and nonconforming. The engineering report from the inspection further gives notice of potential risks and the necessity for immediate improvement measures. The subsequent overall survey report contains a preliminary proposal on the extent and method of the rehabilitation of the entire tunnel.

COMPREHENSIVE APPROACH TOWARDS SURVEYS

A tunnel inspection itself, no matter whether the TunnelMap or other methods were used, is a “mere” condition survey of the tunnel lining surface. 3D scanning is a “mere” survey of the tunnel geometry. The extent of the tunnel rehabilitation can usually be preliminarily determined after the geodetic survey and inspection by the TunnelMap. In our experience, however, we know that it is reasonable, if not necessary, to supplement the condition survey by additional survey operations, such as traditional diagnostic surveys (exploratory drilling, testing of the lining materials), laboratory analyses of ground water samples, geophysical measurements (location of caverns or drainage behind the lining) etc. This allows us to determine the causes of defects behind the lining with maximum accuracy and obtain a high-quality source document for the tunnel rehabilitation or reconstruction design.

ING. JIŘÍ MATĚJÍČEK, jmatejcek@amberg.cz,
AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.

METODIKA ZKOUŠENÍ POŽÁRŮ V TUNELECH POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

METHODOLOGY FOR FIRE TESTING IN ROAD TUNNELS

PAVEL PŘIBYL, MILAN KOŠTÁL

Požáry v tunelech pozemních komunikací (PK) se vyskytují zřídka, nicméně jejich dopady bývají značné, a to nejen co se týče ztrát životů účastníků provozu, poškození zdraví, ale i materiálních škod na majetku účastníků provozu a infrastruktury. Takovéto události také vyvolávají na řadu let negativní postoje široké veřejnosti k výstavbě a používání tunelů.

Z uvedených důvodů jsou tunely v České republice standardně vybavovány požárně bezpečnostním zařízením a pro jejich provoz jsou přijímána požárně bezpečnostní opatření tak, aby při optimalizaci investičních a provozních nákladů bylo možno zajistit přijatelnou míru rizika pro účastníky provozu.

Rozsah požárněbezpečnostního vybavení a požárněbezpečnostních opatření je stanoven v technických předpisech vydaných v gesci Ministerstva dopravy ČR. Jedná se o Českou technickou normu ČSN 73 7507 a Technické podmínky TP 98 a TP 154, které stanovují rozsah vybavení tunelů různých bezpečnostních kategorií v závislosti na jejich délce a intenzitě dopravy.

Jelikož je však každý tunel jedinečným dílem z hledisek stavebního řešení a provedení, vedení trasy, podélných sklonů, délky i územní lokalizace a rovněž se liší svým technickým vybavením, včetně požární ventilace, není možno jen na základě projektové dokumentace jednoznačně posoudit, zda dílo a jeho požárněbezpečnostní vybavení budou dosahovat předpokládané bezpečnostní úrovně.

Proto je obecně přijímáno stanovisko odborníků prověřovat požárněbezpečnostní úroveň staveb tunelů pozemních komunikací důslednou simulací havarijních dopravních stavů. V jistých případech mohou poskytnout toto prověření pouze zkoušky reálným požárem, avšak simulace havarijních dopravních stavů, zvláště zkoušky reálnými požáry, jsou nákladnou záležitostí a rozhodně nesmí být prováděny nadbytečně.

Proto bylo ministerstvem dopravy přijato rozhodnutí stanovit závazné rozsahy zkoušek metodickými pokyny, které jsou po připomínkách zpracovány v dokumentu Zkoušky požárněbezpečnostních zařízení v tunelech pozemních komunikací, lit. [1]. Metodické pokyny jsou zpracovány v rámci projektu vědy a výzkumu OPTUN (Optimalizace provozu silničních tunelů – číslo projektu 1F43A/069/120).

ZÁKLADNÍ TYPY ZKOUŠEK

Zkoušky požárněbezpečnostního vybavení a opatření se v první řadě člení podle **realizační fáze** stavby tunelu PK:

- I. Zkoušky ve fázi projektování
- II. Zkoušky ve fázi výstavby
- III. Zkoušky ve fázi uvádění stavby do provozu
- IV. Zkoušky v provozu tunelu

Podle **druhu zkoušek** a způsobu provádění zkoušek se zkoušky člení následovně:

1. Zkoušky systému provozního větrání počítačovou simulací
2. Zkoušky systému požárního větrání počítačovou simulací
3. Zkoušky požárněbezpečnostního vybavení u výrobce
4. Zkoušky jednotlivých požárněbezpečnostních zařízení (individuální zkoušky)
5. Zkoušky integrace požárněbezpečnostního vybavení do řídicího systému tunelu PK
6. Zkoušky komplexní funkčnosti integrovaného řídicího systému
7. Zkoušky požáry nízkých výkonů
8. Zkoušky požáry středních výkonů
9. Zkoušky požáry vysokých výkonů
10. Zkoušky zviřeným kouřem
11. Zkoušky neinvazivním požárem
12. Cvičné zkoušky operátorů obsluhy
13. Cvičné zkoušky zásahových jednotek HZS

V dalším textu jsou jednotlivé zkoušky pouze informativně popsány, podrobnější popisy se najdou v lit. [1]. Ověření funkcí systému provozního a požárního **větrání počítačovou simulací** se provádí na simulačních programech, speciálně vytvořených pro stavby tunelů pozemních komunikací. Ověřuje se účinnost větracího systému v případě maximálního výhledového (s výhledem na 15 let) znečištění tunelové vzdušiny výfukovými exhalacemi vozidel a pro případ simulovaných požárů různého výkonu.

Po zkouškách u výrobce a individuálních zkouškách zařízení v tunelu následuje zkouška **integrace požárněbezpečnostního vybavení** v rámci zkoušky řídicího systému tunelu, která je přípravou na komplexní zkoušky. Jedná se především o kontrolu poplachových signálů a kontrolu reakcí na mimořádné stavy, například funkčnosti systému pro včasnou identifikaci dopravního excesu,

Fires in road tunnels are rare, nevertheless, their consequences are usually serious in terms of not only lost lives or injuries of passengers but also material damage to passengers' personal properties and infrastructure. Such events even bring about a long-term negative attitude of the public toward the development and use of tunnels.

For the above-mentioned reasons, it is a standard for tunnels in the Czech Republic that they are equipped with fire safety systems and fire safety measures are implemented so that an acceptable level of risk to passengers can be guaranteed during the process of the optimisation of the investment and operating costs.

The extent of the fire safety equipment and fire safety measures is determined by technical regulations which are issued under the leadership of the Ministry of Transport of the Czech Republic, namely by Czech technical standard ČSN 73 7507 and Technical Specifications TP 98 and TP 154, which specify the level of tunnel equipment for various safety categories of tunnels, depending on their length and the traffic volume.

Although, since each tunnel is a unique piece of work in terms of the structural design and construction, horizontal alignment, longitudinal gradients, length and location and, in addition, each tunnel differs from other tunnels in the technical equipment, including fire ventilation, it is not possible to unambiguously assess the tunnel and its fire safety equipment, whether it will achieve the required safety level, only on the basis of the design documents.

This is why the opinion of experts is generally accepted that the level of fire safety in road tunnels must be verified by means of thorough simulation of emergency traffic states. In certain cases, the proof can be provided only by means of a real fire, but simulations of emergency traffic states, the testing by means of real fires in particular, are costly and their use must not be exaggerated.

For that reason, the Ministry of Transport decided that binding scopes of the testing be prescribed through guidelines. Once the guidelines had passed comments, they were published in the form of a document titled Testing of Fire Safety Equipment in Road Tunnels [1]. The guidelines were developed within the framework of the OPTUN (Optimisation of road tunnel operation), the scientific and research project No. 1F43A/069/120.

BASIC TYPES OF TESTS

The tests of fire safety equipment and measures are, first of all, categorised according to the particular **implementation phase** of the road tunnel:

- I. Tests in the design phase
- II. Tests in the construction phase
- III. Tests in the commissioning phase
- IV. Tests during tunnel operation

Tests are divided according to the **type of the test** and the method of the test execution as follows:

1. Tests of the operating ventilation system by means of a computer simulation
2. Tests of the fire ventilation system by means of a computer calculation
3. Tests of the fire safety equipment conducted at the manufacturer
4. Tests of individual pieces of fire safety equipment (individual tests)
5. Tests of the integration of the fire safety equipment into the road tunnel management system
6. Tests of the overall functionality of the integrated management system
7. Tests by means of low-intensity fires
8. Tests by means of medium-intensity fires
9. Tests by means of high-intensity fires
10. Tests by means of de-stratified smoke
11. Tests by means of a non-invasive fire
12. Practical tests for operators
13. Practical tests for intervention forces of the Fire Rescue Service (FRS)

The individual tests are described in the text below only informatively; more detailed descriptions can be found in Reference [1]. The verification

poruchový stav světelného signalizačního zařízení, detekci kouře videodetekčním zařízením apod.

Další kategorie zkoušek již předpokládá zkoušení reálným požárem – pro zkoušku požárem nízkého výkonu se počítá s uvolněním energie v rozsahu 1,3 MW až 1,6 MW. Tento požár je dostatečně reprezentativní pro požár osobního vozidla, s typickým výkonem požáru 5 MW. Velkou pozornost je nutné věnovat počátečnímu podměnkám proudění vzdušiny v tunelu a možným variacím, které musí být zkouškami podchyceny. Jedním z nejdůležitějších cílů je ověřit schopnosti požárního větrání zajistit stratifikaci kouře po dobu alespoň 5 minut, za kterou může bezpečně účastník provozu opustit nechráněný prostor tunelové trouby. V lit. [1] je popsána celá řada dalších požadavků, které mají být touto poměrně nákladnou zkouškou ověřeny.

Zkouška **požárem nízkého výkonu** je povinná prakticky pro všechny tunely delší než 500 m, v nichž je intenzita dopravy vyšší než 2000 vozidel/den v jednom jízdním pruhu. Ve smyslu TP98, lit. [2], se jedná o tunely kategorie TA a zatíženější tunely kategorie TB. Zkouška je také součástí hlavní prohlídky dle TP154, lit. [3].

Pro zkoušku **požárem středního výkonu** se počítá s uvolněním energie v rozsahu 9 MW až 12 MW. Tento požár je dostatečně reprezentativní pro požár vozidla typu dodávky, malého nákladního vozidla do 3,5 t s typickým výkonem požáru 15 MW. Zkoušky požáry středních výkonů se provádějí pouze ve výjimečných případech pro tunely delší než 3000 metrů a s intenzitou vyšší než 20 000 vozidel/den. Rozhodnutím o konání této zkoušky je předem zpracovaná analýza rizik, která ukáže nutnost tuto zkoušku vykonat.

Pro zkoušku **požárem vysokého výkonu** se počítá s uvolněním energie v rozsahu 25 MW až 35 MW. Tento požár je reprezentativní pro požár nákladního vozidla s hořlavinami nebo autobusu. Tato zkouška se ve stavbách tunelu PK neprovádí. Její provádění se doporučuje pouze pro výzkumné účely, a to v prostorách vyhrazených pro zkoušky požáry.

Zkoušky hustým **zvířeným kouřem** se využívá i pro ověření možnosti pohybu zásahových jednotek složek IZS v zadýmovaném prostoru tunelu, například s využitím termosenzitivních videosystémů. V rámci projektu OPTUN byly prováděny i experimenty se zdroji kouře, které by nahrazovaly hoření směsí benzínu vývojem aerosolových směsí, obr. 1. Jedná se o **zkoušku neinvazivním kouřem**.

Cvičné zkoušky operátorů jsou prováděny vždy v rámci první hlavní prohlídky, kdy je k dispozici úplná dokumentace a manuály k obsluze již dokončeného systému. Další zkoušky probíhají, v souladu s direktivou 54/2004/ES pravidelně, viz další kapitola. Pro zkoušení dispečerů bez narušení provozu tunelu je velmi výhodné užívat simulátorů. Jejich návrh je prováděn v rámci právě probíhajícího projektu SAFETUN (ELTODO EG, Fakulta dopravní). Zkouškami se ověřují reakce operátorů obsluhy na nejrůznější havarijní dopravní stavy v tunelu i nejrůznější mimořádné režimy provozu tunelu s důrazem na trénink procesů při vzniku požáru.

OMEZENÍ V PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK

Četnost provádění zkoušek různých druhů je uváděna ve vztahu k bezpečnostním kategoriím tunelů pozemních komunikací – TA, TB¹ a TC.

V metodické příručce lze najít požadavky na zkoušky ve stadiu projektování i výstavby. Podstatná je zkouška ve fázi uvádění stavby do provozu, Tab. 1, kdy se kromě komplexních zkoušek, zkoušek operátorů tunelu a zkoušek integrovaného záchranného systému předpokládá zkouška požárem.

Pozn.: ¹Tunely TB delší než 500 m a s intenzitou vyšší než 2000 ekvivalentních vozidel/den a jízdní pruh.



Obr. 1 Počáteční stadium vývoje kouře aerosolového zdroje (Ostrava-Radvanice)

Fig. 1 The initial phase of the development of smoke by an aerosol generator (Ostrava-Radvanice)

of functions of the operating ventilation system and the fire ventilation system by means of a computer calculation is carried out using simulation programs, which were developed for road tunnel constructions. The verification covers the effectiveness of the ventilation system in the case of the maximum predicted (a 15-year prediction) pollution of the tunnel atmosphere by exhaust gases and in the cases of simulated fires of various intensity.

When the tests at the manufacturer and individual tests have been finished, the test of the integration of the fire safety equipment follows, within the framework of the tunnel management system testing. This test is part of preparations for comprehensive testing. It comprises, above all, the check on alarm signals and a check on responses to emergency states, for example the functionality of the system of early identification of a traffic excess, a state of failure of traffic light signals, video smoke detection equipment etc.

The next category of the tests belongs among the tests which require a real fire. The low-intensity fire test assumes that the energy of 1.3MW to 1.6MW will be released. This fire is sufficiently representative of a car fire, with a typical fire capacity of 5MW. Great attention must be devoted to the initial conditions of the flow of the air mass through the tunnel and possible variations of the flow, which must be covered by the testing. One of the most important objectives is to verify the abilities of the ventilation system to secure that the smoke stratification will remain to exist for at least 5 minutes, which is the time during which a passenger can safely escape from the unprotected space inside the tunnel tube. Reference [1] contains a number of other requirements which should be verified by this relatively costly test.

The low-intensity fire test is compulsory for virtually all tunnels longer than 500m, where the traffic volume is in excess of 2000 vehicles per day in one traffic lane. In the meaning of TP98 [2], these are the TA category tunnels and more loaded TB category tunnels. In addition, the test is part of the main inspection according to the requirements of TP154 [3].

The release of energy within the range 9MW - 12MW is assumed for the medium-intensity fire test. This fire is sufficiently representative for a fire of a delivery van type vehicle, small truck up to 3.5t, with a typical fire capacity of 15MW. The medium-intensity fire tests are conducted only in exceptional cases for tunnels longer than 3000 metres where the traffic volume is in excess of 20,000 vehicles per day. The decision whether the execution of the test depends on the results of a risk analysis, which must be carried out in advance.

The release of energy within the range 25MW – 35MW is assumed for the high-intensity fire test. This fire is representative for a fire of a truck carrying combustible matters or a coach. This test is not carried out in road tunnels. It is recommended only for scientific purposes, to be carried out in spaces dedicated to fire testing.

The tests by means of destratified smoke are used, among other purposes, for verification of the possibilities of the movement of FRS intervention forces in the tunnel space filled with smoke, for example using thermosensitive video systems. The OPTUN project operations even comprised experiments with smoke generators which would replace the burning of a petrol mixture by the development of aerosol mixtures (see Fig. 1). This is called the non-invasive smoke test.

The practical tests for operators are always conducted within the framework of the first main inspection, when the complete package of documents and operation manuals for the completed system is available. The other tests are conducted regularly, in compliance with the requirements of the Directive 54/2004/ES (see the chapter below). It is advantageous if the operators are tested without any disruption to the tunnel operation, using simulators. The simulators are being designed within the framework of the current project SAFETUN (ELTODO EG, the Faculty of Transportation Sciences). The tests are used for the verification of operators' responses to various emergency traffic states in the tunnel and various emergency regimes of the tunnel operation, with the stress placed on the training of the activities to be performed in the case of a fire.

LIMITATIONS ON EXECUTION OF TESTS

The frequency of the execution of various types of the tests is put into a relationship to the road tunnel safety categories - TA, TB and TC.

Note: TB category tunnels longer than 500m, with the traffic volume higher than 2000 equivalent vehicles per day.

Requirements for the tests in the design and construction phases can be found in the guide book. The testing in the commissioning phase (see Table 1), where a real fire test is required in addition to the comprehensive testing, tunnel operator testing and testing of the Integrated Rescue System, is very important.

Dalším důležitým výstupem metodiky je, že se **nepředpokládá vykonávat požární zkoušky** za provozu tunelu. Pouze se připouští jejich konání, pokud dojde k podstatné změně technologie, jakou může být například změna ventilačního systému.

ZKOUŠKY V RÁMCI PRVNÍ HLAVNÍ PROHLÍDKY	II. Zkoušky ve fázi uvádění stavby do provozu		
	Bezpečnostní kategorie tunelu		
Druh zkoušky	TA	TB	TC
6. Zkoušky komplexní funkčnosti integrovaného řídicího systému	1	1	1
7. Zkoušky požáry nízkých výkonů	1	1	
8. Zkoušky požáry středních výkonů	pozn. 1		
10. Zkoušky zvrženým kouřem			
11. Cvičné zkoušky operátorů obsluhy	1	1	1
12. Cvičné zkoušky zásahových jednotek HZS	1	1	1

Tab. 1 Zkoušky při uvádění stavby do provozu, lit. [1]

ZKOUŠKY PŘIPRAVENOSTI OSOB A TECHNICKÉHO VYBAVENÍ (roční)	II. Zkoušky tunelu v provozu		
	Bezpečnostní kategorie tunelu		
Druh zkoušky	TA	TB	TC
13. Zkoušky požárních zařízení, dle řádu revizí (1 x za 12 měsíců)	1	1	
14. Zkoušky studeným kouřením požárem malého výkonu (po změně technologie)			
15. Cvičné zkoušky operátorů obsluhy	2	1	1
16. Cvičné zkoušky zásahových jednotek HZS	1	1	

Tab. 2 Zkoušky tunelu v provozu, lit. [1]

Velmi podstatným konstatováním, které zlevňuje celý proces zkoušení, je to, že u tunelů, jejichž stavební a technické řešení a geografické umístění jsou obdobná z hlediska požárního větrání a řízení požárního větrání řídicím systémem tunelům, kde již úspěšně zkoušky požáry proběhly a současně hodnocení rizik prokáže neopodstatněnost provedení těchto zkoušek, se zkouška požárem neprovádí.

Omezení provádění zkoušek požáry ve vztahu k typu tunelu PK podle zařazení tunelu do bezpečnostních kategorií TA, TB a TC je graficky vyjádřeno v obr. 2. Levá svislá hranice tohoto sektoru omezuje přípustnost zkoušek požáry pouze na tunely s minimální délkou tunelové trouby 500 m.

Vodorovná spodní hranice tohoto sektoru přípustnosti zkoušek požáry představuje provádění zkoušek požáry pro tunely, v nichž výhledová intenzita dopravy ekvivalentních vozidel (počet ekvivalentních vozidel za den v ročním průměru) přesahuje 2000 a ještě za podmínky, že výhledová denní variace automobilové dopravy přesahuje v průběhu jedné hodiny špičkového provozu 160 vozidel, tj. 8 % z denní hodnoty intenzity dopravy ekvivalentních vozidel (pro jednu tunelovou troubu s jednosměrným provozem nebo pro oba dopravní směry v tunelové trubě s obousměrným provozem či kombinovaným provozem).

Another significant output of the methodology is the fact that the execution of fire tests during the tunnel operation is not required. The testing is permitted only when a substantial change in the tunnel equipment is made, such as a change in the ventilation system.

TESTS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE FIRST MAIN INSPECTION	II. Tests in the commissioning phase		
	Safety category of tunnel		
Test type	TA	TB	TC
6. Tests of the overall functionality of the integrated management system	1	1	1
7. Tests by means of low-intensity fires	1	1	
8. Tests by means of medium-intensity fires		note 1	
10. Tests by means of destratified smoke			
11. Practical tests for operators.	1	1	1
12. Practical tests for the FRS intervention forces	1	1	1

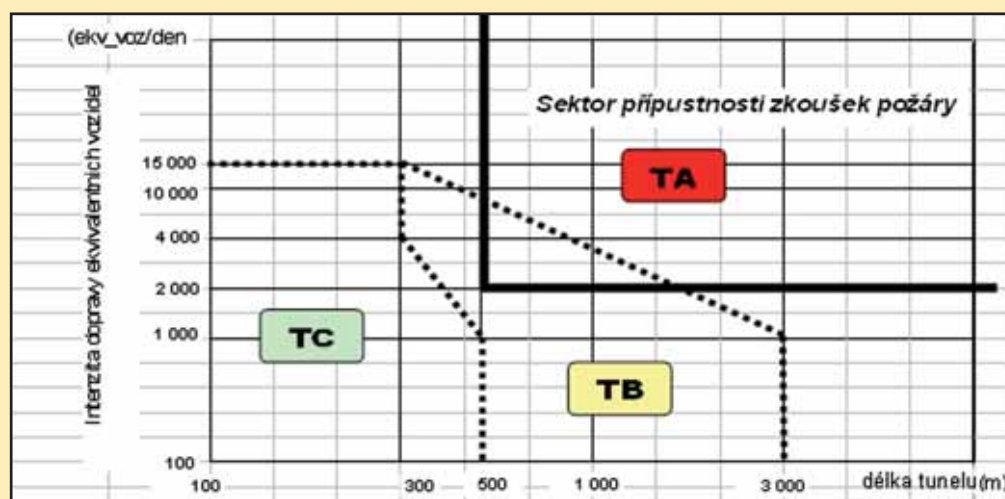
Table 1 Tests in the commissioning phase, Ref. [1]

TESTS OF PREPAREDNESS OF PERSONNEL AND TUNNEL EQUIPMENT (annual)	II. Tests during tunnel operation		
	Safety category of tunnel		
Test type	TA	TB	TC
13. Tests of fire equipment and system; following the Inspection Rules (once every 12 months)	1	1	
14. Tests by means of cold smoke of low-intensity fire (after a change in the equipment)			
15. Practical tests for operators	2	1	1
16. Practical tests for the FRS intervention forces	1	1	

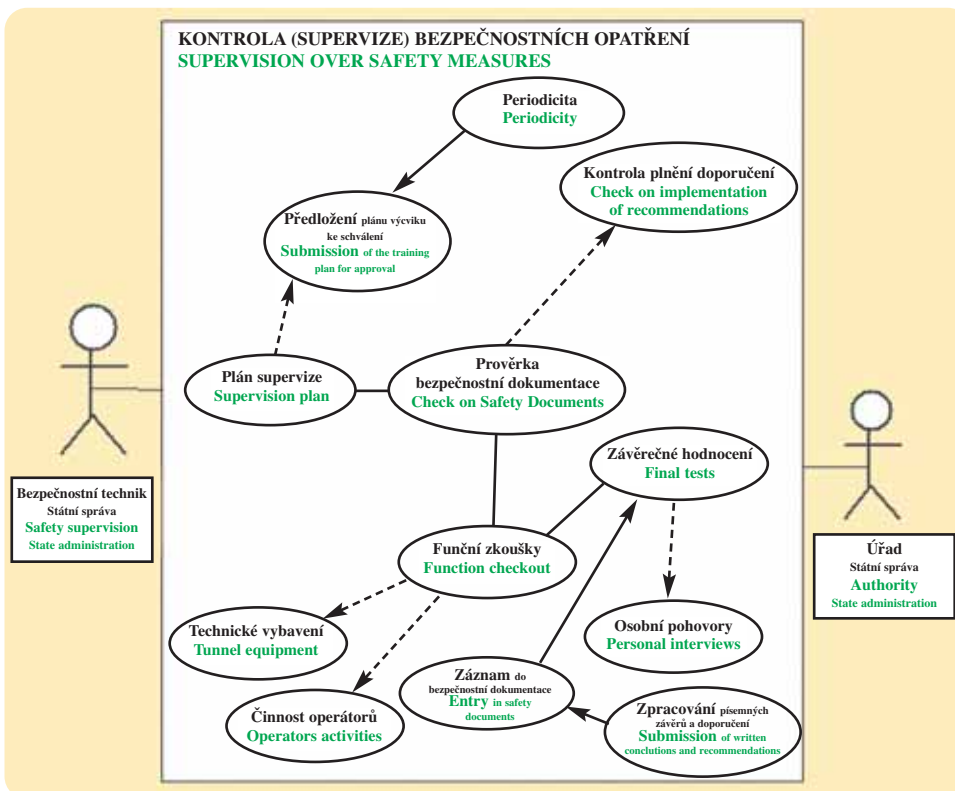
Table 2 Tests during the tunnel operation, Ref. [1]

The conclusion which reduces the cost of the testing process, which is very important, is the statement that the real fire test is not to be carried out in tunnels where the structural design, equipment and geographical position are similar (in terms of fire ventilation and the fire ventilation management by the tunnel management system) to tunnels which already have successfully passed the fire testing and, at the same time, the risk analysis has proven that the execution of the tests is unsubstantiated.

The limitation of the requirements for the execution of tests by means of fires relating to a road tunnel type according to the tunnel safety categories TA, TB and TC is graphically presented in Figure 2. The left vertical boundary of this sector limits the permissibility of the fire tests to tunnels with a minimum length of the tunnel tube of 500m.



Obr. 2 Grafické vyjádření přípustnosti zkoušek požáry ve vztahu k bezpečnostním kategoriím
Fig. 2 Graphical presentation of the permissibility of fire tests relating to the safety categories



Obr. 3 Kontrola požárněbezpečnostních opatření – diagram případu užítí
Fig. 3 Supervision of fire preventive measures – a use case diagram

The lower horizontal boundary of the sector of permissibility of the fire tests represents the permissibility for tunnels where the predicted traffic volume of equivalent vehicles (i.e. the average annual number of equivalent vehicles per day) is in excess of 2000 and, in addition, where the predicted daily variation of motor-vehicle traffic exceeds 160 vehicles during one of rush hours, i.e. 8 per cent of the equivalent vehicle daily traffic (for one tunnel tube carrying unidirectional traffic or for both directions of traffic in a tunnel tube carrying bi-directional traffic or combined traffic).

OTHER OUTPUTS

The Guide Book further represents General principles of the fire testing, which cover the organisation chart of the tests and their execution, damage prevention measures etc.

The Chapter “Systematic approach to fire safety measures” describes general principles of fire safety measures, in the form of conventional rules for the standard Unified Modelling Language [4]. Fire preventive

DALŠÍ VÝSTUPY

Metodická příručka dále představuje Obecné zásady pro zkoušky požáry, do kterých spadá organizační schéma zkoušek a jejich provádění, dále opatření pro zamezení škod, atd.

Kapitola Systémový přístup k požárněbezpečnostním opatřením popisuje obecné principy požárněbezpečnostních opatření, a to ve formě konvenčních pravidel standardního jednotného modelovacího jazyka UML (Unified Modelling Language), lit. [4]. Pomocí tzv. případů užítí jsou graficky znázorněna protipožární opatření v tunelu, záchrana osob při požáru, likvidace požáru apod. Jako příklad je na obr. 3 uveden diagram případu užítí pro kontrolu požárněbezpečnostních opatření.

V dalších kapitolách jsou uvedeny základní povinnosti vlastníka a provozovatele stavby vyplývající ze zákonů, dále přehled kontrolních činností z hlediska požární ochrany, přehled požadované dokumentace z hlediska požární ochrany a na závěr jsou i modely požárů (scénáře činností při požáru).

ZÁVĚR

Metodická příručka vydaná v letošním roce ministerstvem dopravy a po schválení Generálním ředitelstvím hasičského sboru má velký význam v tom, že uvádí celou problematiku zkoušení požáry do reálné a ekonomicky akceptovatelné podoby.

V souvislosti s uváděním nových tunelů do provozu se vyskytovaly stále extrémnější požadavky na zkoušky, kdy se například požadovalo nechat hořet skutečné osobní a nákladní automobily. Tyto požadavky vyplývají z toho, že si jejich autoři nejsou vědomi rozsáhlých experimentů, které byly a jsou prováděny specializovanými pracovišti v celém světě. Výsledky těchto projektů jsou k dispozici a je možné se z nich poučit. Opakovat to, co bylo několikrát realizováno a je dokonale popsáno, nedává smysl.

Dále je nutné si uvědomit, že zkoušet celý technologický systém a návazná organizační opatření je možné bez skutečného ohně. Například pro zkoušení reakce tepelných senzorů včetně navazujících procesů jsou použity postupy nevyžadující živý oheň. Výjimkou jsou samozřejmě zkoušky ventilačního zařízení a požárních klapek, které vyžadují kouř.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribylp@eltodo.cz, ELTODO EG, a. s., ING. MILAN KOŠTÁL, Ph.D., milan.kostal@stuba.sk, SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVĚ, Katedra radiotechniky

measures in a tunnel, the rescue of persons during a fire, the fire suppression etc. are graphically presented by means of so-called “use cases”. The diagram for the use case for the supervision of fire preventive measures is presented in Figure 3.

Graphical presentation of the permissibility of fire tests relating to the safety categories

The other chapters contain the basic obligations of the tunnel owner and operator which follow from laws, a summary of inspection-related activities in the field of fire protection, summary of documents required from the viewpoint of fire protection and, at the conclusion, models of fires (scenarios of activities during a fire).

CONCLUSION

The Guide Book, which was published this year by the Ministry of Transport and approved by the General Directorate of the Fire Rescue Service, is very important because it gives all fire testing problems a form which is realistic and economically acceptable.

Ever more extreme requirements for the testing were imposed in the context of the commissioning of new tunnels. For example, real car or truck fires were required. These requirements follow from their authors' ignorance of the fact that extensive experiments have been conducted by specialised laboratories throughout the world. The results of these projects are available for everybody to learn the lessons. There is no sense in repeating what has been several times performed and perfectly described.

