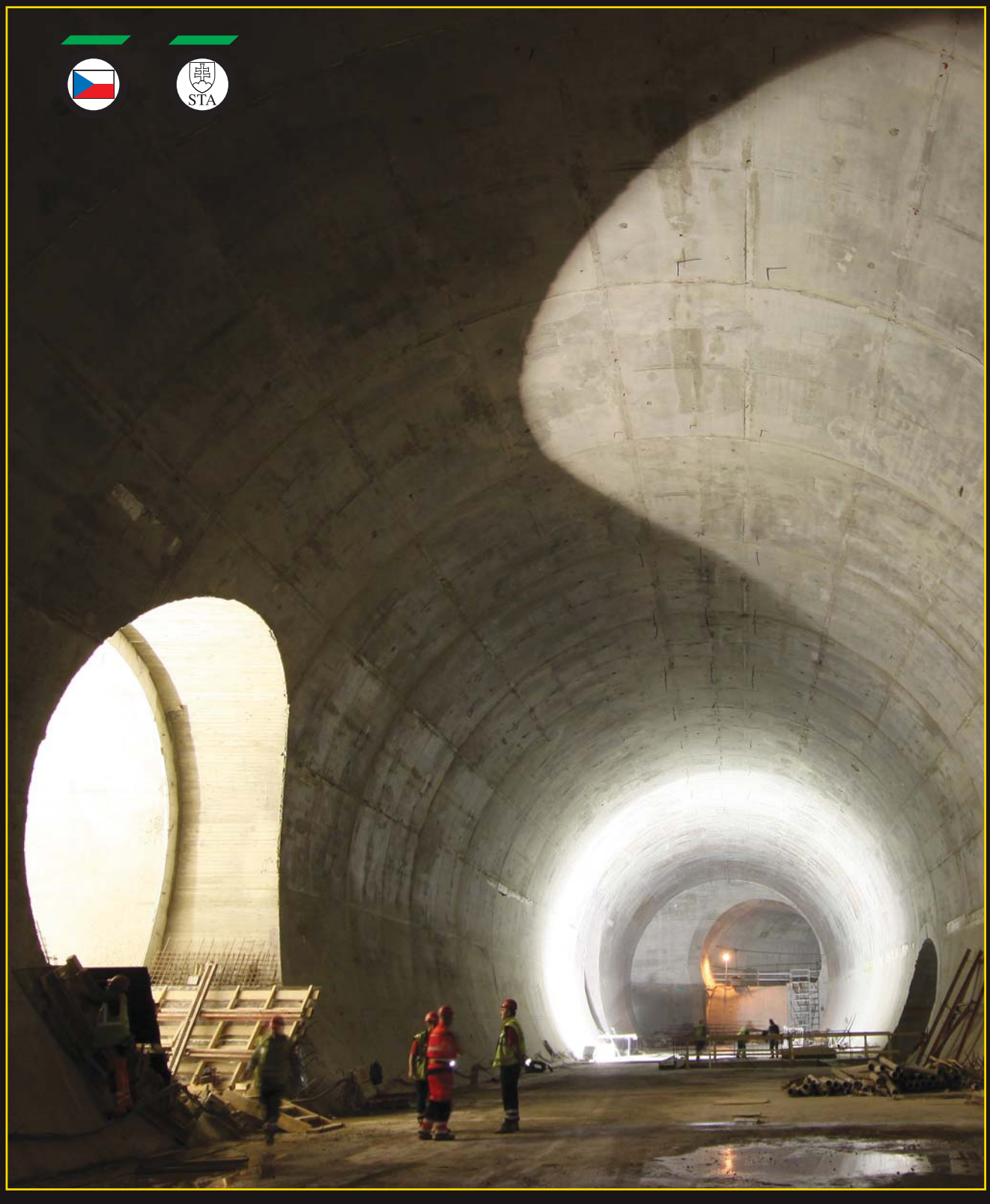
# Tunel

č. 1
2012

ČASOPIS ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES



# Vážení čtenáři časopisu Tunel!

Vámi právě otevřené číslo je v pořadí první v roce 2012. V roce, který bývá označován jako nelehký, krizový, a to především v oblasti stavebnictví.

Tak jako vinař na zasněžené vinici musí doufat v celoroční přízeň počasí a již před provedením řezu révy vinné přemýšlet o tom, co všechno udělá proto, aby letošní úroda byla dobrá, tak i tunelářští odborníci v Čechách musí doufat alespoň v částečnou přízeň nastávajícího ekonomického období a již od počátku roku dělat vše pro to, aby se v tomto čase mohla urodit nějaká ta podzemní stavba.

První číslo ročníku 2012 je věnováno významné tradiční české stavební firmě Subterra, a. s., která se ve své bohaté historii může pochlubit jak ražbou úctyhodných profilů podzemních staveb (jako je kaverna přečerpávací elektrárny Dlouhé Stráně nebo tunelové rozplety pražských silničních tunelů Mrázovka), tak i ražbou menších profilů, notabene i v centrálních částech měst. Za všechny uveďme systém kolektorů v Praze. Do repertoáru této firmy dlouhodobě také patřily i menší plnoprofilové tunelovací stroje. Firma Subterra, a. s., se na následujících stránkách prezentuje aktuálními podzemními stavbami. Jedná se o výstavbu jedné ze stanic v současnosti raženého prodloužení trasy A pražského metra z Dejvic do Motola. Touto stanicí metra je stanice Veleslavín. Jedná se o první trojlodní stanici na pražském metru, která je ražena podle zásad NRTM. Druhý článek je tak trochu z druhého konce spektra podzemních staveb a pojednává o ražbě malým plnoprofilovým tunelovacím strojem (mikrotunelování) ve velmi proměnlivých geologických poměrech v Pardubicích. Z jeho textu mimochodem vyplývá současný evergreen – jak důležitou roli hraje inženýrskogeologický (geotechnický) průzkum, jeho dostatečnost, či nedostatečnost a správná, či nesprávná interpretace geologických a geotechnických poměrů v přímé vazbě na provádění stavby.

Milou zajímavostí tohoto čísla časopisu Tunel je určitá historická linka tematického zaměření několika článků. Začněme rovnou od středověku. Historický Důl Jeroným, který se nachází nedaleko Horního Slavkova v západních Čechách, je dnes velmi zachovalou památkou na středověké hornictví. V současnosti zde probíhá monitoring dlouhodobé stability těchto podzemních prostor (kombinovaný s matematickými analýzami) pro možnost zpřístupnění této hornické památky pro veřejnost. Opravdu velmi poutavým a názorným článkem je článek pojednávající o rekonstrukci výstavby podzemních prostor historických pohraničních opevnění předmnichovského Československa. K tomu lze jen dodat, že bude mít pokračování v dalším čísle – máte se tedy, milí čtenáři, i nadále na co těšit. Třetím článkem, zabývajícím se dnes již historickou podzemní stavbou, která v současnosti jako bájný pták Fénix vstává z popela, je štola Josef, vyražená v 80. a 90. letech 20. století za účelem geologického průzkumu ložiskových zásob zlata v oblasti Mokrsko. Dnes je z této dříve zakonzervované opuštěné štoly experimentální výzkumné a výukové pracoviště několika českých vysokých škol.

Svým pojetím se od ryze odborných článků odlišuje článek o projektové přípravě železničního tunelu Hosín v jižních Čechách, který je především zamyšlením tunelového projektanta nad odpovědností jeho vlastního projektového řešení – vyváženého umístění železničních tunelů jak do daného geologického prostředí, tak především i do okolní krajiny.

Za zmínku určitě ještě stojí článek, převzatý od švýcarských kolegů, publikovaný v odborném časopise Geomechanics and Tunneling, který seznamuje čtenáře s problémem bobtnání některých hornin a následnou vazbou na deformace ostění (zdvih dna), nadloží tunelu, případně dokonce i terénu. Je zde i popsán použitý postup sanace těchto bobtnacích projevů na tunelové ostění pomocí deformačních elementů, respektive pomocí deformačního stavebnicového systému.

Vážení čtenáři časopisu Tunel, v době, kdy se vám toto číslo dostává do rukou, bychom už měli přibližně vědět, co od letošního roku můžeme očekávat, neboť i zimní mrazy na zmíněné vinici by už též v této době měly být překonány.

Všem čtenářům časopisu Tunel a celé naší tunelářské veřejnosti přeji pevné zdraví, štěstí a v tomto nelehkém roce 2012 ať vždy platí to nezprofanované Zdař Bůh!

***RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.***
***člen redakční rady časopisu Tunel***

# Dear TUNEL journal readers,

The journal issue you have just opened is the first in 2012. This year is considered to be difficult and critical, first of all in the area of the construction industry.

Like a wine-grower on a snow-covered vineyard who has to hope that the weather will be favourable during the whole year and consider even before the cutting of grape vines all the things he will do to get a good crop, tunnelling professionals in Czechia have to believe that the coming economic period will be at least partially favourable and do everything to establish conditions in which some underground construction projects could be harvested.

TUNEL issue 1/2012 is dedicated to Subterra a. s., an important Czech construction company, which can pride itself on driving both respectable underground profiles in its rich history (e.g. the cavern for the Dlouhé Stráně pumped storage scheme or tunnel bifurcations on the Mrázovka road tunnel in Prague) and smaller profiles, nota bene even in central parts of cities. As an example, let us mention the system of utility tunnels in Prague. Even smaller full-face tunnelling machines used to be in the repertoire of the company for a long time. Subterra a. s. presents itself on the following pages by current underground construction projects. One of them is the construction of Veleslavín Station, one of stations on the Prague metro line extension from Dejvice to Motol, which is currently being mined. It is the first mined three-vault station on the Prague metro which is built using the NATM. The other paper is a little bit from the opposite end of the spectrum of underground constructions. It deals with the driving of tunnels by means of a small-profile full-face tunnelling machine (microtunnelling) through very variable geology in the city of Pardubice. The current evergreen follows, among other things, from the text, i.e. how important role is played by engineering geological (geotechnical) investigation, its adequacy or inadequacy and correct or incorrect interpretation of geological and geotechnical conditions in the direct relationship to the execution of construction work.

A pleasant feature of this TUNEL journal issue is a certain historic line of the themes of several papers. Let us start just from the Middle Ages. The historic mine Jeroným, which is found near the town of Horní Slavkov in West Bohemia, is today a very well preserved monument to medieval mining. At the moment the monitoring on the long-term stability of the underground spaces (combined with mathematical analyses) is underway, investigating the possibility of opening this mining monument to the public. The paper on the reconstruction of the development of underground spaces of historical border fortifications of the pre-Munich Czechoslovakia is another really very interesting and descriptive paper. It is to be added that this paper will be continued in the next issue. There is therefore something for you, dear readers, to look forward. The third paper dealing with the today already historical underground structure which is today rising like a Phoenix from the ashes is the Josef Gallery, which was driven in the 1980s and1990s with the objective to allow the geological investigation of gold reserves in the area of Mokrsko. Today, this formerly preserved and abandoned gallery has been converted to an experimental research and teaching workplace of several Czech universities.

The conception of the paper on the planning and designing of the Hosín tunnel in South Bohemia differs from purely technical papers. It is, first of all, tunnel designer's reflection on the responsibility for his own design solution, namely for well-balanced placing of rail tunnels both into the given geological environment and, first of all, into the surrounding landscape.

Certainly worth mentioning is the paper borrowed from Swiss colleagues, which was published in technical magazine Geomechanics and Tunnelling, acquainting readers with the issue of swelling of some types of ground and the associated consequences in the form of deformations of liners (the heaving of the bottom), the tunnel cover or even the terrain surface. It also contains the description of the technique used to eliminate the manifestations of swelling on a tunnel lining by means of yielding elements or the Modular Yielding System.

Dear TUNEL readers, at the moment you are holding this issue in hands we should roughly know what we can expect from this year because even the winter frosts on the above-mentioned vineyard should also be over at that time.

I wish all readers of TUNEL journal and the entire tunnelling community good health and happiness. Let always God speed you during this uneasy year 2012.

***RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.***
***Member of TUNEL Editorial Board***

## VÁŽENÍ ČTENÁŘI!

Je tomu již přes rok, co jsem se v tomto časopise zmínil o omlazovacím procesu na klíčových pozicích vedoucích pracovníků u naší společnosti, a to jak ve vedení jednotlivých divizí, tak i ve vedení jejích projektů. A jsem rád, že tento proces úspěšně pokračuje. Myslím si, že právě vhodné spojení elánu mladých méně zkušených pracovníků se zkušenostmi starších ostřílených „Subteráků" je velice důležité z hlediska dalšího rozvoje naší firmy a je příslibem pro její budoucnost.

Samozřejmě je potřeba přiznat, že současná situace ve stavebnictví, a zejména v segmentu podzemních staveb není uspokojivá a ani nejbližší budoucnost neslibuje výrazné zlepšení. Vedení naší společnosti si je plně vědomo tohoto negativního vývoje a snaží se mu čelit hledáním nových příležitostí nejen v nových segmentech na domácím trhu, ale i účastí na výstavbě ražených tunelů v zahraničí, zejména na Balkáně.

V této souvislosti bych se rád zmínil o současných aktivitách divizí Subterra, a. s., v oblasti tunelových staveb. Z pěti divizí je pouze divize 2 výhradně zaměřena na pozemní stavitelství, zbývající se podílejí na výstavbě tunelových staveb v různých formách své činnosti.

Svým rozsahem největší divize 1 je věrna svému původnímu poslání a její hlavní náplní zůstává realizace ražených a hloubených podzemních děl. V současné době probíhá zmáhání závalu na tunelu Jablunkov a dokončuje se výstavba tunelu Dobrovského v Brně. Na železniční trati Votice – Benešov byly v průběhu loňského roku ukončeny ražby všech čtyř tunelů na této trase; nyní se provádějí betonáže v tunelu Tomický II a montáže technologií v ostatních tunelech. Divize 1 se podílí též na výstavbě pražského metra trasy V.A realizací trojlodní stanice Veleslavín, kde byly koncem loňského roku dokončeny ražby staničních tunelů. V souvislosti se svou specializací na řízené mikrotunelování realizovala tato divize i opravu kanalizace o průměru 1000 mm v Pardubicích. V rámci své snahy rozšířit svoji činnost na Balkáně uspěla koncem loňského roku i ve veřejné soutěži na výstavbu tunelu Bancarevo na dálničním tahu z Bělehradu do Sofie u města Niš v Srbsku. Práce budou zahájeny v průběhu I. čtvrtletí.

Hlavní náplní činnosti divize 3 je výstavba železničních koridorů. V rámci své činnosti na těchto koridorech se tato divize zabývá i výstavbou tunelů a jejich rekonstrukcemi, které zajišťuje inženýrsky v rámci dodavatelských sdružení, samozřejmě s účastí vnitropodnikového dodavatele – divize 1. Poslední z divizí naší společnosti, které se výstavba tunelů též týká, je divize 4, která byla založena v rámci Subterry, a. s., před třemi lety. Její součástí je i provoz technologických celků, který je schopen zajistit komplexní dodávku technologického vybavení tunelů.

Nakonec bych se rád ještě zmínil i o jiných než výrobních aktivitách, na kterých se Subterra, a. s., úspěšně podílí. Její zástupci se pravidelně každý rok zúčastňují světových tunelářských kongresů ITA-AITES pořádaných v zahraničí, konferencí včetně Tunelářských odpolední pořádaných v tuzemsku CzTA ITA-AITES a podílejí se i na jejich přípravě a organizaci. Tradiční je též činnost zástupce Subterry, a. s., v redakční radě časopisu Tunel a v předsednictvu České společnosti pro bezvýkopové technologie.

Vážení čtenáři, dovolte mi na závěr vyslovit i víru a naději, že toto nepříjemné období recese ve stavebnictví úspěšně překonáme a že rozvoj tunelářské profese bude nadále pokračovat. Věřme, že k tomu bude pro všechny jak u nás, tak i v zahraničí dostatek příležitostí.

## DEAR READERS!

It was already more than one year ago that I mentioned the rejuvenating process regarding key managerial positions in our company, not only in the management of our divisions but also in the management of their projects. And I am happy that this process successfully continues. In my opinion, it is the proper combination of the enthusiasm of young, less experienced engineers and older, experienced Subterra staff that is very important for the continuing development of our company and is a promise for its future.

Of course, it is necessary to admit that the current situation in the construction industry and, first of all, in the segment of underground construction, is not satisfactory and the nearest future promises no substantial improvement. The management of our company is fully aware of this negative development and tries to resist it by seeking new opportunities not only in new segments on the domestic market but also by participating in the construction of mined tunnels abroad, first of all in the Balkans.

In this context, I would like to mention the current activities of divisions of Subterra a. s. in the field of tunnelling projects. Of its five divisions, only Division 2 is solely focused on building; the remaining four participate in tunnelling projects through various forms of their activities.

Division 1, which is the largest in terms of its size, is faithful to its original mission and its main task to carry out mined and cut-and-cover underground structures remains unchanged. At the moment the work on the collapsed Jablunkov tunnel is in progress and the construction of the Dobrovskeho tunnel in Brno is being completed. The driving of all four tunnels on the Votice – Benesov rail track was finished during the past year; currently the final lining is being cast in the Tomice II tunnel and equipment is being installed in the other tunnels. In addition, Division 1 participates in the construction of the Prague metro line VA by constructing the three-vault station Veleslavín, where the driving of station tunnels was completed at the end of the past year. In the context of its specialisation in controlled microtunnelling, this division refurbished sewers 1000 mm in diameter in Pardubice. It was even successful in its activities in the Balkans at the end of the past year, winning a public competition for the construction of the Bancarevo tunnel on the motorway leading from Beograd to Sofia, near the town of Niš, Serbia. The construction will start during the first quarter.

The main contents of Division 3 work is the construction of railway corridors. Within the framework of its activities on the corridors this division even deals with the construction and reconstruction of tunnels. It provides engineering for them as a part of consortia of contractors, of course with the participation of Division1, the company's internal sub-contractor. The last division of our company, which is also involved in the construction of tunnels, is Division 4. It was founded in Subterra s. s. three years ago. One of its components is a department, which is, among other operations, capable of providing equipment complexes for tunnels.