It is further necessary to realise that the testing of the whole equipment system and related organisational measures is possible without a real fire. For instance, procedures which do not require a real fire are used for the testing of the response of temperature sensors including the subsequent processes. Of course, the tests of ventilation equipment and fire dampers, which require smoke, are an exception.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribylp@eltodo.cz, ELTODO EG, a. s., ING. MILAN KOŠTÁL, Ph.D., milan.kostal@stuba.sk, SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVĚ, Katedra radiotechniky

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Kraus K. a kol.: Zkoušky požárněbezpečnostních zařízení v tunelech pozemních komunikací, Metodická příručka Ministerstva dopravy, ELTODO EG, Praha, 2007
- [2] TP98: Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací, ELTODO EG, 3. vydání, Praha, 2007
- [3] TP154: Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací, ELTODO EG, Praha, 2002
- [4] Page-Jones M.: Základy objektově orientovaného návrhu v UML, Grada, Praha, 2001, ISBN 80-247-0210-X

VÝSTAVBA METRA V MADRIDU

MADRID METRO DEVELOPMENT

JAN PRUŠKA

1. ÚVOD

Madrid je hlavním městem Španělska a též hlavním městem stejnojmenné provincie, která je jednou ze 17 autonomních společenství (comunidades autónomas) Španělska. Madridskou provincií tvoří 179 obcí a měst s podílem 12,7 % na tvorbě HDP. V madridské aglomeraci žije více než 5 milionů obyvatel, v samotném hlavním městě žije 3,2 milionu obyvatel (stav k listopadu 2005), nicméně v centrální oblasti města, kde je nejvíce pracovních příležitostí, žije necelý milion obyvatel. Počet obyvatel centrální oblasti navíc každoročně klesá přibližně o 2,5 % stěhováním obyvatel do okrajových částí Madridu a satelitních měst. Tento trend má za následek rozsáhlé změny v mobilitě obyvatel s obrovským nárůstem počtu jízd (54 % připadá na veřejnou dopravu a 46 % na soukromé automobily).

V letech 1983 až 1985 proběhl přesun některých vládních pravomocí, v rámci kterého vznikl Úřad pro dopravu v madridské oblasti – CRTM (Consortio Regional de Transportes de Madrid). CRTM je nezávislý výbor územní správy zodpovědný za veřejnou dopravu a byl ustanoven zákonem v roce 1985. V jeho radě jsou zástupci vlády, autonomního společenství Madridu, městské správy Madridu a ostatních měst, asociace dopravců, zaměstnaneckých odborů a sdružení uživatelů. Hlavní cíle CRTM jsou:

- plánování rozvoje infrastruktury veřejné dopravy a koordinace různých druhů dopravy,
- zřízení systému integrované dopravy,
- zastřešení celého systému – vzhledem k veřejnosti vystupovat jako jediný partner.

Současný rozvoj veřejné dopravy v městě Madridu je postaven na metru jako hlavním veřejném dopravním prostředku a probíhá od roku

1. INTRODUCTION

Madrid is the capital of Spain and, at the same time, the capital of a province of the same name, which is one of 17 autonomous communities (comunidades autónomas) existing in Spain. The province of Madrid consists of 179 municipalities, which contribute 12.7 per cent to the national GDP. The Madrid conurbation population exceeds 5 million, with 3.2 million living in the capital (the state as of November 2005). Nevertheless, the population of the central area of the capital, where the number of job opportunities is the highest, is less than one million. On top of that, the population of the central area shrinks annually approximately by 2.5% because of people moving to Madrid's outskirts or to satellite towns. This trend results in considerable changes in the population mobility, with an immense increase in the number of trips (54% by means of public transport, 46% by private cars).

A process of the transferring of some governmental responsibilities took place in the 1983 – 1985 period. This process gave rise to the Madrid Regional Transport Consortium – the CRTM (Consortio Regional de Transportes de Madrid). The CRTM, which was established by law in 1985, is an independent committee of the regional administration which is responsible for public transport. Its Board consists of representatives of the government, the Madrid autonomous community, municipalities of Madrid and other towns, the Freight Transport Association, trade unions and the Public Transport Users Association. The CRTM has the following main objectives:

- public transport development planning and coordination of various modes of transport,
- implementation of an integrated transport system,
- acting as an umbrella organisation for the entire system – the only representative in public relations.

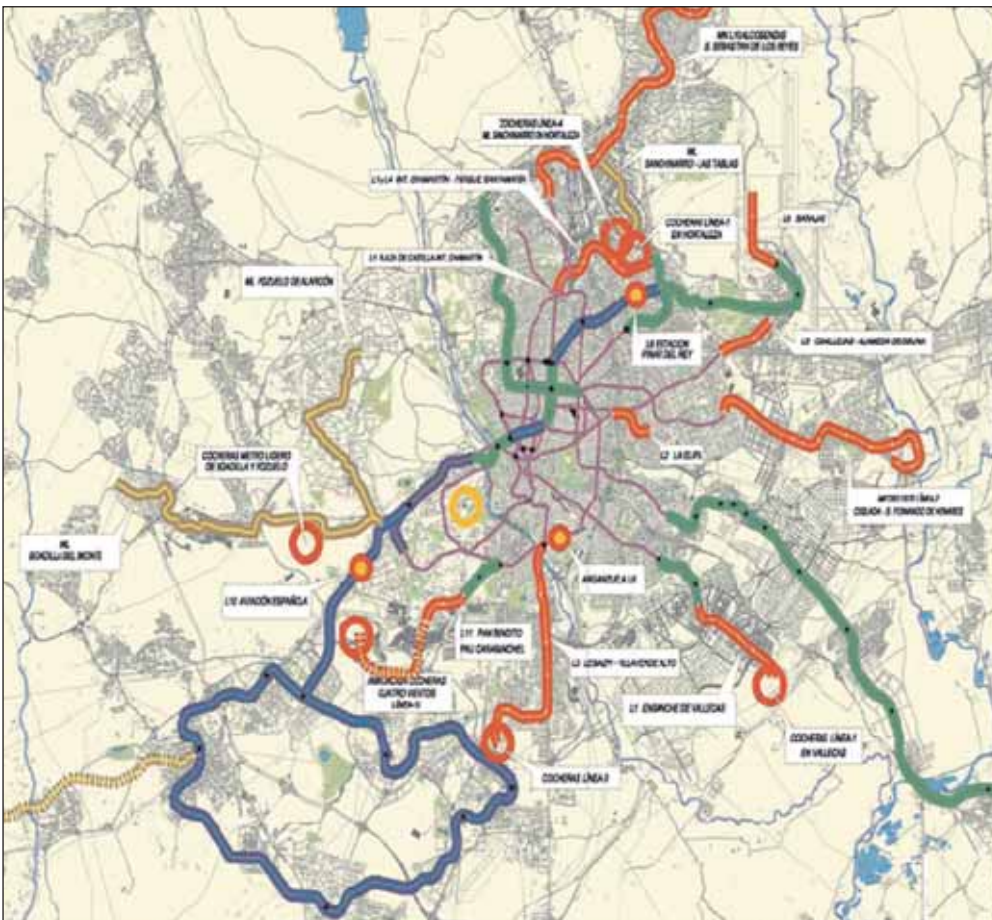
The current development of the public transport in the city of Madrid is based on the Metro as the main means of mass transport. It has been in progress since 1995, consisting of three phases: 1995 – 1999, 1999 – 2003 and 2003 – 2007. During this period, the length of Madrid's Metro (Metro de Madrid) has tripled, reaching 319 km, and the number of stations has risen to 318. This great progress meant that the annual increase in the length of the routes during the past 12 years amounted to 16.4km. The overview of the existing metro lines with the development phases is shown in Figure 1.

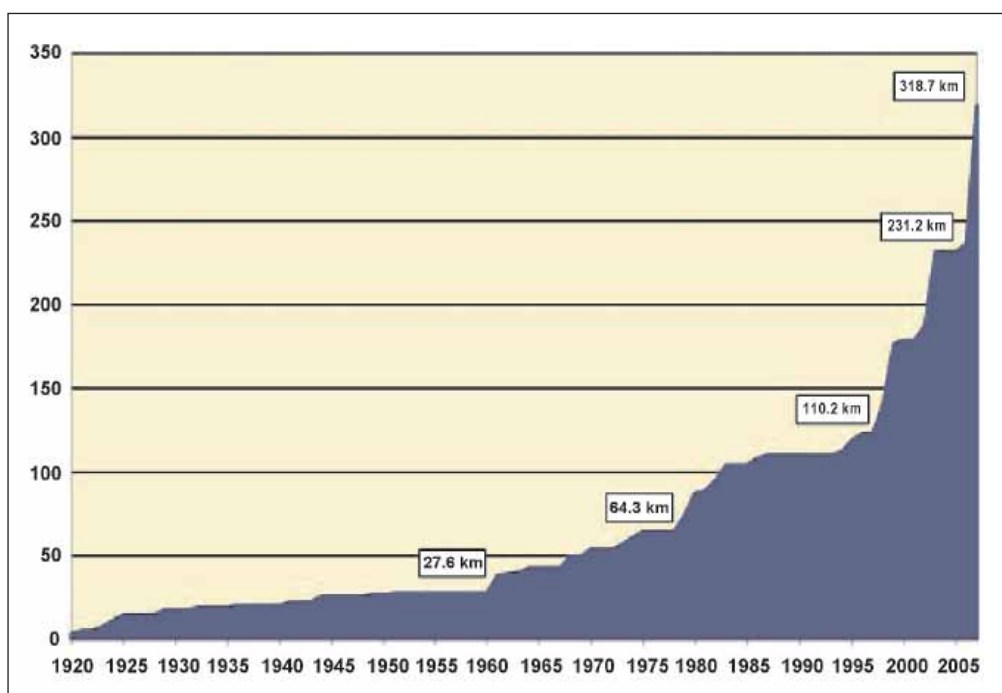
2. MADRID METRO HISTORY

The Madrid Metro is the second largest underground railway system in Europe

Obr. 1 Přehled tras madridského metra s etapami výstavby (stav 2007) [2]
 Fialová – stav roku 1995
 Zelená – 1995–1999
 Modrá – 1999–2003
 Červená – 2003–2007
 Žlutá – lehké metro

Fig. 1 Overview of the Madrid Metro lines with the construction phases (the state as of 2007) [2]
 Violet – 1995 state
 Green – 1995 – 1999
 Blue – 1999 – 2003
 Red – 2003 – 2007
 Yellow – light rail transit system





1995 ve třech časových etapách: 1995–1999, 1999–2003 a 2003–2007. Během tohoto období se délka madridského metra (Metro de Madrid) ztrojnásobila z 110 km na 319 km a počet stanic vzrostl na 318. Tento ohromný postup ve výstavbě znamenal v posledních 12 letech roční přírůstek tratí v délce 16,4 km. Přehled současných tras metra s vyznačením etap rozvoje je na obr. 1.

2. HISTORIE MADRIDSKÉHO METRA

Metro v Madridu je druhý největší systém podzemní dráhy v Evropě, zhruba 92 % celé sítě je podzemních a patří k jednomu z nejstarších. Výstavba začala v červnu 1917 a byla financována jak díky veřejné sbírce, tak částečně i z peněz půjčených bankou a darovaných králem. Dne 17. října 1919 byla otevřena první trasa o délce 3,48 km s osmi stanicemi. Slavnostní ceremonie se zúčastnil i tehdejší král Alfonso XIII. Tato prvá trasa zajistila spojení dvou hustě obydlených částí metropole a nahradila tramvajovou dopravu. Je zajímavé, že rozchod kolejí byl zvolen nestandardní, a to 1445 mm. V roce 1924 se začalo s výstavbou druhé trasy, která se křížila ve stanici Sol s první trasou. Zároveň se na jižním konci prodlužovala i první trasa. Za občanské války se až na první úsek třetí trasy zprovozněné roku 1934 žádné nové trasy v podstatě nestavěly. V roce 1951 měla síť metra délku 27,6 km. Ekonomické problémy v padesátých letech vedly k naprostému zastavení rozvoje metra. Tuto problematickou situaci vyřešilo znárodnění společnosti provozující metro (1961), a tak na konci sedmdesátých let dosáhla síť metra délky 66,9 km. Mezi léty 1979 a 1987 vzrostla síť metra na 110,2 km s průměrným ročním přírůstkem 5,74 km (obr. 2). S ekonomickým růstem španělské metropole a jejím rozšiřováním do okolí (rozvoj satelitních měst) v 80. letech nastává velký rozvoj výstavby madridského metra. U starších stanic byla prodloužena nástupiště, aby bylo možné zajistit provoz nových vlaků s větší přepravní kapacitou. V letech 1983 až 1985 proběhl přesun pravomocí týkajících se rozvoje dopravy na správu provincií. Tento přesun pravomocí umožnil městské správě připravit plán rozvoje metra na období 1995–1999 a následně další dva plány pro období 1999–2003 a 2003–2007 – viz tab. 1.

Období	Trasy	Počet stanic	Délka tras [km]
Rok 1995	Existující	164	120,00
1995 – 1999	Nově vybudovaných	38	56,00
	Celkový počet	202	176,00
	Nárůst v %	23	45
1999 – 2003	Nově vybudovaných	36	59,23
	Celkový počet	238	235,23
	Nárůst v %	19	34
2003 – 2007 včetně lehkého metra	Nově vybudovaných	81	86,85
	Celkový počet	319	322,08
	Nárůst v %	34	37

Tab. 1 Plán rozvoje tras madridského metra od roku 1995 [1]

Obr. 2 Nárůst tras metra [2]

Fig. 2 Increase in the metro lines lengths [2]

(an about 92% portion of the whole network is underground) and belongs among the oldest. The construction started in June 1917, with the funding obtained both owing to a public collection and from bank loans or royal gifts. The first line, which was 3.48km long and contained 8 stations, was opened on 17th October 1919. It was inaugurated in the presence of the then king, Alfonso XIII. The first line provided a connection between two densely populated parts of the metropolis and replaced the tram lines. It is interesting that the track gauge of 1445mm, which was selected, was not standard at that time. The year 1924 saw the beginning of the construction of the second line, which crossed the first line at Sol station. At the same time, the first line was being extended at the southern end. With the exception of the first section of the third line, which went into passenger service in 1934, no new lines

were developed, in substance, during the Spanish Civil War. In 1951, the metro network length reached 27.6km. The economic problems existing in the 1950s led to complete suspension of the development of the metro. This problematic situation was solved by means of the nationalisation of the metro operating company (1961); thus the length of the metro network reached 66.9km at the end of the 1970s. Between 1979 and 1987, the metro network expanded, reaching the length of 110.2km, with the average annual increments of 5.74km (see Fig. 2). In the 1980s, with the Spanish metropolis economy growing and its territory expanding (the development of satellite towns), the Madrid metro experienced significant growth. Older stations were provided with longer platforms to allow the operation of new trains with larger carrying capacity. In 1983 – 1985, the authority over the development of transport was transferred to the administration office dealing with provinces. This transfer of authority allowed



Obr. 3 Stanice Getafe Central [1]

Fig. 3 Getafe Central station [1]

3. ETAPY ROZVOJE METRA OD ROKU 1995

3.1 První etapa 1995–1999

Tento čtyřletý plán rozvoje madridského metra se snažil dohnat deficit v rozvoji sítě metra a počítal s vybudováním 57,4 km nových tras s 38 stanicemi. S cílem zajistit optimální rozvoj sítě metra byl výběr tras vhodných k prodloužení a nových tras proveden na základě dvou zcela konkrétních požadavků:

- prodloužit současné trasy do okrajových oblastí vybraných podle skutečného nárůstu obyvatel,
- sjednotit a popřípadě zlepšit stávající síť.

Prvý požadavek byl dosažen:

- prodloužením trasy 1 z Miguel Hernández do Congosto,
- prodloužením trasy 4 z Esperanza do Mar de Cristal,
- prodloužením trasy 7 z Avenida de América do Pitis,
- prodloužením trasy 9 z Puerta de Arganda do Arganda del Rey a z Pavones Puerta de Arganda (prvá trasa vedoucí za hranice města),
- vybudováním nové trasy 8 z Mar de Cristal přes Fair Grounds na mezinárodní letiště Barajas,
- vybudováním nové trasy 11 z Plaza Elíptica do Pan Bendito.

Druhý požadavek byl splněn:

- spojením tras 8 a 10 mezi stanicemi Nuevos Ministerios a Alonso Martínez,
- zavedením nové linky 10, která se stala páteřním spojením ve směru sever–jihovýchod.

3.2 Druhá etapa 1999–2003

V druhé etapě se pokračovalo v rozšiřování sítě metra tak, že veškeré stavby budou pod povrchem terénu. Bylo vybudováno 54,7 km tunelů, 36 nových stanic a dodáno 300 nových vozů. Stanice Getafe Central může být ukázkou moderního řešení přestupní stanice (obr. 3). Z této etapy rozvoje jsou z hlediska obslužnosti regionu nejvýznamnější následující dva projekty:

- prodloužení trasy 8 do stanice Nuevos Ministerios,
- vybudování okružní linky Metrosur.

Metrosur – území ležící na jih od Madridu zahrnuje několik měst s počtem obyvatel od 20 000 do 70 000 ležících v pěti samosprávných oblastech: Alcorcón, Mostoles, Fuenlabrada, Getafe a Leganés. Celkový počet obyvatel tohoto území překračuje jeden milion a dlouhodobě roste. Rozvojem infrastruktury v této oblasti (výstavba univerzit, nemocnic, škol, nákupních center atd.) se tato oblast stává více méně nezávislou na hlavním městě. Z tohoto důvodu projekt rozvoje madridského metra navrhl v tomto území vybudovat okružní linku metra (nazvanou Metrosur) a napojit ji na trasu 10 jejím 7 km dlouhým prodloužením (do stanice Alcorcón). Vlastní okružní linka spojující všech pět oblastí dosahuje délky 40,5 km, má 6 přestupních stanic napojených na systém příměstských vlaků a v každém městě minimálně dalších 5 stanic. Vybudování této okružní linky umožnilo významně redukovat automobilovou dopravu, ochránit životní prostředí a díky nabídce zpracovaného přepravního systému zajistit udržitelný vývoj daného regionu.

Prodloužení trasy 8 ze stanice Cristal do stanice Nuevos Ministerios (poblíž obchodního centra) umožnilo napojení na trasy 6 a 10 (včetně přestupu na příměstské vlaky) a dále přímé spojení mezinárodního letiště Madrid – Barajas s centrem Madridu. Cesta z letiště do centra se tak zkrátila na 15 minut a je denně využívána přibližně 42 000 cestujícími.

3.3 Třetí etapa 2003–2007

Pro léta 2003 až 2007 byl stanoven nárůst délky tras klasického podzemního metra na 55,7 km s 43 stanicemi a 22,2 kilometru s 36 stanicemi u tzv. lehkého metra, což představuje nejrychlejší nárůst v historii madridského metra. Přehled rozvoje metra této etapy je uveden přehledně v tabulce 2 a znázorněn na obr. 1.

Vedle rozvoje nových tras dojde též ke zlepšování tras stávajících, které se dá shrnout do následujících bodů:

- dovybavení stanic staré sítě metra na stejnou úroveň stanic vybudovaných po roce 1995,
- přizpůsobení 26 vestibulů a 49 stanic pro cestující se sníženou možností pohybu a orientace,
- rekonstruování 78 stanic (obnova a dostavba eskalátorů, obnova podlažních vrstev, ostění, osvětlení apod.),



Obr. 4 Výstavba stanice Puerta del Sol – Gran Via – celkový pohled
Fig. 4 Construction of Puerta del Sol-Gran Via station – overall view

the municipality to prepare the metro development plan for the period of time 1995 – 1999 and, subsequently, other two plans, for the 1999 – 2003 and 2003 – 2007 periods (see Table 1).

Period	Number of stations	Length of lines [km]	
1995	Existing	164	120.00
1995 – 1999	Newly built	38	56.00
	Total	202	176.00
	Increase in %	23	45
1999 – 2003	Newly built	36	59.23
	Total	238	235.23
	Increase in %	19	34
2003 – 2007 including a light rail transit line	Newly built	81	86.85
	Total	319	322.08
	Increase in %	34	37

Table 1 The Madrid Metro development plan since 1995 [1]

3. METRO DEVELOPMENT PHASES SINCE 1995

3.1 The first phase: 1995 – 1999

This four-year development plan for the Madrid metro tried to make up for the deficit in the metro network development and contained the construction of 57.4km of new lines with 38 stations. The selection of lines suitable for extension and new lines was carried out with the aim of ensuring optimum development of the metro network. It was based on the following two perfectly concrete requirements:

- the existing lines to be extended to the locations on the outskirts, which would be selected according to the actual increase in the population,
- the existing network to be unified and improved, if necessary.

The first requirement was met through:

- the extension of the Line 1 from Miguel Hernández to Congosto,
- the extension of the Line 4 from Esperanza to Mar de Cristal,
- the extension of the Line 7 from Avenida de América to Pitis,
- the extension of the Line 9 from Puerta de Arganda to Arganda del Rey and from Pavones to Puerta de Arganda (the first line running beyond the city limits),
- the construction of the new Line 8 from Mar de Cristal through Fair Grounds to the Barajas international airport,
- the construction of the new Line 11 from Plaza Elíptica to Pan Bendito.

The other requirement was met by means of:

- the connection of the Lines 8 and 10 between Nuevos Ministerios and Alonso Martínez stations,
- the establishment of the new Line 10, which became an artery running in the N - SE direction.

3.2 The second phase: 1999 – 2003

In the second phase, the expansion of the metro network continued (all structures were built under the surface). The construction comprised 54.7km of new tunnels and 36 new stations; 300 new cars were supplied. Getafe Central station can be presented as an example of an interchange station (see Fig. 3). In terms of the importance for the resident traffic in the



Obr. 5 Výstavba stanice Puerta del Sol – Gran Vía – madridská metoda
Fig. 5 Construction of Puerta del Sol-Gran Vía station – the Madrid Method

– zvýšení počtu vypravovaných souprav tak, aby ve špičce byla zajištěna maximální hustota 3,5 pasažéra na 1 m².

Největší změny úprav se týkají trasy 3 z roku 1935, kde je nutné prodloužit stanice z 60 na 90 metrů (z důvodu zvýšení počtu vozů

region, the following two projects are the most important projects of this development phase:

- the extension of the Line 8 to Nuevos Ministerios station,
- the construction of the Metrosur loop.

Metrosur – The area south of Madrid contains several cities with the populations of 20,000 to 70,000, which are found in five autonomous regions: Alcorcón, Mostoles, Fuenlabrada, Getafe and Leganés. The population of this area is in excess of one million and grows in the long-term. Through the development of infrastructure in this area (development of universities, hospitals, schools, shopping centres etc.), this area has become more or less independent of the capital. This was the reason why the Madrid Metro development project contained the construction of a metro loop line (named Metrosur), which was to be linked to the Line 10 through a 7km long extension of this line (to Alcorcón station). The loop line, which connects all of the five regions, is 40.5km long, has 6 interchange stations which are connected to the system of suburban trains and at least 5 other stations in each of the cities. Owing to the development of the loop line, it was possible to significantly reduce vehicular traffic, to protect the environment and, thanks to the offer of the elaborate transport system, to ensure sustainable development of the given region.

The Line 8 extension from Cristal station to Nuevos Ministerios station (near a shopping centre) made the connection to the Lines 6 and 10 possible (including the transfer to suburban trains) and allowed direct connection between the international airport Madrid – Barajas and the Madrid downtown. The time of the travel from the airport to the downtown, which is daily used approximately by 42,000 passengers, was reduced to 15 minutes.

Metro	Počet stanic	Délka [km]	Čas výstavby [měsíc]	Rozpočet [milióny eur]
Metro	Number of Stations	Length [km]	Construction Time [month]	Budget [million Euro]
Prodloužení trasy 1, úsek Pza. Castilla – Pinar de Chamartín Line 1 Extension, Pza. Castilla - Pinar de Chamartín section	3	3	27	432,93
Prodloužení trasy 4, úsek P. de Sta. María – Pinar de Chamartín Line 4 Extension, P. de Sta. María – Pinar de Chamartín section	3	4,78	30	
Prodloužení trasy 1, úsek Congosto – Paus de Vallecas Line 1 Extension, Congosto – Paus de Vallecas section	3	3	24	158,69
Prodloužení trasy 2, úsek Ventas – La Elipa Line 2 Extension, Ventas - La Elipa section	1	1,2	17	73,03
Prodloužení trasy 3, úsek Legazpi – Villaverde Alto Line 3 Extension, Legazpi – Villaverde Alto section	7	7,5	26	310,73
Prodloužení trasy 5, úsek Canillejas – Alameda – Osuna Line 5 Extension, Canillejas-Alameda – Osuna section	2	2	22	145,78
Nová stanice na trase 6 (Arganzuela) / A new station on the Line 6 (Arganzuela)	1	-	18	50,99
Prodloužení trasy 7, Line 7 Extension, úsek Las Musas – M40 / Las Musas – M40 section	1	1,3	23	
úsek M40 – Coslada / M40 – Coslada section	1	4,14	17	519,53
úsek Coslada – San Fernando de Henares / Coslada – San Fernando de Henares section	4	5,19	21	
úsek San Fernando de Henares – Hospital de Coslada San Fernando de Henares – Hospital de Coslada section	1	1,47	21	
Nová stanice na trase 8 (Pinar del Rey) / A new station on the Line 8 (Pinar del Rey)	1	-	18	39,82
Prodloužení trasy 7 do terminálu T4 letiště Barajas Line 7 Extension to Terminal T4 of the Barajas airport	1	2,57		46,50
Nová stanice na trase 10 (Aviación Española) A new station on the Line 10 (Aviación Española)	1	-	21	29,74
Prodloužení trasy 11, úsek Pan Bendito – Carabanchel Alto Line 11 Extension, Pan Bendito – Carabanchel Alto section	3	3,1	15	164,97
Celkem / Total	44	46,9	-	
Lehké metro / Light rail transit system				
Nová trasa A / New Line A				
Pinar de Chamartín – Sanchinarro – Las Tablas Pinar de Chamartín - Sanchinarro – Las Tablas	10	5,3	20	238,72
Nová trasa B Colonia Jardín – Pozuelo de Alarcón New Line B Colonia Jardín – Pozuelo de Alarcón	15	8,66	22	116,41
Nová trasa C Colonia Jardín – Boadillia del Monte New Line C Colonia Jardín - Boadillia del Monte	14	13,8	23	166,42
Nová trasa D Móstoles Central – Navalcamero New Line D Móstoles Central – Navalcamero	12	10,5		
Celkem / Total	51	39,6	-	
Příměstské vlaky / Suburban trains				
Chamartín – Nuevos Ministerios – Alonso Martínez – Sol/Gran Vía – Atocha Chamartín – Nuevos Ministerios – Alonso Martínez – Sol/Gran Vía – Atocha	3	8,3	-	75

Tab. 2 Rozvoj madridského metra v období 2003–2007

Table 2 The development of the Madrid metro in the period 2003–2007



Obr. 6 Výstavba stanice Puerta del Sol – Gran Via
Fig. 6 Construction of Puerta del Sol – Gran Via station

soupravy ze 4 na 6), umožnit do všech stanic přístup osobám se sníženou možností pohybu a orientace, kompletně přebudovat vestibuly, změnit napájení z 600 V na 1500 V a zavedení nového zabezpečovacího systému.

Velice zajímavým projektem řešícím dopravní obslužnost Madridu je vybudování dvou nových tunelů o délce 9 km spojujících nádraží Atocha (ležícího na jihu města) a Chamartin (ležícího na severu). Jeden tunel je určen pro vysokorychlostní železnici systému Renfe AVE a druhý pro příměstskou železnici (Cercanías Renfe). Oba tunely byly budovány pomocí TBM. Tunel pro příměstskou železnici umožní prodloužení tras C3 a C4 dnes končících ve stanici Atocha, a tím nejen odlehčí tomuto nádraží, ale také umožní jeho další rozvoj pro dálkovou železniční dopravu. Podle průzkumů dojíždí na nádraží Atocha 400 000 cestujících denně, z nichž 63 000 využívá dále k cestě do středu města metro. Z tohoto důvodu budou také vybudovány dvě nové stanice umožňující přímý přestup z příměstské železnice na trasy metra: Alonso Martínez na trasy 4 a 10 a Puerta de Sol – Gran Via na trasy 1,2,3 a 5. Stanice Puerta del Sol – Gran Via je projektována jako jednodílná ražená stanice s bočními nástupišti o délce 240 m, výška nadloží je 30 až 40 m. Stanice se nachází v historickém středu města a vedle přestupních vestibulů bude mít přímý výstup na náměstí Sol a na ulici Gran Vía a její výstavba má skončit v roce 2008. Výstavba stanice probíhala pomocí madridské tunelovací metody až po vyražení celého dvoukolejného tunelu zeminovým štítem. Po vyražení stanice se ostění tunelu ve stanici až na spodní klenbu rozebere. Na obrázcích 4, 5 a 6 jsou záběry z ražby této stanice.

4. METODY VÝSTAVBY

Od výstavby první trasy roku 1917 bylo použito velké množství metod – od tradičních přes NRTM až po TBM. Protože ražba může probíhat v různém prostředí (soudržné a nesoudržné zeminy, sádkovce atd.), je možné volit ze značného počtu tunelovacích metod. Pro zefektivnění byla vydána společností MINTRA (Madrid Infraestructuras del Transporte) směrnice, kde je volba metod omezena na následující:

- tradiční madridskou metodu,
- hloubení,
- zasypávání,
- zeminové štíty.

Zastoupení jednotlivých metod při výstavbě klasického i tzv. lehkého metra od roku 1995 je uvedeno v tab. 3.

Zeminové štíty

Vzhledem ke geologickým podmínkám se pro ražbu nejvíce používají zeminové štíty (EPB). V rozmezí let 2003–2007 bylo použito celkem 10 EPB, devět pro dvoukolejné tunely (8 o průměru 9,4 m, 1 o průměru 8,9 m) a jeden EPB pro jednokolejný tunel o průměru 7,4 m. Pomocí zeminových štítů bylo vyraženo celkem 40,9 km

3.3 The third phase: 2003 – 2007

The task for the phase 2003 – 2007 was to reach the length of traditional heavy metro rail lines of 55.7km, with 43 stations, and the length of light rail transit lines of 22.2km, with 36 stations. It represented the most rapid increase in the history of the Madrid metro. The overview of the development of the metro in this phase is presented in Table 2 and shown in Figure 1.

Apart from the development of new lines, the existing lines will also be improved. The improvement can be summarised as follows:

- the installation of additional equipment in stations on the old metro network so that they achieved the level of the stations which were built after 1995,
- the adaptation of 26 concourse halls and 49 stations to the needs of passengers with impaired mobility and orientation,
- the reconstruction of 78 stations (renovation and new construction of escalators, renovation of floor assemblies, lining, lighting etc.),
- an increase in the number of running trains so that the maximum density of 3.5 passengers per 1m² was not exceeded during rush hours.

The most significant changes were required on the Line 3, which was built in 1935, where the length of the stations had to be extended from 60 to 90metres (to be able to receive 6-car trains instead of 4-car ones), the access had to be provided for passengers with impaired mobility and orientation, the concourse halls had to be completely reconstructed, the power supply systems had to be converted from 600V to 1500V and a new interlocking system had to be installed.

There is a very interesting project, dealing with resident traffic in Madrid, which consists of the construction of two new tunnels 9km in length, designed to connect railway stations Atocha (found in the south of the city) and Chamartin (found in the north). One of the tunnels is intended for the AVE high-speed trains (operated by RENFE company), while the other one is for suburban trains (Cercanías Renfe). Both tunnels were driven by TBMs. The tunnel on the suburban railway line will make the extension of the Lines C3 and C4, which are currently terminating at Atocha station, possible. Thus the tunnel will not only relieve the burden on the railway station but will also make further development of the station possible so that it meets the needs of long-distance railway transport. According to surveys, 400,000 passengers commute daily to Atocha railway station, 63,000 of which use metro to continue with their travel to the downtown. This is why two new stations will be built, to allow direct transfer from the suburban railway line to the metro lines, namely to the Lines 4 and 10 at Alonso Martínez station and to the Lines 1, 2, 3 and 5 at Puerta de Sol-Gran Via. The Puerta del Sol-Gran Via station design is that for a one-vault mined structure, with 240m long side platforms; the ground cover will be 30 to 40m thick. The station location is in the historic centre of the city. Apart from transfer concourse halls, there will be a direct exit to Sol Square and to Gran Vía Street. The construction is scheduled for completion in 2008. The station was constructed using the Madrid Method of tunnelling, when all EPB TBM operations had been finished throughout the length of the double-rail tunnel. Once the excavation of the station had been completed, the tunnel lining was dismantled in the station, with the exception of the tunnel invert. Pictures taken during the excavation of the station are shown in Figures 4, 5 and 6.

4. CONSTRUCTION METHODS

The number of the methods which have been used since the construction of the first line in 1917 is high, from traditional ones through the NATM to TBM applications. Because tunnel excavation may pass through various types of environment (cohesive and incohesive soils, gypsum etc.), it is possible to choose from rather a wide selection of tunnelling methods. With the aim of making the selection more effective, MINTRA (Madrid Infraestructuras del Transporte) company issued a directive where the selection of methods is restricted to the following ones:

- the traditional Madrid Method,
- cut-and-cover,
- false tunnelling,
- EPB TBMs.

The percentage of the individual methods which have been used during the construction of the traditional metro and the light rail transit line since 1995 is presented in Table 3.

Earth pressure balance (EPB) TBMs

Earth pressure balance (EPB) TBMs have been used most frequently for the drives, with respect to the geological conditions. A total of 10 EPB



Obr. 7 Zeminový štít Herrenknecht S280 [1]

Fig. 7 Herrenknecht S280 EPB TBM [1]

tunelů během 26 měsíců, z toho 37 km za necelých 19 měsíců (to odpovídá i časovému nasazení EPB) – podrobnější údaje jsou uve-

TBMs was used in the period 2003 – 2007; nine of them were designed for double-rail tunnel drives (8 pieces 9.4m in diameter and 1 piece 8.9m in diameter) and one for a 7.4m-diameter single-rail tunnel. The aggregate length of 40.9km of tunnels was driven by the EPB TBMs during 26 months; 37km of that length during less than 19 months (this data corresponds to the times for which the TBMs were employed) – more detailed data is presented in Table 4. Figure 7 presents a Herrenknecht S280 TBM in a launching pit.

Traditional Madrid Method

As it follows from the title, this method has been the most frequently used tunnelling method in Madrid. In 1995, the length of the tunnel tubes which had been driven by this method was 80km, out of the total length of 116km. It is a traditional tunnelling system where the lining is constructed in stages, in partial headings. The method is based on the principle that the calotte excavation is carried out as the first step and the lining of the vault is installed immediately after the excavation. The excavation of the lower part of the cross section with side walls follows only when the profile support by means of the final lining has been finished (see Fig. 8). This method is slow; the maximum advance rate is 2.5m per day.

Cut-and-cover

The construction of cut-and-cover tunnels has dominated mainly in Madrid outskirts and satellite towns, where the conditions on the surface

Úsek [m] / Section [m]	Typ EPB / EPB TBM type	Doba výstavby / Construction period	Délka tunelu / Tunnel length
Trasa 1 Congosto – Ensanche de Vallecas Line 1 Congosto – Ensanche de Vallecas	Carpetana (Herrenknecht S165) Ø 9,40 m	20. 9. 2004 – 3. 5. 2005	2013
Trasa 5 Canillejas – Alameda de Osuna Line 5 Canillejas – Alameda de Osuna	Carpetana (Herrenknecht S165) Ø 9,40 m	21. 7. 2005 – 7. 12. 2005	1342
Trasa 11 Pan Bendito – Carabanchel Alto Line 11 Pan Bendito – Carabanchel Alto	Excavolina (Mitsubishi – NFM) Ø 9,40 m	17. 10. 2005 – 7. 3. 2006	3841
Trasa 7 Metroeste II Sever M40 – Coslada Line 7 Metroeste II Nord M40 – Coslada	Rompearenas (Lovat) Ø 7,40 m	20. 6. 2005 – 24. 10. 2005	4030
Trasa 7 Metroeste II Jih Coslada – M40 Line 7 Metroeste II South Coslada – M40	Rompearenas (Lovat) Ø 7,40 m	22. 11. 2005 – 13. 3. 2006	1732
Trasa 3 Legazpi – San Cristóbal Line 3 Legazpi – San Cristóbal	Guster (Herrenknecht S302) Ø 9,40 m	19. 5. 2005 – 28. 3. 2006	4300
Trasa 3 San Cristóbal – Villaverde Alto Line 3 San Cristóbal – Villaverde Alto	Adelantada (Mitsubishi – NFM) Ø 9,40 m	5. 5. 2005 – 19. 4. 2006	2488
Trasa 1 a 4 Chamartín – P. Sta. María Line 1 and 4 Chamartín – P. Sta. María	Verne (Herrenknecht S274) Ø 8,70 m	19. 7. 2005 – 20. 4. 2006	3090
Metronorte 2B	Metromachine (Herrenknecht S280) Ø 9,40 m	16. 5. 2005 – 12. 6. 2006	4885
Metronorte 1B	Madriladora (Herrenknecht S280) Ø 9,40 m	29. 9. 2005 – 3. 7. 2006	2562
Trasa 7/III Coslada – S. Fernando Line 7/III Coslada – S. Fernando	Mascastiza (Herrenknecht S122) Ø 9,40 m	5. 7. 2005 – 27. 9. 2006	5820
Metronorte 1C/2A	Chotis (Herrenknecht S295) Ø 9,40 m	29. 6. 2005 – 18. 9. 2006	4485

Tab. 4 Nasazení EPB v období 2003–2007

Table 4 Employment of EPB TBMs in the period 2003–2007

Metro Metoda / Method	Druh stavby / Construction type	Délka / Length		
		1995 – 1999	1999 – 2003	2003 – 2007
EPB	Tunel / Tunnel	22,500 m 60,30 %	38 144 m 69,70 %	44 060 m 74,94 %
Tradiční madridská / Traditional Madrid	Tunel a stanice / Tunnel and stations	5 700 m 15,30 %	3610 m 6,60 %	3 805 6,47 %
Hloubení / Cut and cover	Tunel a stanice / Tunnel and stations	7 900 m 21,20 %	7 037 m 12,90 %	10 729 m 18,24 %
Přesypání / False tunnel	Tunel / Tunnel	1200 m 3,20 %	5 909 m 10,80 %	207 m 0,35 %
Lehké metro / Light rail transit system Metoda / Method	Druh stavby / Construction type	2003 – 20007		
Tradiční madridská / Traditional Madrid	Tunely a stanice / Tunnels and stations	160 m/0,58 %		
Hloubení / Cut and cover	Tunely a stanice / Tunnels and stations	9397 m/33,83 %		
Povrch / At grade	koleje / rails	18217 m/65,59 %		

Tab. 3 Metody výstavby

Table 3 Construction methods

deny v tabulce 4. Na obr. 7 je tunelovací stroj Herrenknecht S280 ve startovací jámě.

Tradiční madridská metoda

Jak vyplývá z názvu, je tato metoda historicky nejpoužívanější tunelovací metodou v Madridu. V roce 1995 bylo z 116 km celkové délky tunelových trub touto metodou vyraženo 80 km. Jedná se o klasickou tunelovací soustavu, při níž se výstavba ostění provádí ve stadiu dílčích výlomů. Princip metody spočívá v tom, že se nejprve provádí výlom kaloty, v němž se neprodleně vybuduje klenba ostění. Teprve v profilu zajištěném definitivní klenbou se razí spodní část průřezu, v níž se budují opěry ostění – viz obr. 8. Tato metoda je relativně pomalá, maximální postup je 2,5 m za den.

Hloubení

Výstavba tunelů hloubením dominuje především v okrajových částech Madridu a v satelitních městech, kde nejsou podmínky na povrchu tak stísněné, zatímco v centru města se hloubením budují jen některé stanice. Nejčastější postup výstavby byl následující:

- odkloní se doprava a vybudují se podzemní stěny na požadovanou délku,
- provede se výkop na úroveň pracovní spáry klenby (podle šířky se stěny rozpírají či kotví),
- na terén dna jámy se postaví bednění, do kterého se vybetonuje klenbová konstrukce,
- po provedení konstrukce se jáma zasype a obnoví se doprava na povrchu,
- další výstavba probíhá pod ochranou klenbového stropu.

Vedle tohoto postupu se uplatnily i další postupy, např. ve svaňovaných či pažených jámách.

5. REDUKCE DEFORMACÍ NADLOŽÍ

Rozšíření madridského metra v sobě zahrnuje různé druhy staveb: prodloužení stávajících tras, výstavbu nových stanic (a to i v již provozovaných trasách) a výstavbu tras lehkého metra mimo město (podzemní i povrchové vedení tras). Již před vlastní výstavbou byl posouzen její vliv na okolí (deformace nadloží, velikost poklesové kotliny, vliv na okolní zástavbu, inženýrské sítě apod.) a stanoveny rizikové faktory. Tato analýza využívala následující rozbor:

- zhodnocení projektové dokumentace (geologického profilu, dispozice, navržené konstrukční metody),
- pasportizace objektů v okolí stavby (typ, způsob založení, využití, stáří apod.),
- výpočet poklesové kotliny (odhad deformace nadloží),
- posouzení vlivu deformace nadloží na konstrukce (z hlediska limitních hodnot),
- v případě rizikové oblasti provedení preventivních měření (HPV, odběr vzorků zemin z nadloží apod.).

Ovlivnitelné rizikové faktory byly zakomponovány do projektového řešení navržením doplňujících opatření:

- a) trysková injektáž,
- b) svislé předsunuté clony z mikropilot,
- c) klasická injektáž horninového prostředí,
- d) kompenzační injektáže,
- e) dynamické zhutňování,
- f) pilotové stěny – obr. 10,
- g) stabilizace pojivy (cementem, vápnem),
- h) odvodňování pomocí studní,
- i) ochranný deštník z mikropilot či pilot,
- j) pilotové stěny kolmé na osu tunelu při ražbě EPB.

6. ZÁVĚR

Na počátku 21. století má madridské metro jednu z nejrychleji se rozrůstajících sítí, díky linkám 12 a 9 dokáže obsloužit i oblasti předměstské a je také navázáno na systém příměstské dopravy (Cercanías Renfe). Jen za poslední čtyři roky byl nárůst délky tras o 83,5 km, počtu stanic o 81 a bylo proinvestováno skoro 4 400 milionů eur (viz tabulka 5). Od května 2007 je madridské metro doplněno i systémem tzv. lehkého metra (Metro Ligero). Jeho první trasa (ML1) byla otevřena v květnu 2007 a staví se i další linky (ML2 severozápadním a ML3 západním směrem). Dá se konstatovat, že se madridské metro



Obr. 8 Madridská tunelovací metoda [3]

Fig. 8 The Madrid Method of tunnelling [3]

are not so much constrained, whereas only few stations were built by the cut-and-cover system in the downtown. The most frequent was a top-down construction process, consisting of the following steps:

- traffic was diverted and diaphragm walls were installed at a required length,
- excavation was carried out to the level of the springing of the vault (the diaphragm walls were braced or anchored, depending on the width of the excavation),
- a mould was constructed on the bottom of the pit and the concrete vault was cast on it,
- once the vault structure had been completed, the pit was backfilled and surface traffic reinstated,
- the other construction work was carried out under the protection of the vaulted roof.

Apart from the above-mentioned procedure, even other procedures were applied, e.g. construction in excavations with slopes or in box excavations.

5. REDUCTION OF OVERBURDEN DEFORMATIONS

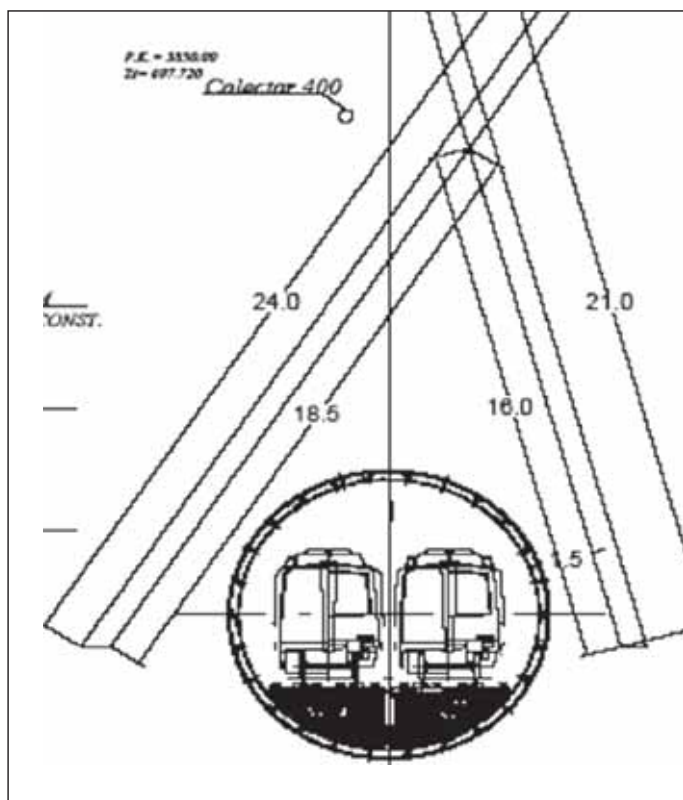
The expansion of the Madrid Metro network comprises various types of structures, namely the extension of existing lines, construction of new stations (even on operating lines) and the development of the light rail transit system leading outside the city (both underground and at-grade routes). The impact of the construction on the surroundings (deformations of the overburden, the size of the settlement trough, influence on existing buildings and utility networks etc.) were assessed and risk factors determined before the commencement of the works. The analysis used the following documents:

- the assessment of design documents (the geological profile, layout, construction methods designed),
- the condition survey of existing structures (type of structure, type of foundation, purpose, age etc.).



Obr. 9 Výstavba ve svaňované jámě [4]

Fig. 9 Construction in a trench with slopes [4]



Obr. 10 Předinjektování trasy tunelu [3]

Fig. 10 Pre-grouting along the tunnel route [3]

stalo jedním z největších a nejmodernějších ve světě. Rozvoj madridského metra nepřinesl jen nové trasy, ale také ohromné zkušenosti s použitím EPB. Je též nutné konstatovat, že tak rozsáhlý projekt by nebylo možné realizovat bez:

- plné politické podpory,
- použití inovačních technologií,
- plného nasazení všech zúčastněných stran,
- využití zkušeností předešlých zákonodárných sborů,
- zapojení nejlepších evropských odborníků v daných oborech.

Další čtyřletý plán rozvoje metra na období 2007–2011 již není tak ambiciózní a počítá s prodloužením klasického metra o 11 km (trasy 2, 3, 9, 11) a tzv. lehkého metra o 10 km (Puerta de Hierro – Majadahonda – Las Rozas).

Celkový rozpočet tunelů a stanic ¹⁾	3 360,18 M€
Celkový rozpočet dep a skladů	344,34 M€
Celkový rozpočet nákupu vozového parku	694,26 M€
Celkem	4 398,78 M€

¹⁾ Investice zahrnují přípravu projektu, stavební práce, vybavení a technický dozor

Tab. 5 Investice v období 2003–2007

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu výzkumného záměru MSM 6840770003 Rozvoj algoritmů počítačových simulací a jejich aplikace v inženýrství

DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz, ČVUT PRAHA – Fakulta stavební

- the calculation of the settlement trough (estimation of the deformation of the overburden),
- the assessment of the influence of deformations of the overburden on existing structures (from the viewpoint of limiting values),
- the results of preventative measurements which were carried out in dangerous areas (water table detection, taking of samples of soils from the overburden etc.).

The following additional measures were incorporated into the design with the aim of dealing with the risk factors where the reduction of the risk was possible:

- a) jet grouting,
- b) vertical, forward positioned curtains consisting of micropiles,
- c) traditional grouting of the ground mass,
- d) compensation grouting,
- e) dynamical compaction,
- f) pile walls – see Figure 10,
- g) soil stabilisation by binders (cement, lime),
- h) dewatering wells,
- i) protective umbrellas formed by micropiles or piles,
- j) pile walls, perpendicular to the tunnel centre line (during EPB TBM driving).

6. CONCLUSION

At the beginning of the 21st century, the Madrid Metro has one of fastest expanding networks of lines. Owing to the Lines 12 and 9, it is capable of serving even the outskirts and, in addition, is connected to the suburban transport system (Cercanías Renfe). Only during the past four years, the length of the lines grew by 83.5km, the number of stations by 81 and nearly 4,400 million euro were invested (see Table 5). The light rail transit system (Metro Ligero) was added to the Madrid metro network in May 2007. The first line of this system (ML1) was inaugurated in May 2007 and other lines (ML2 heading to the north-west and ML3 to the west) are under construction. We can say that the Madrid metro has become one of the largest and most modern in the world. The development of the Madrid metro brought not only new lines but also plenty of experience of the use of EPB TBMs. It can also be stated that such an extensive project could not be implemented without:

- full political support,
- the application of innovative technologies,
- total commitment of all parties involved in the project,
- drawing on the experience gained by preceding legislatures,
- engagement of the best European professionals in the given engineering branches.

The next four-year plan for the metro development in the period 2007 – 2011 is no more so ambitious; it contains the extension of the traditional metro lines by 11km (the Lines 2, 3, 9 and 11) and of the light rail transit system by 10km (Puerta de Hierro - Majadahonda - Las Rozas).

Overall budget for tunnels and stations ¹⁾	3360.18 M€
Overall budget for depots and storage facilities	344.34 M€
Overall budget for the purchase of rolling stock	694.26 M€
Total	4398.78 M€

¹⁾ The budget contains the cost of the design, construction, equipment and engineering supervision

Table 5 Investments in the period 2003 – 2007

Acknowledgement

The paper was prepared within the framework of the solution to the project of the research program MSM 6840770003 „The development of algorithms of computer simulations and their engineering application“

DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Plan de Ampliación de la Red de Metro de Madrid, MINTRA, Madrid
- [2] Trabada J. at al: The Madrid Extension Plan 2003–2007, In:Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, pp. 2007–2019, Madrid 2007
- [3] Luis Armada Martínez-Campos: Plan de Infraestructura de la Comunidad de Madrid 2003–2007, Viceconsejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, Madrid, 2007
- [4] stránky firmy MINTRA: <http://www.mintramadrid.es/pro0307.php>

NOVÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY NA TRAŤOVÉM ÚSEKU VOTICE – BENEŠOV

NEW RAILWAY TUNNELS ON VOTICE – BENEŠOV TRACK SECTION

MICHAL GRAMBLIČKA, JIŘÍ MÁRA, LIBOR MAŘÍK

ÚVOD

Rozvoj železniční infrastruktury patří již řadu let k prioritám České republiky a úzce souvisí s potřebou kompatibility naší železniční sítě s mezinárodními dopravními tahy v rámci sjednocované Evropy. Součástí transevropské trasy E55 na území našeho státu tvoří IV. Železniční tranzitní koridor Děčín (státní hranice) – Praha – České Budějovice – Horní Dvořiště (státní hranice). Modernizace železničních koridorů je motivována snahou o nalezení ekologické alternativy stále rostoucí tranzitní kamionové dopravy a zvýšení komfortu přepravy zboží i osob. K rozhodujícím parametrům modernizovaných tratí patří dosažení přechodnosti kolejových vozidel traťové třídy D4 UIC, ložné míry UIC-GC, zajištění požadované propustnosti tratě a zvýšení maximální traťové rychlosti až na 160 km/h při splnění přísných požadavků na bezpečnost dopravy. Na stávající trati dosahují nyní osobní vlaky průměrné cestovní rychlosti 49 km/h, spěšné vlaky a rychlíky 72 km/h, což je z hlediska moderní přepravy osob nevyhovující. Návrhové traťové rychlosti 100 km/h dosahují vlakové soupravy pouze na 63 % z celkové délky tratě. Požadovaných parametrů moderní železniční tratě lze mnohdy dosáhnout pouze za cenu opuštění stávajícího drážního tělesa a nalezení optimalizované polohy tratě. Optimalizaci provází vznik mnoha umělých stavebních objektů, ke kterým kromě četných mostů patří i tunely.

Na traťovém úseku Votice – Benešov u Prahy délky 18 km vzniklo během zpracovávání jednotlivých projekčních fází 5 nových dvoukolejných železničních tunelů. Vznik úseku se datuje k roku 1870, kdy došlo k výstavbě jednokolejné trati Tábor – Benešov u Prahy. I když byl úsek provozován jako jednokolejný, již naši předkové prozíravě připravili drážní těleso pro dvoukolejnou trať – samozřejmě na parametry odpovídající době výstavby. V současné době vrcholí projekční fáze dokončením projektu stavby a v nejbližších měsících lze očekávat vypsaní soutěže na výběr zhotovitele a následně vlastní realizaci stavby. Předmětem článku je popis technického řešení tunelových objektů, z nichž jeden je navržen jako hloubený v otevřené stavební jámě, zbývající čtyři budou raženy pomocí NRTM. O projektovou přípravu se dělí 3 projekční kanceláře, přičemž generálním projektantem a zpracovatelem projektu tunelu Tomický II. je firma SUDOP Praha, zpracovatelem nejdelšího raženého Zahradnického tunelu je firma Metroprojekt a přípravou projektů dalších 3 tunelů Votický, Tomický I. a Olbramovický je pověřena firma IKP Consulting Engineers.

GEOTECHNICKÉ POMĚRY – SPOLEČNÉ ZNAKY ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází při jihovýchodním okraji středoevropského plutonu, v blízkosti výběžku moldanubika a je budováno zejména paleozoickými, hlubinnými a žilnými vyvřelinami. Horniny jsou velmi variabilní a jsou charakteristické svou značnou petrografickou pestrostí. Převažujícími horninovými typy jsou drobnozrnné žilné granity a aplity a v části území porfyrické, středně zrnité, amfibol-biotitické žuly a porfyrické, středně zrnité biotitické žuly s amfibolitem sedláčského typu. Lokálně se v trase tunelu vyskytují kontaktní metamorfity zastoupené cordieritickými rulami a migmatity.

Rozpukání hornin je značné, převažuje velmi velká až velká hustota diskontinuit (D4 – D5), pouze výjimečně byla zjištěna střední hustota diskontinuit (D3). Pukliny jsou zpravidla všesměrné, neprůběžné a sevřené, případně vyhojené žilným křemenem. V okolí tektonických linií a poruchových zón jsou horniny intenzivně alterované a zpravidla podcené.

Kvartérní pokryv je v trase tunelu zastoupen deluviálními a fluviodeluviálními sedimenty, jejichž mocnost se pohybuje od 0,5 do 10 m. Jsou zastoupeny převážně nesoudržnými písčitymi zeminami (třída S4/SM) s proměnlivou příměsí úlomků hornin. Zemin jsou

INTRODUCTION

The development of railway infrastructure has belonged among priorities in the Czech Republic for many years. It is closely related to the need for the compatibility of Czech railway network with international transport routes in the process of European unification. The part of the Trans-European route E55 which runs through the Czech Republic consists of the 4th railway transit corridor Děčín (the border with the FRG) – Prague – České Budějovice – Horní Dvořiště (the border with Austria). The upgrading of railway corridors is motivated by efforts to find an ecological alternative to the ever growing transit haulage on roads and to increase the comfort of goods/passenger transport. Crucial objectives of the upgrading of tracks are, among others, to reach the spatial passability for rail cars of the D4 UIC track loading class and UIC GC loading gauge, to ensure the required carrying capacity of tracks and allow the increase in the speed limit to 160 km/h while meeting stringent requirements for the safety of traffic. Today, passenger trains and express/fast trains running on existing railways achieve the average travelling speed of 49 km/h and 72 km/h respectively, which is unsatisfactory for modern passenger traffic. The design speed of 100 km/h is achieved by trains only on 63% of the aggregate length of tracks. The parameters which are required for modern railway lines can be often achieved only at the expense of the abandoning of the existing track bed and finding an optimised track alignment. The optimisation is associated with the origination of many artificial structures – not only numerous bridges but also tunnels.

Requirements for 5 new double-rail tunnels originated during the individual phases of the design for the 18km long track section between Votice and Benešov. The origination of this track section goes back to 1870, when the single-track railway line from Tábor to Benešov u Prahy was built. Despite the fact that the track was operated in a single-track mode, the track bed was prepared by our ancestors to be able to accommodate a double-track line, of course with the parameters adequate for the given time of the construction. The design phase is currently culminating by the finishing of the final design; the contract will go out to tender in the nearest months and the commencement of the works will follow immediately. The subject of this paper consists of the description of the engineering solution to the tunnel structures – one of them being a cut-and-cover structure, the remaining three tunnels to be mined using the NATM. The work on the design is divided among three firms of consulting engineers, where SUDOP Praha a.s. is the general designer and is responsible for the design for the Tomice II tunnel, Metroprojekt a.s. is responsible for the design for the longest mined tunnel, Zahradnice, and IKP Consulting Engineers s.r.o. will carry out the designs for other three structures, i.e. the Votice, Tomice I and Olbramovice tunnels.

GEOTECHNICAL CONDITIONS – COMMON FEATURES OF THE AREA

The area of operations is found at the south-eastern edge of the Central Bohemian pluton, in the vicinity of the Moldanubic; it consists mainly of intrusive/dike Palaeozoic rocks. The rocks are very variable, with a very chequered petrographical character. Finely-grained vein granites and aplites and, within a part of the area, porphyritic, medium-grained amphibole-biotitic granites containing the Sedláčany-type amphibolite dominate. Rocks produced by contact metamorphism, represented by cordieritic gneiss and migmatites, occur locally along the tunnel routes.

The rock mass is significantly fractured, with very close to close joint spacing (D4 – D5); moderate joint spacing (D3) was determined only exceptionally. The joints are usually omni-directional, closed and tight, somewhere with vein quartzite infill. The rocks are intensely altered and usually sheared in the vicinity of tectonic lines and weakness zones.

The Quaternary cover along the tunnel route, with its thickness varying from 0.5m to 10m, is represented by diluvial and fluvial-diluvial sediments. The sediments consist mainly of non-cohesive sandy soils (class S4/SM) with a variable addition of rock debris. The soils are medium dense to loose. The thickness of humic layers along the tunnel route fluctuates up to 0.5m.

středně ulehle až kypré. Mocnost humózních vrstev se v trase tunelu pohybuje do 0,5 m.

Na základě poznatků, získaných z průzkumu, lze konstatovat, že ač se horninový masiv především z hlediska petrografického jeví jako různorodý (granity, aplity, pegmatity, ruly a migmatity), z hlediska geotechnického můžeme tyto horniny označit jako „granitoid“, nebo také „krystalinikum“. Ve zdravé formě se od sebe prakticky neliší a jeví se jako jeden typ horniny. To, co opravdu ovlivňuje vlastnosti krystalického masivu, je jeho zvětrání a stupeň tektonického porušení. Horniny jsou v závislosti na výšce nadloží a morfologii terénu postiženy četnými tektonickými poruchami proměnlivé mocnosti a intenzity porušení a zvětrání.

Z hydrogeologického hlediska jsou granitické horniny jako celek poměrně málo propustné a disponují jen omezenou puklinovou propustností. Velikost propustnosti s hloubkou většinou klesá, největší je v pásmu povrchového rozpojení hornin, tj. v úrovni nebo nad úrovní budoucího tunelu. Dotace vody do zvodně je zajišťována výhradně infiltrací atmosférických srážek v hydrogeologickém povodí, k odvodnění dochází v morfologických depresích do místních drobných vodotečí.

Uvedená charakteristika platí pro území jako celek. Pro každý tunel byl v rámci zpracování projektové dokumentace proveden geotechnický průzkum, který podmínky v trase tunelu a zejména portálových úsecích dále upřesňuje. Vzhledem k rozsahu článku však nelze geotechnické poměry jednotlivých tunelů blíže specifikovat. Očekávané geotechnické poměry, chování horninového masivu při ražbě a způsob zajištění stability výrubu popisují v projektu navržené technologické třídy výrubu.