In the conclusion, I would like to mention even other than construction activities Subterra a. s. has successfully participated in. Its representatives have attended the ITA-Aites World Tunnel Congresses held abroad, conferences including the Tunnelling Afternoons held by the ITA-AITES CzTA in Prague and even participated in their preparation and organisation. The work of a representative of Subterra a. s. in the Editorial Board of TUNEL journal and in the Czech Society for Trenchless Technology has also become a tradition.

Dear readers, allow me to conclude by expressing a belief and hope that we will successfully overcome this unpleasant period of recession in the construction industry and the development of the tunnelling profession will further continue. Let us believe that there will be ample opportunity to prove it for all of us, both at home and abroad.

**ING. ONDŘEJ FUCHS**

*generální ředitel Subterra, a. s.*

*General Manager of Subterra, a. s.*

# STANICE VELESLAVÍN – PRVNÍ TROJLODNÍ STANICE PRAŽSKÉHO METRA NAVRŽENÁ METODOU NRTM

# VELESLAVÍN STATION – THE FIRST THREE-VAULT STATION ON PRAGUE METRO DESIGNED TO BE DRIVEN BY THE NATM

PETR BICAN, PETR CHAMRA, VÁCLAV DOHNÁLEK,
JAN PANUŠKA, LINDA VYDROVÁ

V rámci prodloužení trasy metra A v Praze dojde v období let 2010 až 2014 k výstavbě čtyř nových stanic pražského metra. Jedná se o nový provozní úsek V.A, jehož součástí jsou celkem tři ražené a jedna hloubená stanice. Ražené stanice se dále dělí podle profilu na dvě jednolodní stanice (Petřiny, Červený Vrch) a trojlodní stanici Veleslavín, dočasnou koncovou stanici pak tvoří hloubená stanice Motol s raženými obratovými kolejemi za stanicí (obr. 1).

Investorem prodloužení trasy metra A je Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s., obstaravatelem stavby je Inženýring dopravních staveb, a. s. Výstavbu zajišťuje Sdružení metro V.A (Dejvická – Motol), jehož členy jsou Metrostav, a. s., a Hochtief CZ, a. s. Projektovou dokumentaci zajišťuje firma Metroprojekt Praha, a. s. Geotechnický monitoring zajišťuje sdružení ARCADIS – INSET, jehož členy jsou ARCADIS Geotechnika, a. s., a INSET, s. r. o.

Výstavba trasy metra V.A zajistí výrazně lepší standard veřejné dopravy pro západní část Prahy a v budoucnu umožní pokračování trasy A směrem na Bílou Horu, sídliště Řepy a Zličín nebo alternativně dříve preferovaným směrem k ruzyňskému letišti.

Stanice Veleslavín (obr. 2, 3) je první trojlodní stanicí pražského metra, která je navržená k realizaci Novou rakouskou tunelovací metodou. Na trase se nachází mezi stanicemi Červený Vrch a Petřiny a v budoucnosti by měla vytvořit významný dopravní uzel, který umožní návaznost metra na vlaková spojení a autobusovou dopravu. V případě realizace rychlodráhy na letiště Praha-Ruzyně se v první fázi počítá s přestupem na metro právě na Veleslavíně. Současně se v rámci budoucího využití území uvažuje o vybudování kapacitního autobusového terminálu a podzemních parkovišť P+R, který by umožnil přesun dopravních spojů do oblasti Veleslavína a výrazně tak ulevil vnitřní části Prahy 6 v oblasti Vítězného náměstí.

Realizaci stanice Veleslavín zajišťuje pro vedoucího účastníka sdružení, firmu Metrostav, a. s., formou dodávky „na klíč“ firma Subterra, a. s., přičemž neražené části stanice provádějí pracovníci Divize 2 (přeložky IS, podchod pod ulicí Evropská a vestibul stanice), raženou část stanice včetně definitivního ostění pak provádějí pracovníci Divize 1.

## GEOLOGICKÉ POMĚRY – DODATEČNÝ GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

V průběhu přípravných prací, na přelomu let 2010 a 2011, byl proveden dodatečný inženýrskogeologický průzkum, který měl upřesnit geologickou situaci složitého zájmového území. Doprůzkum byl proveden společností ARCADIS Geotechnika, a. s.

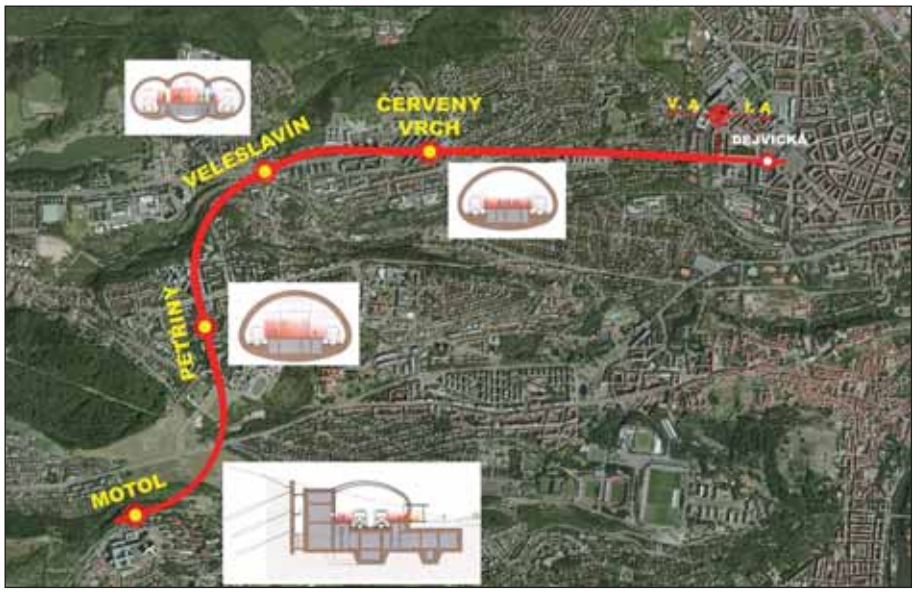
Celkem bylo provedeno sedm jádrových vrtů, které byly situovány převážně do míst s očekávanými nejméně příznivými poměry pro stavbu s přihlédnutím k prostorovým možnostem na povrchu (obr. 4). Doplňující inženýrskogeologický průzkum upřesnil průběh povrchu skalního rozhraní a kvartérního pokryvu a poskytl přesnější informace pro potřeby zpracování dokumentace pro provedení stavby (dále je DPS). Inženýrskogeologické poměry

Four new metro stations will be developed within the framework of the extension of the Prague Metro Line A during the 2010 to 2014 period. They will be built on the new operational section, the fifth in line (designated as VA), comprising three mined stations and one cut and cover station. The mined stations are further sub-divided according to the profile to two one-vault stations (Petřiny and Červený Vrch) and one three-vault station (Veleslavín). The temporarily terminal station, Motol, is formed by Motol a cut-and-cover station and mined tunnels for dead-end tail tracks behind the station (see Fig. 1).

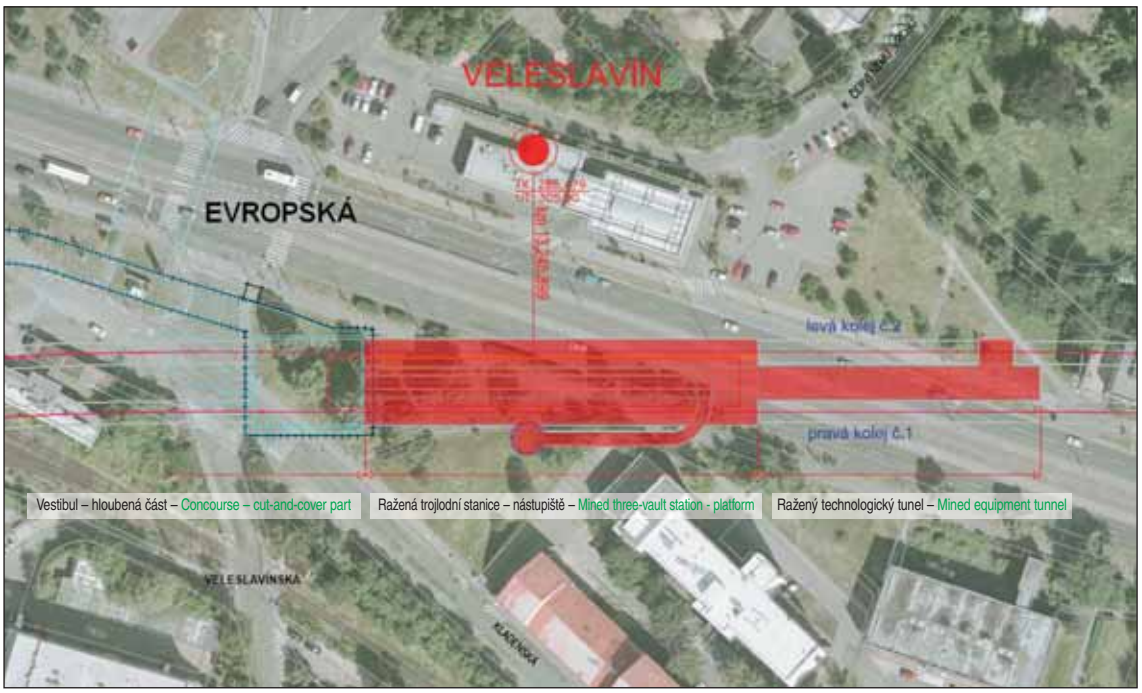
The owner of the Metro Line A extension project is Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s. (the Prague Public Transit Company Inc.), the architect-engineer is Inženýring dopravních staveb a.s., the contractor is „Sdružení metro V.A (Dejvická – Motol)“ consortium consisting of Metrostav a.s. and Hochtief CZ a.s. Design documents are provided by Metroprojekt Praha a.s. Geotechnical monitoring is performed by "ARCADIS - INSET" consortium consisting of ARCADIS Geotechnika a. s. and INSET s. r. o.

The Metro VA construction will significantly improve the standard of mass transport in the western part of Prague and will allow the Line A to extend in the future toward Bílá Hora, the residential area of Řepy and Zličín or, alternatively, in the previously preferred direction of the Ruzyne International Airport.

Veleslavín station (see Figures 2 and 3) is the first three-vault station on the Prague Metro network to be constructed using the New Austrian Tunnelling Method. It is located on the route between Červený Vrch station and Petřiny station. In the future it should form an important transport hub, allowing the interchange between the metro line and the train and bus services. In the case




*Obr. 1 Situace stavby Metro V.A*
*Fig. 1 Metro V.A construction layout*




*Obr. 2 Stanice Veleslavín – situace*
*Fig. 2 Veleslavín station – layout plan*

byly zhodnoceny jako složité a pro ražbu trojlodní stanice jako velmi nepříznivé, a to především z důvodu velmi nízkého horninového nadloží, nízké kvality masivu a vysoké úrovně hladiny podzemní vody.

Geologické poměry (obr. 5) zájmového území jsou reprezentovány různorodými antropogenními navážkami (GT1 – An) mocnosti 4–5,5 m, dále kvartérním pokryvem (GT2 – Qd) tvořeným relativně mocnými deluviálními a eolicko-deluviálními sedimenty s celkovou mocností 3,5–6,8 m. Předkvartérní podloží je reprezentováno ordovickými sedimenty šáreckého souvrství – tmavé jílovitoprachovité břidlice různého stupně zvětrání (GT3 – OBe, GT4 – OBz, GT5 – OB). Nadloží je proměnlivé a postupně klesá od 17 m v portálové části až po 13 m na konci technologické části stanice. Nejkomplikovanější poměry budou zastiženy v závěrečné fázi ražeb. Zde se ve dně tunelů předpokládá zastižení poloh zvětralých až zdravých tufů (obr. 2, vrstvy GT6 – OTfz a GT7 – OTf), které se budou s postupem ražby zvedat až do úrovně vrchlíku kaloty, spolu s tím bude docházet k ústupu břidlic šáreckého souvrství. V této oblasti se předpokládá větší stupeň zvětrání a porušení masivu. Ražba staničních tunelů bude probíhat pod úrovní hladiny podzemní vody. Iniciální přítoky vody do tunelu jsou orientačně hodnoceny třídou V2 (do 1 l/min/1 m).

## PŘEDSTIHOVÉ PRÁCE PŘED RAŽBOU STANICE A ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY VELESLAVÍN

Před zahájením prací na vlastní stavební jámě bylo nutné provedení přeložek inženýrských sítí. V zájmovém prostoru se nacházely ražené kanalizační řady, vodovodní řady až do DN 500 mm, vč. hradního vodovodu, plynovody NTL a STL DN 500, hloubený kabelovod, VN a NN vedení, veřejné osvětlení a slaboproudé kabely celkem jedenácti správců.

Samotná pažená jáma hloubené části stanice Veleslavín (obr. 6) je hluboká 27 m od úrovně HTÚ. Půdorys jámy je obdélníkový a má rozměry 31,6 x 25,9 m. Součástí stavební jámy je přístupová sjízdná rampa o délce 180 m a sklonu 15 %. Stavební jáma se nachází na místě dočasně uzavřené křižovatky ulic Evropská – Veleslavínská – Kladenská (obr. 2).

Zajištění stavební jámy a rampy je navrženo pomocí kombinace pilotového a záporového pažení. Záporové stěny byly provedeny v úvodní části sjízdné rampy. Zápory jsou tvořeny ocelovými nosníky IPE 300 až 400 v roztečích á 2 m. Hlubší část sjízdné rampy a hlavní stavební jáma jsou zajištěny pilotami průměru 800 až 1200 mm v roztečích 2–2,5 m. K zajištění stavební jámy je navrženo celkem šest kotevních úrovní v kombinaci s rozpíráním rohů rozpěrami. Z důvodů budoucích zásahů do východní a západní pilotové stěny (ražba stanice a realizace vestibulu) jsou navrženy celkem 4 úrovně ztužujících železobetonových převázek a celoobvodový hlavový trám. Z důvodů časových a finančních úspor jsou kotvy v rozích a v rampě kombinovány s rozpěrami. Zajištění části sjízdné rampy je pak navrženo kombinací rozpěr a kotev tak, že v budoucnu z důvodů výstavby vestibulu stanice, tj. po odstranění jižní

of the implementation of the project for the urban railway to the Prague-Ruzyne airport, the interchange to metro is planned to be provided in Veleslavín in the first phase. At the same time, the development of a high-capacity bus terminal and underground P&R parking facilities is under consideration within the framework of the future exploitation of the area, which would make shifting of transport lines to the area of Veleslavín possible, thus significantly reducing traffic in the inner sector of Prague 6, in the area of Vítězné Náměstí square.

The construction of Veleslavín station is being carried out for the leading member of the consortium, Metrostav a. s., by Subterra a. s. on the basis of a turnkey contract, with the parts of the station which are not constructed by mining methods (utility diversions, a pedestrian subway under Evropská Street and the station concourse) carried out by Subterra's Division 2 and the mined part of the station including the final lining carried out by workers of Division 1.

## GEOLOGICAL CONDITIONS – SUPPLEMENTARY GEOLOGICAL SURVEY

A supplementary geological survey refining the information on the geological situation of the complex area of operations was conducted during the course of the construction preparation phase at the turn of 2010 – 2011. It was carried out by ARCADIS Geotechnika a.s.

The total of seven cored boreholes were performed. They were drilled mostly in locations where conditions the least favourable for the construction were anticipated, taking into consideration spatial conditions on the surface (see Fig. 4). The supplementary engineering geological survey provided adjusted data on the interface between the bedrock and the Quaternary cover and yielded more precise details required for the work on the detailed design. The engineering geological conditions were assessed as complicated and very unfavourable for the excavation of the three-vault station, first of all because of the shallow rock cover, low quality of rock mass and the high level of water table.

Geological conditions in the area of operations (see Fig. 5) are represented by 4 – 5.5 m thick layers of mixed anthropogenic fills (GT1 – An) and the Quaternary cover (GT2 – Qd), formed by relatively thick deluvial and aeolian-deluvial sediments with the aggregate thickness ranging from 3.5 m to 6.8 m. The pre-Quaternary base is represented by Ordovician sediments of the Šárka Formation, i.e. dark clayey-silty shales of various weathering degrees (GT3 – OBe, GT4 – OBz, GT5 – OB). The overburden thickness is variable, decreasing gradually from 17 m in the portal section to 13 m at the end of the technological part of the station. The most complicated conditions will be encountered in the final phase of the excavation. It is anticipated for this phase that weathered to sound tuffs will be encountered at the bottom of the tunnels (see Fig. 2, GT6 – OTfz and GT7 – OTf layers). The level will rise up to the top-heading crown. At the same time the Šárka Formation shales will retreat. A higher degree of weathering and rock mass disturbance is anticipated for this area. The station tunnels will be driven under the water table level. The initial inflows of water into the tunnel are preliminarily categorised as class V2 (up to 1 L/min/1m).

*Obr. 3 Vizualizace trojlodní stanice Veleslavín (Metroprojekt Praha, a. s.)*
*Fig. 3 Visualisation of Veleslavín three-vault station (Metroprojekt Praha, a. s.)*

stěny rampy, zůstane stát pouze severní kotvená stěna. Další součástí zajištění stavební jámy jsou mikropilotové deštníky uvažované ve statickém výpočtu jako nepředpjaté kotvy v místě budoucích výrubů.

Zásadním úkolem při výstavbě jámy bylo nalezení takových technických a organizačních řešení, která umožnila zkrácení doby výstavby a co nejrychlejší zahájení ražeb stanice Veleslavín.

Problematice stavební jámy Veleslavín bude věnován samostatný článek v časopisu Zakládání staveb v průběhu roku 2012.

Během výstavby stanice Veleslavín bylo kromě úpravy postupu hloubení stavební jámy taktéž nutné prověřit několik alternativních technických návrhů zajištění přístupu k ražené části stanice, případně způsob její samotné realizace. Níže uvedené varianty reagovaly na změny podmínek výstavby:

Protiražba přes přístupové tunely ze stavební jámy E2 (cca 150 m za technologickou částí stanice Veleslavín směrem ke stanici Dejvická).