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TUNELŮ

Z hlediska konstrukčního typu lze všechny navrhované tunely rozdělit na konstrukce prováděné v hloubené stavební jámě a konstrukce prováděné hornickým způsobem, tj. ražené konvenčně pomocí NRTM. Velký přínos pro provádění železničních tunelů v České republice představuje Vzorový list dvoukolejného železničního tunelu, který unifikuje tvar vnitřního líce ostění hloubených i ražených tunelů. Správci usnadňuje sjednocení konstrukčního řešení údržbu a případné opravy ostění tunelů, zhotoviteli či zhotovitelům umožňuje např. použití jednoho typu bednicího vozu. Použitím unifikovaného tvaru ostění se rovněž minimalizují možné chyby projektu způsobené prostorovými vztahy mezi tunelovým průjezdným průřezem a lícem ostění. Všechny tunely na předmětném tratovém úseku mají proto identický tvar ostění horní klenby, tvar záchranných výklenků, pochozí stezky i prostoru pro uložení šterkového lože a železničního svršku. Charakteristickým rysem hloubených úseků tunelů je tuhé napojení (vetknutí) konstrukce horní klenby do patak, resp. do konstrukce spodní klenby tunelu. V ražených úsecích tunelů je napojení definitivního ostění provedeno pouze kontaktním uložením horní klenby na patkách nebo na spodní klenbě bez propojení výztuže obou konstrukcí. Zatímco tloušťka primárního ostění odpovídá předpokládaným geotechnickým parametrům a chování horninového masivu v jednotlivých úsecích ražby, tloušťka definitivního ostění se po délce tunelu nemění. Případné rozdílné chování horninového masivu bude zohledněno při dimenzování definitivního ostění až na základě výsledků geotechnického monitoringu prováděného během ražby tunelu. To umožní efektivní návrh ostění na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek. Při potvrzení předpokladů geotechnické prognózy a deformačního chování horninového masivu během ražby lze očekávat provádění větší části ražených úseků tunelů z nevyztuženého definitivního ostění. Definitivní ostění tunelu standardně tvoří monolitický beton C25/30 XF2. Pouze portálové bloky tunelů jsou na žádost objednatele provedeny z betonu C30/37 XF3.

Geometrii vnitřního líce ostění určuje v celém rozsahu horní klenby kružnice o poloměru 5700 mm se středem v ose tunelu v úrovni 1900 mm nad temenem kolejnice (TK). Tloušťka definitivního ostění ražených tunelů se pohybuje od 350 mm a směrem k boku tunelu se mírně rozšiřuje. Minimální tloušťka hloubených úseků tunelů je 600 mm a směrem k bokům tunelu narůstá. Na rozdíl od ražených tunelů, jejichž rub ostění je i v bocích kruhového tvaru, jsou boky hloubených tunelů svislé.

Osa tunelu se v úsecích ležících ve směrovém oblouku odsazuje od osy kolejí v závislosti na poloměru oblouku a hodnotě převýšení. Odsazení osy tunelu od osy kolejí umožňuje optimalizovat polohu sruženého tunelového průjezdného průřezu (STPP) tak, aby nedošlo

It is possible to state on the basis of the knowledge gained by the research that, even though the rock mass appears to be variable, above all from a petrographical point of view (granites, aplites, pegmatites, gneiss and migmatites), that all of the rock mass consisting of the above rocks is a “granitoid” or also “crystalline” complex. The rocks, if in sound forms, virtually do not differ from each other and behave as a single rock type. What really does affect the properties of the crystalline massif is the rock weathering and the degree of tectonic faulting. The rocks are affected by numerous tectonic faults with variable thickness and degree of faulting and weathering, depending on the height of the cover and the terrain morphology.

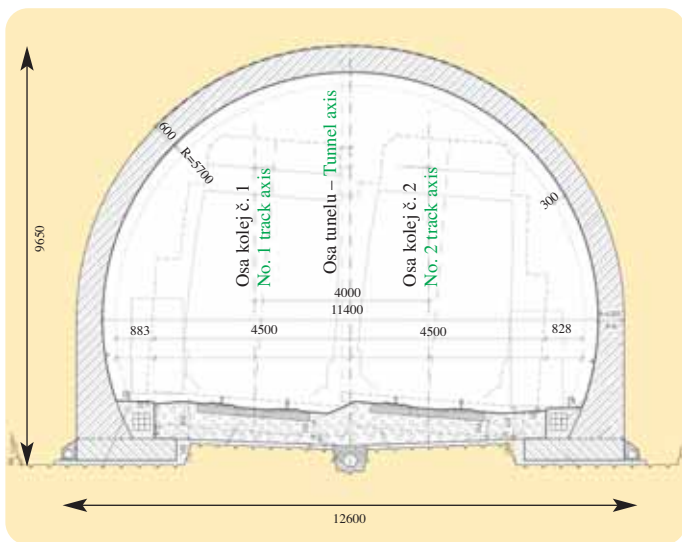
From a hydrological point of view, granitic rocks are, as a whole, relatively little permeable and display only limited degree of fissure permeability. The degree of permeability mostly diminishes with depth, being the highest in the zone of the surface disintegration of rock mass, i.e. at the future tunnel level or above. Water is supplied to the aquifer solely through the infiltration of precipitation within the hydrogeological catchment area; the water which is collected in morphological depressions is drained to local minor water courses.

The above-mentioned characteristics cover the area as a whole. Separate geotechnical surveys were conducted for each tunnel as parts of the work on the final design. The surveys provided more details about the conditions along the tunnel route, mainly in the portal sections. With respect to the extent of this paper, the geotechnical conditions cannot be specified for each tunnel in more detail. The anticipated geotechnical conditions, the behaviour of the rock mass during the excavation and the method of the stabilisation of the excavation are described by means of the excavation support classes which are specified in the design documents.

ENGINEERING SOLUTION OF TUNNELS

In terms of the structural type, all of the tunnels can be divided into two groups: cut-and-cover structures, which are built in an open trench, and structures constructed by mining methods, i.e. tunnels driven by traditional methods, namely the NATM. A great asset to the construction of railway tunnels in the Czech Republic is the Standard Sheet for a double-rail tunnel cross section, which unifies the geometry of the internal contour of the lining for both cut-and-cover and mined tunnels. It facilitates the administrator's work on the unification of the structural design, maintenance and contingent repairs of tunnel lining and makes it possible for the contractor/contractors to use only one type of travelling tunnel formwork. The use of the unified shape of the lining even minimises potential errors in the design associated with spatial relationships between the kinetic envelope and the surface of the lining. All tunnels within the track section in question have, therefore, identical shape of the upper vault lining; the shapes of safety recesses, emergency walkways and the space for the ballast and trackwork are also identical. A rigid connection (fixation) of the upper vault structure to footings or to the bottom/inverted vault structure of a tunnel is a characteristic feature for cut-and-cover tunnels. Regarding the mined tunnels, the connection of the final lining has the form of a construction joint between the upper vault and footings or inverted arch, without the splicing of the reinforcement of the two structures. While the thickness of the primary lining corresponds to the anticipated geotechnical parameters and behaviour of the rock mass in individual sections of the excavated tunnel route, the thickness of the final lining is constant throughout the tunnel length. Changes in the rock mass behaviour, if any, are allowed for in the structural analysis of the final lining, on the basis of the results of the geotechnical monitoring which was carried out during the tunnel excavation. This approach allows the engineering consultant to design the lining in compliance with the requirements of the actually encountered geotechnical conditions. When the assumptions contained in the geotechnical prognosis are confirmed and the actual deformational behaviour of the rock mass during the excavation does not differ from the anticipations, it can be expected that the majority of the mined sections of the tunnel will be provided with an unreinforced concrete final lining. The final lining of a tunnel is cast using C25/30 XF2 unreinforced concrete as a standard. Only the portal blocks of tunnels are in C30/37 XF3 – grade concrete, if the client wishes so.

The geometry of the inner contour of the whole upper vault lining is determined by a circle with the radius of 5700mm and the centre on the centre line of the tunnel and at a level of 1900mm above the top of rail. The thickness of the final lining of mined tunnels is 350mm in the crown and it slightly increases toward the tunnel sides. The minimum thickness of the lining of cut-and-cover tunnels is 600mm and it increases toward the tunnel sides. In contrast to mined tunnels, where the outer contour of the lining is circular even on the sides, the side walls of cut-and-cover tunnels are vertical.



Obr. 1 Vzorový příčný řez hloubeného tunelu
Fig. 1 Typical cross section for a cut-and-cover tunnel

k dotyku STPP a hranice pojistného prostoru tunelu, resp. aby bylo maximálně využito tolerancí mezi STPP a pojistným prostorem tunelu. Podrobnější informace o tvaru ostění viz obr. 1 a 2.

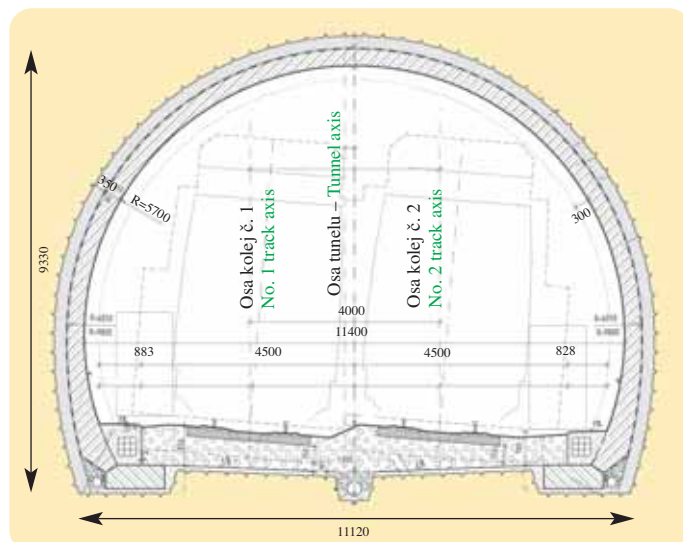
Systém odvodnění a drenáží tunelů se skládá z kombinace deštníkové fóliové izolace v ražených úsecích tunelů a vodonepropustného ostění hloubených úseků tunelů. V celé délce je navržena podélná boční a střední tunelová drenáž, která vodu stékající po izolaci nebo ostění sbírá a gravitačně odvádí směrem k výjezdovým portálům.

TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ

Složitost technologického vybavení železničních tunelů zdaleka nedosahuje úrovně technologického vybavení silničních tunelů. Přesto vyžaduje bezpečný provoz i bezproblémová údržba železničního tunelu instalaci řady prvků vybavení tunelu. U novostaveb tunelů platí zásada o umístování kabelů a trubních vedení do kabelovodů pod pochozí stezkou, nebo do chrániček v ostění. Vedení kabelů po ostění se zejména z důvodu vandalství a možnosti zcizení nedoporučuje. K již téměř standardnímu řešení kabelových tras v železničních tunelech patří umístování devíticestných multikanálů do výplňových betonů pod úroveň pochozí stezky. Pro instalaci kabelů a možnost jejich odbočení k osvětlení nebo zásuvkám jsou na kabelovodu umístěny šachty. Poloha šachet koresponduje s polohou záchranných výklenků a jejich vzdálenost nepřekračuje 25 m. Použití multikanálu spolu s kabelovými šachtami umožňuje snadnou revizi stávajících vedení nebo případné doplnění dalších sítí při provozování tunelu. Záchranné výklenky situované v závislosti na délce bloku betonáže ve vzdálenosti 20 m nebo 24 m nabízejí dostatek prostoru pro umístění šachet na čištění boční tunelové drenáže nebo výtokových ventilů požárního suchovodu. Suchovod je nezavodněné potrubí, které v případě požáru v tunelu slouží k vedení vody co nejbližší k ohnisku požáru. Zdroj požární vody poskytuje buď připojená požární cisterna, místní vodovodní řad nebo požární nádrž situovaná v blízkosti portálu. Suchovod není nutno chránit proti promrzání a je instalován ve všech popisovaných tunelech traťového úseku Votice – Benešov. Osvětlení tunelu lze zapnout v případě pochůzky na obou portálech. Kromě osvětlení umístěného po obou stranách v každém tunelovém pásu lze při údržbě tunelu použít zásuvkový okruh. K bezpečnostním prvkům patří protidotykové zábrany nad trakčním vedením na portálech, madlo umístěné na bocích tunelů podél pochozí stezky, značení nejkratšího úniku k záchrannému výklenku nebo směrem k portálu. Lokalizaci případných poruch usnadňuje číslování tunelových pásů, které odpovídá blokům betonáže tunelového ostění. Do ostění tunelu jsou osazeny měřicé body pro měření prostorové průchodnosti trati.

VOTICKÝ TUNEL

Tunel délky 588 m pojmenovaný podle nedalekého města Votice je jako jediný navržen v celém rozsahu hloubený v otevřené stavební jámě. Vznikl v průběhu zpracování jednotlivých stupňů projektové dokumentace v místě původně navrhovaného hlubokého skalního



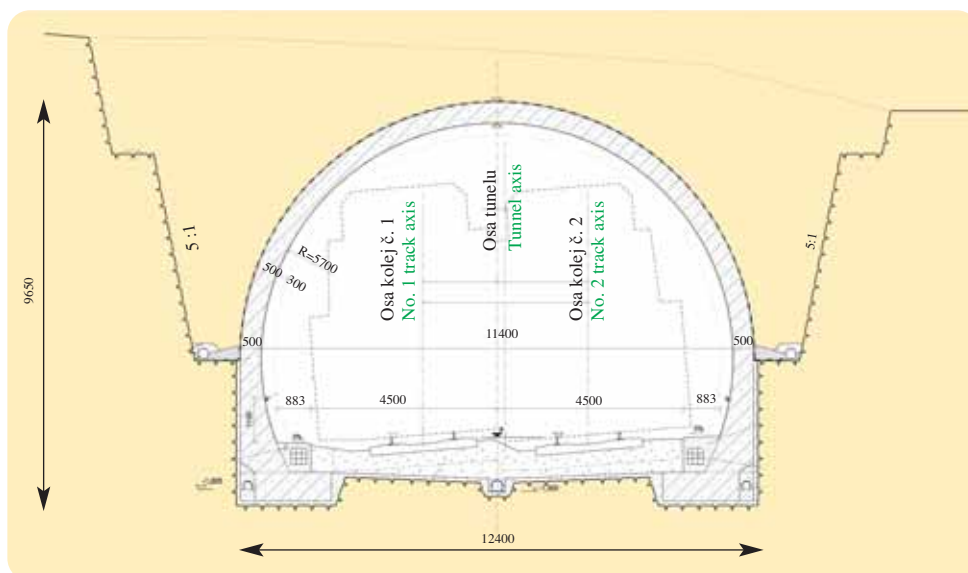
Obr. 2 Vzorový příčný řez raženého tunelu
Fig. 2 Typical cross section for a mined tunnel

The centre line of a tunnel in the sections which are on a horizontal curve is offset from the centre line of rails, depending on the diameter of the curve and the value of superelevation. The offset from the centre line of the tunnel allows the designer to optimise the position of the combined tunnel clearance profile (CTCP) so that a contact between the CTCP and the border of the safety space in the tunnel is avoided or that the tolerances between the CTCP and the safety space in the tunnel is used to a maximum extent. For more detailed information on the tunnel lining geometry see Figures 1 and 2.

The tunnel drainage system consists of a combination of umbrella-type membrane waterproofing in the mined sections of tunnels and water-retaining concrete lining in the cut-and-cover sections of tunnels. Longitudinal drains run along both side walls and along the centre line of the tunnels. They collect water running down the surface of the membrane or the surface of the lining and evacuate it gravitationally toward tunnel portals.

TUNNEL EQUIPMENT

The complexity of railway tunnel equipment is far from the level of road tunnel equipment. Even then the safety of traffic and trouble-free maintenance of a railway tunnel require that a number of elements of tunnel equipment be installed. A rule applies to newly built tunnels that cables and pipelines must be placed in cableways embedded under emergency walkways or in tubes cast into the lining. The mounting of cables on the surface of the lining is not recommended, above all because of vandalism and the possibility of theft. One of nearly standard solutions to the cableways in railway tunnels is the embedment of 9-way ducts in non-structural concrete under the emergency walkway level. There are manholes on the cableways allowing the installation of cables and branching to lighting fixtures or sockets. The locations of the manholes corresponds to the locations of safety recesses; the shaft spacing does not exceed 25m. The use of multiple-way ducts together with cable shafts allows easy inspection of existing lines or, if necessary, the addition of new networks during the tunnel operation. Safety recesses, which are located at 20m or 24m spacing (depending on the length of the block of the tunnel lining) offer sufficient space for inspection manholes on the side drains or outlet valves of the dry fire main. The dry fire main is an empty pipeline which is used for the delivery of water as close to a seat of fire in the case of an accident as possible. The source of fire-fighting water is either a fire-fighting tank container connected to the pipeline, a local water main or a fire reserve located near the tunnel portal. The dry fire main does not have to be protected against freezing; it will be installed in all of the above described tunnels in the Votice – Benešov track section. The tunnel lighting can be switched at both portals in the case of an inspection. In addition to the lighting fixtures, which are installed on both sides of each tunnel block (concrete casting block), a socket branch circuit is available for maintenance purposes. There are other safety elements in tunnels, such as a touch-prevention system over the contact lines at tunnel portals and a hand rail installed on tunnel walls along emergency walkways or signs marking the shortest escape way to a safety recess or to a portal. Defects are easier to locate owing to the system of the numbering of tunnel blocks (i.e. blocks which correspond to the casting blocks of the tunnel lining). Monitoring points are fixed in the tunnel lining for the purpose of the monitoring of the spatial passability of the track.



Obr. 3 Vzorový příčný řez Votického tunelu
Fig. 3 Typical cross section for the Votice tunnel

zářezu jako důsledek postupného zahlabování nivelety tratě. Z důvodů konstrukčních, provozních i ekologických vedlo technické řešení k nahrazení hlubokého zářezu tunelem. Tunelové řešení výrazně snižuje přebytky výkopů zestřením dočasných svahů stavební jámy a provedením zpětných zásypů. Objem výkopů dosahuje bezmála 150 000 m³. Zpětný zásyp o objemu 85 000 m³ snižuje přebytek materiálu o více než polovinu. Tunelové řešení zjednodušuje dlouhodobou obtížnou údržbu vysokých skalních svahů. Má proto pozitivní dopad jak do investičních, tak i provozních nákladů. Nezanedbatelným, i když obtížně finančně vyčíslitelným hlediskem, je i pozitivní dopad na ráz území. Zohledňování ekologických aspektů však hraje stále větší roli a patří ke znakům vyspělé společnosti.

Jednoplášťové ostění tunelu tvoří železobetonová monolitická konstrukce z betonu C 25/30 odolného proti průsakům. Jedná se o první použití tohoto způsobu zajištění vodotěsnosti ostění v České republice. Zvláštní požadavky na vodonepropustnost ostění stanovují TKP 20 – Tunely. Betonáž sekundárního ostění probíhá do bednicího vozu po blocích betonáže délky 10 m. Tloušťka ostění hloubené části tunelu je min. 500 mm, v patě základů 800 mm. Délka bloku betonáže 10 m je volena s ohledem na požadavek vodotěsnosti konstrukce a typizaci bloků betonáže při vzdálenosti záchranných výklenků 20 m. V trase tunelu se paradoxně vyskytují velmi dobré geotechnické podmínky již v malé hloubce pod povrchem. Jediným důvodem, proč tunel není ražen, je nedostatečná výška nadloží. Kvalita horninového masivu však umožňuje v dolních partiích stavební jámy provádět svislé stěny, které slouží jako opora tunelového ostění a umožňují do celkového statického chování konstrukce plně započítat tuhost horninového masivu. To vede k návrhu subtilnější konstrukce než v případě tunelu obsypného z boku zpětným zásypem, jehož tuhost je řádově menší.

Účelem zajištění vodotěsnosti tunelu bez použití fóliové izolace je snaha vyloučit riziko jejího poškození při provádění zpětných zásypů velkého rozsahu. V případě průsaků lze sanaci na rozdíl od fóliové izolace provést cíleně v místě lokálního porušení celistvosti betonu, což výrazně zvyšuje šance na úspěšnost provedení sanace. Spáry mezi bloky betonáže jsou těsněny pomocí vnitřních těsnicích pásů. Pojistný systém tvoří hadičky umožňující dodatečné doinjektování spár v místě těsnicích pásů. Další opatření, snižující riziko průsaku vody ostěním, je noppová fólie instalovaná ve vrchlíku horní klenby tunelu. Vodu volně stékající po ostění tunelu, resp. noppové fólii, jímají podélné tunelové drenáže, které vodu gravitačně odvádějí k portálu tunelu. Propustnost zásypového materiálu i drenážní systém vylučují tlakové působení vody a minimalizují nebezpečí průsaků vody ostěním. V každém druhém záchranném výklenku je po 40 m umístěna šachta na čištění boční tunelové drenáže DN 200. Zpětný zásyp zářezu stavební jámy je odvodněn po obou stranách tunelu další podélnou drenáží DN 250 mm. Tuto drenáž nelze po provedení zpětného zásypu čistit. Proto je navržen větší průměr drenáže, proveden obsyp filtračním materiálem a od vrstev zpětného zásypu je filtrační materiál oddělen geotextilií. Technické řešení viz obr. 3.

VOTICE TUNNEL

This 588m long tunnel, which was named after the nearby town of Votice, is a cut-and-cover structure throughout its length. This solution originated during the individual stages of the design work as a result of a gradual increase in the depth of the track in a location where the initial design proposed a deep open rock cut. Structural, operational and environmental reasons led to the replacement of the deep cut by a tunnel structure. The solution containing the tunnel significantly reduces the excessive volume of excavation as a result of steeper slopes on the sides of the temporary construction trench and the use of the excavated material for backfilling. The excavation volume reaches nearly 150,000 m³. The backfill volume of 85,000 m³ will reduce the excess of material more than by half. The solution based on a tunnel simplifies the long-term, difficult maintenance of high rock slopes. It, therefore, positively affects both the investment

costs and operating costs. Even the positive impact on the nature of the countryside is not negligible, even though its financial benefit is hard to evaluate. Anyway, due consideration for environmental aspects plays ever more important role and belongs among attributes of an advanced society.

The single-pass tunnel lining is a reinforced concrete, cast-in-situ structure (C 25/30 – grade, water-retaining concrete). This is the first case of application of this method of ensuring waterproofness of a tunnel lining in the Czech Republic. Special requirements for the waterproofing capacity of a lining are contained in technical specifications TKP 20 – Tunnels. The secondary lining will be cast in 10m long blocks, using travelling formwork. The lining of the cut-and-cover tunnel is 500mm as the minimum; it is 800mm thick at the level of foundation. The length of the casting block of 10m is selected with respect to the requirement for the waterproofness of the structure and standardisation of the blocks, taking into consideration the distance between safety recesses of 20m. Paradoxically, the geotechnical conditions which exist along the tunnel route are very good even at a shallow depth. The only reason why mining methods are not used for the tunnel construction is the insufficient height of the overburden. Owing to the good quality of the rock mass, it is possible to excavate the construction trench with the side walls vertical in lower levels so that they support the tunnel lining; as a result, the rigidity of the rock mass can be fully counted with in the overall structural analysis of the tunnel. The resulting design of the structure is then slenderer than it could be in the case of a tunnel covered on both sides by backfill, the rigidity of which is lower by an order of magnitude.

The objective of the system which provides the tunnel waterproofing without a waterproofing membrane is the effort to eliminate the risk of damage to the membrane during the course of large-scale backfilling operations. If a leak appears, the repair can be carried out exactly in the particular location where the integrity of concrete was compromised. The chance of success is then much higher. Joints between casting blocks will be sealed using inner waterstops. The back-up system will consist of tubes allowing additional grouting into the joints, near the waterstops. Another measure which reduces the risk of seepage through the lining is a dimple sheet membrane, which will be installed in the crown of the tunnel vault. The water which freely runs down the tunnel lining, which may be covered by the dimple sheet membrane, will be collected by longitudinal drains, to continue gravitationally to the tunnel portal. The permeability of the backfill material and the drainage system will prevent the pressure action of water on the lining and minimise the risk of water leakage through the lining. An inspection shaft will be installed on the DN200 longitudinal drains in every other safety recess. The backfill of the construction trench will be provided with additional DN 250mm longitudinal drains on both sides of the tunnel. Once the trench is backfilled, the clearing of the drains will not be possible. For that reason, the design requires a larger diameter of the drains, backfilling with a filtering material and separation of the filtering material from the backfill by geotextile. For the engineering solution see Fig. 3.

OLBRAMOVICE TUNNEL

The name of the tunnel is after the nearby village of Olbramovice, which originated in the middle of the 12th century. The track section which runs through the tunnel consists of 60m long cut-and-cover sections at both portals,

OLBRAMOVICKÝ TUNEL

Tunel nese jméno nedaleké obce Olbramovice, jejíž historie sahá až do poloviny 12. století. Trať vedenou v tunelu tvoří 60 m dlouhé hloubené úseky u obou portálů prováděné v otevřené svahované stavební jámě a úsek délky 360 m ražený pomocí NRTM. Celková délka v ose tunelu dosahuje 480 m. Podélný sklon tunelu 10,50 ‰ klesá ve směru staničení tratě směrem od vjezdového k výjezdovému portálu. Směrový oblouk v koleji č. 1 o poloměru $R = 1204$ m umožňuje dosáhnout požadované přepravní rychlosti. Osa tunelu je při převýšení 122 mm odsazena od osy kolejí o 200 mm směrem ke koleji č. 2. Svahy stavební jámy hloubených úseků zajišťuje proti povrchové erozi stříkaný beton se sítí. Celkovou stabilitu svahu zvyšují kotvy typu SN osazované do cementové zálivky. Trvale obnažené svahy portálového zářezu, které nebudou zpětně zasypané, zajišťují proti opadávání uvolněných kamenů plastové sítě. Stříkaný beton v této části svahů není použit, aby byl minimálně narušen ráz krajiny i chemismus vod prosakujících vrstvami pokrytých.

Primární ostění ze stříkaného betonu C20/25 X0 tloušťky 150, 200 a 250 mm dále tvoří ocelové příhradové rámy, výztužné sítě, kotvy a v oblasti ohrožené nestabilitou přístropí předrážené ocelové jehly. Pro stabilizaci čelby lze podle potřeby použít přítěžovací čelbový klín. Na celkové stabilitě díla se výrazně podílí prokottvený horninový masiv. Návrh technologického postupu prací a zajištění stability výrubu vychází z určitých předpokladů o chování horninového masivu a předepisuje standardní postup ražby a zajištění výrubu v takto definovaném prostředí pomocí technologické třídy výrubu. Během výstavby může dojít k nepředvídaným situacím, které vyžadují okamžitou reakci na stávající vzniklé podmínky. Pokud by došlo k zásadnímu lokálnímu zhoršení geotechnických podmínek, je nutné použít další adekvátní opatření pro zajištění stability výrubu a bezpečnosti ražby.

Jedná se zejména o:

- další členění dílčích výrubů (především v kalotě);
- úpravu délky záběru;
- úpravu délky, rozměru, typu a počtu kotev jak na čelbě, tak v ostění;
- úpravu vzdálenosti čelb dílčích výrubů.

Příslušné rozhodnutí o změně standardního postupu učiní kompetentní zástupci zadavatele a zhotovitele přímo na stavbě. V případě ohrožení bezpečnosti osob nebo majetku zhotovitel provede opatření ihned bez projednávání a použitá opatření projedná dodatečně. Ražený úsek je podle prognózy geotechnických podmínek rozdělen do 5 technologických tříd výrubu označených II. až VI. Charakteristické údaje pro ražbu a zajištění stability výrubu v jednotlivých technologických třídách viz tab. 1.

Technologické třídy výrubu se dále liší schématem kotvení líce výrubu, způsobem stabilizace čelby, jehlováním apod. Jednotlivé prvky zajištění stability výrubu byly posouzeny podle metodiky rakouské normy ÖNORM B2203.

V rámci projektové dokumentace připravil zpracovatel vzorové příčné řezy hloubených i ražených úseků tunelu se spodní klenbou a s uložením horní klenby na patkách. I když je na základě prognózy určeno rozdělení na úseky prováděné se spodní klenbou nebo patkami, definitivní rozhodnutí padne až během realizace na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek.

Přístupová komunikace pro příjezd záchranných jednotek v případě havárie v tunelu je situována do prostoru zářezu mezi tunely Votickým a Olbramovickým. Díky vzdálenosti portálů 100 m komunikace obsluhuje současně oba tunely.

ZAHRADNICKÝ TUNEL

Tunel pojmenovaný podle obce Zahradnice celkové délky 1044 m je navržen jako ražený s hloubenými portálovými úseky. Směrové vedení trasy v tunelu přechází z přímé do přechodnice a následně kruhového oblouku o poloměru 1404 m. Tunel v celé délce klesá ve směru staničení ve sklonu 9,00 ‰. Osa tunelu v přímé je totožná s osou dráhy, v přechodnici a v oblouku je odsazena od osy dráhy směrem dovnitř oblouku.

Konstrukce hloubených úseků tunelu je prováděna ve svahované stavební jámě, která je s ohledem na svou hloubku vertikálně členěna převážně na 3 etáže. Jednotlivé etáže jsou odděleny horizontálními lavicemi šířky 1 m. Stěny stavební jámy jsou zajištěny stříkaným betonem vyztuženým ocelovou sítí a kotveny hřebíky. Délka hloubeného vjezdového úseku je 48 m, délka výjezdového úseku je 60 m. Na

where an open trench with sloped sides will be excavated, and a 360m long mined section, where the NATM will be used. The total length on the centre line of the tunnel will reach 480m. The tunnel will be on a longitudinal gradient of 10,50 ‰, falling, in the direction of the track chainage, toward the exit portal. Rail # 1 will be on a horizontal curve with the radius $R = 1204$ m, which is sufficient for the required travelling speed. At the superelevation of 120mm, the centre line of the tunnel will be offset from the centre line of the rails by 200mm toward rail #2. The slopes of the construction trench in the cut-and-cover tunnel section will be protected against surface erosion by sprayed concrete with mesh. The overall stability of the slope will be improved by SN anchors which will be inserted in cement mortar. The falling of stones from the slopes of the portal cut which will not be backfilled and will remain permanently bare will be prevented by means of a plastic net. Shotcrete will not be used in this part of slopes so that the nature of the countryside and the chemistry of water seeping through the layers forming the cover are corrupted as little as possible.