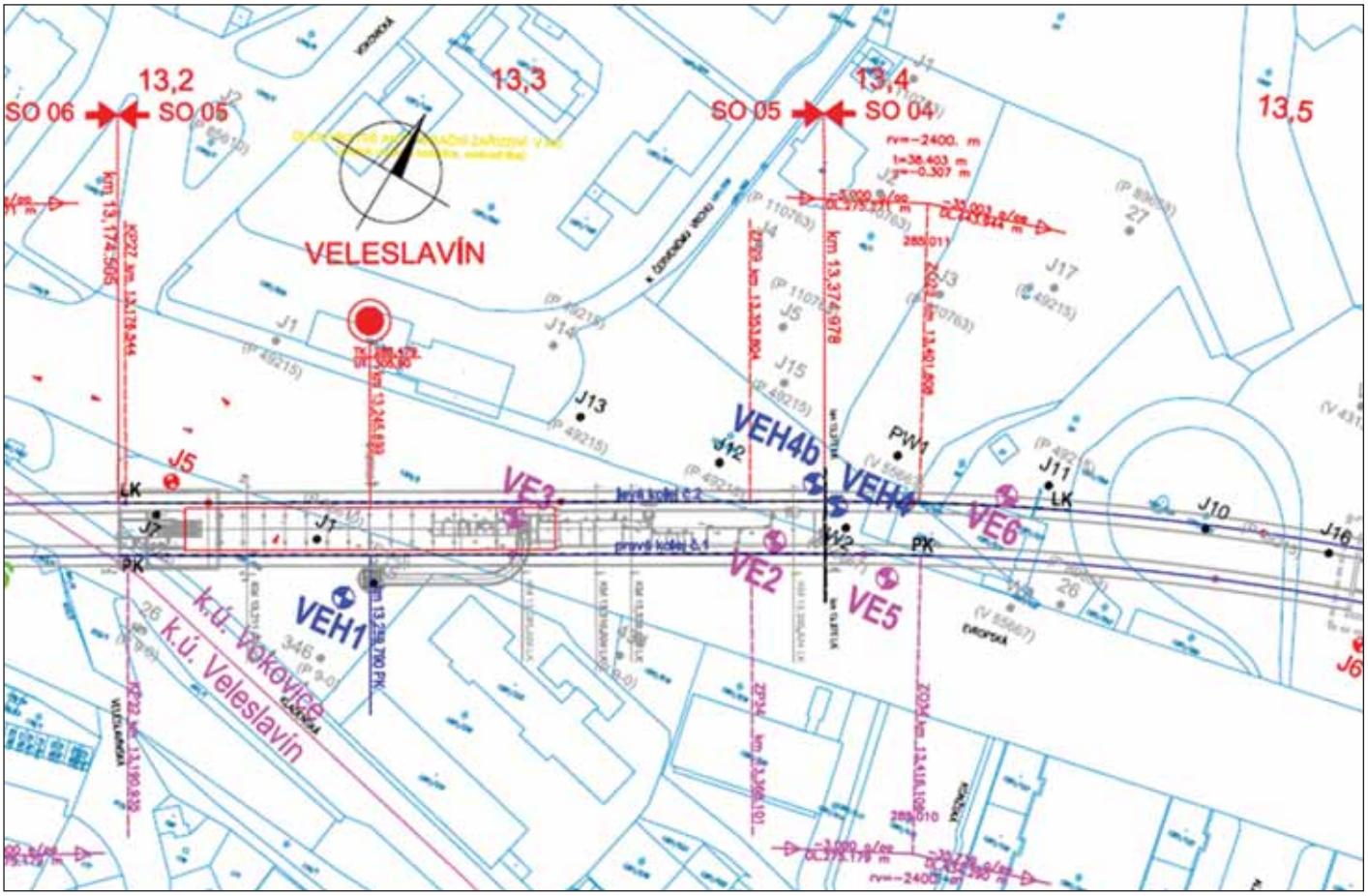
Nahrazení části sjízdné rampy raženou štolou v délce cca 80 m (nejhlubší část rampy).

## EARLY WORKS PRIOR TO THE STATION EXCAVATION AND THE STABILISATION OF THE VELESLAVÍN CONSTRUCTION PIT

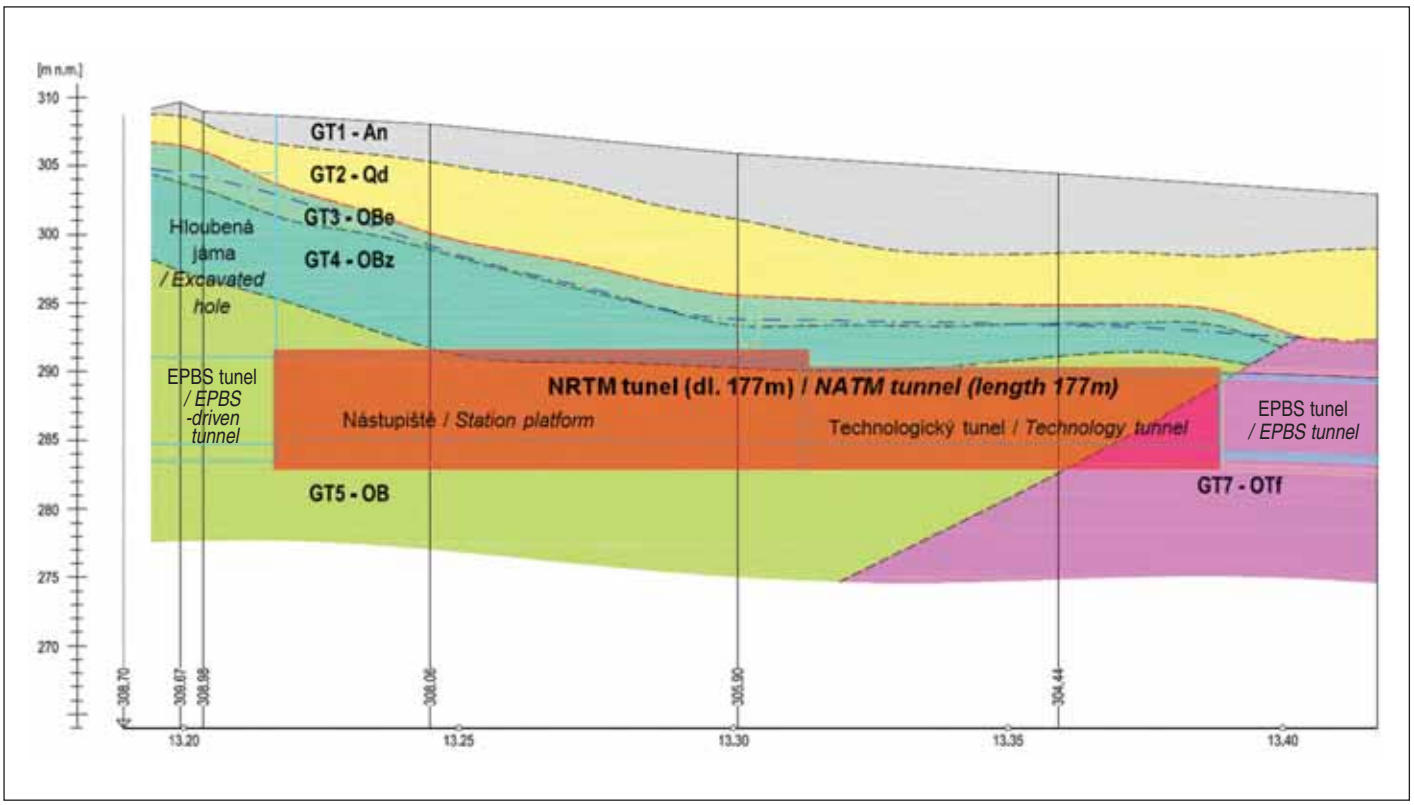
It was necessary to divert utility networks before the commencement of the work on the construction pit. In the area of operations there were mined sewers, water pipelines up to DN 500 mm (including a water line feeding the Prague Castle), high-pressure and low-pressure gas pipelines DN 500 mm, a cut-and-cover cable duct, VV and LV lines, public lighting and communication lines belonging to eleven administrators in total.

The braced pit for the cut-and-cover part of Veleslavín station (see Fig. 6) is 27 m deep, measured from the rough grade level. The pit ground plan is rectangular, with the dimensions of 31.6 x 25.9 m. Part of the construction pit is a 180 m long access ramp descending at the gradient of 15 %. The construction pit is located in the area of the temporarily closed intersection between Evropská – Veleslavínská – Kladenská Streets (see Fig. 2).

The construction pit and the ramp stabilisation are designed to be a combination of pile walls and soldier pile and lagging walls. The soldier pile and lagging walls were installed in the initial section of the descending ramp. The soldier piles are formed by IPE 300 to 400 steel beams installed at 2 – 2.5 m spacing. The deeper part of the descending ramp and the main construction pit are braced by piles 800 to 1200 mm in diameter, installed at 2 – 2.5 m spacing. There were six tiers of anchors combined with braces in corners designed for the stabilisation of the construction pit. The total of four tiers of reinforced concrete walers and a capping beam around the complete circumference are designed taking into consideration the future interventions into the eastern and western pile walls (the excavation of the station and the construction of the concourse). Because of time and cost savings, the anchors are combined with braces in corners and on the ramp. The support of a part of the descending ramp is designed as a combination of braces and anchors in a way ensuring that only the northern anchored wall will remain in place in the future when the southern wall of




*Obr. 4 Doplňující inženýrskogeologický průzkum – rozmístění vrtů (Arcadis Geotechnika, a. s.)*
*Fig. 4 Supplementary engineering geological survey – layout of boreholes (Arcadis Geotechnika, a. s.)*




*Obr. 5 Geologické poměry – levý boční tunel (Arcadis Geotechnika, a. s.)*
*Fig. 5 Geological conditions – the left-hand side tunnel (Arcadis Geotechnika, a. s.)*

Nahrazení trojlodního profilu technologické části stanice samostatným technologickým tunelem v prostoru mezi bočními traťovými tunely ražennými tunelovacími stroji (TBM).

Každá z výše uvedených variant nabízela ve své době možnost alternativního pokračování výstavby stanice Veleslavín. Podrobnější technický popis jednotlivých variant, i to, zdali byly realizovány, či nikoli, bude předmětem některého z dalších článků věnujících se problematice stanice Veleslavín.

## POSTUP VÝSTAVBY RAŽENÉ TROJLODNÍ STANICE

Stanice je v zadávací dokumentaci stavby řešena jako trojlodní mělce ražená délky 172 m s podélným sklonem 3 ‰, s členěním na staniční a technologickou část. Ražby jsou prováděny technologií Nové rakouské tunelovací metody, což je pro takto řešené podzemní dílo v našich podmínkách unikátní. Projektant i dodavatel proto museli vyvinout mnoho nových a nestandardních postupů a detailů, bez kterých by nebylo možno stavbu trojlodní stanice vůbec realizovat. Jedná se například o vytváření umělých kloubů v primárním ostění bočních tunelů nebo specifické napojení hydroizolačního souvrství.

*Obr. 6 Pohled do stavební jámy z východní strany*
*Fig. 6 A view down the construction pit from the eastern side*

the ramp is removed, so that the construction of the station is possible. Another part of the construction pit stabilisation is a system of tube canopies, which are taken in account in the structural analysis as non-pretensioned anchors installed in the location of the future tunnel excavation.

The basic task during the excavation of the construction pit was to find such technical and organisational solutions which would allow the duration of the work to be reduced and the driving of Veleslavín station be started as soon as possible.

The problems of the Veleslavín construction pit will be dedicated a separate paper in Zakládání Staveb journal during 2012.

During the course of the excavation of the Veleslavín construction pit it was, in addition, necessary to test several alternative technical proposals for the access to the mined part of the station and, if required, test the construction procedure. The below-mentioned variants responded to changes in the construction conditions:

Driving access tunnels from the opposite direction via access tunnels driven from construction pit E2 (about 150 m behind the technological part of Veleslavín station in the direction of Dejvická station);

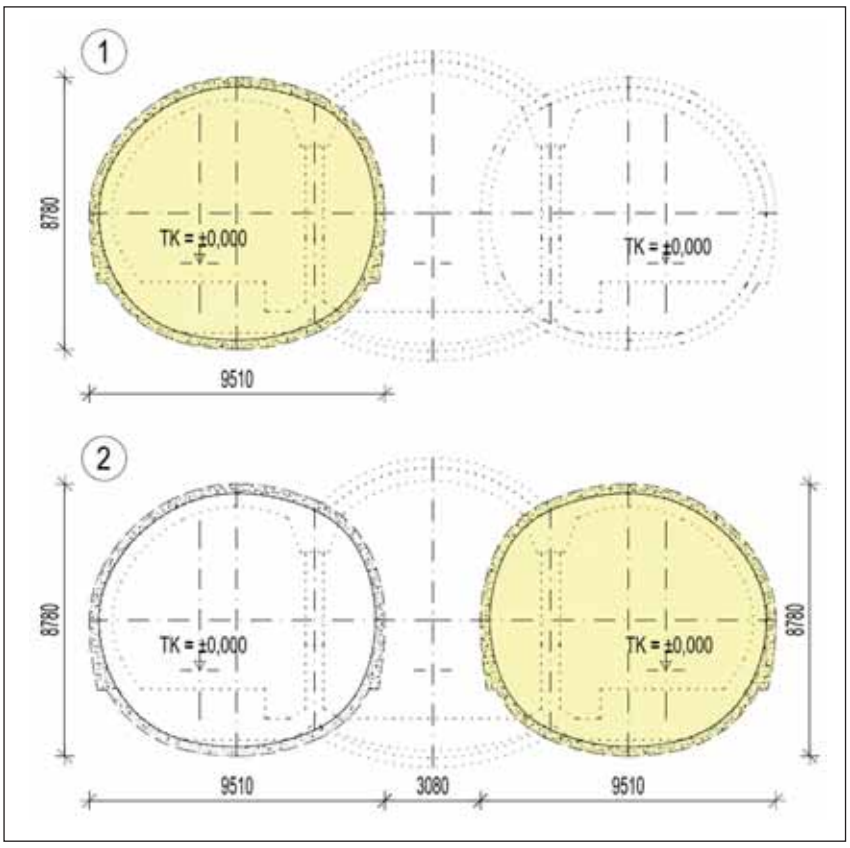
Replacing a part of the descending ramp by an about 80 m long mined gallery (the deepest part of the ramp);

Replacing the three-vault cross-section in the technological part of the station by an independent technological tunnel in the space between the TBM-driven side running tunnels.

Each of the above-mentioned variants offered at its time a possible alternative for continuing the construction work on Veleslavín station. A more detailed technical description of the individual variants and the information whether they were or were not realised will be the topic of other papers dealing with problems of Veleslavín station.

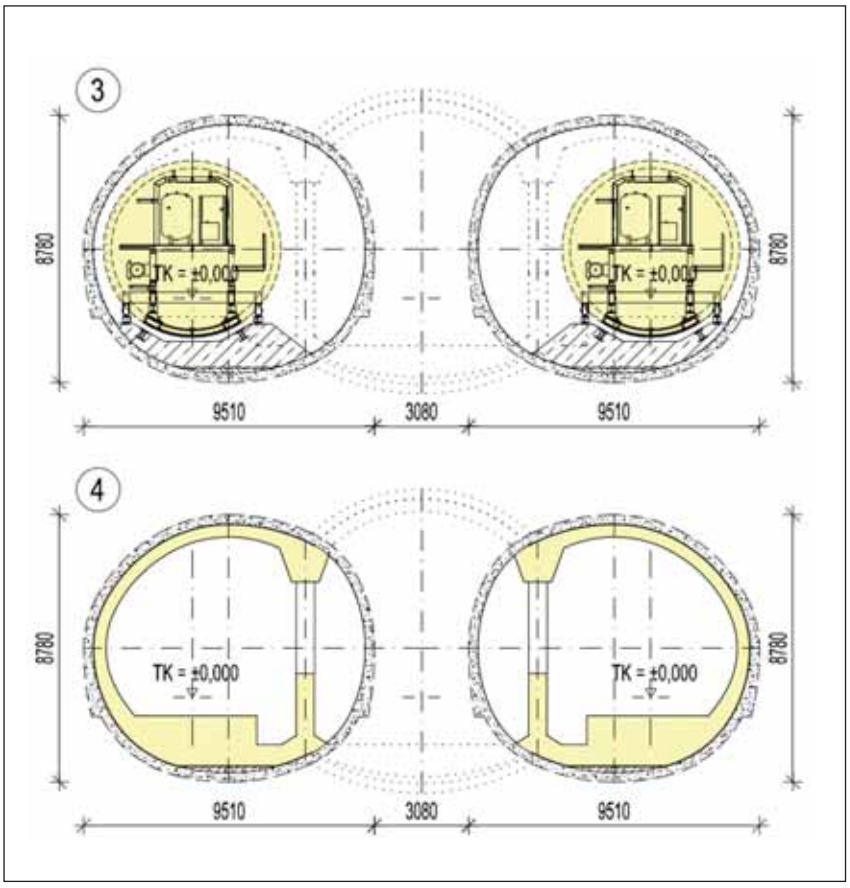
## THREE-VAULT STATION CONSTRUCTION PROCEDURE

In tender documents, the station is designed as a 172 m long three-vault structure, driven at a shallow depth, with the longitudinal gradient of 3 ‰, divided into a station section and a technological section. The excavation is carried out using the New Austrian Tunnelling Method, which is unique in our conditions for an underground working designed in this way. This was




*Obr. 7 1 – ražba levého staničního tunelu, 2 – ražba pravého staničního tunelu (Metroprojekt Praha, a. s., Tomáš Urbánek)*

*Fig. 7 1 – Driving the left-hand station tunnel, 2 – Driving the right-hand station tunnel (Metroprojekt Praha, a. s., Tomáš Urbánek)*




*Obr. 8 3 – protažení tunelovacího stroje stanicí, 4 – hydroizolace a definitivní ostění LST a PST (Metroprojekt Praha, a. s., Tomáš Urbánek)*

*Fig. 8 3 – pulling of the full-face tunnelling machine through the station, 4 – waterproofing and final lining of the LST and RST (Metroprojekt Praha, a. s., Tomáš Urbánek)*

why the client and the contractor had to develop many new and non-standard procedures and details, without which the construction of the three-vault station could never be realised. Among them there is, for example, the development of artificial joints in the primary lining of the side tunnels or a specific connection of the waterproofing layers.

The construction of the three-vault station is divided into several phases. The 95.3 m long side tunnels in the station section, with the total cross-sectional area of 65 m$^2$ (see Fig. 7), will be driven first. Then the works will continue by driving the 76.6 m long side tunnels in the technological section of the station, with the excavated cross-sectional area of 46 m$^2$. When the driving of the side tunnels is finished, it will be necessary to prepare all structures needed for the pulling of TBMs through (the TBMs driving the running tunnel sections between individual stations) (see Fig. 8). This work comprises first of all the cutting of openings for the passage of the TBMs through the western portal wall in the construction trench and the installation of launching backstops in the side tunnels required for the continuation of the drives after the pulling of the TBMs to the end of the NATM-driven side tunnels is completed. The concrete beds along which the TBMs will be pulled will be cast in the end. The machines will continue to drive the 150 m long tunnel section from the launching backstops to the construction pit E2 and further toward Červený Vrch station. When the starter tunnel sections are finished behind the construction pit E2, it will be possible to switch their logistics over from the construction site BRE1 (Vypich) to this construction pit. Thus the two Veleslavín station side tunnels will be vacated, allowing the subsequent installation of the final lining in the side parts of the station including the waterproofing layers. The installation of the final lining in the side tunnels will make the commencement of the central tunnel excavation possible (see Fig. 9). The excavated cross-sectional area of this tunnel is 45 m$^2$ and 72 m$^2$ in the station section and the technological section, respectively. In this phase, the primary lining of the central tunnel will be joined with the primary lining of the side tunnels, with concurrent partial back-ripping of the lining of both side tunnels. In this way an interconnected three-vault tunnel shape will originate, with the total excavation width of 22 m and the cross-sectional areas of 175 m$^2$ and 164 m$^2$ in the station section and the technological section, respectively. When the excavation of the central profile is finished, the final lining will be installed in it and waterproofing layers in the side tunnels will be connected to the waterproofing layers in the central tunnels.

A circular, 16 m deep escape shaft will be sunk within the framework of the construction works, with an access gallery linking to it. In the beginning, the gallery will be driven in parallel with the right-hand side tunnel, which subsequently will turn to connect the central profile of the station section. The total length of the gallery is 53 m.

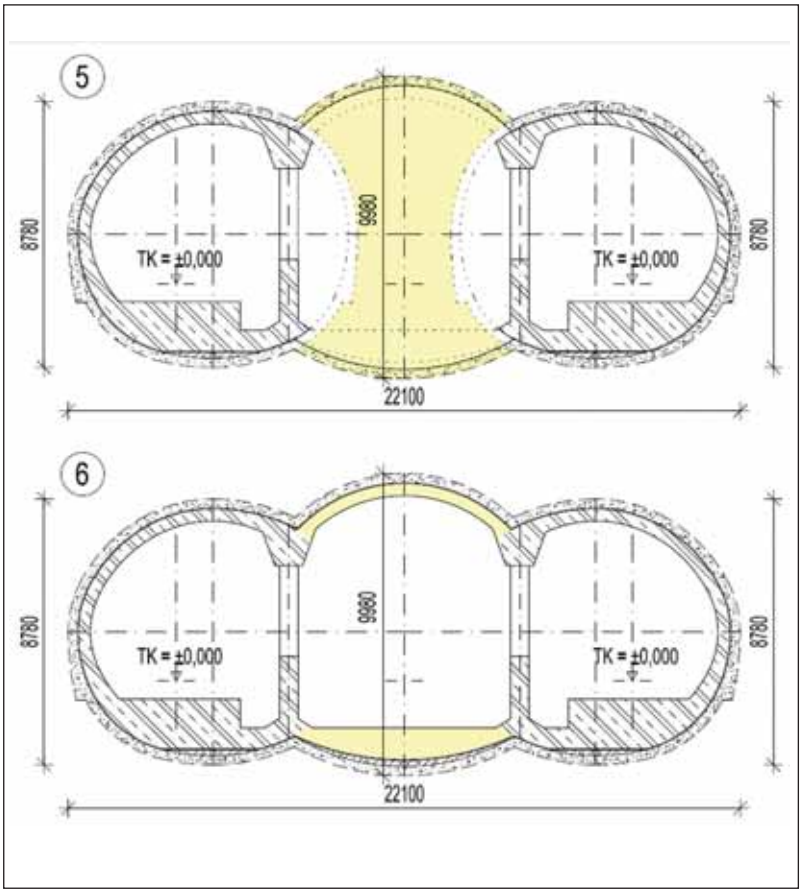
## CONCLUSION

The construction of the first three-vault station of the Prague metro designed to be driven using the NATM is an interesting engineering problem by its own.

The conditions following from the construction process, i.e. the division of the construction of the mined section of the station into individual partial headings in combination with the pulling of the TBMs through it according to pre-prepared

Výstavba trojlodní stanice je rozčleněna do několika fází. Nejprve budou vyraženy boční tunely staniční části (obr. 7) délky 95,3 m o celkové ploše výrubu 65 m$^2$, následně bude ražba pokračovat bočními tunely části technologické o délce 76,6 m s plochou výrubu 46 m$^2$. Po ukončení prací na bočních výrubech je nutné připravit veškeré konstrukce potřebné pro protažení štítů (obr. 8), které razí úseky mezi jednotlivými stanicemi. Jedná se především o vybourání otvorů pro štíty v západní portálové stěně stavební jámy a zhotovení startovacích zarážek v bočních tunelech pro pokračování ražeb po protažení štítů na konec ražených bočních tunelů. Nakonec budou provedena betonová lůžka, po kterých bude samotné protažení strojů realizováno. Stroje budou ze startovacích zarážek pokračovat v ražbě stopadesátimetrového úseku k jámě E2 a dále směrem ke stanici Červený Vrch. Po jejich zaražení za jámu E2 bude umožněno přepojit jejich logistiku ze staveniště BRE1 (Vypich) do této stavební jámy, čímž dojde k uvolnění obou bočních tunelů stanice Veleslavín pro následnou realizaci definitivního ostění bočních částí stanice včetně izolačního souvrství. Provedení definitivního ostění v bočních tunelech umožní zahájit ražby střední tunelové trouby (obr. 9) o výrubu 45 m$^2$ ve staniční části a 72 m$^2$ v části technologické. V této fázi bude primární ostění středního výrubu navázáno na primární ostění výrubů bočních se současným částečným vybouráním ostění obou bočních tunelů. Takto vznikne propojený trojlodní tvar s celkovou šíří výrubu 22 m o ploše 175 m$^2$ ve staniční části a 164 m$^2$ v části technologické. Po ukončení ražeb středního profilu bude provedeno jeho definitivní ostění a propojeno izolační souvrství mezi bočními a středními výruby.

V rámci realizace bude dále vyhloubena kruhová šachta únikového objektu o hloubce cca 16 m, na níž navazuje přístupová štola. Štola je nejprve ražena souběžně s pravým bočním výrubem, který následně nadchází a zaústuje do středního profilu staniční části. Její celková délka je 53 m.




*Obr. 9 5 – Ražba středního staničního tunelu, 6 – hydroizolace a definitivní ostění SST (Metroprojekt Praha, a. s., Tomáš Urbánek)*
*Fig. 9 5 – Driving the central station tunnel, 6 – waterproofing and final lining of the CST (Metroprojekt Praha, a. s., Tomáš Urbánek)*

## ZÁVĚR

Výstavba první trojlodní stanice pražského metra navržená metodou NRTM je sama o sobě zajímavou inženýrskou úlohou.

Podmínky, vyplývající z postupu výstavby, tj. rozdělení realizace ražené části stanice na jednotlivé dílčí výruby v kombinaci s protažením tunelovacích strojů podle předem daného harmonogramu výstavby, vyžadují vyřešení řady nových technických postupů a detailů. Jedná se zejména o napojení primárního ostění bočních a středního výrubu, provádění izolací v místě styku bočních výrubů se středním výrubem a samotnou realizaci sekundárního ostění.

Výše uvedené skutečnosti jsou dále umocněny nepříznivými podmínkami pro ražbu, které jsou dány nízkým horninovým nadložím nízké kvality a ražbou pod provozovanou ulicí Evropská.

Návrhu a řešení dříve nepoužitých postupů se budeme věnovat v některém z příštích čísel časopisu Tunel.

*ING. PETR BICAN, pbican@subterra.cz, SUBTERRA, a. s.,*
*ING. PETR CHAMRA, chamra@metrostav.cz, METROSTAV, a. s.,*
*ING. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,*
*ING. JAN PANUŠKA, jpanuska@subterra.cz, SUBTERRA, a. s.,*
*ING. LINDA VYDROVÁ, linda.vydrova@metrostav.cz, METROSTAV, a. s.*

*Recenzoval: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.*

construction schedule, require numerous new technical procedures and details to be solved. The problems in question comprise, first o all, the interconnection of the primary linings of the side tunnels and the central tunnel, the installation of the waterproofing at the interface between the side tunnels and the central tunnel and the installation of the secondary lining itself.

The above-mentioned facts are further augmented by unfavourable tunnelling conditions associated with the shallow, poor quality rock cover and mining under the busy Evropská Street without closing it to traffic.

We are going to deal with the design and solutions for the procedures which have not been used before in one of the future issues of TUNEL journal.

*ING. PETR BICAN, pbican@subterra.cz, SUBTERRA, a. s.,*
*ING. PETR CHAMRA, chamra@metrostav.cz, METROSTAV, a. s.,*
*ING. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,*
*ING. JAN PANUŠKA, jpanuska@subterra.cz, SUBTERRA, a. s.,*
*ING. LINDA VYDROVÁ, linda.vydrova@metrostav.cz, METROSTAV, a. s.*

## LITERATURA / REFERENCES

KOCHÁNEK, M. *Prodloužení trasy A metra v Praze ze stanice Dejvická, Provozní úsek V.A – Dejvická (mimo) – Motol, SO 05-20/01,02 Stanice Veleslavín (Ražba + primární ostění dílčí výrub pravý/levý) včetně platných změn*. Praha : Metroprojekt Praha, a. s., 4/2011.

ROUT, J., BOHÁTKOVÁ, L. *Závěrečná zpráva doplňujícího inženýrskogeologického průzkumu pro SOD O5 – Stanice Veleslavín na trase metra V.A*. Praha : Arcadis Geotechnika, a. s., 2011.

# MIKROTUNELOVÁNÍ VE ZNAČNĚ PROMĚNLIVÝCH GEOLOGICKÝCH PODMÍNKÁCH V PARDUBICÍCH

# MICROTUNNELLING THROUGH HIGHLY VARIABLE GEOLOGY IN PARDUBICE

TOMÁŠ TUREK, KAREL FRANCZYK

## 1 ÚVOD

Subterra, a. s., prováděla v dubnu 2011 řízené mikrotunelování strojem ISEKI při opravě havarované kanalizace v Pardubicích. Opravou je samozřejmě míněná nově instalovaná stoka, která v daném místě nahradí starý havarovaný řad. S touto investicí se ve městě i na Pardubických vodárnách a kanalizacích dlouhodobě počítalo, takže havarijní stav, ke kterému došlo na podzim roku 2010 realizaci vlastně jen urychlil. Stav dosavadní kanalizace se navíc neustále zhoršoval, což přispělo významně k volbě metody provádění. Destrukce stávajícího řadu totiž postupně dosáhla takového stavu, že nebylo možné využít žádných sanačních metod a klasicky prováděná nová kanalizace by zase situaci neúnosně prodloužila. Celkově bylo nutné vybudovat nově úsek dlouhý bezmála 150 metrů pod rušnou Třídou kapitána Bartoše v bezprostřední blízkosti nádraží a obchodního centra. Otevřený výkop by z těchto důvodů vůbec nepřicházel do úvahy (obr. 1).

Pracovní tým divize 1 Subterra, a. s., tak měl za úkol provádět práci, se kterou již měl bohaté zkušenosti, např. ze stavby Kompletace kanalizačních sběračů – Karviná, která probíhala v letech 2007–2009, a kde technologie mikrotunelování strojem ISEKI byla nasazena na české poměry v nezvykle velkém rozsahu. Ostatně o tom bylo v minulosti referováno i na stránkách časopisu Tunel.

## 2 ZÁKLADNÍ DATA PROJEKTU

Objednatel stavby: město Pardubice
Zhotovitel: sdružení firem Subterra, a .s., a KVIS
Hlavní dodavatel mikrotunelovacích prací: Subterra, a. s.
Dodavatel mikrotunelovací technologie: ISEKI microtunnelling
Celková délka kanalizace: 145 m
Dodavatel trub: Keramo Steinzeug – keramika
Průměr potrubí: 1275 mm (vnější průměr) x 1000 mm (vnitřní průměr) x 2000 mm (délka)

**Harmonogram předpokládaných prací:**

- Pracovní doba – dvousměnný provoz 24 hod. denně od pondělí do soboty
- Počáteční ustavení ve startovací jámě 5 dnů
- Spuštění zařízení 0,5 dne
- Očekávaný postup 6–12 m za den
- Vyčištění zařízení, demobilizace staveniště 2–4 dny

## 3 GEOLOGICKÉ POMĚRY A VOLBA TECHNOLOGIE

Město Pardubice je obecně známé celkově ne zrovna příznivou geologií pro podzemní práce. Tím máme na mysli jednak výskyt hrubozrnných nesoudržných štěrků labské terasy, které obvykle komplikují jakékoli výkopové a zemní práce a vyvolávají problémy se stabilitou podzemních konstrukcí. Dále bývá problémem vysoká hladina podzemní vody, která logicky koresponduje s provázaností prostředí s tokem Labe. V neposlední řadě je obecný problém v Pardubicích s pozůstatky průmyslové výroby, které se v podzemí projevují jednak výskytem cizorodých předmětů, jednak chemickým znečištěním zejména ropnými látkami, ale také výskytem bomb z období druhé světové války, kdy bylo město masivně bombardováno.

Geologický průzkum vycházel zejména ze dvou sond, které se v nedávné minulosti (při stavbě moderního obchodního centra) prováděly v relativní blízkosti nadcházející ražby. Jak je patrné z hodnot v tabulce 1, v hloubce prováděného díla (cca 4–6 m pod povrchem) se údaje obou sond velmi zásadně lišily.

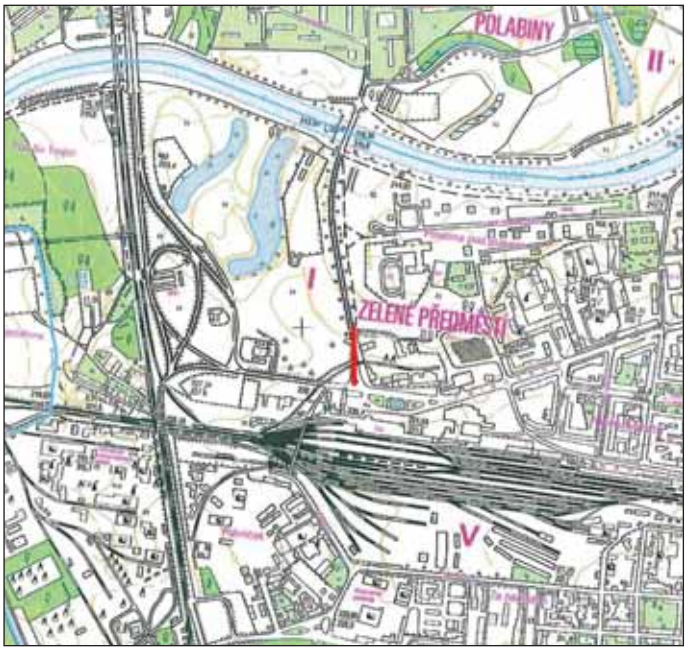
## 1 INTRODUCTION

Subterra a. s. applied remotely controlled microtunnelling technique using an ISEKI machine to repairs of an old collapsed sewer in the city of Pardubice in April 2011. The repair consisted of the installation of a new sewer designed to replace the old collapsed pipeline. This investment had been contained in a long-term plan of the city and Pardubice water and sewerage company, therefore, the emergency conditions which appeared in the autumn of 2010 practically only accelerated the commencement of the operation. In addition, the condition of the existing sewerage had continuously deteriorated. This fact significantly contributed to the selection of the construction method. The destruction of the existing sewer gradually reached such the state which did not allow any rehabilitation method to be used and the classical construction of a new sewer would have unecceptably extend the duration of the situation. All in all, it was unecessary to construct a new, 150 m long, section under busy Třída Kapitána Bartoše Street, in close proximity to a railway station and a commercial centre. For these reasons, an open trench was absolutely out of question (see Fig. 1).

The task for the working team of Division 1 of Subterra a. s. was to carry out the work they had gathered the wealth of experience in, for example, during the implementation of the project named "Completion of sewers – Karviná", which was carried out from 2007 to 2009, where an ISEKI microtunnelling machine was applied to an extent which was unusually large for Czech conditions. Besides, this project was covered on TUNEL journal pages in the past.