The primary support will consist of a 150mm (alternatively 200mm or 250mm) thick layer of shotcrete (C20/25 X0 grade concrete), lattice girders, mesh, anchors and, in the area threatened by instability at the top heading, forepoling. The use of a supporting rock wedge for the stabilisation of the excavation face will be possible, if necessary. The rock mass which will be stabilised by anchors will be a significant factor regarding the overall stability of the works. The design of the means and methods is based on certain assumptions about the behaviour of the rock mass. It defines standard methods for the excavation and excavation support in relation to the particular environment by means of excavation support classes. Unexpected situations which require immediate responses to new conditions may be encountered during the construction. If the geotechnical conditions locally significantly deteriorate, other adequate measures must be implemented to improve the stability of the excavation and safety of the excavation operations.

The following measures belong among them:

- sub-division of the partial excavation faces (mainly in the top heading)
- adjustment of the excavation round length
- adjustment of the length, dimension, type and number of anchors, both at the heading and in the lining
- adjustment of the distance between the faces of partial headings

The particular decision on the change in a standard procedure will be made by authorised representatives of the client and contractor directly on site. In the case of emergency where people or property are threatened, the contractor must implement the measures immediately; the discussion with the client will take place subsequently. The mined section of the tunnel is divided, in accordance with the anticipated geotechnical conditions, into 5 excavation support classes marked II to VI. For characteristic data on the tunnel excavation and excavation support relevant to individual excavation support classes see Table 1.

The excavation support classes further differ from each other in the pattern of the face anchors, the method of the face stabilisation, method of the forepoling installation etc. Individual elements of the excavation support were assessed according to an Austrian standard ÖNORM B2203.

The author of the design prepared, as a part of the design package, typical cross sections for both cut-and-cover and mined tunnels, both with inverted arches and upper vaults supported by footings. Despite the fact that the division of the tunnel length into sections provided either with the invert or with footings has been made on the basis of a prognosis, the definite decision will be made later, during the work, on the basis of actually encountered geotechnical conditions.

The access road for the arrival of rescue forces in the case of an accident in the tunnel will connect the railway in the area of the open cut between the Votice and Olbramovice tunnels. Owing to the distance of 100m between the portals, the road will be able to serve both tunnels.

ZAHRADNICE TUNNEL

This tunnel, which is named after the nearby village of Zahradnice, is a 1044m long structure consisting of a mined part and two cut-and-cover portal sections. The horizontal alignment of the track running through the tunnel passes from a straight part to a transition curve and, subsequently, to a curve on a 1404m radius. The gradient falls at 9,00 ‰ in the direction of the chainage, throughout the tunnel length. The centre line of the tunnel in the straight part is identical with the centre line of the track; it is offset toward the centre of the curve in the transition curve and curve section.

The cut-and-cover tunnels will be built in an open trench with sloped sides. Because of the depth of the trench, the excavation will be divided vertically, mostly into three stages. The individual stages will be separated by horizontal, 1m wide berms. The sides of the construction trench will be stabilised by

Sledovaný parametr Observed parameter	Jednotky Units	Technologická třída NRTM NATM excavation and support class				
		II.	III.	IV.	V.	VI.
Světlá výška kloty / Top heading – net height	[m]	6,065	6,115	6,185		
Plocha výrubu kaloty/ Top heading – excavated cross section	[m ²]	59,48	60,45	61,83		
Světlá výška lavice / Bench – net height	[m]	3,55	3,00			
Plocha výrubu lavice / Bench – excavated cross section	[m ²]	41,42	41,78	42,29	38,89	
Světlá výška počvy / Invert – net height	[m]	-	-	-	-	1,90
Plocha výrubu počvy / Invert – excavated cross section	[m ²]	-	-	-	-	17,84
Celková plocha výrubu / Total excavated cross section	[m ²]	100,90	102,23	104,12	118,56	
Předpokládaná deformace výrubu / Anticipated deformation of excavation	[mm]	30	50			
Doporučené nadvýšení výrubu / Recommended crown overcutting	[mm]	115	135			
Tloušťka primárního ostění / Primary lining thickness	[mm]	150	200	250		
Délka záběru kaloty (max.) / Top heading advance length (max.)	[m]	2,5	2,0	1,5	1,0	
Délka záběru lavice (max.) / Bench excavation advance length (max.)	[m]	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0

Tab. 1 Základní parametry technologických tříd výrubu NRTM
Table 1 Basic parameters of the NATM excavation support classes

výjezdovém portálovém úseku jsou provedeny po obou stranách gabionové zdi stabilizující strmé svahy zářezu. Definitivní ostění hloubené části je navrženo z vyztuženého betonu C30/37, se základovými patkami, resp. se spodní klenbou.

Délka části tunelu raženého pomocí NRTM je 936 m. Konstrukce ostění raženého tunelu je dvouplášťová s mezilehlou fóliovou hydroizolací tl. 2 mm v rozsahu horní klenby a opěr. Primární ostění ze stříkaného betonu C16/20 X0 je navrženo v tloušťkách 100 až 250 mm. Dále jsou použity vyztužné příhradové oblouky, svařované sítě, kotvy a předražené ocelové jehly. Definitivní ostění je navrženo z monolitického betonu C25/30 XF2 a C30/37 XF3. Ve vytipovaných úsecích se předpokládá použití ostění z nevyztuženého betonu.

Vzhledem k délce tunelu a s ohledem na požárněbezpečnostní řešení je na pravé straně navržena úniková cesta. Tato úniková cesta je vedena štolou podkovovitého tvaru délky 58,35 m a následně šachtou kruhového profilu hloubky 26,1 m. Ostění únikové štoly a šachty je dvouplášťové s mezilehlou fóliovou hydroizolací tl. 2 mm.

V blízkosti obou portálů a u výstupu z únikové šachty je navržena přístupová komunikace s nástupní plochou. V tunelu je po levé straně situováno nezavodněné požární potrubí, tzv. suchovod. Přípojné místo suchovodu se nachází v šachtě před portálem na vjezdovém i výjezdovém portále tunelu.

TUNEL TOMICKÝ I.

Trasu tunelu tvoří dva portálové úseky délky 48 m a 60 m navrhované ve svahované stavební jámě a úsek délky 216 m ražený pomocí NRTM. Celková délka v ose tunelu je 324 m. Podélný sklon tunelu 10 ‰ klesá směrem od vjezdového portálu k výjezdovému. Osa tunelu je od osy kolejí odsazena o 170 mm směrem ke koleji č. 1 a má poloměr směrového oblouku 1281,830 m. Sdružený tunelový průjezdný průřez je konstruován pro převýšení 108 mm. Díky obdobným geotechnickým poměrům se tunel konstrukčně přibližuje tunelu Olbramovickému. I když tunely na úseku Votice – Benešov patří obecně k tunelům s nízkým nadložím, pro tunel Tomický I. to platí zvláště. Při výšce výrubu 10 m dosahuje výška nadloží jen max. 15 m. Vzhledem k malé délce raženého úseku definují způsob zajištění stability výrubu a technologický postup výstavby jen 4 technologické třídy výrubu. Instalaci požárního suchovodu vyžaduje norma na železniční tunely ČSN 737508 až od 500 m délky. V případě tunelu Tomický I. vyžadoval objednatel umístit do tunelu požární suchovod i při délce tunelu jen 324 m. Pro příjezd vozidel v případě havárie v tunelu slouží v rámci stavby nově zřízená přístupová komunikace, která navazuje na upravenou stávající polní cestu a dále na silnici I/3 spojující Prahu a Tábor.

TUNEL TOMICKÝ II.

Posledním a zároveň z hlediska projektování nejnovějším tunelem mezi Benešovem a Voticemi, bude připravovaný tunel Tomický II. Trasa železniční trati v tomto úseku vyrovnává oblouk, který ve stávající stopě znemožňoval využití vyšších traťových rychlostí. Proto se na SUDOP Praha, a. s., dodatečně přistoupilo k projektové přípravě i tohoto tunelu, v dnešní době je zpracován ve stupni přípravné dokumentace. Určitou časovou ztrátu v přípravě projektové dokumentace

shotcrete, mesh and dowels. The entrance and exit cut-and-cover sections are 48.0m and 60.0m respectively. Gabion walls will be erected along the exit pre-portal section to stabilise the steep slopes of the cutting. The C30/37-grade reinforced concrete final lining within the cut-and-cover section will have footings or an inverted vault.

The NATM mined tunnel section is 936m long. The tunnel is a double-pass structure with intermediate waterproofing (a 2mm thick membrane) covering the upper vault and sidewalls. The C16/20 X0 sprayed concrete primary lining will be 100 to 250mm thick. The excavation support will further consist of lattice girders, mesh, anchors and steel forepoles. The final lining will be in C25/30 XF2 and C30/37 XF3 cast-in-situ concrete. The use of unreinforced concrete is expected for selected sections.

With respect to the tunnel length and the fire design of the tunnel, an escape route will be provided on the right side. The escape route passes through a 58.35m long horseshoe-profile gallery and, subsequently, through a 26.1m deep, circular-profile shaft. The lining of the escape gallery and of the shaft is a double-pass structure with a 2mm thick intermediate waterproofing membrane.

Access roads with assembly areas will be provided in the vicinity of both portals. A dry fire main will be installed on the left side of the tunnel. The points of connection for the fire main will be in manholes, in front of both the entrance and exit portals.

TOMICE I TUNNEL

The tunnel route consists of two portal sections (48m and 60m long, built in a construction trench with sloped sides) and a 216m long section where the tunnel will be driven by the NATM. The tunnel will be 324m long in total. The longitudinal gradient of 10,00 ‰ falls from the entrance portal toward the exit portal. The centre line of the tunnel is offset from the centre line of rails by 170mm toward the rail #1; the diameter of the horizontal curvature of the tunnel centre line is 1281,830m. The combined tunnel clearance profile is designed for the superelevation of 108mm. Owing to similar geotechnical conditions, the tunnel structure is similar to that of the Olbramovice tunnel. Even though the tunnels on the track section between Votice and Benešov belong, in general, among shallow-cover tunnels, this characterisation applies especially to the Tomice I tunnel. The height of the cover reaches a mere 15m at the height of the excavated cross section of 10m. As a result of the short length of the mined tunnel section, the means and methods of the excavation and the excavation support are defined only by 4 excavation support classes. The installation of the dry fire main is required by ČSN 737508 (a standard for railway tunnels) when the length is in excess of 500m. Regarding the Tomice tunnel, the client required that the dry fire main be installed even if the tunnel length is only 324m. The access of vehicles in the case of an accident in the tunnel will be possible via a new access road, which will be linked to an existing dirt road, which will be paved, and then to the I/3 road connecting Prague with Tábor.

TOMICE II TUNNEL

The last, and, in terms of the work on the design, the newest tunnel between Benešov and Votice will be the Tomice II tunnel. The route of the track in this section is designed to straighten an existing curve, which has made the increasing of the speed limit over the track impossible. For that reason, SUDOP a.s. started to prepare this tunnel construction; as of today, the preliminary design documents have been completed. It is still possible to reduce a certain delay in the design preparation so that all tunnels are opened to traffic at the same time.

je ještě možné snížit tak, aby všechny tunely byly do provozu uvedeny současně.

Tunel Tomický II. bude vyražen v obdobných geotechnických podmínkách, jako jeho bezprostřední sousedé. Zájmové území leží při jihovýchodním okraji středočeského plutonického komplexu, jehož skalní podklad je budován souborem hlubinných a žilných vyvřelin paleozoického stáří. Regionální tektonické procesy se v horninovém prostředí projeví zvýrazněním některých predisponovaných směrů oslabení horniny, s nejvýrazněji vyvinutým směrem porušení Z-V. Hladina spodní vody není souvislá, spíše se jedná o lokální zvodně, vázané na izolované systémy puklin, které prostupují zcela nepropustným masivem. Celková délka tunelu je 252 m, z toho 204 m bude vyraženo za použití trhačích prací pomocí NRTM, oba portály budou realizovány v hloubených stavebních jámách délek 24 m. Začátek tunelu je situován do km 125,372, konec tunelu pak do km 125,624. Železniční trať v celé délce tunelu prochází v oblouku $R = 1471,805$ m s převýšením $p=108$ mm, osa tunelu je pak od osy kolejí odsazena o 195 mm. Podélný sklon měřený v ose tunelu je 10 ‰. Svahy stavebních jam hloubených úseků jsou v dolních partiích zajištěny stříkaným betonem se sítí a horninovými kotvami. Vyšší partie jsou zajištěny proti opadávání úlomků horniny sítěmi. První etáž hloubená ve vrstvách pokrytá a silně zvětralých granitoidech je bez dalšího zajištění líce svahu pouze vysvahována. Minimalizace portálových úseků je ve shodě s přírodním prostředím, kde bude stavba probíhat. Zajímavostí obou portálů jsou ochranné valy proti přivalovým srážkám.

Primární ostění ze stříkaného betonu tloušťky 150 až 200 mm tvoří dále ocelové příhradové rámy, sítě, kotvy a v oblasti ohrožené nestabilitou přístropí předrážené ocelové jehly.

Definitivní ostění z monolitického betonu minimální tloušťky 350 mm trvale zajišťuje stabilitu výrubu. Předpokládáme, že kromě příportálových úseků bude možné ve značné části tunelu při realizaci použít nevyztuženého definitivního ostění.

Vzhledem k poměrně malé délce dvoukolejného tunelu není navrhováno žádné mimořádné zabezpečení železniční dopravy. Před portál bude přivedena komunikace a společně s nástupní a záchrannou plochou, bezpečnostním značením a dalšími prvky technologického vybavení dvoukolejný tunel vyhoví všem požadavkům pro zajištění požární ochrany a bezpečnosti provozu.

ZÁVĚR

Modernizací trati Votice – Benešov u Prahy dojde k výraznému zkrácení stávající délky tratě. Zdvoukolejnění trati, modernizace zabezpečovacího zařízení a další navrhované úpravy povedou ke zkrácení doby jízdy a k celkovému zkvalitnění železniční dopravy. Podle dostupných zdrojů činí investiční náklady 4483 mil. eur, přičemž příspěvek z Evropské komise představuje 2,2 mil. eur. V rámci zpracování projektové dokumentace tunelových objektů navrhl projektový tým celou řadu moderních technických řešení, která buď nejsou v České republice dosud obvyklá, nebo nebyla použita vůbec. Jedná se např. o provádění definitivního ostění bez výztuže, které bylo ještě donedávna nemyšlitelné. Postupným získáváním zkušeností s aplikací NRTM a pozitivním přístupem všech účastníků výstavby se ekonomický návrh dimenzí definitivního ostění pomalu zabydluje i u nás. V současné době je nevyztužené definitivní ostění dopravních tunelů použito pouze na silničním tunelu Pisárky v Brně, dálničním tunelu Libouchec a na železničních tunelech Nového spojení v Praze. Poprvé je dosaženo vodotěsnosti ostění tunelu aplikací betonů odolných proti průsakům s těsněním spár mezi tunelovými pásy. Na dodavatelských firmách a kvalitě provedení navržených technických řešení nyní záleží, zda se nové technologie stanou běžnou součástí českého tunelového stavitelství, nebo zapadnou jako nespolehlivé a obtížně realizovatelné. Vzhledem k pozitivnímu vývoji, kterým u nás výstavba dopravních tunelů za posledních 15 let prošla, lze předpokládat úspěšnou realizaci díla a efektivní využití investičních nákladů čerpaných jak z českých, tak evropských zdrojů.

*ING. MICHAL GRAMBLIČKA, gramblicka@sudop.cz, SUDOP PRAHA a. s.,
ING. JIŘÍ MÁRA, mara@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT PRAHA, a. s.,
ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.*

The Tomice II tunnel will be driven through conditions similar to those existing for its neighbours. The area of operations is found at the south-eastern edge of the Central Bohemian pluton, where the bedrock consists of a complex of intrusive/dike Palaeozoic rocks. Regional tectonic processes affected the rock environment in the form of the accentuation of some pre-disposed rock weakness directions, with the most distinctive discontinuities being W-E. The water table is not continuous; it is present rather in the form of local aquifers, which are bound to isolated systems of fissures penetrating the, otherwise absolutely impervious, rock mass. The tunnel is 252m long in total; of this length, 204m will be driven using the NATM and drill-and-blast techniques. Both portals will be built in 24m long construction trenches. The beginning and end of the tunnel are located at km 125.372 and km 125.624 respectively. The whole railway route passing through the tunnel is on a curve $R = 1471.805$ m, with the superelevation $p = 108$ mm. The centre line of the tunnel is offset from the centre line of rails by 195mm. The longitudinal gradient, measured on the centre line of the tunnel, is 10.0 ‰. Bottom parts of the slopes of construction trenches in the cut-and-cover tunnel sections will be stabilised with shotcrete, mesh and rock anchors. The higher parts will be covered with nets preventing rock fragments from loosening. In the first stage, where heavily weathered granites will be encountered, the slopes on the trench sides will require no other stabilisation measures. The minimisation of the portal sections is consonant with the natural environment where the construction will be implemented. A special feature of the tunnel are dykes protecting the portals against storm rainfalls.

The primary support of the excavation consists of a 150 to 200mm thick layer of shotcrete, lattice girders, mesh, anchors and, in the area threatened by the instability of the top heading, forepoles.

The cast-in-situ final lining, which will provide permanent support of the excavation, will be 350mm thick as a minimum. We expect that it will be possible to use unreinforced concrete during the construction for the lining in the major part of the tunnel, excepting the portal sections.

No exceptional railway operation safety measures are designed, with respect to the short length of the tunnel. A road, ending in front of the tunnel portal, will be built. With an assembly and rescue area, safety marking and other elements of tunnel equipment, the tunnel will meet all fire safety and operational safety requirements.

CONCLUSION

The upgrading of the railway line between Votice and Benešov will result in a significant reduction in the current length of the line. The addition of the second rail, upgrading of the interlocking equipment and the other modifications which are contained in the design will lead to a reduction in the travel time and overall improvement of railway traffic. According to available sources, the investment costs amount to EUR 4483 billion, while the European Commission's contribution is EUR 2.2 billion. During the work on the design for the tunnel structures, the designing team introduced a number of state-of-the-art engineering solutions, which have not become commonplace or have not been used yet in the Czech Republic, for example the unreinforced concrete final lining, which was unthinkable until quite recently. Owing to the gradually increasing experience in the NATM application and the positive attitude of all parties responsible to tunnelling projects, the economic design of final lining dimensions has been slowly settling in the Czech practice. For the time being, there are only several cases of the application of unreinforced concrete to final lining of transport-related tunnels, i.e. the Pisárky road tunnel in Brno, Libouchec motorway tunnel and the railway tunnels in Prague which are part of the New Connection Project. It has been for the first time that the waterproofing of tunnel liners is achieved by means of water-retaining concrete and sealing of joints between the blocks of lining. Now it depends only on contractors and the quality of the implementation of the designed engineering solutions whether the new technologies will become common parts of Czech tunnel construction processes or will disappear as unreliable and hard to use ones. Considering the positive development the construction of transport-related tunnels has experienced during the past 15 years, we can expect that the whole project will be successfully implemented and the investment funds, which will be provided both from Czech and European sources, will be used effectively.

*ING. MICHAL GRAMBLIČKA, gramblicka@sudop.cz,
SUDOP PRAHA a. s.,
ING. JIŘÍ MÁRA, mara@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT PRAHA, a. s.,
ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.*

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

KONFERENCE ŽELEZNICE 2007 RAILWAY 2007 CONFERENCE

The traditional conference for professionals active in railway transport was dedicated to the topic of high-speed railways. The conference was held on 14th – 15th November in Prague. It comprised an excursion to Czech Railways' testing circuit in Cerhanice. The above-mentioned topic is currently not a top priority for Czech railways, it is rather a vision for the future, in relationship to principal European corridors.

The preparation of projects in East European countries, such as Poland, Slovakia and the Czech Republic, is, for the time being, rather at the level of studies. However, considering the competitiveness of transportation modes and the connection with Trans-European railway lines, these problems have to be dealt with.

In the Czech Republic, the network of high-speed tracks has been planned for the following directions :

- Prague – Plzeň – Nuremberg
- Prague – Dresden
- Prague – Brno-Břeclav-Vienna
- Brno – Ostrava

Tradiční konference odborníků železniční dopravy byla věnována tématu vysokorychlostních železnic. Uskutečnila se i s exkurzí na testovací okruhu ČD v Cerhanicích ve dnech 14.–15. listopadu. Kongresová část proběhla v Praze v hotelu Olšanka s významnou zahraniční účastí.

I když tato tematika není v současnosti pro naše železnice prioritou a je jen spíše vizí do budoucnosti ve vazbě na rozhodující evropské

SILNIČNÍ KONFERENCE 2007 ROAD CONFERENCE 2007

The city of Ostrava hosted an important conference for people working in road construction. The conference and the accompanying exhibition took part on 23rd – 24th October in the community centre of Moravská Ostrava. As usual, the interest was great. There were 86 companies and over 700 persons present. They represented the whole spectrum of professionals, from representatives of state administration and schools personnel, owners and designers to contractors and material suppliers.

Město Ostrava se po roce ujalo uspořádání významné konference pracovníků dopravního stavitelství. Konference i s doprovodnou výstavou proběhla ve dnech 23. až 24. října v kulturním domě Moravské Ostravy. Zájem, jak už je tradičně zvykem, byl velký. Na konferenci bylo 86 firem a více než 700 účastníků. Tito zastupovali celé spektrum odborníků od zástupců státní správy, škol, investorů, projektantů až po dodavatele investičních celků, materiálů a zařízení.

Region severní Moravy byl vybrán záměrně, protože v současné době rozsah výstavby silnic a dálnic v regionu přesahuje ostatní regiony. Hlavní podíl na této skutečnosti má výstavba D47. Přípravě i realizaci této dálnice, která by měla být předána do provozu převážně v roce 2008, byla věnována velká část příspěvků.

XIV. EVROPSKÁ KONFERENCE MECHANIKY ZEMIN A GEOTECHNICKÉHO INŽENÝRSTVÍ 2007 V MADRIDU FOURTEENTH EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING, MADRID 2007

The 14th European conference on soil mechanics and geotechnical engineering was held in Madrid in September 2007. The conference was attended by about 800 regular delegates; the Czech Republic was represented by 15 delegates. The main topic of the conference was „Foundations in Urban Areas“. The conference was divided into three main sections; each of them contained three discussion sections, which mainly dealt with geotechnical issues in urban areas.

koridory, byly příspěvky vysoké technické úrovně velmi pozitivně přijaty. Jednalo se hlavně o zhodnocující referáty z vývoje, realizace a i provozu těchto železnic v západní Evropě, ale i Japonska a Koreje. Bylo konstatováno, že vysokorychlostní doprava přes vysokou kvalitu spojení je schopna konkurovat silniční už od vzdálenosti 150 km a od vzdálenosti 600 km i letecké.

Příprava projektů ve státech východní Evropy, jako jsou Polsko, Slovensko a Česká republika, je zatím spíše na úrovni studií. S ohledem na konkurenceschopnost druhů dopravy a vazbu na transevropské železniční spojení je však nutno se problematikou zabývat.

V ČR byla síť vysokorychlostních železnic zatím plánována v následujících směrech:

- Praha – Plzeň – Norimberk
- Praha – Drážďany
- Praha – Brno – Břeclav – Vídeň
- Brno – Ostrava

Celé této problematice se věnuje nová studie zadaná Ministerstvem dopravy ČR nazvaná Aktualizace koncepce vysokorychlostní železniční dopravy na území ČR, která bude dokončena v roce 2008.

Zajímavostí je, že projekt berounských železničních tunelů připravovaných pro výstavbu nejbližšího desetiletí je navrhopán už v parametrech vysokorychlostní železnice. Pro tento tunel byla zvolena varianta dvou tunelů pro rychlost 200 km/hod.

ING. PETR VOZARIK, vozarik@metrostav.cz, METROSTAV a. s.

Hlavními očekávanými referáty však byly příspěvky pracovníků státní správy týkající se celostátní výstavby. Nový generální ředitel ŘSD ČR ing. Brunclík se zaměřil převážně na:

- představení nové organizace ŘSD ČR
- zhodnocení současné celkové situace v silniční dopravě
- hodnocení studií cenového srovnání cen ve výstavbě dálnic (včetně tunelů se zahraničním)
- program výstavby dálnic a silnic I. tř. v dalších letech
- operační program Doprava na r. 2007–2013, odkud bude m.j. spolufinancována výstavba části staveb jako D8 Lovosice – Řehlovice, SOKD 513 Vestec – Lahovice, SOKD 518 Ruzyně – Suchdol.

Nový ředitel státního fondu dopravní infrastruktury ing. Slamečka vedle představení organizace a jejího postavení ve státní správě se plně věnoval financování výstavby pro léta 2008 – 2010 a získávání finančních zdrojů.

Z dalších referátů zajímavě vyzněly pozitivní zkušenosti z elektronického zpoplatnění dálnic a příspěvky zabývající se úkoly dopravního inženýrství při zvyšování bezpečnosti silničního provozu.

Technicky nejkomplexnější příspěvek zpracovaný projekční organizací Satra spol. s r. o. se týkal projektového řešení přípravy a realizace stavby Městského okruhu Malovanka – Pelc-Tyrolka v Praze, který je v současnosti ve výstavbě. Tento tunelový komplex v celkové délce 6,38 km, z nichž tunely dosahují délky 5,5 km, byl už představen na stránkách našeho časopisu.

ING. PETR VOZARIK, vozarik@metrostav.cz, METROSTAV a. s.

Organizačního výboru byl Ing. Vicente Cuellar, ředitel instituce CEDEX. Ve vědeckém výboru konference byla Česká republika zastoupena prof. Ing. Ivanem Vaníčkem, DrSc.

Konference se zúčastnilo cca 800 řádných delegátů, Česká republika byla zastoupena 15 delegáty.

Byl přítomen velký počet vystavovatelů, z nichž nejvýznamnější byli: KRONSA, LIEBHERR, SOLETANCHE BACHY, BAUER, ATESS, RODO a OHL.

Konferenci předcházely workshopy technických komisí TC 3 Geotechnika silničních vozovek (Geotechnics of Pavements) a TC 38 Interakce stavba – zemina (Soil – Structure Interaction) pro mladé geotechniky a speciální seminář věnovaný vzpomínce na zesnulého Dr. Niels Krebs-Ovesena, který pořádala Dánská geotechnická společnost na téma TC 23 Navrhování podle mezních stavů v geotechnickém inženýrství (Limit State Design in Geotechnical Engineering).

Základní téma konference bylo Geotechnické inženýrství v městském prostředí.

V tomto smyslu bylo jednání konference rozčleněno do šesti hlavních sekcí, každá se třemi sekcemi diskusními týkajícími se vesměs geotechnické problematiky v městské zástavbě:

1. Zakládání v městské zástavbě – Předpisy a standardy
 - 1.1 Zavádění Eurokódů EC 7 a EC 8
 - 1.2 Proaktivní návrh zakládání. Observační metoda
 - 1.3 Příklady zakládání staveb a poruchy
2. Hluboké výkopy a svahy v městské zástavbě
 - 2.1 Účinek otevřených výkopů na blízké stavby a městskou vybavenost
 - 2.2 Nakládání s podzemní vodou
 - 2.3 Ochrana svahů před erozí. Břehy řek a pobřežní území
3. Podzemní stavby v městské zástavbě
 - 3.1 Využití podzemí
 - 3.2 Deformace základové půdy vyvolaná městskými tunely
 - 3.3 Inovační stavební metody pro tunelové stavitelství
4. Rekonstrukce staveb a infrastruktury v městské zástavbě
 - 4.1 Dovolené posuny starých a nových konstrukcí
 - 4.2 Podchycování staveb. Příklady z praxe
 - 4.3 Ochrana měst a památek
5. Zlepšování základové půdy v městské zástavbě
 - 5.1 Kompenzace sedání pomocí injektování
 - 5.2 Statické a dynamické metody zlepšování zemin
 - 5.3 Vyztužování zemin
6. Geotechnický průzkum a mapování v městské zástavbě
 - 6.1 Nové technické možnosti průzkumu pro stavby
 - 6.2 Management mapování a geotechnických dat
 - 6.3 Průzkum pro přístavy a území na mořském pobřeží

Dále byly předneseny dvě speciální přednášky. Prof. M. Jamiolkowski prezentoval přednášku Role geotechniky při ochraně historických měst: Součást multidisciplinárního přístupu. Velmi zajímavou a provokativní speciální přednášku podal prof. M. Melis s názvem Podzemní stavby v měkkých horninách.

Byla bohatě zastoupena posterová sekce a jako novinka bylo zařazeno Akademické fórum, na kterém na přednesené téma okamžitě reagovali odborníci z auditoria.

Po ukončení konference se konalo šest velmi zajímavých technických exkurzí po Madridu nebo blízkém okolí.

1. CEDEX (středisko pro experimentální geotechnický výzkum), kde bylo prezentováno speciální zkušební zařízení pro výzkum podloží tratí vysokorychlostních železnic;
2. Tunely pro vysokorychlostní železniční trať z Madridu do Valladolidu (s dalším napojením na evropskou síť);
3. Tunel Atocha – Chamartin (Atocha je hlavní madridské nádraží);
4. Přestupní stanice metra Puerta del Sol;
5. Prodloužení sítě madridského metra;
6. Modernizace madridského městského okruhu M – 30.

Ve zbývajících dnech konferenčního týdne se konaly pokonferenční exkurze turistického charakteru.

Ve čtyřech dílech sborníku bylo uveřejněno celkem 315 příspěvků. Sborník má celkem 2194 stránek. Pátý díl sborníku bude vydán dodatečně a zaslán účastníkům konference. Součástí sborníku je CD-ROM s možností vyhledávání podle autorů, podle klíčových slov a třídění podle jednotlivých sekcí konference.