## 2 BASIC PROJECT DATA

Client: the City of Pardubice
Contractor: a consortium consisting of Subterra a. s. and KVIS Pardubice a. s.
Main contractor for microtunnelling: Subterra a.s.
Supplier of microtunnelling equipment: ISEKI Microtunnelling
Total sewer length: 145 m
Supplier of tubes: Keramo Steinzeug s.r.o. – clayware




*Obr. 1 Přehledná situace*
*Fig. 1 Schematic lay-out*

*Tab. 1 Geologický popis sond*
*Table 1 Recovered cores*

| S1: | kóta terénu 219,7 m n. m. – okraj labského aluvia zavezený navážkami<br>terrain altitude 219.7 m a.s.l. – the edge of the Elbe River alluvium covered with made ground | | |
|---|---|---|---|
| *hloubka*<br>*Depth* | *sled vrstev*<br>*Sequence of strata* | *klasifikace podle bývalé ČSN 73 1001*<br>*Classification according to former ČSN 73 1001 standard* | *těžitelnost podle bývalé ČSN 73 3050*<br>*Excavation class according to former ČSN 73 3050* |
| 0,0–0,7 | navážka kyprá – písčitá hlína s hrubými zlomky cihel, betonu, dlažebními kostkami, asfaltem ze silnic apod., 50 % do 20–30 cm, ojediněle 50 cm<br>made ground – soft sandy loam with coarse fragments of brick, concrete, cobblestones, asphalt from road pavement etc.; 50% up to 20-30 cm, sporadically 50 cm | G4/GM-Y- | 3–4 |
| 0,7–4,9 | navážka ulehlá – hlína, hlinitý písek se štěrky, hrubým kamenivem, asfaltem, betonem apod. v průměru 40–50 % do 20–30 cm, ojediněle 60 cm<br>made ground – compact loam, silty sand with gravel, coarse aggregate, asphalt, concrete etc.; in average 40-50 % up to 20-30 cm, sporadically 60 cm | G4/GM-Y | 4 |
| 4,9–5,4 | navážka – škvára s uhelným mourem, organickou hlínou a občasným hrubým kamenivem<br>made ground – cinder with dust coal, organic loam and sporadic coarse aggregate | F6/CI-O-Y | 3 |
| 5,4–6,8 | šedočerný měkký organický náplav s hrubými zlomky zetlelých větví dřevin<br>grey-black soft organic alluvium with rough fragments of rotten tree branches | F8/CH-O | 2 |
| 6,8–7,0 | šedožlutý písek zkalený org. detritem, s občasnými štěrky do 2–3 cm<br>grey-yellow sand soiled by organic detritus , with sporadic gravels up to 2-3 cm | F8/CH | 2 |

| S2: | | | |
|---|---|---|---|
| *hloubka*<br>*Depth* | *sled vrstev*<br>*Sequence of strata* | *klasifikace podle bývalé ČSN 73 1001* | *těžitelnost podle bývalé ČSN 73 3050* |
| 0,0–0,8 | navážka – hlína s popelem, komunálním odpadem, občasné kamenivo<br>Made ground – loam with cinder, municipal waste, sporadically aggregate | F3/MS-O-Y | 2 |
| 0,8–3,2 | krémově hnědý písek střední s polohami písku středního až hrubého se štěrčíky 10–20 % do 1,5 cm, hlavní podíl do 0,5 cm<br>Creamy brown sand with medium to coarse grained sand layers containing 10 – 20 % of pea gravel up to 1.5 cm, main proportion up to 0.5 cm | S2/SP | 2 |
| 3,2–4,3 | hnědožlutý střední až hrubý písek s 25 % štěrků do 4 cm<br>Brown-yellow medium to coarse grained sand containing 25 % of gravel up to 4 cm | S2/SP | 2 |
| 4,3–4,5 | dtto narezlý<br>Ditto but rustish | S2/SP | 2 |
| 4,5–5,8 | hnědožlutý písčitý štěrk, 60 % polymiktních štěrků do 5 cm, ojediněle 7 cm, hlavní podíl do 1 cm, s výplní hrubého písku<br>Brown-yellow sandy gravel containing 60 % of polymict gravels up to 5 cm, sporadically 7 cm, main proportion up to 1 cm; coarse-grained sand infill | G2/GP | 2 |
| 5,8–6,9 | béžový střední až hrubý písek s 10–20 % štěrků do 0,5–1 cm<br>beige, medium to coarse grained sand containing 10-20 % of gravel up to 0.5 – 1 cm | S2/SP | 2 |
| 6,9–7,0 | žlutošedý tuhý slín<br>Yellow-grey firm marl | F8/CH | 2 |
| *Hladina podzemní vody / Water table* | | *naražená – okolo 4,5 m / Tapped level – around 4.5 m*<br>*ustálená 4,2 m / Standing level 4.2 m* | |

Přeloženo do srozumitelnějšího jazyka – co ty sondy vlastně říkají? V blízkosti chystané ražby se realizovaly dvě sondy s pronikavě odlišným výnosem. Jedna poukazovala na výskyt písků a drobnozrnných štěrků, pro ražbu celkem příznivých, druhá definovala navážky různého druhu včetně možného výskytu cizorodých překážek, a dokonce i nevybuchlé munice z druhé světové války. Nikdo z geologů však nebyl schopný říci, jak vlastně máme výsledky sond přesněji interpretovat: Bude většina ražby probíhat v poměrech podobných podmínkám definovaným sondou 1 (navážky různého druhu) a jen malá část v podmínkách definovaných sondou 2 (drobnozrnné štěrky a písky), nebo to bude naopak? Nebyl čas ani peníze na provedení další sondy, bylo třeba se rozhodnout podle limitovaných údajů, které byly k dispozici.

Recenzent tohoto článku poznamenal, že tato pasáž má „surrealistický charakter“. Ano. O způsobu provádění podzemních staveb se často

Tube dimensions: 1275 mm (outer diameter) x 1000 mm (inner diameter) x 2.000 mm (length)

***Assumed works schedule:***

- Working time – two-shift round-the-clock operation from Monday to Saturday
- Initial setting in the launching pit 5 days
- Starting the machine 0.5 day
- Expected advance rate 6 – 12 m per day
- Cleaning the machine, demobilisation from the site 2- 4 days

## 3 GEOLOGICAL CONDITIONS, SELECTION OF CONSTRUCTION TECHNIQUE

The city of Pardubice is generally known owing to the geology which is not much favourable for underground work. We mean the occurrence of

*Obr. 2 Spouštění stroje Iseki do šachty*
*Fig. 2 Iseki machine lowering to the shaft*

nerozhoduje způsobem, který bychom nazvali „realistický“, a na vině je prakticky pokaždé nedostatečnost informací o skutečných podmínkách podloží. V tomto případě byla zvolena technologie mikrotunelování, protože skýtala relativně největší záruky, že si s proměnlivostí prostředí poradí.

## 4 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROVÁDĚCÍ TECHNOLOGII

Stroj: Iseki Unclemole TCC 1220 mm OD upravený na 1295 mm OD/1000 mm ID (obr. 2)

***Rozměry:***
- Délka: 2968 mm
- Průměr: 1 220 mm, upravený na 1295 mm
- Hmotnost: 9 tun (přibližně)

***Výkonnostní data:***
- Výkon hlavní motorové jednotky: 30 kW
- Dosažitelný krouticí moment řezání/sekání: 122 kNm
- Rychlost řezací hlavy: 2,0 rpm
- Epicyklické drtící akce: 26 za otočku (72 za minutu)

***Ostatní data:***
- Maximální velikost balvanu: 400 mm
- Maximální neohraničená tlačná pevnost balvanu: 200 MPa
- Řídicí ramena: 2, produkující 144 tun (140 barů)/laserové zaměřování + digitální CCTV
- Audio komunikační jednotka
- MTBM čtečka měřidel: hydrostatický tlak podzemní vody/tlak výplachu/tlak hydraulické jednotky/tlak řídícího ramene MTBM/tlak na kruhovém adaptéru protlačovací trubky

***Doprovodné a přídavné zařízení:***
- Kontrolní stanoviště pro řízení systémů Unclemole TCC/Super od 1000 mm id do 1200 mm id
- Řídicí systém se sebevyvažovacím laserem TP-L4B s červeným paprskem
- Multitypová výbava pro protlačování včetně hydraulického síťového zdroje 30 kW
- Vybavení pro čerpání výplachu:
  - 30 kW variabilní hlavní vnitřní čerpadlo
  - 15 kW variabilní hlavní vnější čerpadlo
  - přídavná čerpadla 15 kW variabilní a fixní vnitřní čerpadlo
- Vstřikovací vybavení pro směšování maziva – koloidní mixér 120 l s čerpadlem o tlaku 30 barů
- Separace odpadu – 15 stop dlouhá platforma s proměnlivě rotujícím sítem
- Jeřáb na uložení potrubí

## 5 PRŮBĚH PRACÍ

### 5.1 Hloubení startovací a dojezdové jámy

Právě při hloubení obou jam panovaly největší obavy z možnosti výskytu nevybuchlé munice z druhé světové války. Proto se prováděl opakovaně odborný pyrotechnický průzkum a před každou zabírkou se ověřoval ještě i vlastními lidmi využitím hledačky kovů. Avšak z důvodu očekávané nestability průvodních zemin bylo nutné použít pro ostění jámy beraněné štětové stěny. Co kdyby došlo ke kontaktu munice právě při

coarse-grained cohesionless gravels forming the Elbe River terraces. The gravels usually complicate any excavation and groundwork operations and cause problems with the stability of underground structures. In addition, the high water table level, which logically corresponds to the Elbe River level, often poses problems. At last but not least, there is a general problem in Pardubice associated with remnants of industrial production, which manifest themselves in the underground by the occurrence of foreign objects, chemical pollution, first of all by oil and oil products, but also by the existence of bombs from World War 2, during which the city was massively bombarded.

The geological survey was based first of all on two drill holes which were in the not so distant past (during the construction of a modern commercial centre) carried out relatively close to the upcoming underground excavation. As it is obvious from the values presented in Table 1, the data obtained from the two drill holes very significantly differed at the depth of the planned tunnelling operations (about 4 – 6 m under the surface).

Translated into a better understandable language – what do the drill holes suggest? Two drill holes yielding substantially different cores were carried out in the vicinity of the planned underground excavation. One of them identified the occurrence of sandstones and fine-grained gravels which are relatively favourable for tunnelling, whilst the other one defined made ground of various kind, including the possibility of the occurrence of foreign obstacles and even unexploded ammunition from World War 2. However, none of the geologists was able to advise how the results of the drill holes were to be interpreted in a more exact manner: Will the majority of the tunnelling be carried out in conditions similar to the conditions defined by the drill hole No. 1 (various kinds of made ground) and only a small portion in the conditions defined by drill hole No. 2 (fine-grained gravels and sands), or will the proportion be converse? There was not enough time and money for drilling another hole, therefore, it was necessary to make the decision on the basis of the limited data which was available.

The reviewer of this paper noted that this part of the text has a “surrealistic character.” It is true. Decisions on underground construction techniques are often made in a way which we would not call “realistic”. The reason is practically always insufficient information about real conditions in the underground. In this particular case the microtunnelling technique was selected because it provided relatively highest guarantees that it would cope with the variability of the ground environment.

## 4 BASIC DATA ON THE TUNNELLING EQUIPMENT

Machine: Iseki Unclemole TCC 1220 mm OD modified to 1295 mm OD / 1000 mm ID (see Fig. 2)

***Dimensions:***
- Length: 2968mm
- Diameter: 1220 mm, modified to 1295mm
- Weight: 9 tonnes (approximately)

***Performance data:***
- Output of the main motor unit: 30 kW
- Attainable cutting torque: 122 kNm
- Speed of cutterhead rotation: 2.0 rpm
- Epicyclic crushing action: 26 per rotation round (72 per minute)

***Other data:***
- Maximum size of boulder: 400mm
- Maximum unconfined indentation strength of boulder: 200 MPa
- Hydraulic steering cylinders: 2 pieces, generating 144 tonnes (140 bar) / laser-based surveying + digital CCTV
- Audio communication unit
- MTBM reader of measuring gauges: Groundwater head / Flushing pressure / Hydraulic unit pressure / MTBM steering cylinders pressure / Pressure on the circular adapter of the jacking tube

***Accompanying and optional equipment:***
- Unclemole TCC/Super 1000mm ID through 1200mm ID systems control station
- Control system with Red Beam Utility self-levelling laser TP-L4B
- Multi-type jacking equipment including a 30 kW hydraulic power pack
- Flush pumping equipment:
  - 30 kW variable main internal pump
  - 15 kW variable main external pump
  - Auxiliary pumps 15 kW – variable and fixed internal pumps
- Lubricant mixing injection equipment – a colloidal mixer 120 l with a 30 bar pump
- Mud separation – a 15 feet long platform with a variable rotary mud screen
- Crane for lowering of tubes

*Obr. 3 Usazení stroje na vodicí lyžiny*
*Fig. 3 Setting the machine on guiding rails*

larsenování? Je možno jen uvést, že rozhodování (které v praxi obnášelo dlouhé debaty s projektanty, geology, pyrotechniky i prostými pamětníky) mělo asi opět spíše „surrealistický charakter“, nicméně rizika byla nakonec vyhodnocena tak, že riziko ztráty stability jámy s možnými důsledky na povrchu bylo nepoměrně větší než riziko výbuchu po provedeném opakovaném pyrotechnickém průzkumu. Proto byla správně zachována technologie hloubení s využitím larsenových stěn.

### 5.2 Mikrotunelování

Mikrotunelovací práce trvaly celkem 10 dnů (obr. 2). Pracovalo se na dvě směny – denní a noční. Předpokládané geologické podmínky se nakonec potvrdily jen částečně. V první polovině úseku se sice vyskytovaly jemnozrnné štěrkopísky, ale byly doplněny příměsí jílů, což bylo pro ražbu velmi příznivé, protože to představovalo optimální skladbu pro separaci. Větší výskyt valounů a větších zrn by zahlcoval síta a naopak větší výskyt jílu by zahustil výplach, a tím separaci zdržoval. V daných podmínkách tak bylo možno dosáhnout postupů 12–14 metrů za směnu. V polovině trasy se podmínky výrazně změnily a stroj se potýkal s navážkami různého typu, balvanitými štěrky a v podloží staré železniční trati i se základovou betonovou a železobetonovou konstrukcí. Tyto překážky zdolal za cenu extrémního snížení rychlosti, změn směru rotace i směru proudění výplachu. I tak se zřejmě dostal těsně pod hranici svých možností. Přítomnost munice se nepotvrdila nikde. V závěru ražby se postupy výrazně zpomalily z důvodu procházení pevné konstrukce (zde až na 1 m za směnu), takže v průměru se zmenšily zhruba na polovinu oproti úvodní části. Celkově tak bylo dasaženo průměrných postupů 7 m za směnu neboli 14 m za den.

## 6 ZÁVĚR

Ilustrativní příklad projektu v Pardubicích dokumentuje ošidnost geologické situace a prováděného průzkumu. Na 150 m ražby se proměnila geologie dosti zásadním způsobem. Geologický průzkum s tím sice do jisté míry počítal, nebyl však schopen určit, v jakém vzájemném poměru obě rozdílné formace budou, což mohlo být důležité. Kdyby se na trase udělaly alespoň dvě další sondy, byla by geologická situace mnohem jasnější a všechny strany – zhotovitelé i investor – by měly jasnější představu o budoucích nákladech.

Předěl obou formací byl nakonec potvrzený při ražbě zhruba přesně v polovině trasy, což bylo zřejmě na samé hranici schopnosti technologie. Projekt byl dokončen v termínu a v dobré kvalitě. Sluší se zdůraznit, že byl přesně dodržen požadovaný spád 1,5 promile, který na podobných projektech, kde je třeba přesně navázat na začátek a konec stávajícího řadu, je naprosto zásadní.

*ING. TOMÁŠ TUREK, tturek@subterra.cz,*
*ING. KAREL FRANCZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,*
*SUBTERRA, a. s.*

*Recenzoval: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.*

## 5 SEQUENCE OF WORK

### 5.2 Excavation of the launching and receiving pits

It was first of all during the excavation of both pits that the biggest fears existed regarding the occurrence of unexploded ammunition from World War 2. For that reason expert pyrotechnical survey was repeatedly carried out and a metal detector was used by contractor's own personnel before each advance round. Nevertheless, sheet pile walls had to be installed because of the anticipated lack of stability of surrounding ground by driving of piles to the sub-base. A contact with the ammunition during this operation was the subject of great concern. I can only say that the decision making process (which in practice consisted of long discussions with designers, geologists, pyrotechnicians and ordinary people remembering the WW2 time) had again rather "surrealistic character". Nevertheless, the risks were eventually evaluated with the conclusion that the risk of the loss of stability of the pit with consequences to the surface was significantly bigger than the risk of explosion after completing the repeated pyrotechnical survey. For that reason it was a correct decision that the excavation method using Larsen sheet pile walls was retained.

### 5.2 Microtunnelling

The microtunnelling operations took 10 days in total (see Fig. 3). A two-shift (day and night) operation was applied. The anticipated geological conditions were eventually confirmed only partially. It is true that fine-grained gravel sands were encountered in the first half of the section. Nevertheless, they were complemented by the addition of clay. This fact was very favourable for the driving of the tunnel because it created a composition optimal for separation. Larger proportion of boulders and bigger grains would have overloaded screens and, conversely, larger content of clay would have increased the density of the flush, thus the process of separation would have been retarded. It was therefore impossible under the particular conditions to achieve advance rates of 12 – 14 m per shift. The conditions substantially changed in the middle of the route. The machine had to cope with various types of made ground, gravels with boulders and, in the sub-base of an old rail line, even with a concrete and reinforced concrete foundation structure. It overcame these obstacles only at the cost of extremely reduced advance rates, changes in the direction of rotation and direction of the flush flow. Even then the machine nearly reached the limits of its capacity. The presence of ammunition was not confirmed in any location. At the conclusion of the drive the advance rates were significantly reduced because of the passage under a firm structure (up to 1 m per shift), thus the average rate dropped roughly to a half compared with the initial section, as shown in Table 2.

## 6 CONCLUSION

The illustrative example of the project in Pardubice documents the trickiness of geological conditions and geological surveys. The geology quite radically changed along the tunnelling length of 150 m. On the one hand, the geological survey took this possibility into account, on the other hand, in was not able to determine the proportions in which the different formations would be encountered, which could be important. The interface between the two formations was eventually identified during the excavation to be exactly in the middle of the route; therefore, the conditions were probably nearly at the very limit of the capacity of the equipment. The construction was completed on time and with good quality. It is appropriate to put stress on the fact that the required longitudinal gradient of 1.5 per mille was adhered to. This requirement is absolutely essential for similar projects, where it is necessary to connect the pipeline to the beginning and the end of the existing sewer.

*ING. TOMÁŠ TUREK, tturek@subterra.cz,*
*ING. KAREL FRANCZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,*
*SUBTERRA, a. s.*

**LITERATURA / REFERENCES**

Dokumenty z archivu a. s. Subterra

# HISTORICKÁ POHRANIČNÍ OPEVNĚNÍ ČSR – REKONSTRUKCE VÝSTAVBY PODZEMNÍCH PROSTOR

# HISTORICAL BORDER FORTIFICATIONS IN CZECHOSLOVAK REPUBLIC – RECONSTRUCTION OF THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACES

JAKUB MIKOLÁŠEK, JIŘÍ BARTÁK

## 1 ÚVOD

Politický vývoj v některých zemích, především v Německu, ve 30. letech 20. století byl jasným impulzem pro mnoho evropských států, včetně Československa, zabývat se obranou svých území před vznikající válečnou hrozbou. Československá republika se tak, pod nezanedbatelným vlivem spojenecké Francie, rozhodla pro výstavbu linií opevnění s účelem zadržení nepřátelského náporu alespoň do doby, než se podaří zmobilizovat zbytek čs. armády a obsadit strategické pozice.