Španělsko je země se silně rozvinutým tunelovým stavitelstvím. Snad proto byla proslovena řada přednášek s tunelářskou problematikou a ve sbornících z nich bylo prezentováno celkem 28 příspěvků. Deset

příspěvků s týkalo vlastností horninového masivu, jeden pojednával o výzkumech pro rozšíření sítě metra v Madridu, jeden o úseku tunelu metra v Madridu prováděném tradiční metodou, další příspěvek byl věnován stabilitě čelby se silnými průsakovými tlaky, následující informoval o interakci mezi tunely a hlubokým výkopem v Barceloně. Pozornost byla věnována i obezdívkám kruhových paralelních tunelů v městské zástavbě. Významný je příspěvek zabývající se bezpečnostními faktory tunelu v poloskalní hornině v souvislosti s poklesy na povrchu terénu.

Dále bylo prezentováno 8 příspěvků týkajících se technologií spojených s tunelováním, dva příspěvky o tunelovacích strojích (TBM) a jeden příspěvek o provádění tunelu průměru 15,2 m v sádrovcových jálech.

Mimořádně zajímavá byla exkurze na staveniště tunelů známých pod názvem Tunely Guadarrama. Jde o dvojici bazových železničních tunelů pod pohořím Guadarrama, které umožňují spojení vysokorychlostní železnice (až 300 km/hod.) mezi jižní částí Španělska (Madrid, Barcelona) se severní oblastí (Segovia, Valladolid a dále propojení na systém francouzských TGV).

Tunely, které byly uvedeny do provozu v listopadu 2007, se razily současně ze čtyř portálů s použitím TBM s dvojítm štítem. Dva TBM byly od firmy Herrenknecht a dva od firmy Wirth. Průměr raženého profilu byl 9,5 m, průměr po vystrojení byl 8,5 m. Doprava vyrubaného materiálu byla pasová, doprava obezdívkových segmentů (tubinků) byla kolejová. Vyrubaný materiál se třídil a vhodné typy horniny byly použity jako kamenivo do betonu, zejména pro výrobu segmentů. Průměrný postup na všech čtyřech tunelech za celou dobu výstavby byl 17,6 m/den.

Tunely byly raženy v poměrně pestrých geologických poměrech, které byly navíc komplikovány tektonickými poruchami.

S ohledem na vhodné prostorové možnosti bylo zařízení staveniště, zejména u portálu Segovia, velkoryse koncipováno. Vedle deponií vyrubaného materiálu byla třídírna kameniva, výroba segmentů, jejich technologického i provozního skladování, mechanizační dílny a sklady spotřebního materiálu a samozřejmě i kanceláře dodavatelů a kancelář koordinátora stavby.

O výstavbě tunelů Guadarrama byla napsána série odborných prací zaměřených na jednotlivé aspekty realizace této stavby. Těchto prací je celkem 21, jsou bohatě fotograficky i graficky dokumentovány a mají dohromady 540 stran. Zabývají se především těmito tématy:

- vývojem koncepce celého projektu trasy vysokorychlostní železnice včetně tunelů,
- geologickými a geofyzikálními průzkumnými pracemi,
- geotechnickými zkouškami a vyhodnocením variant trasy i jednotlivých úseků tunelu,
- detailními průzkumy problémových poruchových zón,
- vypracováním projektové dokumentace,
- návrhem a výpočty obezdívky,
- prováděním ražby,
- koordinací a řízením prací,
- geologickým monitoringem,
- topografickými pracemi,
- riziky stavby a bezpečnostními opatřeními,
- monitoringem a kontrolami jakosti,
- aerodynamickým řešením tunelu.

Všechna pojednání byla nejprve prezentována jako příspěvky seminářů zaměřených na výstavbu tunelů Guadarrama, pravděpodobně již v přípravném období. Následně byly příspěvky soustředěny a spolu s videozáznamy z průběhu stavebních prací publikovány na CD DVD.

V příspěvku, který obsahuje generální komentář k prezentovaným příspěvkům, je autorem velmi příkladně konstatováno, že celý soubor byl vypracován s velkou péčí proto, aby pro budoucí španělské tunely sloužil příkladem v tom, kde se stavba setkala s problémy a ražba nebyla tak úspěšná, jak se očekávalo. Tam, kde bylo dosaženo úspěchů, jak v přípravě, tak v realizaci stavby, je třeba tyto pozitivní zkušenosti využít pro další připravované tunely.

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

NOVÉ TECHNICKÉ PODMÍNKY MINISTERSTVA DOPRAVY NA GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM PRO NAVRHOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ – TP 76-C

NEW TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE MINISTRY OF TRANSPORT FOR GEOTECHNICAL SURVEY FOR ROAD TUNNEL DESIGN AND CONSTRUCTION – TP 76-C

Doc. Ing. Alexandr Rozsypal informs about the new "Technical Specifications for Geotechnical Survey for Road Tunnel Design and Construction" (TP 76-C). It was approved by the Ministry of transport of the Czech Republic, with the date of validity 1st January 2008.

TP 76-C brings several important innovations and amendments, most of all in the area of planning and assessment of results of geotechnical surveys for tunnels, and determines new requirements for research outputs. Even though the Specifications were developed, first of all, for geotechnical surveys for road tunnels, they can be very well used for geotechnical surveys for railway tunnels.

ÚVOD

Ministerstvo dopravy, odbor infrastruktury, svým rozhodnutím č. j. 1084/07-910-IPK/1 ze dne 5. 12. 2007 schválil s účinností od 1. ledna 2008 nové technické podmínky pro Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů na pozemních komunikacích (TP 76-C).

Tyto TP navazují na předcházející TP 76 část A a část B (Geotechnický průzkum pro návrh a provádění pozemních komunikací) s tím, že jsou určeny pro tunelové stavby. Jsou ovšem zpracovány tak, aby vytvořily zcela samostatný dokument, při jehož použití nejsou potřeba žádné další podklady, přílohy či části.

Je tomu tak proto, jelikož TP 76-C přináší některé důležité novinky a doplňky především v dosavadním způsobu přípravy, ve vyhodnocování geotechnického průzkumu pro tunely a nové požadavky na jeho výstupy. Přestože byly zpracovány především pro geotechnický průzkum pro tunely na pozemních komunikacích, lze je velmi dobře využít i pro geotechnický průzkum pro železniční tunely.

NÁVAZNOST NA DŘÍVĚJŠÍ PODKLADY

Ve své odborné části navazují TP 76-C na všechny předcházející klíčové dokumenty o inženýrskogeologickém průzkumu, které byly v průběhu existence této technické disciplíny v ČR zpracovány. Vycházejí i z výrazné tradice československé školy inženýrské geologie založené před 80 lety akademikem prof. Q. Zárubou.

Z publikací na toto téma lze v této souvislosti připomenout především mnohokrát vydanou Inženýrskou geologii od Q. Záruby, dále Mechaniku zemin od Vojtěch Mencla, Mechaniku hornin a inženýrskou geologii od prof. Malgota, Klepsatela a Trávníčka i Inženýrskogeologické štúdium horninového prostředí a geodynamických procesů od M. Matuly, pak Mechaniku zemin od prof. Myslivce a naposledy Inženýrskou geologii od kolektivu autorů vedených prof. Paškem z roku 1995.

Znalosti a zkušenosti v těchto základních publikacích byly promítány do vyhlášek a směrnic o provádění inženýrskogeologického průzkumu. Prvním dokumentem tohoto druhu byla směrnice č. 1. Českého geologického úřadu z roku 1975. Ta byla základem pro všechny ostatní navazující práce tohoto druhu.

S ohledem na nové ekonomické podmínky byla v roce 1997 ve Stavební geologii-Geotechnice, a. s., přepracována ve vnitropodnikovou směrnici. Ta byla poté vzata i jako základ pro vypracování TP 76 část A a B pro provádění geotechnického průzkumu pro pozemní komunikace vydaných ministerstvem dopravy.

V tomto smyslu je třeba chápat TP 76-C jako dosavadní vyvrcholení kontinuálního procesu zahrnování praktických zkušeností do prováděcí praxe.

DOPLNĚNÍ, KTERÉ PŘINÁŠÍ TP 76-C

TP 76-C musely reagovat na některé nové významné okolnosti, za kterých se v současnosti geotechnické průzkumy pro tunely provádějí, i na nové požadavky na jejich výstupy. Ty vyplývají z technického a technologického pokroku i významu ekonomických faktorů v průběhu rozhodovacího procesu při řízení stavby velkých inženýrských děl.

Hlavní a nejdůležitější doplňky tohoto druhu se týkají:

- Požadavků na způsob přípravy, zadávání a na provádění geotechnických průzkumů.
- Úpravy a doplnění dosud používané terminologie tak, aby byla v souladu s terminologií používanou v ostatních TP a ZTP vydávaných ministerstvem dopravy.
- Požadavků na kvalitativně nové výstupy z geotechnického průzkumu.
- Zajištění souladu s požadavky nedávno zavedených Eurokódů.

1. POŽADAVKY NA ZPŮSOB PŘÍPRAVY, ZADÁVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ GEOTECHNICKÝCH PRŮZKUMŮ

Tradičně to byl konkrétní inženýrský geolog či geotechnik, kdo nejen rozhodoval o obsahu geotechnického průzkumu, jeho rozsahu, komplexnosti i jeho odborné úrovni. Zpravidla to také byl týž geotechnik (či organizace), kdo byl

odpovědný za jeho provedení, vyhodnocení a tvorbu závěrů. Toto pojetí sice odpovídá vysoké úrovni československé inženýrské geologie a geotechniky, ale již nikoliv novému tržnímu a vysoce konkurenčnímu společenskému a ekonomickému systému po roce 1990. Před tímto datem byla povinnost pro každou stavbu provést geotechnický průzkum. Za jeho „projekt“, rozsah, komplexnost i kvalitu odpovídal ze zákona právě geotechnik.

V dnešním prostředí volné ekonomické soutěže a povinnosti provádět veřejná výběrová řízení, kde je nutno respektovat kritérium nejnižší ceny, se však toto pojetí stalo překážkou pro kvalitu geotechnických průzkumů pro velké inženýrské stavby.

Konkurenční tlaky v průběhu nabídkových řízení na provedení geotechnických průzkumů totiž vedou k podhodnocování jejich rozsahů, komplexnosti i nároků na odbornou úroveň. Ve výběrových řízeních totiž tyto podmínky nebývají ani kvantitativně, ani kvalitativně dostatečně definovány.

Výsledkem je, že geotechnické průzkumy, které v soutěžích vyhrávají, mívají sice nejnižší cenu, (která je dnes hlavním kritériem pro rozhodnutí o vítězi), ale často také i nepřiměřeně malý rozsah a komplexnost prací. O odborné úrovni nemluvě.

Tento stav je zvláště nepřijatelný v případě přípravy rozsáhlých a náročných inženýrských staveb, prováděných ve složitých geologických podmínkách. Tunely jsou nejčastějším případem, který do takové kategorie staveb patří.

Toto dilemma řeší nové TP 76-C tak, že se od odborné firmy vyžaduje nejdříve zpracování vyčerpávajícího programu geotechnického průzkumu (dokumentace geotechnického průzkumu). Teprve tato dokumentace geotechnického průzkumu se následně stává předmětem výběrového řízení na jeho zhotovitele.

Tím je zaručeno, že rozsah, komplexnost ani kvalita geotechnického průzkumu neutrpí.

Z tohoto požadavku logicky vyplývá, že je to zpracovatel programu (dokumentace) geotechnického průzkumu, který má rozhodující odpovědnost za jeho kvalitu. Z toho se odvíjí i další nový požadavek TP 76-C, a sice, že zpracovatel programu (dokumentace) geotechnického průzkumu dělá autorský dozor nad vlastním prováděním geotechnického průzkumu. Tímto nezávislým dozorem je zaručeno, že kvalita průzkumu neutrpí ani v průběhu jeho provádění.

Nové TP 76-C v podstatě sledují stejnou logiku, jakou má příprava a provedení vlastní stavby. Někdo nejdříve zpracuje projektovou dokumentaci. Poté někdo jiný podle ní zhotoví stavební dílo.

V následujícím textu jsou kurzívou uvedeny vybrané odstavce TP 76-C, z nichž některé nejdůležitější změny v organizaci přípravy a provádění geotechnických průzkumů vyplývají. Komentář je normálním písmem.

Zkratka GTP znamená geotechnický průzkum. Číslování odstavců odpovídá číslování v TP 76-C.

4.1.1 Zadavatel GTP

– *Orientační a předběžný GTP pro tunel vždy zadává objednatel stavby. Rovněž podrobný GTP pro tunel zpravidla zadává objednatel stavby. Vypracování dokumentace GTP (podrobného průzkumu) zajistí objednatel zpravidla prostřednictvím odborné firmy.*

Tuto povinnost může objednatel stavby někdy přenést na zhotovitele DSP tunelu.

– *V případě, kdy zhotovitel DSP stavby vysoutěžil zpracování DSP včetně GTP, tak si dokumentaci pro provedení podrobného GTP zpracovává buď sám, nebo prostřednictvím odborné firmy.*

– *Způsob zadání GTP (rozsah, komplexnost, čas vymezený k provedení, finanční rámec atp.) zásadním způsobem ovlivňuje kvalitu a užitnou hodnotu GTP. Výběrová řízení, ve kterých je jediným kritériem cena za provedení GTP, zpravidla tento GTP podstatně znehodnotí.*

– *Součástí zadávacího řízení na výběr zhotovitele GTP proto musí být zadávací dokumentace GTP. Zadávací dokumentace GTP je dokumentace GTP dle odstavce 1.6. (viz kap. 2 tohoto textu), doplněná do formy předepsané pro výběrové řízení na zhotovitele GTP. Obsah a rozsah zadávací dokumentace GTP stanovuje odstavec 1.7. TP 76-C.*

– *Podzhotovitel odkryvných prací musí doložit vlastnictví technologie splňující požadavky na vrtní a odběr vzorků a na odběr vrtného jádra definované v zadávacích podmínkách na GTP.*

4.1.2 Kvalifikační kritéria pro hodnocení uchazečů na provedení GTP

– *Kvalifikační kritéria pro výběr zhotovitele podrobného GTP pro tunel musí obsahovat náročné kvalifikační podmínky pro odborný personál uchazeče i technické podmínky na zkušební strojovou a vrtnou techniku. Uchazeči o GTP musí doložit, že hlavní práce provedou vlastními silami a dostatečné reference z provedených obdobných GTP. Rozsah jiných subdodávek než odkryvných prací musí být omezen na minimum.*

- Nabídnutá cena za GTP má mít váhu maximálně okolo 50 %. Splnění kvalifikačních a technických kritérií uchazečem pak zbylých 50 %.
- Řešitelem podrobného GTP musí být autorizovaný geotechnik s praxí minimálně 10 let podle náročnosti předmětného tunelu. Musí se vykákat minimálně svými 3 referencemi jako řešitel, případně spoluřešitel podrobného GTP pro tunel.
- Zhotovitel musí mít dále v týmu:
 - a) autorizovaného geotechnika pro vedení zkušebního programu minimálně s 10 lety praxe,
 - b) inženýrského geologa a hydrogeologa minimálně s 10 lety praxe a s příslušnými oprávněními podle geologického zákona (66/2001 Sb. a vyhlášky MŽP 206/2001 Sb.),
 - c) další specialisty s oprávněními – viz čl. 1.3. TP podle rozsahu a komplexnosti průzkumu.
- Zhotovitel průzkumu musí doložit vlastnictví přístrojové techniky, která je pro provedení GTP v rozhodujícím rozsahu nezbytná.
- Podzhotovitelé odkryvných prací musí doložit vlastnictví technologie, splňující požadavky na vrtání a odběr vrtného jádra v zadávacích podmínkách GTP. Minimálně nutné požadavky v tomto směru uvádí norma ČSN EN ISO 22475-1.
- Zhotovitel GTP i případní podzhotovitelé musí doložit certifikát ČSN-EN-ISO 9001, případně autorizaci pro příslušné zkoušky nebo úřední měření.

4.1.3 Definování rozsahu technických prací

- Podmínkou pro to, aby cena za GTP byla hodnotícím kritériem, je, že rozsah technických prací průzkumu je jednoznačně definován v soupisu prací GTP (počty, typy a délky vrtů, počty, typy a místa zkoušek atd.). Účastník výběrového řízení na zhotovitele GTP v nabídce pouze vyplňuje maketu rozpočtu, kde jsou uvedeny jednotkové výkony a druhy jednotek.
- Neoceněný soupis prací sestavuje zhotovitel dokumentace GTP.

4.1.4 Definice cílů GTP

- Pro zpracování dokumentace GTP musí být jednoznačně předem definovaný cíl GTP i jeho výstupy. Zpracování dokumentace GTP pro tunel je vysoce kvalifikovaná práce, kterou zadavatel většinou objednává u specializované firmy, která se už ovšem neúčastní výběrového řízení na provedení vlastního GTP. Zadavatel ji však může najmout na autorský dozor (supervizi) nad probíhajícími GTP.
- Zpracovatel dokumentace podrobného GTP provádí autorský dozor (supervizi) nad GTP.
- Subjekt, který je vybrán ve výběrovém řízení na zhotovitele GTP, zpracovává po uzavření smlouvy realizační dokumentaci GTP. (Viz odst. 1.8. TP 76-C a kap. 2 tohoto textu)
- Dokumentace GTP musí jednoznačně definovat cíle GTP a prostředky k dosažení cílů průzkumu (rozsah, metody, technicko-kvalitativní podmínky zkušebního programu a odkryvných prací a taktéž i formu a způsob vyhodnocení výsledků).

2. ÚPRAVY A DOPLNĚNÍ DOSUD POUŽÍVANÉ TERMINOLOGIE

Požadavkem zadavatele zpracování těchto TP 76, ministerstva dopravy, bylo sjednotit používanou terminologii s ostatními základními technickými podmínkami, které odbor infrastruktury ministerstva dopravy vydává a které jsou běžně v projekční praxi a při výstavbě používány. S tímto požadavkem měli zpracovatelé ze začátku trochu problém, protože některé pojmy v geotechnice jsou tradičně odlišné. Nakonec se však ukázalo, že při logice přípravy a provádění GTP, která byla přijata a je popsána i vysvětlena v tomto textu, by jiný postup vlastně ani nebyl praktický.

Výběr z nových pojmů a definic použitých v TP 76-C následuje:

1.3 Zhotovitel GTP

- Zhotovitel GTP je právnická osoba, pro kterou je tato činnost předmětem podnikání a vlastníci příslušná oprávnění provádět průzkumné práce.
- Zhotovitel GTP musí mít ve svém trvalém pracovním poměru autorizovaného geotechnika s dostatečnou praxí a referencemi.
- V pracovním týmu musí mít pracovníka vlastního oprávnění k projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací podle platných předpisů (Vyhláška MŽP 206/2001 Sb.).
- Zhotovitel GTP rovněž musí mít v trvalém pracovním poměru pracovníka, který vlastní oprávnění k provádění prací GTP. (Metodický pokyn MDS – OPK Systémy jakosti v oboru PK čj. 20840/01-120 ve znění pozdějších změn, část III/2 – průzkumné a diagnostické práce) a pro případ geotechnického sledování v průběhu ražeb či GTP prostřednictvím průzkumné štoly též pracovníka, který vlastní příslušná báňská oprávnění podle vyhlášky ČBU č. 298/2005 Sb., a to v rozsahu dle vyhlášky ČBU č. 55/1996 Sb.
- Zhotovitel GTP musí mít technickou způsobilost k provádění průzkumných prací a musí vlastnit příslušné technické vybavení na odpovídající úrovni.
- Zhotovitel GTP musí mít v této činnosti dostatečnou praxi, prokazatelnou příslušnými referencemi.

1.4 Řešitel GTP

- Řešitel GTP je fyzická osoba, odpovědná za zpracování realizační dokumentace GTP, sled a řízení prací GTP, koordinaci prací případných podzhotovitelů a specialistů, formulaci výstupů z GTP a zpracování závěrečné zprávy GTP.
- Řešitele GTP určuje zhotovitel GTP (právnická osoba, která zvítězila ve výběrovém řízení na zhotovitele GTP).

- Řešitel GTP je dále zodpovědný za shodu mezi rozsahem prací, definovaným smlouvou o dílo, odsouhlaseným rozpočtem a dosahovanou skutečností. Přípravuje podklady pro případné včasné projednávání těchto rozdílů mezi objednatelům GTP a jeho zhotovitelem, pokud to průběžné výsledky GTP s ohledem na jeho definované cíle vyžadují.

1.5 Zadavatel a objednatel GTP

- Zadavatel GTP pro tunel je právnická osoba, která organizuje zadávací řízení na výběr zhotovitele dokumentace GTP a na výběr zhotovitele GTP.
- Výběrové řízení na zhotovitele GTP musí respektovat zákon č. 137/2006 Sb. o veřejných zakázkách.
- Objednatel GTP je právnická osoba, která smlouvou o dílo sjednává zhotovení dokumentace GTP anebo zhotovení GTP, podle jím předané dokumentace GTP a přebírá jeho výsledky. Zavazuje se za tyto práce zaplatit sjednanou cenu.

1.6 Dokumentace GTP

- Dokumentace GTP je souhrn písemností a výkresů, kterými se jednoznačně definuje GTP, co se týče rozsahu, komplexnosti průzkumných metod, metodických postupů jejich provádění a technicko-kvalitativních podmínek, které musí práce GTP splňovat.
- Dokumentace GTP je podkladem pro zadávací dokumentaci GTP, viz 1.7. TP.
- Zhotovitelem dokumentace GTP je fyzická nebo právnická osoba mající příslušná oprávnění zpracovávat dokumentaci GTP a která se smlouvou o dílo zavázala ke zhotovení příslušného typu dokumentace GTP.

1.7 Zadávací dokumentace GTP

- Zadávací dokumentace GTP pro výběrové řízení na zhotovitele GTP je dokumentace GTP zpracovaná a doplněná do formy předepsané pro výběrové řízení na zhotovitele GTP.
- Zadávací dokumentaci GTP pro výběrové řízení na zhotovitele GTP zajišťuje zadavatel GTP, zpravidla sám nebo objednávkou u nezávislé konzultační firmy, disponující příslušnými oprávněními.
- Zadávací dokumentace GTP musí kromě jiného obsahovat:
 - předepsaná omezení pro GTP definovaná zadavatelem GTP (časové, finanční, vstupy na pozemky, ochranná pásma vodních zdrojů atp.)
 - definici kvalifikačních podmínek na specialisty uchazečů na GTP.

1.8 Realizační dokumentace GTP

- Realizační dokumentaci GTP zpracovává vítěz výběrového řízení na zhotovitele GTP, respektive jím určený řešitel GTP.
- Realizační dokumentace GTP upřesňuje způsob provádění GTP, organizaci a provádění průzkumných a zkušebních prací, časový plán průběhu prací, podmínky bezpečnosti práce zhotovitele GTP, podmínky ochrany životního prostředí atp.

1.9 Geologická dokumentace

- Geologická dokumentace zahrnuje veškeré písemné grafické a hmotné údaje o skutečnostech zjištěných pracemi GTP. Viz kapitola 7 TP.

1.10 Program GTP

- Program GTP je abstraktní ekvivalent pro dokumentaci GTP. Programem GTP se rozumí soubor činností, jimiž se uskutečňuje GTP a zajišťuje dosažení jeho cílů.

3. POŽADAVKY NA NOVÉ VÝSTUPY Z GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU

- TP 76-C nově předpisuje, že GTP musí být prováděn tak, aby poskytl dostatečně podrobné a spolehlivé podklady pro projektovou dokumentaci monitoringu. Tyto požadavky jsou formulovány následujícími články TP 76-C:

3.3.6 Podklady pro dokumentaci monitoringu a aplikaci observační metody

- Výstupy GTP musí obsahovat podklady pro vypracování projektové dokumentace monitoringu zejména:
 - rozhodnutí o tom, kde, co, čím, jak často a s jakou spolehlivostí měřit,
 - návrh definic varovných stavů a hodnot kritérií pro posuzování jejich dosažení.

Dalším novinkou TP 76-C jsou požadavky na podklady pro rizikovou analýzu a řízení geotechnických rizik. To se dnes stává nedílnou součástí řídicího procesu každé velké inženýrské stavby včetně tunelů.

Tyto požadavky jsou v TP 76-C formulovány takto:

3.8 Podklady pro analýzu geotechnických rizik

- Analýza geotechnických rizik se zpracovává opakovaně na závěr každé etapy GTP a pro každou fázi zpracovávání projektové dokumentace tunelu.
- Je podkladem pro objednatele a projektanta pro rozhodování, které provádí v příslušných fázích přípravy a realizace stavby.
- Úkolem analýzy geotechnických rizik je zejména:
 - ▶ Ve fázi předběžného průzkumu – vypracování podkladů pro posouzení různých variant vedení trasy tunelu, výběr výsledné varianty a zásadní technické řešení (umístění portálů, počtu čeleb) atp.
 - ▶ Ve fázi podrobného průzkumu – analýza podkladů pro optimální umístění nivelety tunelu, jeho portálů atp.
 - ▶ Ve fázi zpracování DSP – základní podklad pro bezpečnou a ekonomickou volbu variant technologie ražby a konstrukce ostění tunelů, portálů

a jednotlivých prvků. Dále je podkladem pro návrh geotechnického monitoringu a návrh kritérií varovných stavů.

- ▶ Ve fázi ražby tunelu je podkladem pro návrh variant detailů realizační dokumentace (zejména v případech geologických anomálií a nebezpečí vzniku mimořádných událostí).

- Geotechnické riziko je definováno jako souběh pravděpodobnosti vzniku nežádoucí události a ekonomického důsledku vzniku této události pro stavbu tunelu.
- Možné nežádoucí události jsou všechny události v průběhu ražby, které GTP a projekt nepředpokládaly, s negativním dopadem na výstavbu. Například výskyt kaveren, poddolování, mimořádných strukturních zlomů, porušených zón, průvalů vod do tunelu, výronů plynů, větší přítomnost hornin horší kvality, než předpokládá průzkum a zadávací podmínky atp.
- Důsledkem neočekávaného vzniku takových nežádoucích událostí může být zdržení ve výstavbě tunelu, nutnost vynaložení víceprací, dodatečných materiálů atp., to vše ve finančním vyjádření.

– Podklady pro rizikovou analýzu jsou zejména:

- ▶ Vypracování pravděpodobných scénářů vzniku a průběhu takových nežádoucích jevů.
- ▶ Odhad pravděpodobnosti, s jakou nežádoucí události mohou nastat.
- ▶ Návrh opatření jak ke snížení pravděpodobnosti vzniku takových jevů, tak ke snížení jejich ekonomických důsledků (návrh způsobů, jak lze snižovat geotechnická rizika prostřednictvím změn projektové dokumentace tunelu, technologie ražeb atp.).

Podklady pro analýzu geotechnických rizik jsou jedním ze základních výstupů každé etapy GTP.

Dalšími novými požadavky na geotechnický průzkum pro tunely, které mají umožnit řízení geotechnických rizik v průběhu ražeb, je povinnost vypracovávat takzvanou základní a souhrnnou geotechnickou zprávu a podklady pro vypracování definice tzv. Odlišných podmínek staveniště. Podrobně byl způsob zpracování základní a souhrnné geotechnické zprávy uveden v časopise tunel č. 4. 2006.

TP 76-C formuluje požadavky na tento charakter výstupů z geotechnického průzkumu takto:

8.6 Souhrnná geotechnická zpráva

8.6.1 Definice souhrnné zprávy

- Pro DSP se zpracovává takzvaná souhrnná geotechnická zpráva.
- Souhrnná geotechnická zpráva obsahuje rekapitulaci všech geotechnických zpráv, posudků, expertiz, výpočtů atd., které byly v průběhu přípravy výstavby provedeny.
- Důležité je zdůraznění cílů, pro které byly ty či ony dokumenty pořizeny, a vymezení doby jejich platnosti vzhledem k časové ose přípravy výstavby.
- Základním smyslem je souhrnné závěrečné zhodnocení geologických poměrů a geotechnických vlastností horninového masivu v konečném místě výstavby.

8.7 Základní geotechnická zpráva

8.7.1 Účel základní geotechnické zprávy

- Základní geotechnická zpráva se účelově zpracovává pro zadávací dokumentaci pro výběr zhotovitele ražby tunelu a pro řízení geotechnických rizik během ražby.
- Základní geotechnická zpráva je podkladem pro ocenění nákladů spojených s výstavbou tunelu a podkladem pro stanovení kritérií pro posouzení, zda byly při ražbě zastiženy odlišné geotechnické poměry než ty, které byly uvedeny v zadávací dokumentaci a které předpokládal projektant.
- Tato zpráva je také základním geotechnickým dokumentem, na jehož základě volí jak objednatel, tak i zhotovitel stavby tunelu svou strategii řízení geotechnických rizik během ražby tunelového díla.

Samozřejmými požadavky na geotechnický průzkum, které však ne vždy jsou v praxi plněny, je i získání dostatečných a spolehlivých podkladů pro návrh technologie ražby. Zde si je třeba uvědomit, že v době průzkumů není technologie vždy spolehlivě známa a že jich tedy pro ražbu připadá v úvahu více než jedna. Neexistuje jen NRTM, ale i různé tunelovací štíty, TBM apod. Proto TP 76-C v čl. 3.3.7. požadují:

Do souboru metod GTP je třeba zařadit postupy pro stanovení technologických charakteristik hornin a zejména pro výběr vhodné technologie ražby a návrh tunelovacích strojů.

Dále především:

- ▶ Zarazení do technologických tříd NRTM, zjištění rozpojitelosti, vrtatelnosti, ražnosti, těžitelnosti, lepivosti, prašnosti, abrazivity a případně i injektovatelnosti. Dále zkoušky propustnosti pro injektáž, vodní tlakové zkoušky a injekční zkoušky.
- ▶ Zjištění a kvantifikování agresivity podzemní vody vůči injekčním hmotám, případně i betonu, které mohou nepříznivě reagovat na specifický charakter chemismu podzemní vody.
- ▶ Určení směrů, sklonů, mocnosti a charakteru povrchů ploch nespojitosti. Tyto údaje je nezbytné znát pro potřeby provádění ražby a posouzení stability čeleb.
- ▶ Odhad míst a intenzity výronů podzemní vody do výrubu.
- ▶ Posouzení rizika výskytu plynů a radiace. I když není v běžných geologických poměrech a v malých hloubkách pravděpodobné, je důležité s ohledem na

bezpečnost práce a ochranu zdraví. Spolu s náchylností k prašnosti jsou podkladem pro projekt větrání tunelu.