Přípravy výstavby československého stálého opevnění sahají do roku 1934, kdy byla zahájena samotná projektová činnost. Opevňovací práce zastřešilo nově vzniklé Ředitelství opevňovacích prací (ŘOP), které pak prostřednictvím jednotlivých Ženijních skupinových velitelství (ŽSV) a armádních sborů řídilo celou výstavbu. Ředitele opevňovacích prací po celou dobu jeho činnosti vykonával divizní generál Karel Husárek. Dodavatelskými firmami byly v té době nejvýznamnější soukromé stavební společnosti a podnikatelé – Hlava, Kapsa a Müller, Kruliš, Záruba-Pfeffermann, Lanna, Pažout, Skorkovský, Konstruktiva; konzultanty při výstavbě byli vesměs pozdější profesoři ČVUT v Praze – Z. Bažant, S. Bechyně a B. Hacar.

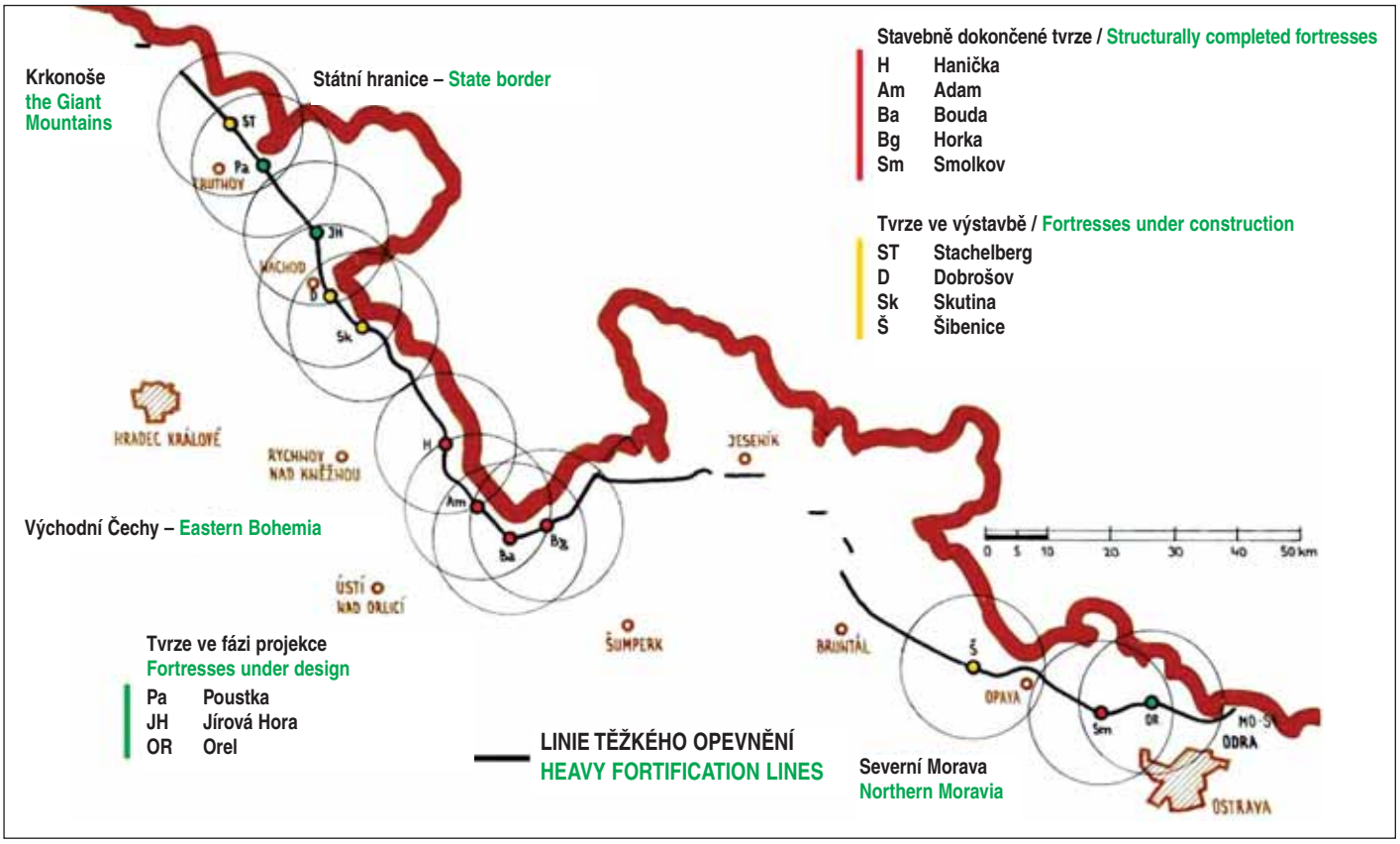
Opevnění se mělo postupně budovat téměř po celé hranici tehdejšího Československa, měřící pouze s Německem 1550 km. Po anšlusu Rakouska na jaře 1938 se tato délka zvětšila na 2100 km. Bez

## 1 INTRODUCTION

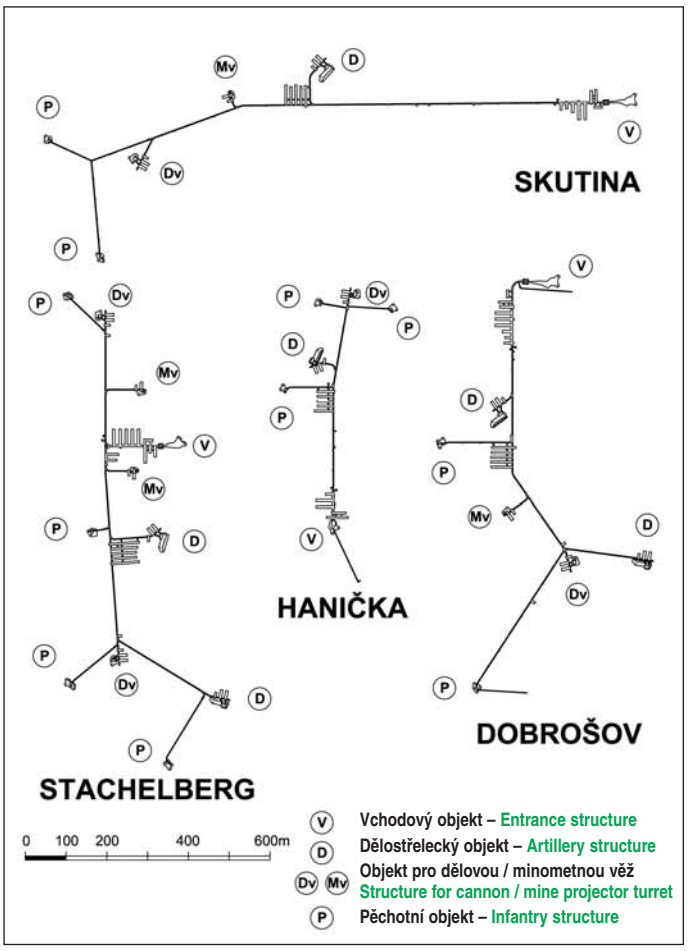
Political development in some countries (first of all Germany) in the 1930s was a clear impulse for many European states, including Czechoslovakia, to deal with the defence of their territories against the originating war threat. Czechoslovak Republic, under a significant influence of allied France, decided to develop a fortification line with the purpose of intercepting the enemy attack at least until the remaining forces of the Czechoslovak army were mobilised and strategic positions were manned.

Preparations for the development of permanent Czechoslovak fortification reach back to 1934, during which the work on the design itself started. Fortification works were subjected to the newly originated Fortification Works Directorate, which organised the entire development through particular Engineer Group Headquarters and army corps. The position of the director of the fortification works was held by general Karel Husárek throughout the period of its existence.

The fortification was to be developed step-by-step, nearly along the whole border of the then Czechoslovakia, which was 1550 km long only along Germany. After the Anschluss of Austria in the spring of 1938, this length increased to 2100 km. Nor did the border with Hungary and Poland remain without attention. Thus the total




*Obr. 1 Rozmístění tvrzí na tzv. severním válčišti v prostoru Bohumín – Krkonoše [3]*
*Fig. 1 Layout of fortresses in the so-called northern battlefield in the area of Bohumín – the Giant Mountains [3]*




*Obr. 2 Situace vybraných tvrzí – pro porovnání ve shodném měřítku; kromě podzemních prostor jsou pomocí symbolů vyznačeny i povrchové objekty (vchodové, dělostřelecké, minometné a pěchotní) [4]*

*Fig. 2 Layout of selected fortresses – on identical scales allowing the comparison. Surface structures (entrance, artillery, mortar and infantry purposes) are also marked by symbols [4]*

povšimnutí nezůstala ani hranice s Maďarskem a Polskem, a tak se celková délka zabezpečované hranice rozšířila na 3920 km. Pouze krátká hranice s malodohodovým spojencem Rumunskem (200 km) mohla zůstat bez zajištění linií stálého opevnění nebo vojenskými jednotkami.

Samotná fyzická výstavba opevnění se rozběhla na jaře roku 1935. Postupně vznikla rozsáhlá typologie objektů stálého opevnění, založeného především na systému bočních paleb, sestávající z lehkého opevnění vz. 36 (LO vz. 36), lehkého opevnění vz. 37 (LO vz. 37) a těžkého opevnění (TO). Tyto linie byly dále doplňovány o systémy souvislých protitankových a protipěchotních překážek, zásobovacích komunikací a kabelové spojovací sítě.

Páteř čs. stálého opevnění mělo tvořit opevnění těžké, tvořené železobetonovými, téměř výhradně dvoupatrovými objekty. Síla stropní desky a čelní stěny objektu se pohybovala v rozmezí od 150 do 350 cm železobetonu. Ve strategicky důležitých lokalitách měly být vybudovány tvrze – objekty v nejvyšší možné odolnosti, vybavené dělostřeleckou výzbrojí a navzájem spojené komplexem podzemních prostor, tvořícím dlouhodobé zázemí pro samostatné fungování pevnosti. Tento článek přibližuje projekci těchto tvrzí a výstavbu jejich rozsáhlých podzemních prostor. Připomíná tak klasické konvenční metody ražby a dobové přístupy k provádění podzemních staveb.

## 2 PROJEKTOVÁNÍ TVRZÍ

Tvrzí bylo projektováno celkem 12, z nichž 5 bylo do září roku 1938 stavebně dokončeno (Hanička, Adam, Bouda, Horka a Smolkov), 4 rozestavěny (Stachelberg, Dobrošov, Skutina a Šibenice) a zbylé 3 zastiženy ve stadiu projekčních prací (Poustka, Jírová Hora a Orel). Jejich rozmístění je patrné z obr. 1.

length of the border to be protected grew to 3920 km. Only the short (200 km) border with Romania, one of the Small Treaty allies, could be left without the protection by the line of permanent fortifications or military bodies.

The physical construction of the fortification itself started in the spring of 1935. An extensive typology of structures of the permanent fortification was gradually developed (based first of all on a system of flanking fire) consisting of type 36 light fortification structures, type 37 light structures and heavy fortification structures. Systems of continuous antitank and antipersonnel obstacles, supply roads and a communication cable network were further supplemented to these lines.

The backbone of the permanent fortification of Czechoslovakia was to be formed by heavy fortifications consisting of reinforced concrete, nearly exclusively two-storeyed, structures. The thickness of the reinforced concrete roof deck and the front wall of the structure ranged from 150 to 350 cm. Fortresses, structures with the highest degree of resistance equipped with ordnance and interconnected by a complex of underground spaces forming a long-lasting hinterland for independent functioning of the fortress, were to be built in strategically important locations. This paper gives the readers an idea of the design for these fortresses and extensive underground spaces attached to them. It is therefore reminiscent of conventional mining methods and attitudes toward underground construction of that period.

## 2 FORTRESS DESIGN

The total of 12 fortresses were designed. September 1938 saw the construction of 5 of them (Hanička, Adam, Bouda, Horka and Smolkov) completed and 4 of them under construction (Stachelberg, Dobrošov, Skutina a Šibenice) and remaining 3 in the designing stage (Poustka, Jírová Hora and Orel). Their locations are presented in Fig. 1.

It is necessary to say that the tactical siting of individual surface structures, their firing potentials and the concealment from direct enemy observation and gunnery were the main aspect taken into consideration by the designer. The influence of the extent of underground spaces on the design of fortresses was not so important (see Fig. 2).

According to a period design specification, the minimum height of the overburden of all underground spaces was to reach 16 m in natural good-quality rock (granite, gneiss etc.) or 20 m in undisturbed, compact soil or semi-rock (cohesive clay, shale, phylite etc.). The overburden height was measured between the outer surface of the lining crown. Adhering to these principles was to guarantee that the underground spaces would be protected against effects of explosions of shells and aircraft bombs of all calibres known at that time.

According to the terminology of that period, the underground spaces of the fortresses were called “galleries”. The most important communication element was the “main gallery” connecting the entrance structure with ammunition stores, barracks and individual artillery structures. Taking into consideration the transport by means of hand trucks on a narrow-gauge track, the longitudinal gradient of the gallery was not to exceed 10 ‰. The gradient up to 40 ‰ was required for the galleries leading to infantry structures, where smaller volumes of ammunition transport were expected. Hand-pushed trucks with rubber wheels were to be used for the transport. A smaller gradient of 2 ‰ was prescribed only for the space along ammunition stores so that unprompted movement of the trucks during reloading of materials was prevented. The minimum radius of branches and horizontal curves of the galleries serving to the transport of materials was 10 m [2].

The requirements for the vertical alignment were important not only for fluent material supplies, but also for adequate drainage of the underground spaces. The drainage was designed as a matter of principle as a gravity system, by means of central drains under the floors of the galleries. All underground spaces were drained usually to the rear, to the entrance structure; part of the underground space was even drained in another direction in well-founded cases (Bouda and Dobrošov fortresses). In the cases where the entrance structures were connected with an inclined gallery or a vertical shaft, water

*Obr. 3 Odvodňovací štola tvrze Dobrošov v blízkosti nevybudovaného vchodového objektu; na dně štoly je uloženo odvodňovací potrubí, které i dnes spolehlivě odvádí vodu z podzemí tvrze*
*Fig. 3 Drainage gallery in Dobrošov fortress, in the vicinity of the entrance structure, which was not built. The drainage pipeline which is laid on the bottom of the gallery reliably drains water from the fortress underground even today*

Nutno říci, že při samotném projektování tvrzí bylo uvažováno hlavně taktické rozmístění jednotlivých povrchových objektů, jejich palebné možnosti a také ukrytí před přímým nepřátelským pozorováním a dělostřelbou. Rozsah podzemních prostor měl na projekci tvrzí až druhotný vliv (obr. 2).

Podle dobového projekčního předpisu měla výška nadloží všech podzemních prostor dosahovat minimálně 16 m rostlé kvalitní skály (žula, rula atd.) nebo 20 m neporušené kompaktní zeminy či poloskalní horniny (soudržné jíly, břidlice, fylity apod.). Výška nadloží byla uvažována od rubového líce klenby ostění. Dodržení těchto zásad mělo zaručit ochranu podzemních prostor před účinky výbuchů dělostřeleckých nábojů i leteckých bomb tehdy známých ráží.

Podle dobové terminologie se podzemní prostory tvrzí nazývaly „galeriemi“. Nejdůležitějším komunikačním prvkem byla „hlavní galerie“, neboli chodba spojující vchodový objekt s muničními skladišti, kasárny a jednotlivými dělostřeleckými objekty. Její sklon, kvůli dopravě pomocí ručně vedených vozíků úzkorozchodné dráhy, neměl být větší než 10 ‰. U chodeb vedoucích k pěchotním objektům, kde se uvažovalo s nižšími objemy přepravované munice, byl požadován sklon do 40 ‰ a doprava se zde měla dít pomocí ručně tlačených vozíků s gumovými koly. Pouze v prostoru podél muničních skladů byl předepsán menší sklon chodby 2 ‰, aby bylo zabráněno samovolnému rozjíždění vozíků dráhy při překládání materiálu. Minimální poloměr odboček a směrových oblouků chodeb, sloužících pro dopravu materiálu, činil 10 m [2].

Předepsaný průběh nivelety podzemních prostor nebyl důležitý pouze pro plynulé zásobování materiálem, ale také pro dostatečné odvodnění podzemí. To bylo řešeno zásadně gravitačně pomocí centrální kanalizace pod podlahami chodeb. Všechny podzemní prostory byly vyspádovány zpravidla do týlu k vchodovému objektu, v odůvodněných případech byla část podzemí spádována i jiným směrem (tvrz Bouda, Dobrošov). V případě, že byl vchodový objekt spojen s podzemím šikmou svážnicí nebo svislou šachtou, byla voda odváděna samostatnými odvodňovacími štolami (obr. 3). U tvrze Šibenice měla délka této samotné štoly dosáhnout až 420 m.