4. ZAJIŠTĚNÍ SOULADU S POŽADAVKY EUROKÓDŮ

Počátek platnosti Eurokódů č. 7 a souvisejících norem znamenal zapracovat do TP 76-C všechny požadavky, které z toho pro provádění GTP vyplynuly.

Za zmínku stojí skutečnost, že Eurokód č. 7, a tím i TP 76-C, zavádí do vyhodnocování geotechnických zkoušek při jejich statistickém zhodnocení i pravděpodobnostní princip. Charakteristické hodnoty geotechnických parametrů, kterými se horninový masiv charakterizuje, musí být stanoveny tak, aby byla zajištěna 95% pravděpodobnost (jistota), že nebudou překročeny, či podkročeny (podle smyslu parametru v dimenzování konstrukce). Požadavky na zpracování charakteristických a návrhových hodnot geotechnických parametrů do výpočtů ostění tunelů jsou v TP 76-C popsány takto:

Výpočty tunelových ostění ve složitých geologických poměrech je v souladu s Eurokódem 7 třeba zásadně provádět s pomocí výpočtových parametrů, stanovených na základě charakteristických hodnot, k jejichž určení byly kromě jiného použity laboratorní zkoušky na neporušených vzorcích.

Eurokód č. 7 věnuje zvlášť velkou pozornost kvalitě odkryvných prací, zejména na technologii vrtání a odběru vzorků. Tyto požadavky jsou speciálně stanoveny ve ČSN EN ISO 22475. Jejich odbornému sledování proto musí být řešitelem GTP věnována prvořadá pozornost.

Na to reagují TP 76-C v odstavci 5.4.2 takto:

Technika odběru vzorků, jejich dopravy, skladování a přípravy ke zkouškám musí respektovat ustanovení ČSN EN ISO 22475-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – odběry vzorků a měření podzemní vody, odst. 6.

TP 76-C v souladu se ČSN EN ISO 22475 uvádí 5 tříd kvality vzorků a 3 kategorie odběru vzorků.

Třída kvality vzorků zemin pro laboratorní zkoušky	1	2	3	4	5
Kategorie odběru vzorků	1	1	2	2	3

– Vzorky první a druhé třídy kvality lze považovat ve smyslu TP 76-C za neporušené, vzorky třetí a čtvrté třídy lze považovat za poloporušené a vzorky páté třídy kvality jsou vzorky porušené.

– U GTP pro tunely nelze vzorky 5. tříd akceptovat.

– Dokumentační poloporušené či porušené vzorky se odebírají buď z každé odlišné vrstvy, nebo v pravidelných hloubkových intervalech předepsaných projektem technických prací GTP.

– U jádrových vrtů se odebírá veškeré jádro. Jednotlivé kusy jádra se musí ukládat do vzorkovnic v tom pořadí, v jakém byly vrtány. Jednotlivé návrty se označují.

Cílem dokumentačních vzorků a odborného popisu vrtného jádra je co nejvýstižněji vystihnout geologický profil každým vrtem.

Na kvalitu i technické provedení odběrných přístrojů na vzorky zemin jsou přísné nároky definované ČSN EN ISO 22475-1 a které TP 76-C respektují:

– Pro odběr vzorků tvrdých hornin při vrtání se rovněž používají speciální (dvojitě, trojitě) jádrovky, které umožňují, aby se jádro při vrtání nerozpadlo a aby při vytažování jádrovky z vrtu nevypadlo, vrtá se s výplachem.

– V rozpukném horninovém masivu je třeba použít speciální vrtné kolony, například systém wire line.

– Kvalitní odběrné přístroje jsou podmínkou kvalitních neporušených vzorků, a tudíž i spolehlivě kvalitních výsledků laboratorních zkoušek, vystihujících mechanické vlastnosti zkoumaných zemin a hornin. Bez nich nelze proto vrtné práce provádět.

ZÁVĚR

Schválení TP 76-C vytváří předpoklady pro výrazný posun v kvalitě podrobných geotechnických průzkumů pro tunelové stavby na pozemních komunikacích. Lze je však stejně dobře použít i pro GTP pro tunely železniční. Jejich zásady se hodí i pro GTP všech velkých inženýrských staveb. Tam však jejich používání není povinné. U geotechnických průzkumů pro jiné, menší stavby je možné některých jejich ustanovení z oblasti přípravy a zadávání průzkumů používat v přiměřeném rozsahu podle uvážení zadavatelů GTP.

Poděkování

Zpracovatelé TP 76-C děkují všem, kteří v průběhu prací na tomto dokumentu přispěli radami, návrhy i doporučeními na úpravy, doplnění, či naopak na vynětí některých částí z konečného textu.

Zvláštní uznání patří ministerstvu dopravy odboru infrastruktury, jmenovitě panu ing. Lubomíru Tichému, kteří trvale vytvářejí podmínky pro zpracovávání technických podmínek a přispívají tak výrazně k růstu kvality při výstavbě dopravní infrastruktury v ČR.

Patří se i poděkovat všem, kteří se podíleli na vypracování předcházejících TP a směrnic pro provádění geotechnických průzkumů, na jejichž práce zpracovatelé těchto TP navázali.

DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc., rozsypal@geotechnika.cz, SG-GEOTECHNIKA, a. s.

BEZPEČNOST V CESTNÝCH A ŽELEZNIČNÝCH TUNELOCH SAFETY IN ROAD TUNNELS AND RAILWAY TUNNELS

Doc. Ing. Fedor Kállay, PhD., the University of Žilina, the Slovak Republic, informs about a new publication by authors Pavel Příbyl, Aleš Janota, Juraj Spalek: *Transportation Risk Analysis and Risk Management – Roads and Railways*. The publication provides exact (based on analyses) and detailed description of methods which can be used for the determination of weak points of safety in tunnels. Thus deficiencies in tunnel safety can be dealt with at the very beginning of the work on designs for civil works and/or M&E. The authors open a wide spectrum of the given problems for readers with intermediate-level skills, in an acceptable way and using an agreeable and attractive style. Even a brief and factual survey of significant catastrophes in tunnels is not missing.

Prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. must be considered to be the main spiritual father of the publication. His long-term practical experience in the field of design, operation and assessment of tunnels (while working with ELTODO EG, a.s.) together with his academic background (the Faculty of Transportation Sciences of the Czech Technical University in Prague) are a promise of great reading pleasure. Two co-authors, Doc. Ing. Aleš Janota, PhD and Doc. Ing. Juraj Spalek, PhD, work with the Department of Control and Information Systems (the Faculty of Electrical Engineering, the University of Žilina), which focuses in the long term and systematically on the problems of the control of safety-related critical processes in the fields of transportation and industry. The book contains 13 chapters which, owing to their contents and interrelationships, allow the reader to develop a clear insight into the problems of safety in tunnels and searching for its optimum state.

S každým dňom sa dozvedáme o nových nehodách, o stratách na životoch často pre podcenenie rizík, ktoré pri dnešnej doprave evidentne existujú. Ukazuje sa, že dôkladná analýza tragických historických udalostí v tuneloch, dôkladná systematická analýza a cielené riadenie rizík má pre bezpečnú dopravu obrovský význam v zmysle účinnej prevencie, resp. pre obmedzenie dôsledkov prípadných nebezpečných udalostí. Podobnými komplikovanými ale hlavne aktuálnymi problémami sa už niekoľko rokov zaoberá celý rad svetových odborníkov. Ako jedno z významných ucelebných diel tohto druhu je na súčasnom trhu možné označiť novú knižnú publikáciu: Pavel Příbyl, Aleš Janota, Juraj Spalek: *Analýza a řízení rizik v dopravě – Pozemní komunikace a železnice*. [1]

Za spúšťací moment tvorby tejto publikácie je možné nesporne považovať sériu nešťastných udalostí v európskych tuneloch (cestných i železničných), ktoré odštartovali lavínu iniciatív na najrôznejších úrovniach – od európskej a národnej legislatívy, cez zmeny v prístupe projektantov, dodávateľov, správcov a prevádzkovateľov tunelov až po zvýšený záujem laickej verejnosti. Hlavným objektom záujmu v publikácii sú tunely cestné, problematika železničných tunelov je chápaná skôr okrajovo v rámci porovnávaní s tunelmi cestnými.

Ako pozorný recenzent tejto knihy môžem konštatovať, že sa zrodilo vydarené dielo s predpokladom, že významne prispieje ku zvýšeniu bezpečnosti v tuneloch. Publikácia na základe analýz podrobne a presne formuluje metodiky, pomocou ktorých je možné nájsť slabé miesta bezpečnosti tunelov, a tak už v zárodku stavebných a technologických projektov tieto nedostatky ošetriť. Kniha prijateľným spôsobom a dobrou pútavom formou otvára aj stredne odborne zdatným čitateľom celé široké spektrum danej problematiky. Nechýba ani stručný a faktografický popis významných katastrof v tuneloch.

Za hlavného duchovného otca tejto publikácie je treba nepochybne považovať prof. Ing. Pavla Příbyla, CSc., ktorého dlhoročné praktické skúsenosti z oblasti projektovania, prevádzkovania a hodnotenia tunelov spolu s jeho akademickým zázemím (Dopravná fakulta ČVUT Praha) ako aj praktickým zázemím (firma ELTODO EG, Praha) sú pre čitateľa príslušným hlbokým čitateľským zážitkom. Obaja spoluautorí, doc. Ing. Aleš Janota, Ph.D. a doc. Ing. Juraj Spalek, Ph.D. sú pracovníci katedry riadiacich a informačných systémov (Elektrotechnickej fakulty Žilinskej univerzity), ktorá sa systematicky a dlhodobo orientuje na problematiku riadenia bezpečnostne-kritických procesov v doprave a priemysle.

Kniha obsahuje 13 kapitol, ktorých obsahová náplň a vzájomná nadväznosť umožňujú získať komplexný pohľad na problematiku bezpečnosti tunelov a hľadanie jej optima.

Prvá kapitola zoznamuje čitateľa s existujúcou legislatívou na európskej i národnej úrovni. Po katastrofách v alpských tuneloch sa podarilo európskym inštitúciám prispieť k bezpečnosti na trans-európskych diaľniciach vydaním smernice 2004/54/ES. Veľká časť tejto kapitoly je venovaná prehľadu základnej českej terminológie, s väzbou na anglické ekvivalenty.

Druhá kapitola sa zaoberá problematikou dopravných excesov z hľadiska ich identifikácie. Sú tu preberané dopravné excesy s pomalou dynamikou, prejavujúcou sa ako kongescia, a tiež excesy vznikajúce v súvislosti s dopravnými nehodami. Je ukázané, ako je možné pri popise dopravných prúdov využiť makromodely, automaticky vyhodnocujúce dopravné excesy. Na vhodných príkladoch je ukázaný vplyv rôznych algoritmov a optimálnych pozícií detektorov pre identifikáciu excesov.

Tretia kapitola analyzuje najzávažnejšie katastrofy, ktoré sa odohrali v nedávnom období v cestných tuneloch Mont Blanc, Tauern, Gotthard, Fréjus a v železničnom tuneli La Manche. Táto kapitola je nesmiernou poučnou. Pomerne obsiahlo je komentovaný požiar v tuneli Mont Blanc.

Štvrtá kapitola diskutuje teoretické základy analýzy a riadenia rizík obecného dopravného systému. Pokúša sa definovať „bezpečnosť tunela“, ktorá býva definovaná ako vlastnosť, vyjadrujúca schopnosť tunela byť v stave, kedy riziko ohrozenia života a zdravia osôb, poškodenia životného prostredia či majetku je obmedzené na prijateľnú úroveň.

Piata kapitola zhrňa poznatky, akým spôsobom je možné riziká hodnotiť a podrobne rozpracováva teóriu uvedenú v predchádzajúcej kapitole, včítane ukážok niekoľkých príkladov riešení. Zvláštna pozornosť je venovaná kvalitatívnej (komparatívnej) analýze a kvantitatívnej analýze (pravdepodobnostnému a deterministickému prístupu).

V šiestej kapitole je vo forme grafickej reprezentácie popísaný obecný bezpečnostný koncept, ktorý je platný pre akýkoľvek tunel pozemných komunikácií. Ako výrazový prostriedok je použitý unifikovaný modelovací jazyk UML. Sú tu zavedené modely tunela a jeho bezpečnostného systému pre prípad požiaru a nehody s poranením. Ako príklady sú uvedené aj výsledky požiarnej skúšky extrémne veľkého požiaru v Nórsku.

Siedma kapitola sa zaoberá obecným pohľadom na tunel, a to v zmysle dopravnej telematiky. Týmto pohľadom je možné nájsť jednotnú metodiku pre popis diaľničných, mestských a tunelových systémov. Na príkladoch je ukázaná tvorba architektúry tunelového systému, ktorú je možné podobne aplikovať aj pre ďalšie telematické systémy.

Ôsma kapitola je venovaná hľadaniu možnosti, ako najlepšie ohodnotiť cieľovú funkciu heterogénnych systémov. Pri vhodnej formalizácii expertných výrokov je možná aplikácia fuzzy výrokovej logiky ako vhodnej matematickej metódy pre hodnotenie. Okrem základného určenia tejto metódy pre redukciiu dimenzie problematiky kvantitatívneho hodnotenia je možné ju využiť veľmi jednoducho pre porovnávanie kvality vybavenia rôznych tunelov.

V deviatej kapitole sú aplikované poznatky z teórie spoľahlivosti jednoduchých systémov a ich pravdepodobnostné charakteristiky na bezpečnostne kritické systémy.

Desiatu kapitola pojednáva o problematike prepravy nebezpečných vecí, a to ako obecné, tak aj vo vzťahu k tunelom. Akýkoľvek únik nebezpečných vecí z cestných dopravných prostriedkov môže mať za následok vznik závažnej až katastrofickej udalosti. Toto tvrdenie platí v tuneli dvojnásobne.

V jedenástej kapitole je diskutovaný vplyv prostredia tunela na jazdu vodiča. Kapitola sprostredkováva najnovšie poznatky z dokumentov PIARC ako aj výsledky rozsiahleho celoeurópskeho výskumu. Praktické závery ukazujú, aký by mal byť optimálny návrh tunela.

V dvanástej kapitole bude predstavená organizačná schéma vyplývajúca zo smernice o jednotnej bezpečnosti v tuneloch na trans-európskej dopravnej sieti 2004/54/ES a jeho prienik do našich právnych predpisov. Významným prvkom bezpečnostného reťazca môže byť dispečer tunela, ktorý je zodpovedný za prvé reakcie v prípade mimoriadnej situácie. Nezastupiteľnú rolu v ich pravidelnej príprave hrajú tréningy, ktoré by mali byť súčasťou všetkých rozsiahlejších tunelových systémov.

Knihu je možné odporučiť širokej odbornej verejnosti, zadávateľom zákaziek, investorom, projektantom, pracovníkom výskumných ústavov ale i študentom a učiteľom vysokých škôl.

**DOC. ING. FEDOR KÁLLAY, Ph.D., fedor.kallay@fel.uniza.sk,
ŽILINSKÁ UNIVERZITA – Elektrotechnická fakulta**

[1] Příbyl, P., Janota, A., Spalek, J.: *Analýza a řízení rizik v dopravě – Pozemní komunikace a železnice*. ISBN 978-80-7300-214-5, 520 stran, Nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 2008.



AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICCE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA (STAV K 01/2008)

TUNEL ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (ŠPELCO)

Ražby severní a jižní tunelové trouby pokračují i s novým rokem uspokojivým tempem 120 až 130 m měsíčně. Ke konci ledna dosáhla čelba STT mety cca 750 m a čelba JTT cca 500 m. Postupem ražeb k sobě dílo nabírá i další prvky, jako jsou nouzové zálivy, průchod žumpovních chodeb stávající průzkumné štoly a v lednu i první tunelová propojka. Zastížené prostředí, tedy v našem případě zejména geologie ovlivňující úspěšnost provádění díla, v současné době nevybočuje z očekávaného předpokladu. Do této míry tedy žádné převratné události. Změnou na této stavbě je, že v rámci přesunu výrobních kapacit skupiny DDM Group převzal Metrostav na začátku prosince realizaci JTT od Subterra.

TUNEL STAVBY 514 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY

Dne 13. prosince 2007 tuneláři společnosti Hochtief slavnostně ukončili klasicky prováděnou ražbu kaloty třípruhové roury tunelu Marie. Z celkové délky této tunelové roury 1642 m bylo klasickou ražbou provedeno 1302 m. Ražba spodní části profilu roury pokročila na 525 m od portálu Lochkov. Nově bylo zahájeno provádění ražeb spodní části třípruhového tunelu mezi dokončenou čtvrtou propojkou tunelů a portálem Radotín a protiražba z portálu Radotín s prováděním spodní klenby.

Klasická ražba kaloty dvoupruhového tunelu pokročila na vzdálenost 980 m, spodní část tohoto tunelu na 760 m od portálu Lochkov. Dokončení ražeb kaloty dvoupruhového tunelu je plánováno na březen 2008.

Na hloubeném úseku třípruhového tunelu byla dokončena betonáž 11 bloků železobetonové klenby. Délka bloků činí 12 m a betonáž postupuje směrem od mělkého konce stavební jámy k portálu Lochkov. Pro dvoupruhový tunel je dokončena montáž posuvné formy.

TUNEL STAVBY 513 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY

NRTM prováděné ražby kaloty třípruhového tunelu ze strany portálu Komořany postoupily na vzdálenost 1029 m a ze strany portálu Cholupice na vzdálenost 233 m od portálů. Proražení této části ražeb je plánováno na rozhraní února a března letošního roku. Ražby spodní části třípruhového tunelu dosáhly v hodnoceném termínu délek 537 m od portálu Komořany a 70 m od portálu Cholupice. Z obou portálů byla v hodnoceném období zahájena také ražba kaloty rozšířeného dvoupruhového tunelu. Ke dni 10. 1. 2008 bylo v kalotě dvoupruhového tunelu vyraženo 91 m od portálu Komořany a 118 m od portálu Cholupice. Na začátku ledna byly také na dvoupruhovém tunelu zahájeny ražby spodní části profilu z obou portálových vstupů.

Stavební jáma před portálem Komořany je před dokončením a stavební jáma před portálem Cholupice je dokončena. Pokračovaly rovněž zemní práce na navazujícím zářezu trasy Pražského okruhu. Tunelové objekty stavby jsou prováděny firmami Skanska BS a Subterra.

TUNEL DOBROVSKÉHO

Na tunelu Dobrovského v Brně Subterra v lednu tohoto roku zahájila ražbu tunelové trouby II z Královopolského portálu. Ražba optimalizovaného teoretického profilu 127,9 m² je rozdělena na 6 dílčích profilů. V délce cca 101 m jsou v tunelu II zesílány obě průzkumné štoly IIa a IIb. Již koncem ledna byla vedle spodních opěrných štůl zahájena i ražba kaloty. Je provedena zpevňující a chemická těsnící injektáž příportálové části v délce cca 43 m a jsou rovněž ukončeny injektáže tunelu I v délce cca 39 m. Na tunelu I budou ražby zahájeny ve druhé polovině měsíce února.

Současně probíhají clonící tryskové injektáže v ulicích Pešínova a Dobrovského a zahájí se přípravné práce pro kompenzační injektáže vytypovaných povrchových objektů.

I na této stavbě dochází k optimalizaci nasazení výrobních kapacit ve skupině DDM Group. Subterra převzala od Metrostavu výstavbu tunelové trouby I.

JABLUNKOVSKÝ TUNEL

Přestavba stávajícího jednokolejného tunelu na tunel dvoukolejný je součástí stavby Optimalizace trati st. hranice SR – Mosty u Jablunkova

THE CZECH REPUBLIC (AS OF 01/2008)

THE ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA TUNNEL (ŠPELCO)

The excavation of the northern and southern tunnel tubes is progressing, even in the new year, at a satisfactory advance rate of 120 to 130m per month. At the end of January, the NTT and STT excavation faces reached the distances of about 750m and 500m from the portal, respectively. With the excavation faces moving forward, new items were added to the works, such as the excavation of lay-bys, the passage in close vicinity of a pumping sump serving the exploration gallery and, in January, even the driving of the first cross passage. The environment encountered, particularly the geology, which affects the success of our work most of all, does not currently deviate from the anticipated condition. No substantial events have been experienced in this respect. Although, one change took place on this construction site: at the beginning of December, Metrostav a.s. took over the work on the STT from Subterra a.s., in the framework of the transfer of production units within DDM Group.

THE TUNNEL IN CONSTRUCTION LOT 514 ON THE PRAGUE CITY RING ROAD

On 13th December 2007, Hochtief's tunnellers celebrated the completion of the excavation of the top heading of the three-lane tube of Marie tunnel, which was carried out by a traditional method. Of the total length of this tunnel tube of 1642m, the traditional method was used for 1302m. The excavation of the lower part of the tunnel profile reached a distance of 525m from the Lochkov portal. New excavation started in the lower part of the three-lane tunnel, between the previously completed fourth cross passage and the Radotín portal, and in the opposite direction, from the Radotín portal, where the inverted arch is constructed.

The traditional excavation of the double-lane tunnel top heading advanced up to a distance of 980m, while the lower part of this tunnel got up to 760m from the Lochkov portal. The completion of the double-lane top heading is planned for March 2008.

The casting of 11 blocks of the reinforced concrete vault has been completed in the cut-and-cover three-lane tunnel section. The blocks are 12m; the casting operations proceed from the shallow end of the construction trench toward the Lochkov portal. The assembly of a mobile shutter for the double-lane tunnel lining has been completed.

THE TUNNEL IN CONSTRUCTION LOT 513 ON THE PRAGUE CITY RING ROAD

The NATM excavation of the three-lane tunnel top headings advanced, reaching the distance of 1029m from the Komořany portal and 233m from the Cholupice portal. The breakthrough of this part of the profile (top heading) is planned for the end of February 2008. The faces of the lower part of the three-lane tunnel excavation reached the distances of 537m and 70m from the Komořany and Cholupice portals in the period which is being assessed. In addition, the excavation of the top heading of the enlarged double-lane tunnel started from both portals in the period being assessed. As of 10.1.2008, 91m of the double-lane tunnel top heading excavation from the Komořany portal was completed, whilst 118m were completed from the Cholupice portal. The beginning of January saw the commencement of the excavation of the lower part of the double-lane tunnel profile from both portals.

The construction trench in front of the Komořany portal is nearly complete; the construction trench before the Cholupice portal has been completed. In addition, the excavation of the adjacent open cut for the Prague City Ring Road continued. The tunnels are being built by contractors Skanska BS a.s. and Subterra a.s.

THE DOBROVSKÉHO TUNNEL

Subterra a.s. started the excavation of the Dobrovského tunnel in Brno, namely the tunnel tube II, from the Královo Pole portal in January 2008. The excavation of the optimised theoretical profile (127.9m²) is divided into 6 sequences. Both exploration galleries IIa and IIb were reinforced throughout a length of about 101m. The excavation of the top heading started, in addition to the ongoing excavation of sidewall drifts, as long ago as the end of January. The stabilisation and chemical grouting of the portal section of the tunnel, at a length of about 43m, has been completed, as well as the grouting for the tunnel I at a length of about 39m. The excavation of the tunnel I will start in the second half of February.

– Bystřice nad Olší, kterou na III. železničním koridoru ČD realizuje sdružení firem Subterra, OHL ŽS a TCHAS. Tunel délky cca 612 m bude rozšířen na ražený profil 80,4 až 91,3 m² dle třídy ražnosti. Ražená část tunelu bude prováděna novou rakouskou tunelovací metodou se spodní klenbou po celé délce a ostění tunelu je navrženo jako dvouplášťové s uzavřenou mezilehlou izolací. V současné době jsou prováděny práce na jižním portále, ze kterého bude v únoru tohoto roku zahájena ražba. Součástí tunelářských prací je i realizace vjezdového a výjezdového hloubeného úseku a výstavba únikové štolky délky cca 273 m, která bude vybudována ve druhém stávajícím jednokolejném tunelu.

ROZŠÍŘENÍ KANALIZACE V KARVINĚ

V listopadu 2007 byly v Karviné zahájeny práce na dlouho očekávaném projektu „Karviná – rozšíření kanalizace“. Projekt je členěn do deseti stavebních částí, přičemž celková délka pokládaných kanalizačních řádů je 17 167 m. Velká část těchto prací, cca 7 km, bude prováděna hornickým způsobem. K tomuto řešení přistoupil projektant jednak vzhledem k velkým hloubkám na některých úsecích a také z důvodů geologie, jako jsou např. nesoudržné štěrkopísky a vysoká hladina podzemní vody. K zajímavostem patří použití speciální technologie – mikrotunelování s využitím technologie ISEKI. Velké průměry DN 1000 a DN 1400 v délkách cca 420 m a 1960 m realizuje společnost Subterra, průměr DN 400 o délce cca 2000 m realizuje společnost TCHAS. Štítování DN 2560 a klasickou ražbu bude provádět sdružení TCHAS, OHL ŽS a VOKD.

KOLEKTOR KOLIŠTĚ

V minulém roce byla v Brně zahájena stavba Prodloužení kolektoru Koliště a šachta Teplárna, kterou realizuje sdružení OHL ŽS a Subterra. Kolektor navazuje na cca 5 km dlouhou síť primárních kolektorů, které se v Brně budují již od poloviny 70. let. Kolektor Koliště délky cca 193 m má výšku 5050 mm a šířku 4700 mm a je budován mezi stávajícími šachtami Š 15 a UŠ 2. Kolektor je ražen ve vápničitých jílech s dělenou čelbou dle zásad NRTM. Spodní lávka je přibírána s odstupem 2 – 3 m. Na přelomu ledna a února tohoto roku byl kolektor prorazen do šachty UŠ 2 a následně budou zahájeny práce na definitivním ostění. Další část této stavby, jáma Š 8A Teplárna, je již vyhloubena. Byla provedena jako spouštěná studna o průměru 4,2 m do hloubky 17,6 m. Z jámy byl vyražen kolektor délky cca 31 m do stávajícího primárního kolektoru. Rovněž na této části budou zahájeny práce na definitivním ostění kolektoru i jámy.

KOLEKTOR VÁCLAVSKÉ NÁMĚSTÍ

Kolektorizace centra hlavního města Prahy pokračuje. Po nutném archeologickém průzkumu byly v srpnu 2007 zahájeny práce na kolektoru Václavské náměstí, trasa C.

Protože se nejedná o výstavbu na „zelené louce“ ale o rekonstrukci vodovodního kanálu vybudovaného v 80. letech minulého století, bylo nutné v přípravné etapě vyčistit tento vodovodní kanál od stávajících konstrukcí. V letních měsících minulého roku bylo dále provedeno zajištění stávající zděné kanalizace, která vede nad kolektorem, a to pomocí sanačních nízkotlakých injektáží a dále byly zahájeny sanace vlastního kolektoru v kombinaci injektáží tryskových, jílocementových a chemických.

Práce jsou rozděleny do 4 etap, a to hlavně z důvodů možných stavebních záborů na Václavském náměstí. V současné době jsou provedeny 3 etapy a byla zahájena etapa čtvrtá. Souběžně s těmito sanacemi probíhá hloubení těžních šachet.

Počínaje březnem 2008 budou zahájeny i vlastní razicí práce na vodovodním kanálu. Stavba je prováděna ve sdružení společností Metrostav, Subterra a Navatyp.

ING. VLASTIMIL KAŇOVSKÝ, vkanovsky@subterra.cz,
ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL BŔRIK

Slávnostné prerazenie južnej tunelovej rúry diaľničného tunela BŔrik sa uskutočnilo dňa 10. 12. 2007 po viac ako 12 mesiacoch raženia. Tunel dĺžky cca 1 km je súčasťou diaľničného úseku D1 Mengusovce – Janovce na severe Slovenska. V súčasnosti prebiehajú v tuneli práce na betonáži sekundárneho ostenia. Zhotoviteľom tunela je spoločnosť Marti Contractors, pričom práce sú vykonávané najmä



Obr. Jablůňkovský tunel
Fig. The Jablunkov tunnel

Jet grouted diaphragms are currently being installed in Pešínova and Dobrovského Streets; the preparation work for compensation grouting under selected buildings can start.

This construction is another place where the optimisation of the deployment of production units within DDM Group is being performed. Subterra a.s. took over the construction of the tunnel tube I from Metrostav a.s.

THE JABLUNKOV TUNNEL

The conversion of the existing single-rail structure to a double-rail tunnel is part of the “Optimisation of the Slovakia’s border – Mosty u Jablunkova – Bystřice nad Olší track”, which is being carried out by a group of companies consisting of Subterra a.s., OHL ŽS a.s. and TCHAS spol. s r.o. on the Czech Railways’ Corridor III. The about 612m long tunnel will be enlarged, with the excavated cross sectional area of 80.4 to 91.3m² (depending on the excavation class). The mined part of the tunnel will be driven using the NATM; the invert will be required throughout the mined tunnel length; the double-shell lining will be provided with a closed intermediate waterproofing system. Currently, the operations are in progress at the southern portal, where the tunnel excavation will start in February. Part of the tunnelling work is the construction of cut-and-cover tunnels in the entrance and exit sections and the excavation of an about 273m long escape gallery, which will be developed in the second existing single-rail tunnel.

KARVINÁ SEWERAGE EXTENSION

November 2007 saw the commencement of the work on the long-awaited project “Karviná sewerage extension”. The project is divided into ten construction lots, with the aggregate length of the sewers to be laid amounting to 17,167m. Significant portion of the work, about 7km, will be carried out by mining methods. The designer chose this solution not only because of the great depths in some sections, but also with respect to the geology, where such conditions as non-cohesive gravel-sand and high level of the water table exist. The application of a special technique, ISEKI microtunnelling equipment, belongs among interesting features of the project. Large-diameter drives, DN 1000 and DN 1400 at the lengths of about 420m and 1960m, are performed by Subterra a.s.; the contractor for the about 2000m long DN 400 drive is TCHAS spol. s r.o.. The DN 2560 shield-driven tunnel and traditional tunnel excavation will be carried out by a TCHAS spol. s r.o. - OHL ŽS a.s. – VOKD a.s. joint-venture.