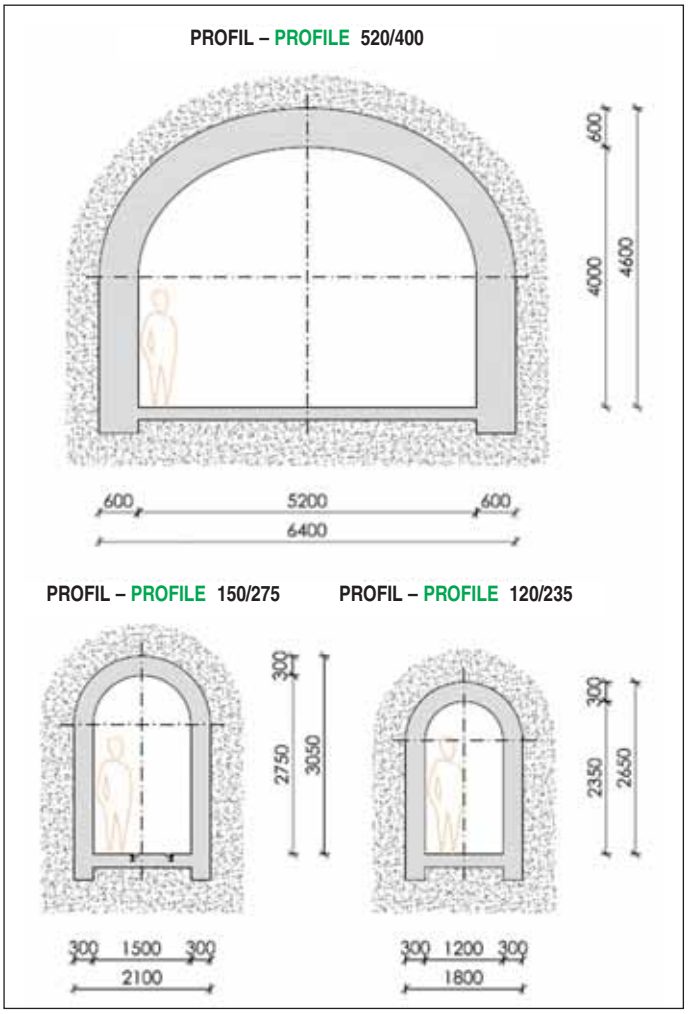
Průřezy chodeb v podzemí tvrzí byly charakterizovány dvěma číselnými údaji, oddělenými lomítkem. První údaj značil světlou šířku profilu, číslo za lomítkem pak označovalo světlou výšku v cm. Až na výjimky u některých největších používaných průřezů byla klenba půlkruhová, z označení profilu byla tedy jasně patrná jak výška svislých stěn, tak vzepětí klenby. Předepsaná tloušťka ostění byla 30 cm prostého betonu u profilů do světlé šířky 2,5 m, u větších se pak tloušťka ostění jednorázově zvětšovala na 60 cm. V případě potřeby bylo možné tvar ostění upravit podle podmínek zastižených při výstavbě, ovšem požadovaný vnitřní průřez musel zůstat zachován. Základní průřezy jsou patrné z obr. 4.

was drained through independent drainage adits (see Fig. 3). The length of the independent adit for Šibenice fortress was to reach up to 420 m.

Cross-sections of galleries in the underground of the fortresses were characterised by two figures separated by a slash. The first figure was for the net width of the profile, whilst the figure behind the slash denoted the net height in cm. Apart from exceptions for some of the largest cross-sections used, the barrel vaults were semicircular. The profile marking therefore clearly denoted both the height of the vertical walls and the height of the crown. The thickness of the unreinforced concrete lining prescribed for cross-sections with the net width of 2.5 m was 30 cm; it grew to 60 cm in larger cross-sections. If necessary, it was possible to modify the geometry of the lining to satisfy the conditions encountered during the construction, under the condition that the required inner cross-section was maintained. The basic cross-sections are presented in Fig. 4.

The dimensions of the profile of an “artillery gallery” leading from the main ammunition stores behind the entrance structure to individual artillery forts is 150/275 cm. It was this gallery for which the use of the narrow-gauge track was planned. Galleries with smaller 120/235 cm cross-sections branched off to individual structures intended for the infantry, where the narrow-gauge tracks were no more used. These two cross-sections formed a basic communication backbone for all fortresses. The main gallery dimensions increased in some locations, e.g. at ammunition reloading points or behind entrance structures where there was a double-track rail line, up to 370/385 cm (the excavated cross-sectional area of about 20 m²).

Of course, larger profile galleries were used for service equipment




*Obr. 4 Nejčastěji používané profily v podzemí tvrzí (520/400 – sklady dělostřelecké a minometné munice, 120/235 – spojovací galerie k pěchotním objektům, 150/275 – hlavní galerie s úzkorozchodnou dráhou)*
*Fig. 4 Most frequently used profiles in the underground of fortresses (520/400 – stores of artillery and mortar ammunition, 120/235 – connecting galleries to infantry structures, 150/275 – main galleries with narrow-gauge tracks)*

Profil „dělostřelecké galerie“, vedoucí od hlavních muničních skladů za vchodovým objektem k jednotlivým dělostřeleckým srubům, má rozměry 150/275. V této chodbě bylo plánováno právě využití úzkorozchodné dráhy. Pod jednotlivé pěchotní objekty, kde již úzkorozchodná železnice nebyla využívána, pak odbočovaly galerie menšího profilu 120/235. Tyto dva průřezy tak tvořily základní komunikační páteř všech tvrzí. V určitých místech, jako například u překladišť munice nebo za vchodovým objektem, kde byla železnice dvoukolejná, se hlavní galerie zvětšovala až do profilů 370/385 (plocha výlomu cca 20 m²).

Pro technologické zázemí v podzemí tvrzí se samozřejmě využívalo galerií větších profilů. Filtrovna vzduchotechniky je tvořena průřezem 400/400, stejný profil byl volen pro prostory podzemních kasáren, přičemž zde výška svislé části ostění činila 240 cm a tvar klenby se tak měnil na eliptický. Kasárny tvořilo uskupení pěti sálů v délkách 30–70 m. Vůbec největšími běžnými profily jsou prostory skladů dělostřelecké munice a strojovny, které byly projektovány v rozměrech 520/400, kdy klenbu ostění tvoří opět eliptický průřez. Výlom takového profilu činil zhruba 35 m² (včetně nadvýlomu), délka skladů dosahovala až 40 m. V některých partiích, především v místě zasazení vchodového objektu do skalního masivu, docházelo pak k velikosti výrubu až 100 m².

Vzdálenost mezi jednotlivými výlomy větších profilů byla limitována, u muničních skladů zpravidla rozměrem 10 m od vnitřních líců ostění, což představovalo 8,8 m rostlé horniny, u kasáren pak 8 m mezi vnitřními líci ostění (6,8 m horniny) [2]. V praxi samozřejmě docházelo k různým odchylkám od předepsaných zásad podle konkrétních geologických a prostorových podmínek v daných lokalitách tvrzí.

## 3 VÝSTAVBA PODZEMNÍCH PROSTOR

Plánované podzemní prostory tvrzí byly značně rozsáhlé a členité. Samotná doba výstavby tvrzí však byla stanovena velmi striktně na 24 měsíců od převzetí staveniště, přičemž tato lhůta zahrnovala jak výstavbu podzemních prostor, tak povrchových objektů. Času tedy nebylo nazbyt, a proto stavební firmy, ihned po dosažení definitivních hloubek, zahajovaly ze šachet ražbu podzemních prostor zpravidla do všech směrů, které poloha šachty umožňovala.

Pracovní postup v podzemí sestával z hrubého výlomu a dočišťování potřebných prostor, za průběžného zajišťování výdřevou, betonáže bočních částí ostění spolu s osazováním drenážních potrubí a podchycováním podzemních pramenů, betonáže kleneb ostění spolu s prováděním izolačních opatření. Následovalo položení kanalizace a provedení podlahové betonové vrstvy. Po dokončení hrubých stavebních prací bylo ostění opatřováno omítkou, došlo na osazování technologických vedení a montáž vybavení, provádění ochranných nátěrů.

### 3.1 Ražba podzemních prostor

#### 3.1.1 Organizace prací

Pro ražbu podzemních prostor nestanovovala vojenská správa žádná zvláštní nařízení a předpisy, použitou technologii ponechávala téměř výhradně na zkušenostech a možnostech stavebních firem. O problematice ražby je dochováno velmi málo dobových záznamů, omezených většinou na zápisy denních postupů ve stavebních denících a několik málo vzpomínek pamětníků. Jednotlivé tunelovací metody lze částečně vysledovat na současném stavu podzemních prostor u nedokončených tvrzí Dobrošov, Skutina a Stachelberg.

Práce v podzemí byly prováděny klasickými tunelářskými postupy. Z vyhloubených šachet, příp. pracovních štol, probíhaly nejdříve ražby komunikačních chodeb, přičemž z pracovních šachet se postupovalo nejméně do dvou rozdílných směrů. V případě, že byla pracovní šachta umístěna do plánované křižovatky podzemních chodeb, mohlo být směrů ražby ještě více. Razilo se úpadně i dovrchně se snahou, aby úseky mezi jednotlivými pracovišti byly co nejdříve propojeny a došlo tak k samovolnému odvodnění podzemních prostor. Na řadě tvrzí činily přítoky podzemní vody velké problémy – voda ze šachet musela být nepřetržitě čerpána na povrch a nejednou došlo vlivem naražení silných pramenů i k zatopení celého pracoviště. V takovém případě musela být nasazena výkonnější čerpadla a pracoviště obnoveno. Na stavbách některých tvrzí probíhala ražba až na více než desítce míst současně.

Pro částečné výlomy se využívalo směrové štoly, jejíž dno bylo umístěno do úrovně dna budoucích prostor tak, aby v ní bylo možno zřídit úzkorozchodnou drážku (obr. 5), sloužící bez nutnosti výškových úprav

in the fortress underground. The cross-section of the gallery housing the air filtration equipment was 400/400 cm. The same cross-section was chosen for the spaces of the underground barracks. The vertical portions of the lining were 240 cm high and the vault shape was changed to elliptical. The barracks consisted of five 30 – 70 m long caverns. The largest common profiles of all were designed for stores of artillery ammunition and engine rooms, with the dimensions 520/400 cm. The lining vaults cross-section was again elliptical. Such excavated cross-sectional area amounted roughly to 35 m² (including overbreaks); the length of the stores reached up to 40 m. In some parts, first of all in the location where the entrance structure was built into the rock mass, the excavated area even reached up to 100 m². The distance between individual excavated openings with larger cross-sections was limited. The limits were usually 10 m from the inner surfaces of the lining for ammunition stores, which meant 8.8 m thick natural ground pillars, and 8 m between inner surfaces of liners for barracks (6.8 m of ground) [2]. In practice, various deviations from the prescribed principles were required depending on concrete geological and spatial conditions at particular locations of the fortresses.

## 3 DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACES

The underground spaces planned for the fortresses were very extensive and articulate. Nevertheless, the duration of the construction time for the fortresses was set very strictly to be 24 months from the construction site takeover. This period of time included the construction of both the underground spaces and surface structures. There was therefore little time to waste. For that reason contractors started to excavate underground spaces immediately after reaching the final depths of shafts, usually in all directions which were possible with respect to the position of the shaft.

The working procedure in the underground consisted of rough excavation and scaling, with the concurrent installation of timbering, casting of concrete lining sides and capturing of underground springs, casting of concrete vaults together with the application of waterproofing measures. Then the drainage and concrete floor layers were laid. After the structural completion the lining was provided by rendering, the utility networks and equipment were installed and protective coating was carried out.

### 3.1 EXCAVATION OF UNDERGROUND SPACES

#### 3.1.1 Organisation of works

The military administration issued no special directives and regulations. It left the decision on the excavation technique solely to contractors, their experience and capacities. Very few records were preserved from that time. They mostly consist only of records about daily advance rates in construction logs and several memories of eyewitnesses. Individual tunnelling methods can be partially identified according to the current condition of underground spaces at the fortresses of Dobrošov, Skutina and Stachelberg, which have never been completed.

The work in the underground was carried out using classical tunnelling procedures. The first operation was sinking of shafts or driving of working adits. Communication adits were driven from these shafts and adits. Driving in at least two different directions proceeded from the shafts. There could be even more excavation directions in the cases where the working shaft was located to a planned intersection. The tunnels were driven both downhill and uphill, with the aim of interconnecting the sections between individual work places as fast as possible so that the underground spaces were drained by gravity, without pumping. Groundwater inflows caused significant problems at several fortresses. Water had to be continuously pumped from the shafts to the surface and it happened more than once that the entire work place got inundated due to encountering large springs. In such a case more powerful pumps had to be used to be able to reopen the work place. The construction of some of the fortresses was constructed from over ten points of attack simultaneously.

A pilot adit was used for the partial headings. Its bottom was at the level of the future spaces so that a narrow-gauge track could be installed in it (see Fig. 5), which would be used without the neces-

*Obr. 5 V podzemí tvrze Stachelberg je stavební drážka i po více než 70 letech stále dobře patrná; přes pražce byla položena prkna pro snadnější pohyb dělníků v podzemí; kolejnice byly demontovány při přerušení prací v září 1938*
*Fig. 5 A building-purpose narrow-gauge track is still well visible in the Stachelberg fortress underground even after over 70 years. Planks were placed over sleepers to allow easier movement of workers in the underground. Rails were dismantled when the works were suspended in September 1938*

po celou dobu stavby. Současně s kladením stavební drážky byla ve směrové štole umísťována potrubí pro vedení stlačeného vzduchu spolu s vodovodním a ventilačním potrubím (obr. 6). K účinnému samovolnému větrání docházelo až po prorážce do sousedního podzemního pracoviště. Jak vzpomínají pamětníci ze stavby tvrze Dobrošov – větrání bylo do prorážky špatné, přes ústa se používaly houby nebo mokré kapesníky.

Rozpojování horniny probíhalo obecně za použití pneumatických sbíjecích kladiv („šramaček“). Stlačený vzduch byl k pneumatickým kladivům a vrtačkám do podzemí přiváděn pomocí vzduchotlakého potrubí od kompresorů na povrchu. Vzhledem k počtu pracovišť bylo v rámci staveniště zapotřebí zpravidla několika kompresorů, v případě tvrze Skutina byly v provozu tři.

Podle zastižených geologických podmínek docházelo také k rozpojování horniny pomocí trhacích prací. Používaly se vrtné tyče s pevnými korunkami, vrtalo se z ruky nebo se podkládalo vzpěrné prkénko. Na čelbě štoly bylo takto provedeno několik vrtů různých hloubek podle zadaného vrtného schématu. Vrty byly nabity trhavinou – užívalo se zpravidla náloží dynamonu a dynamitu, aktivovaných ekrazitovými rozbuškami. Bickfordovy zápalnice, vedoucí k rozbuškám, se zapalovaly karbidovými lampami, používanými pro osvětlení v podzemí. Odpaly musely být prováděny šetrně, aby nadloží nebylo příliš narušeno. Po odpalu byl pracovní záběr zakončen větráním, odvozem rubaniny, případně vydřevením. Rubanina se v úzkých štolách kvůli nedostatku prostoru nakládala lopatovými nakladači „přes hlavu“ do vozíků stavební drážky a vyvážela se k jednotlivým deponiím na povrchu staveniště. Tento pracovní postup se opakoval dvakrát v rámci jedné směny.

Pracovní doba v podzemí tvrze Dobrošov byla tehdy stanovena na 12 hodin s hodinovou přestávkou uprostřed směny (6–12, 13–6 hod.). Každá směna pracovala 66 hodin v týdnu (kromě neděle) a jednotlivé denní a noční směny se střídaly po dvou týdnech. Pracovní skupinu na čelbě štoly tvořili zhruba 2 minéři a 3 šlepři. Plat minérů se pohyboval mezi 7–9 Kč/hod., u šleprů pak 3–5 Kč/hod. Přesná sazba a případné prémie se odvíjely od stupně tvrdosti zastižené horniny, rychlosti postupu a množství ušetřeného střeliva [1].

### 3.1.2 Provizorní vyztužení

Provádění podzemních prostor bylo realizováno klasickou ražbou v různých modifikacích, aplikovaných vždy podle velikosti potřebného výrubu a zastižených geologických poměrů. Pro chodby, tvořící komunikační síť mezi jednotlivými podzemními prostorami a šachtami objektů (profily 120/235, 150/275), byl zapotřebí výrub o rozměrech do 2,5 m šířky a 4 m výšky. Po prorážce směrové štoly velikosti potřebné pro pohyb dělníků a dopravu rubaniny se přecházelo k jejímu postupnému dobírání do plného výlomu, zpravidla pomocí dostropního zárubu. Výše uvedený tvar výrubu byl značně nevýhodný pro zajišťování výdřevou, obzvláště zvážíme-li kruhový tvar klenby budoucího ostění. Lze proto předpokládat, že v kompaktních horninách byly tyto výruby menší velikosti ponechávány bez vyztužení (v dobové terminologii „bez vystrojení“). V opačném případě bylo nutno výrub zajišťovat a jeho tvar přizpůsobit použité výdřevě s nutným vznikem nadvýlomů.

*Obr. 6 Pozůstatky vzduchotlakého (vlevo) a ventilačního potrubí (vpravo) v podzemí tvrzí Skutina a Stachelberg; průměr ventilačního potrubí je 30 cm*
*Fig. 6 Remnants of the pressure air pipeline (left-side) and ventilation duct (right-hand) in the underground of Skutina and Stachelberg fortresses. The ventilation duct is 30 cm in diameter*

sity for changes in its level throughout the construction period. Compressed air distribution pipelines as well as water pipelines and ventilation ducts (see Fig. 6) were installed simultaneously with laying the construction track. Efficient spontaneous ventilation started only after the tunnel broke through into a neighbouring underground working place. As eyewitnesses from the construction of the Dobrošov fortress remember, the ventilation was poor till the breakthrough. Their mouths had to be covered with sponges or wet handkerchiefs.

Rock was generally disintegrated using pneumatic chipping hammers. Compressed air for the hammers and drilling hammers was supplied from compressors installed on the surface to the underground through a pipeline. Several compressors were usually required with respect to the numbers the work places within one construction site. Three compressors were operated in the case of Skutina fortress.

In addition, rock was also disintegrated by drill and blast, depending on the geological conditions encountered. Drill rods with fixed bits were used. The tools were held in hand or were supported by a bracing board. Several holes of various depth were drilled to the gallery face, following the prescribed drilling pattern. The drill holes were charged with explosives – usually Dynamon and dynamite charges primed by Ecrasite detonators. Bickford fuse blasting fuses leading to detonators were lighted by means of acetylene lamps used in the underground for illumination. The firing had to be carried out carefully so that the overburden was not excessively broken. After the blast, the working cycle was completed by ventilation, removing of muck and, if required, installing the timber support. In narrow adits, because of the constricted space, the muck was loaded by overhead loaders to cars moving on a narrow-gauge building rail track and was transported to individual stockpiles on the surface of the construction site. This working procedure was repeated twice in a shift.