THE KOLIŠTĚ UTILITY TUNNEL

Last year, the OHL ŽS a.s. – Subterra a.s. joint-venture started to work on the project “Koliště utility tunnel extension and Teplárna shaft” in Brno. The utility tunnel is connected to the about 5km long network of primary utility tunnels which has been built in Brno since the middle of the 1970s. The Koliště utility tunnel is about 193m long, 5050mm high and 4700mm wide; it is being driven between existing shafts Š15 and UŠ 2. The excavation passes through calcareous clays; the excavation face is divided into sequences, according to the NATM principles. The bench excavation face is kept at a distance of 2 – 3m behind the top heading. The utility tunnel breakthrough into the UŠ2 shaft took place at the beginning of February 2008; the work on the final lining will follow. The excavation for the other part of the project, the construction pit for the Š 8A “Teplárna” shaft, has been completed

jej slovenskou dcérskou spoločnosťou Tubau a. s. Predpokladané uvedenie tunela do prevádzky je v prvej polovici roku 2009.

TUNEL LUČIVNÁ

Dňa 10. 12. 2007 bol uvedený do prevádzky krátky tunel Lučivná dĺžky 250 m na úseku diaľnice D1 Važec – Mengusovce. Úsek na západe nadväzuje na existujúcu diaľnicu D1 od Ivachnovej a na východe na úsek Mengusovce – Jánovce, ktorý je vo výstavbe. Tunel bol vybudovaný hĺbením a je tvorený dvojtorovou rámovou železobetónovou konštrukciou. Jeho hlavnou funkciou je vytvorenie biokoridoru nad diaľnicou. Zhotoviteľom tunela bol Doprastav a. s.

PPP PROJEKTY NA VÝSTAVBU DIAĽNIC A RÝCHLOSTNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

V novembri 2007 bola vypísaná predkvalifikácia pre súťaž na koncesiu pre prvý z troch plánovaných balíkov v rámci diaľničných projektov verejno-súkromného partnerstva (PPP). Koncesia sa týka vypracovania projektov dokumentácie, výstavby, financovania, prevádzky a údržby diaľnice D1 na úsekoch Dubná Skala – Turany, Turany – Hubová a Hubová – Ivachnová v Žilinskom kraji, ako aj na úsekoch Jánovce – Jablonov a Fričovce – Svinia v Prešovskom kraji v celkovej dĺžke 75 km. Súčasťou diaľničných úsekov sú tunely Rojkov (1,8 km), Havran (2,8 km), Čebrať (2,0 km) a Šibeník (0,6 km). Koncesná lehota bude trvať najviac 30 rokov.

Doklady, ktoré majú preukázať splnenie podmienok účasti v tendri, predložilo šesť uchádzačov, konzorcium Skanska – Vinci, Obrascón Huarte Laín, konzorcium Bouygues – Doprastav – Váhovstav SK – Colas – Intertoll – Mota Engil, Eiffage Travaux Publics, konzorcium

using a drop caisson 4.2m in diameter, which was lowered 17.6m deep under the surface. The 31m long utility tunnel which was driven from this construction pit linked to the existing primary utility tunnel. The work on the final lining of the utility tunnel and shaft will start even in this part of the project.

THE WENCESLAS SQUARE UTILITY TUNNEL

The development of utility tunnels in the centre of the capital city, Prague, continues. The work on the route C of the Wenceslas Square utility tunnel started in August 2007, when the necessary archaeological survey had been completed.

Because this is not a “green-field project” (it is the reconstruction of an existing water supply tunnel, which was built in the 1980s), the existing tunnel had to be cleared of existing structures during the initial construction phase. In the summer of 2007, an existing masonry sewer leading over the utility tunnel was stabilised by means of low-pressure grouting. Then the reconstruction, converting the water supply tunnel into a general-purpose utility tunnel, started, concurrently with jet grouting, clay-cement grouting and chemical grouting.

The work is divided into 4 stages, mainly taking into consideration the possibilities of temporary land occupation in Wenceslas Square. Today, 3 stages of the works have been completed and the fourth stage has been started. The sinking of hoisting shafts proceeds concurrently with the reconstruction.

The removing of the old tunnel structure and excavation for the new utility tunnel itself will start in March 2008. The contractor is a group of companies consisting of Metrostav a.s., Subterra a.s. and Navatyp a.s.

ING. VLASTIMIL KAŇOVSKÝ, vkanovsky@subterra.cz,
ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz

THE SLOVAK REPUBLIC

THE BÔRIK TUNNEL

The ceremonial breakthrough of the southern tunnel tube of the Bôrik motorway tunnel took place on 10.12.2007, after more than 12 months of excavation work. The about 12km long tunnel is part of the D1 motorway section between Mengusovce and Janovce. Currently the casting of the concrete secondary lining is underway. The contractor for the tunnel construction is Marti Contractors Ltd., whereas the major part of the work is carried out by its Slovak subsidiary, Tubau a.s. The expected term for the opening of the tunnel to traffic is the first half of 2009.

THE LUČIVNÁ TUNNEL

The Lučivná tunnel on the D1 motorway section between Važec and Mengusovce (a short, only 250m long tunnel) was opened to traffic on 10.12.2007. In the west, this motorway section connects to the existing D1 motorway coming from Ivachnová; in the east, it links the Mengusovce – Jánovce section, which is under construction. The cut-and-cover technique was used for the construction of the double-cell, reinforced concrete tunnel structure. The main function of the tunnel is to create a biocorridor crossing over the motorway. The contractor for the tunnel construction was Doprastav a.s.



Obr. 1 Slávnostná prerážka v tuneli Bôrik
Fig. 1 The Bôrik tunnel breakthrough ceremony



Obr. 2 Hĺbené tunely na východnom portáli
Fig. 2 Cut-and-cover tunnels at the eastern portal



Obr. 3 Kultúrny program pri príležitosti prerážky
Fig. 3 Cultural program on the occasion of the breakthrough



Obr. 4 Pohľad na portál krátkeho tunela Lučivná
Fig. 4 View of the portal of the short tunnel Lučivná

Hochtief – Alpine – Western Carpathians Motorway Investors Company a konzorcium Strabag – Porr – Macquarie Capital Group. Na konci januára 2008 by malo byť známe, ktorí zo šiestich uchádzačov splnili podmienky pre účasť v tendri. Podľa podmienok tendra do samotnej súťažnej fázy môžu postúpiť najviac štyria uchádzači o koncesiu, pričom jedným z rozhodujúcich ukazovateľov je počet referencií týkajúcich sa realizovaných PPP projektov. Zmluva s budúcim koncesionárom pre prvý balík PPP by podľa vyjadrenia ministra dopravy Lubomíra Vážneho z decembra 2007 mohla byť podpísaná približne v auguste alebo septembri 2008.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT a. s.

PPP PROJECTS DEALING WITH THE DEVELOPMENT OF MOTORWAYS AND SPEEDWAYS

The prequalification invitation for a concession for the first of three planned packages of motorway development projects to be implemented under a Public Private Partnership (PPP) was released in November 2007. The concession comprises the design, construction, funding, operation and maintenance of the following parts of the D1 motorway: the Dubná Skala - Turany, Turany - Hubová and Hubová – Ivachnová sections in the Žilina Region and the Jánovce - Jablonov and Fričovce – Svinia sections in the Prešov Region; the total length of the sections is 75km. The above-mentioned motorway sections contain the following tunnels: Rojkov (1.8km), Havran (2.8km), Čebрат (2.0km) and Šibenik (0.6km). The concession duration will not exceed 30 years.

Prequalification documents were submitted by six contestants, namely a consortium consisting of Skanska – Vinci and Obrascón Huarte Lain, the consortium Bouygues - Doprastav – Váhostav SK - Colas – Intertoll – Mota Engil, Eiffage Travaux Publics, the consortium Hochtief - Alpine - Western Carpathians Motorway Investors Company and consortium Strabag - Porr - Macquarie Capital Group. The information which of the six contestants has met the prequalification conditions should be available at the end of January 2008. According to the tender conditions, the number of applicants invited to submit their tenders for the concession contracts is limited to four, while one of the deciding criteria is the number of references dealing with the previously implemented PPP projects. According to a statement made by Mr. Lubomír Vážný in December 2007, the contract with the future concessionaire for the first PPP package could be signed in August or September 2008.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT a. s.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA/AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

INFORMACE Z JEDNÁNÍ PŘEDSEDNICTVA ČTUK ITA/AITES INFORMATION FROM A MEETING OF THE ITA/AITES CTUC BOARD

A meeting of the ITA/AITES CTuC Board took place in Prague on 24th January 2008. It was held in the presence of the past board and the new board, which had been elected for the 2008 – 2011 term. An important point of the programme was the commencement of the preparation of the international conference “Underground Construction 2010, Prague”, which is to be held in Prague in June 2010. In addition, the Board dealt with other activities of the CTuC, among them this year’s publication of the third volume of the edition “CTuC documents”, which will be focused on sprayed concrete, and the preparation of an excursion abroad, to tunnel constructions in Leipzig, Hamburg and Copenhagen.

Jednání předsednictva ČTuK ITA/AITES se konalo v Praze dne 24. ledna 2008. Zúčastnili se ho členové starého i nového předsednictva a také Ing. Matouš Hilar, který je korespondentem komitétu směrem k sekretariátu ITA. Prvním bodem programu bylo zhodnocení činnosti komitétu v období let 2004 až 2007. Předsednictvo mezi úspěšné aktivity komitétu zařadilo především pražský světový tunelářský kongres WTC 2007, dále výrazné zlepšení časopisu Tunel, vznik webových stránek, vydávání edice Dokumenty ČTuK, ekonomickou stabilitu a rozšíření členské základny.

Na druhé straně není možné považovat za dostatečnou aktivitu některých pracovních skupin, práci zástupců komitétu v ITA WG, úroveň kontaktů se státní správou, iniciativu komitétu v pořádání vzdělávacích akcí a spolupráci s příbuznými společnostmi.

Následně předseda Ing. Ivan Hrdina poděkoval za práci v předsednictvu jeho odstupujícím členům Ing. Petrovi Mičunkovi a především Ing. Georgii Romancovi, CSc. Ocenil dlouholetou velmi

aktivní činnost Ing. Romancova, která v poslední době vyvrcholila při získání pořadatelsví, přípravě a v průběhu WTC 2007.

Předsednictvo zvolilo v souladu se stanovami dva místopředsedy – prof. Ing. Jiřího Bartáka, DrSc., a Ing. Stanislava Sikoru.

Odpovědnost za jednotlivé oblasti činnosti komitétu stanovilo předsednictvo takto:

- časopis Tunel a edice Dokumenty ČTuK – prof. Barták
- příbuzné společnosti – prof. Aldorf
- pracovní skupiny – Ing. Sikora
- ekonomika a kontakty se státní správou – Ing. Soukup
- webové stránky – Ing. Mařík
- semináře a vzdělávací akce – Ing. Hasík, spolupráce Ing. Hilar
- zahraniční spolupráce – Ing. Hilar, spolupráce Ing. Mařík

V dalším průběhu pak předsednictvo projednalo postup při revizi stanov komitétu (jeho členové budou osloveni, aby zaslali své připomínky) a zahájení přípravy mezinárodní konference „Podzemní stavby 2010 Praha“. Zabývalo se i ostatními aktivitami komitétu, mezi které letos patří vydání třetího svazku edice Dokumenty ČTuK, který bude zaměřen na stříkaný beton, a příprava zahraniční exkurze na tunelové stavby v Lipsku, Hamburku a Kodani, která by se měla konat od úterý 27. 5. 2008 do neděle 1. 6. 2008. Počítá se s účastí 30 osob z řad členské základny ČTuK.

Podzemní exkurze do Švýcarska se přesune na 1. pololetí 2009, místo ní se uskuteční výjezdní zasedání RR otevřené pro členy ČTuK.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@metrostav.cz,
sekretář ČTuK ITA/AITES

PRACOVNÍ SKUPINA ČTUK ITA/AITES HYDROIZOLACE TUNELŮ ITA/AITES CTUC WORKING GROUP „TUNNEL WATERPROOFING“

The Working Group "Tunnel waterproofing" has been active within the framework of the ITA/AITES Czech Tunnelling Committee since June 2007. Ing. Jiří Svoboda from Pragoprojekt a. s. informs about the establishment and objectives of the group. The group members want to help to develop conditions for the improvement in the area of design and implementation of waterproofing systems in the Czech Republic. They want to contribute to the promotion of new waterproofing systems for underground structures. Their work should yield new technical sheets and technical specifications for the design, implementation and rehabilitation of waterproofing in the Czech Republic's underground engineering.

Dne 14. 6. 2007 se uskutečnilo ustavující jednání pracovní komise Českého tunelářského komitétu Hydroizolace tunelů. Na jednání byly pozváni členové ČTuK, kteří pracují v oblasti hydroizolačních technologií, kontroly a oprav hydroizolačních systémů v podzemních stavbách.

Cílem pracovní skupiny je vytvořit podmínky pro výrazné zlepšení navrhování a realizace izolačních systémů a také propagace nových systémů izolace v podzemních stavbách. Výsledkem práce v následujícím tříletém období by měly být nové technické listy a technicko-kvalitativní podmínky pro projektování, realizaci a sanaci izolací v podzemním stavitelství.

Je třeba více informovat potenciální zákazníky (investory) o zavádění nových hydroizolačních technologií a o zlepšování stávajících izolačních systémů.

Pracovní skupina se pak sešla dvakrát, a to 20. 9. 2007 a 29. 11. 2007. Byl stanoven plán práce na rok 2008, jehož základním cílem je vypracování a také vydání 1. verze Zásad návrhu a realizace izolačních systémů včetně vzorových řešení jako odborné příručky České-

ho tunelářského komitétu ITA/AITES. Tato informační brožura bude v roce 2009 podrobena veřejné odborné diskusi. Na základě výsledků diskuse a připomínek by v roce 2010 vznikly již závazné technicko-ekonomické podmínky pro projektování a realizaci izolačních systémů v podzemních stavbách.

V současné době se práce rozbíhají, je k dispozici obsah a 1. základní teze izolačního systému pro pokládání vodotěsných hydroizolací při provádění tunelových a ostatních podzemních staveb, u kterých se v budoucnu izolační systém stane nepřístupným.

Do práce pracovní skupiny se zapojilo celkem 13 členů a je rozdělena do 3 podskupin s následujícím zaměřením na:

- projektovou dokumentaci,
- nové technologie hydroizolačních systémů,
- technologické postupy v oblasti hydroizolací tunelových staveb.

Příští zasedání se bude konat 28. 2. 2008 od 13 hod v prostorách firmy Metrostav a. s., divize 5, Na Zatlance 13, Praha 5 – Smíchov v zasedací místnosti v suterénu (bývalé informační středisko tunelu Mrázovka). Kdo další z odborníků ČTuK má zájem o práci v této pracovní skupině, je vítán.

Vedení pracovní skupiny je následující:

Ing. Jiří Svoboda – vedoucí

Jaroslav Šimek – zástupce

Ing. Adriana Javorčková – pověřená koordinací a vedením administrativních záležitostí

Zájemci o práci v této skupině izolací hlaste se laskavě u Ing. A. Javorčkové tel. 283110233, mobil 774205040, fax 283110233, e-mail adriana.javorcekova@metrostav.cz.

*ING. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz,
PRAGOPROJEKT a. s.*

OZNÁMENÍ

Stavební geologie - Geotechnika, a. s., ČaS výbor MZZS ve spolupráci s ČGtS a s patronací ÚTAM AV ČR

pořádají ve dnech 26. a 27. května 2008 v budově Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2008

včetně 16. Pražské geotechnické přednášky:

„Building in Ancient Cities: Geotechnical Engineering Challenges“ (Dr. Christos Tsatsanifos)

Další témata budou určena v průběhu února 2008 a budou uveřejněna na www.geotechnika.cz.

Pozvánky včetně podrobného programu a závazných přihlášek budou rozesílány v dubnu 2008.

Kontaktní adresa: SG - Geotechnika, a. s. (Ing. M. Frombergerová)
tel.: 234 654 101, fax: 234 654 102, e-mail: sekretariat@geotechnika.cz

OZNÁMENÍ O VYHLÁŠENÍ SOUTĚŽE

Stavební geologie - Geotechnika, a. s., Česká asociace inženýrských geologů a Česká geotechnická společnost

vyhlašují 7. ročník soutěže o Cenu akademika Quido Záruby

pro mladé inženýrské geology a geotechniky do 35 let za nejhodnotnější a nejzajímavější práci z oblasti praxe a výzkumu v roce 2007 v oborech:

Mechanika zemin, Mechanika hornin, Inženýrská geologie, Podzemní stavby, Zakládání staveb, Geotechnický a inženýrsko-geologický průzkum, Environmentální geotechnika

Soutěž bude vyhodnocena nezávislou komisí složenou ze zástupců ČAIG, ČGtS, ČVUT, UK Praha, VÚT Brno, VŠB-TU Ostrava a SG - Geotechnika, a.s.

Cena bude předána na Pražských geotechnických dnech 2008

Přihlášky do soutěže zašlete do 15. dubna na adresu: Stavební geologie - Geotechnika, a. s. Libuše Hrotková, Geologická 4, 152 00 Praha 5, tel. 234 654 142, fax: 234 654 102, e-mail: hrotkova@geotechnika.cz

POZVÁNKA NA SEMINÁŘ NOVE TRENDY V NAVRHOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ TUNELŮ III

Dlouhé dopravní tunely – mechanizované ražby pomocí TBM

V pondělí 16. června 2008 se bude konat třetí z odborných seminářů Nové trendy v navrhování a provádění tunelů s názvem Dlouhé dopravní tunely – mechanizované ražby pomocí TBM (Mechanized excavation of long transport tunnels). Obdobně jako v minulosti budou na semináři přednášet přední zahraniční odborníci, seminář bude v českém/anglickém jazyce se vzájemným tlumočením. Seminář je pořádán společností D2 Consult Prague s. r. o. ve spolupráci s ČTuK ITA/AITES.

Pozvánky s podrobným programem budou zaslány členům ČTuK ITA/AITES

Těšíme se na vaši účast.

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

MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA „GEOTECHNIKA 2008“, 10. – 12. 9. 2008, VYSOKÉ TATRY, SLOVENSKÁ REPUBLIKA INTERNATIONAL CONFERENCE „GEOTECHNIKA 2008“, 10. – 12. 9. 2008, THE HIGH TATRAS, THE SLOVAK REPUBLIC

The Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava, in collaboration with Orgware agency, takes pleasure in inviting you to the international technical conference

„GEOTECHNIKA 2008“,

which will be held as the 12th annual conference organised regularly in the Slovak Republic, the Czech Republic, Poland and Hungary. The conferences are focused on geotechnical issues which are encountered during the planning and implementation of constructions, both underground and on the surface.

The main topic of the 2008 Conference will be: **Structures, Technologies and Monitoring of Geotechnical Structures**

Fakulta stavební VŠB–TU Ostrava, ve spolupráci s agentúrou Orgware, si vás dovoľujú pozvať na medzinárodnú odbornú konferenciu

„GEOTECHNIKA 2008“,

ktorá sa bude konať ako 12. ročník cyklických odborných konferencií konaných pravidelne v Slovenskej republike, Českej republike, Polsku a Maďarsku. Konferencie sú zamerané na geotechnické otázky pri príprave a výstavbe podzemných a pozemných stavieb.

Hlavným tematickým zameraním konferencie v roku 2008 budú:

Konštrukcie, technológie a monitoring geotechnických konštrukcií

Cieľom konferencie je získanie nových poznatkov pri riešení vybraných geotechnických problémov z oblasti teórie, navrhovania, realizácie a prevádzkovania podzemných i pozemných stavieb, výmena informácií o progresívnych teoretických a experimentálnych metódach, ako aj praktických skúsenostiach, prezentácia grantových programov základného výzkumu, informácie o moderných technologických postupoch používaných pri navrhovaní a riešení geotechnických problémov konštrukcií, prezentácia vedeckých a akademických inštitúcií a podnikateľských subjektov v odbore zamerania konferencie.

Sekretariát konferencie / Conference secretariat:

ORGWARE

Ing. Nora BADÍKOVÁ
Továrenská 12, P.O.BOX 52
900 31 STUPAVA, Slovenská republika
Phone/Fax: ++421 (0)2 659 36 486
Mobile: ++421 (0)905 586 542
e-mail: orgware@mail.t-com.sk

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES REPORTS

www.sta-ita-aites.sk

VALNÉ ZHROMAŽDENIE SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES GENERAL ASSEMBLY OF THE ITA/AITES SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION

The General Assembly of the ITA/AITES Slovak Tunnelling Association was held in Bratislava on 10th December 2007, in the conference-room of Doprastav a.s. The meeting was attended by delegates of 29 member organisations, 4 individual members and many guests.

Ing. Róbert Turanský, the Chairman of the STA committee, opened the negotiations by delivering the report on the activities of the Association during the previous period.

The main item of the programme was the election of the new Board and, subsequently, the election of the chairman and the vice-chairman of the Association. Ing. Róbert Turanský from Doprastav a.s. was re-elected as chairman and Ing. Peter Witkovský from Skanska BS a.s., Prievidza became vice-chairman.

Valné zhromaždenie STA ITA/AITES sa konalo v Bratislave 10. decembra 2007 v zasadačke spoločnosti Doprastav, a. s., Správa

účelových zariadení, Košická 52. Na rokovaní VZ sa zúčastnili delegáti 29 členských organizácií, 4 individuálni členovia a viacerí hostia. Medzi pozvanými hosťami bol aj zástupca ČTuK Ing. Václav Soukup, riaditeľ divízie 5, Metrostav, a. s., Praha.

Rokovanie otvoril a viedol predseda komitétu STA Ing. Róbert Turanský, ktorý udelil slovo na úvod zástupcovi hosťovskej organizácie Ing. Dušanovi Šamudovskému. V jeho príhovore odznali slová ocenenia stavu a pôsobenia STA v porovnaní s ostatnými odborníkmi v stavebníctve na Slovensku. Ing. Šamudovský ďalej ocenil kvalitu a vysokú odbornú a grafickú úroveň časopisu Tunel. Zrekapituloval výsledky tunelového stavebníctva na Slovensku v období od roku 1997 po súčasnosť a vyjadril nádej na zintenzívnenie výstavby diaľničných tunelov na Slovensku najmä prostredníctvom financovania formou PPP.

ODBORNÁ ČASŤ PROGRAMU VZ

Do programu VZ boli na úvod zaradené odborné prednášky prizvaných hostí súvisiace s históriou, aktuálnym stavom a perspektívou rozvoja tunelového stavebníctva v ČR a SR.

Ing. Václav Soukup prezentoval vo svojej prednáške históriu, súčasnosť i perspektívu tunelového stavebníctva v Českej republike. Obdobie ostatných 5 – 6 rokov charakterizoval prednášateľ ako tunelársku renesanciu, ktorú predstavujú stavby najmä diaľničných (4), cestných (4) a mestských (10) tunelov. V svojom príspevku sa zaoberal aj oprávnenosťou kritiky predražovania tunelových stavieb, ako aj dôvodmi pre ktoré sa cenová hladina musela pohybovať na vyššej úrovni v zrovnání s inými štátmi. S rozvojom a zintenzívnením tunelových stavieb sa zákonite bude presadzovať a prejavovať aj tendencia zlacňovania výstavby.

Ing. Juraj Čermák, investičný riaditeľ Národnej diaľničnej spoločnosti, vo svojom vystúpení zrekapituloval to, čo sa doteraz postavilo a čo je ešte pre diaľničné prepojenie Bratislavy s Košicami, ako priority cestnej infraštruktúry, treba postaviť. V roku 2008 by sa malo začať so stavbou 6 tunelov, z toho 3 v okolí Žiliny a 3 na Liptove. Konšatoval, že výstavba tunelov je vo všeobecnosti prezentovaná ako drahá až neoprávnenne predražená, bez toho aby sa uviedli príčiny a niektoré špecifické dôvody. Ing. Čermák vyslovil názor a želanie, aby sa STA ako profesionálne združenie angažovalo viac pri obhajovaní potreby, významu a objektívnom hodnotení pozitívnych efektov podzemných stavieb. Svoj osobný postoj zhrnul do troch bodov. V prvom rade sa STA musí viac usilovať o presadenie svojho hlasu smerom tak k rozhodovacím orgánom, ako aj širokej verejnosti v záujme podpory rozvoja podzemného stavebníctva. Druhou oblasťou, kde môže STA použiť svoju odbornosť, je pomoc pri prehodnocovaní a nahradení viacerých nezmyselných alebo zbytočne tvrdých technických noriem. Tretou oblasťou by mohlo byť spoluúčinkovanie smerujúce k obmedzeniu neodôvodnene vysokých nárokov požiarnikov a energetikov na vybavenie a prevádzku tunelov.

Ing. Lujza Kaštieľova prezentovala svoju diplomovú prácu zameranú na aplikáciu raziacich štítov v nekrhových profiloch, ktorá bola ocenená ako najlepšia diplomová práca so zameraním na podzemné stavby na Slovensku.

HLAVNÁ ČASŤ PROGRAMU VZ

Správa o činnosti STA v štvorročnom volebnom období

Správu predniesol predseda Komitétu STA Ing. Róbert Turanský, v ktorej uviedol všetky organizačné a finančné aktivity, ako aj usporiadané odborné akcie, vrátane účasti na svetových kongresoch ITA. Hodnotenie oprávnenne vyznelo pozitívne, pretože tak v činnosti ako aj finančnom hospodárení nastal výrazný obrat k lepšiemu. STA sa v období od minulého VZ v roku postupne prepracovalo, vďaka intenzívnemu úsiliu funkcionárov STA a zlepšeniu platobnej disciplíny kolektívnych členov STA, od záporných ku kladným výsledkom hospodárenia. Podarilo sa tak zlikvidovať aj pretrvávajúcu dlžobu voči ČTuK súvisiacu s vydávaním časopisu Tunel. Správu preto VZ prijalo s uspokojením a bez akýchkoľvek námietok a pripomienok.

Správa o finančnej situácii STA

Správu, ktorú predniesol hospodár STA Ing. Vološčuk, VZ prijalo taktiež bez námietok. Dobrej finančnej situácii dopomohlo zlepšenie v oblasti odvádzania členských príspevkov zo strany kolektívnych členov STA. Dobro sa zhodnotil aj vklad na zorganizovanie WTC 2007 v Prahe.

Zmena Stanov STA

Pred aktom volieb nového Komitétu a Revíznej komisie STA boli na návrh odstupujúceho Komitétu valným zhromaždením schválené dve zmeny Stanov STA, a to:

- počet členov Komitétu STA, sa zvyšuje na 11 osôb;
- predsedu a podpredsedu STA volí novozvolený Komitét zo svojich členov na svojom prvom zasadnutí.

Uvedené zmeny schválilo VZ hlasmi všetkých prítomných, nikto sa nezdržal a nikto nebol proti.

Výsledky volieb členov Komitétu a Revíznej komisie STA na ďalšie volebné obdobie

Kandidátka navrhnutá doterajším Komitétom STA bola v zmysle stanov ešte pred samotným aktom volieb doplnená návrhmi z pléna. Do Komitétu boli tajným hlasovaním zvolení títo členovia (v abecednom poradí):

Ing. Martin Cvoliga, Národná diaľničná spoločnosť Bratislava
 Ing. Peter Dinga, Geoconsult, spol. s r. o., Bratislava
 Ing. Miloslav Frankovský, Terraprojekt, a. s., Bratislava
 Ing. Karol Grohmann, Alfa 04, a. s., Bratislava
 Ing. Štefan Choma, Basler & Hofmann Slovakia, a. s., Bratislava
 Ing. Viktória Chomová, Dopravoprojekt, a. s., Bratislava
 RNDr. Anton Matejček, Geofos, spol. s r. o., Žilina
 Ing. Mikuláš Pákh, Doprastav, a. s., Bratislava
 Ing. Iveta Šnauková, Ph.D, ŽU, Stavebná fakulta, Žilina
 Ing. Róbert Turanský, Doprastav, a. s., Bratislava
 Ing. Peter Witkovský, Skanska BS, a. s., Prievidza
 Členmi Revíznej komisie STA sa podľa výsledku volieb stali:
 Ing. Peter Štefko, CSc., Skanska BS, a. s., Prievidza
 Ing. Pavol Vavrek, Ph.D, TU, Fakulta BERG Košice

Volba predsedu a podpredsedu Komitétu STA

Podľa schválenej zmeny Stanov STA v predchádzajúcej časti VZ boli novozvoleným Komitétom STA, ktorý sa zišiel na prvom rokovaní počas prestávky VZ zvolení:

Za predsedu Komitétu STA: Ing. Róbert Turanský
 Za podpredsedu: Ing. Peter Witkovský

Ciele STA do budúcnosti

Predseda Ing. Róbert Turanský formuloval hlavné ciele STA v nasledujúcom období týmito tézami:

- STA vie, že tunely vieme na Slovensku budovať dobre, rýchlo a kvalitne
- Verejnosť treba presvedčiť, že vieme zvládnuť v tunelárstve všetky štádia: prípravu stavieb, projektovanie, vlastnú stavbu i prevádzkovanie
- Nechceme tunely stavať drahšie ako vo svete
- Pričiniť sa o odborný rast mladšej generácie
- Podporovať študentov stredných a vysokých škôl
- Zabezpečovať účasť členov STA na odborných akciách doma i v zahraničí, vrátane účasti na WTC
- Pripravovať a organizovať odborné semináre a konferencie
- Pripraviť vydanie odbornej publikácie o WTC 2007 v Prahe v spolupráci s českými autormi
- Permanentne aktualizovať webovú stránku STA

Novozvolený podpredseda Komitétu STA Ing. Peter Witkovský doplnil predstavy o ďalšej pôsobnosti STA dvomi doplňujúcimi formuláciami:

- Pri podrobnom zostavovaní plánu činnosti sa budeme inšpirovať ideami prednesenými investičným riaditeľom NDS Ing. Jurajom Čermákom.
- Musíme sa usilovať o to, aby sa STA viac otvárala širokej verejnosti a intenzívnejšie pôsobila na verejnosť prostredníctvom médií.

ING. JOZEF FRANKOVSKÝ