The working time in the underground of Dobrošov fortress was set at 12 hours with a one-hour break in the middle of the shift (6 a.m. – 12 a.m., 1 p.m. – 6 p.m.). Each shift crew worked 66 hours a week (with the exception of Sundays) and individual day shifts and night shifts alternated after two weeks. The working crew at the adit face consisted of 2 miners and 3 so-called “schleppers”. Wages of miners and schleppers ranged from KCS 7 – 9 per hour and KCS 3 – 5 per hour, respectively. The exact wage rate and incentives, if any, depended on the degree of the hardness of the rock encountered, the advance rate and the quantity of explosives spared [1].

### 3.1.2 Temporary excavation support

The underground spaces were excavated using various modifications of classical mining methods, which were applied depending on dimensions of the required space and the geological conditions encountered. The excavated cross-section with the dimensions of 2.5 m wide by 4 m high was required for galleries forming the communication network between individual underground spaces and

Při ražbě technologických, skladovacích, kasárenských a rozšířených manipulačních prostor tvrzí již docházelo, vzhledem k velikosti výrubu zhruba 30 m², k použití některých ze známých tunelovacích soustav. Na nedokončených podzemních prostorách tvrzí Skutina a Stachelberg lze dokumentovat principy použité modifikované rakouské a anglické tunelovací metody.

Provizorní vyztužování výrubu probíhalo výhradně pomocí výdřevy, dobově nejrozšířenějšího a nejdostupnějšího stavebního materiálu. Pro štoly bylo většinou využíváno klasického způsobu zajištění pomocí jednoduchých tříčtvrtečních lichoběžníkových veřejí (obr. 7, 8, 9), vzdálených v podélném směru nejčastěji 1,5–2 m. Jednotlivé prvky výdřevy byly spojovány tesařskými spoji (sedlo, sraz) a železnými skobami (kramlemi), pažiny byly fixovány pomocí obyčejných (plochých) a odstavnicových klínů. Jelikož jednotlivé prvky výdřevy včetně úprav pro spoje byly tesaři připravovány předem na staveništi na povrchu tvrze, byla jejich montáž ve štole velmi jednoduchá a zajištění výrubu velmi rychlé.

S postupující ražbou chodeb se přistupovalo také k ražbě komor, jak byly nazývány výruby větší velikosti. Z úrovně spodní směrové štoly tak byla pomocí dostropních zárubů a ražbou horní štoly odtěžena hornina v kalotě a postupnými sestupy vyrubán celý potřebný profil.

Na tvrzi Stachelberg jsou patrné základní rysy používání rakouské modifikované tunelovací soustavy[1)]. Ze směrové štoly byl pod úhlem cca 30° proveden šikmý zálom, ze kterého pokračovala ražba horní štoly v úrovni klenby budoucího ostění. Rozměry a sklon šikmého zálomu byly voleny s ohledem na velikost podélníků, které bylo nutno dopravovat do horní štoly. Ražba horní štoly probíhala až po kompletním vyražení spodní štoly, výjimečně v určitých odstupech za ní (obr. 10, 11). Na několika místech byly v hornině mezi oběma štolami vyraženy svislé otvory o průměru cca 0,5 m, tzv. sypáky, sloužící k svislé dopravě rubaniny ze stropní štoly ke stavební drážce ve směrové štole (obr. 12). Pro zajištění bezpečnosti dělníků, pracujících ve spodní štole, musel být „sypák“ v úrovni stropu zakryt dřevěnými fošnami.

Horní štola byla postupně zajišťována klasickými veřejemi s průběžnými podélníky. V dalším kroku bylo přistoupeno k rozšiřování kaloty do boků za současného zatahování dalších podélníků, které byly vějířovitě podchycovány vzpěrami. Jednotlivé podélníky byly mezi sebou fixovány rozpěrkami, za podélníky pak byly zatahovány pažiny, upevňované pomocí klínů a odstavnic. Při dosažení potřebné šířky výrubu v kalotě byly v jejím dně vyhloubeny zářezy pro instalování sestupných prahů – polohraněných trámů značných průřezů. Jednotlivé vzpěry podélníků, uložené v úrovni dna horní štoly, byly postupně nahrazeny vzpěrami delšími, usazenými na sestupný práh. Tím byl umožněn svislý sestup v kalotě až do úrovně sestupného prahu. U tehdejších

1) Nazývána také rakouskou tunelovací soustavou moderní. Někdejší „modernizace“ spočívala v nahrazení krokvového uspořádání výdřevy průběžnými podélníky.

shafts in the structures (profiles 120/235 and 150/275). When the pilot adit with the dimensions required for the movement of workers and transport of the muck excavation was completed, the excavation proceeded by gradual enlarging to the full cross-section width, usually by means of upcast excavation. The above-mentioned shape of the excavation was very unfavourable in terms of the installation of timbering, especially if we take into consideration the circular shape of the vault of the future lining. It is therefore possible to assume that these smaller-size spaces excavated in compact rock were left unsupported. In opposite cases the excavation had to be supported and its shape had to be adapted to the used timbering, where overbreaks were unavoidable.

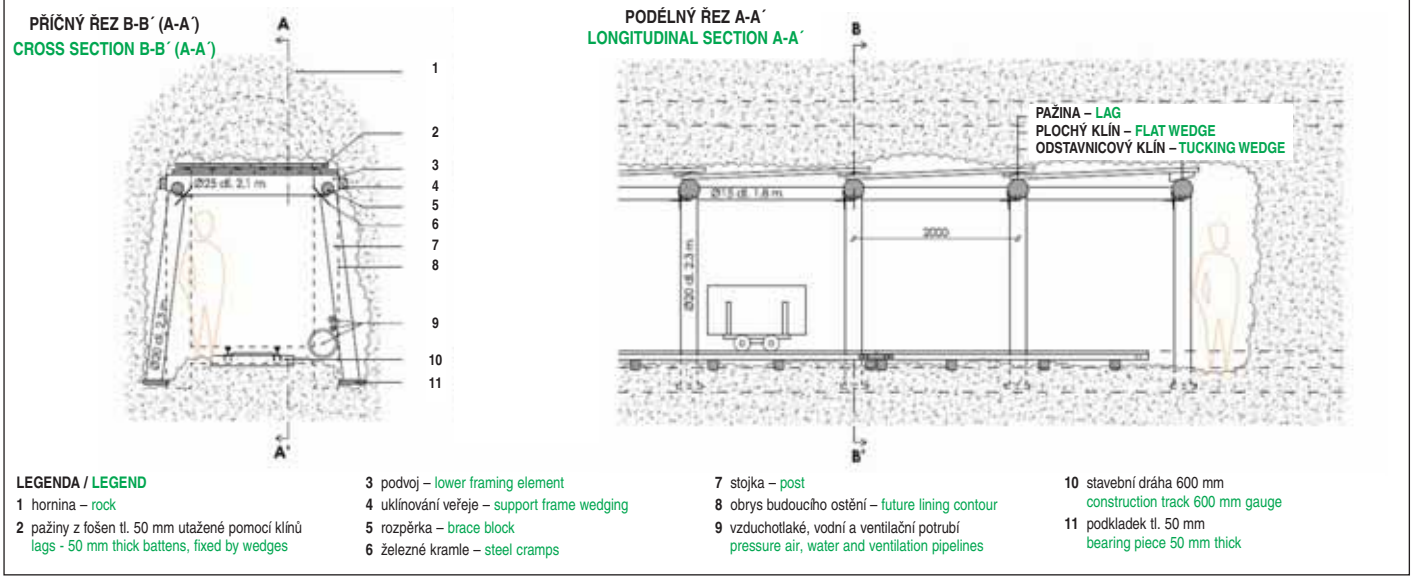
It was already when tunnels for technological and storing purposes, barracks and enlarged handling spaces of the fortresses, taking into consideration the fact that the excavated cross-sectional areas reached up to 30 m², that some of the known tunnelling systems were applied. It is possible to document the application of principles of the Modified Austrian Tunnelling Method and the English Tunnelling Method to the non-completed underground spaces of Skutina and Stachelberg fortresses.

The temporary support of the excavation was carried out solely by means of timbering, which was the most widely spread and most available building material at that time. The timbering of adits was mostly carried out using the classical system by means of simple “three-quarter” (unclosed bottom), trapezoidal support frames (see Figures 7, 8 and 9), installed most frequently at intervals of 1.5 – 2 m. Individual timbering elements were joined by means of simple joints (saddle and butt) and steel cramps; lags were fixed by means of common wedges and tucking wedges. Because of the fact that individual elements of the timbering, including the preparation of joints, were prepared by carpenters in advance on the surface on the fortress construction site, the assembly of the timbering inside the adit was simple and the work on the support was very fast.

Chambers, as they called larger excavated spaces, were excavated together with the advancing excavation of galleries. The excavation, starting from the bottom of the pilot adit, proceeded up to the top heading crown level (the upcast excavation system). The excavation of the entire cross-section was completed by deepening the top-heading bottom in stages.

The basic features of the Modified Austrian Tunnelling Method [1)] can be seen at Stachelberg fortress. An inclined shaft proceeded from the pilot adit, rising at about 30°. The top heading excavation proceeded from the upcast excavation at the level of the crown of

1) Named also the Modern Austrian System. The modernisation at that time lied inthe replacement of the rafter timbering system by continuous longitudinal beams




*Obr. 7 Typické provizorní zajištění štoly výdřevou tvořenou lichoběžníkovými veřejemi*
*Fig. 7 Typical temporary timbering support of a gallery/adit excavation using trapezoidal frames*

*Obr. 8 Pozůstatky výdřevy pomocí klasických lichoběžníkových veřejí na hlavní galerii tvrze Stachelberg*
*Fig. 8 Remnants of timbering by means of trapezoidal frames in the main gallery of Stachelberg fortress*

železničních tunelů bylo těchto sestupů prováděno zpravidla několik. V případě tvrzí zřejmě postačoval, vzhledem k menší výšce podzemních děl, pouze 1 sestup na tzv. hlavní práh, jehož poloha byla již neměnná.

V bocích spodní směrové štoly, nebyla-li dostatečně široká, byly vyraženy kapsy pro umístění hlavních sloupů, určených k podepření hlavního prahu. Tyto práce spolu s instalací jednotlivých sloupů byly prováděny střídavě tak, aby vždy jeden konec hlavního prahu byl podepřen buď neporušenou horninou, nebo hlavním sloupem. Styk sloupů s hlavním prahem musel být důkladně zaklínován, aby při dobírání nedocházelo k sedání hlavního prahu, a tím i výdřevy kaloty. Po takto provedeném podchycení hlavního prahu bylo možno zahájit výlom opěří a dna za průběžného odstraňování výdřevy směrové štoly. Nad hlavní prahy byly dále zatahovány podélníky, které zajišťovaly styk prahu a vějířovitých vzpěr proti usmýknutí. Jednotlivé prahy byly podélně rozepřeny. Umístění 1 páru hlavních sloupů při ražbě tvrzí pravděpodobně dostačovalo, u větších tunelů byly sloupy pod hlavním prahem osazovány zpravidla zdvojené.

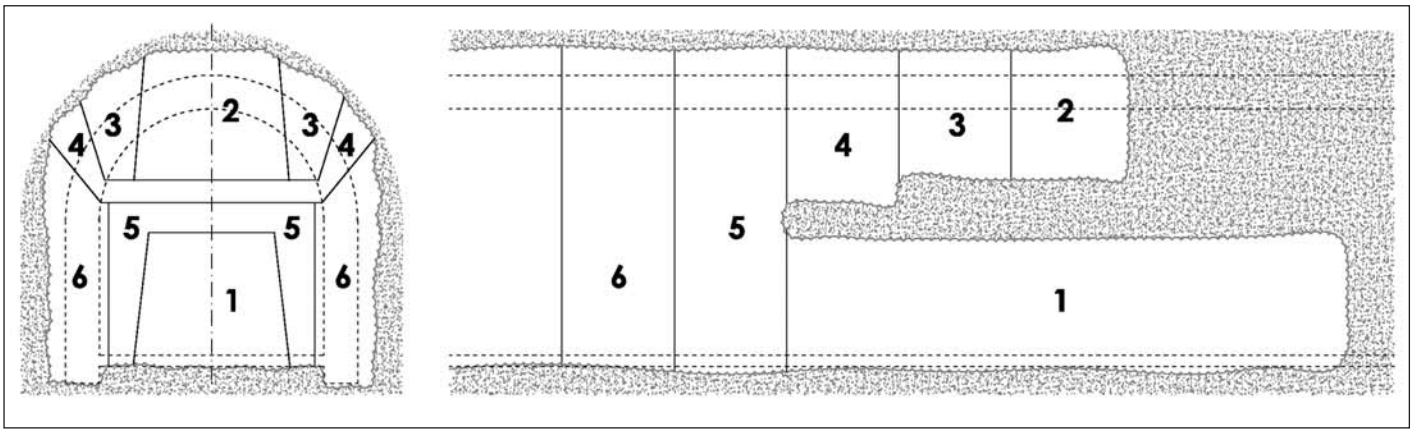
Při modifikované rakouské soustavě byly kubatury použité výdřevy úctyhodné (pro pás délky 8 m činila spotřeba kulatiny a řeziva zhruba 20 m$^3$) a práce s ní vyžadovala značnou přesnost a zručnost dělníků. Jednotlivé uvedené práce bylo také nutno koordinovat v podélném směru, čímž provádění výdřevy získávalo na složitosti. Ani manipulace s používanými materiály nebyla jednoduchá – nejmenší průměr nosných prvků byl zhruba 25 cm, pouze jednotlivé rozpěrky mohly být ze slabších průřezů (min. 15 cm) [6]. V podzemí tvrze Stachelberg jsou dodnes dochována torza výdřevy, prováděné výše popsaným způsobem, o průměru hlavních sloupů 40 cm a průřezu hlavního prahu 30x45 cm (obr. 13, 14). Statické schéma této konstrukce však bylo poměrně jasně čitelné, tuhost konstrukce byla značná a v případě potřeby bylo možno jednotlivé její prvky dodatečně zesilovat.

*Obr. 9 Hlavní galerie tvrze Stachelberg v částečném výlomu, provizorně vystrojená lichoběžníkovými veřejemi s použitím průběžných podélníků*
*Fig. 9 Partially excavated main gallery of Stachelberg fortress temporarily supported by trapezoidal frames using continual longitudinal beams*

the future lining. Dimensions and the gradient of the inclined shaft were chosen taking into consideration dimensions of the beams which had to be transported to the top heading. The top heading excavation was carried out only after the bottom adit excavation was completed or, exceptionally, at some distance behind (see Figures 10 and 11). Vertical openings about 0.5 m in diameter, connecting the two adits, were driven in several locations. These so-called drop holes were used for the vertical transport of muck from the top heading adit to the construction track in the pilot adit (see Fig. 12). The drop hole had to be covered at the roof level with timber boards so that the safety of workers in the bottom adit was secured.

The top heading excavation was continually provided with support using classical frames with continuous longitudinal beams. The next step consisted of enlarging of the top heading to sides, with the concurrent installation of new beams, which were underpinned with fans of braces. Individual beams were fixed against each other by brace blocks; laggings were installed behind the longitudinal beams and were fixed by wedges and tucking pieces. When the required width of the top heading excavation had been reached, grooves were cut in the bottom for the installation of falling apexes (large-dimension half-squared timber). Individual beam braces, which were placed at the level of the bottom of the upper adit, were one by one replaced by longer braces supported by the falling apexes. This procedure allowed the top heading excavation to descend downwards to the level of the falling apexes. Several descending steps were usually carried out in the construction of railway tunnels in that period. In the case of the fortresses probably only one descending step to the falling apex was sufficient because of the fact that the position of the falling apex was final with respect to the smaller height of the underground workings.

There where the bottom pilot adit width was insufficient, pockets were excavated in the sides for the installation of main columns supporting the main sill. This operation, together with the installation




*Obr. 10 Schéma pobírání při rakouské tunelovací soustavě modifikované s použitím šikmého dostropního zálomu ze spodní (směrové) štoly do horní štoly*
*Fig. 10 The excavation sequence at the Modified Austrian Tunnelling Method using an inclined shaft leading from the bottom (pilot) adit to the upper adit*

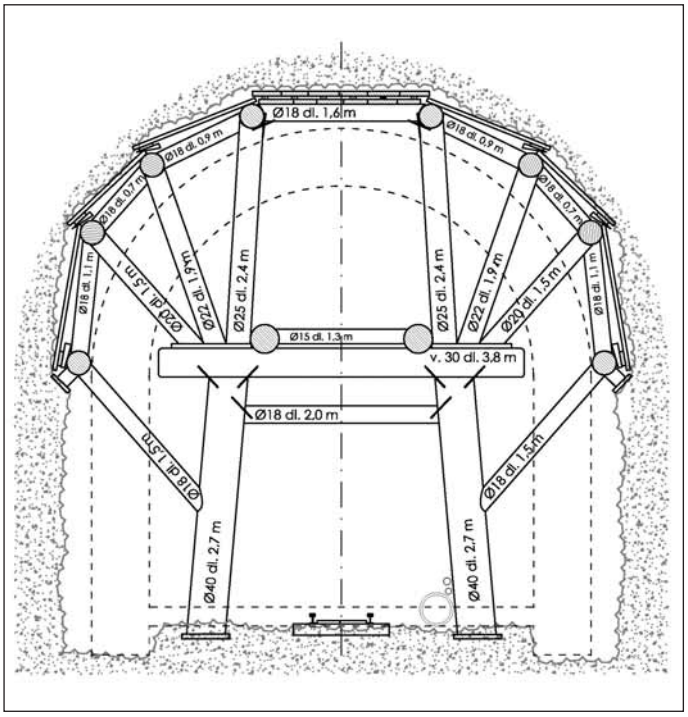
*Obr. 11 Použití rakouské tunelovací soustavy modifikované ve vchodových partiích tvrze Skutina*
*Fig. 11 The use of the Modified Austrian Tunnelling System in the entrance parts of Skutina fortress*

V částech tvrzí Dobrošov a Skutina je patrný postup ražeb pomocí dostropního zárubu. Od postupu výše uvedeného se lišil sledem pobírání. Ze směrové štoly byl proveden zárub, sahající až do horní úrovně kaloty. Zárub se postupně rozšiřoval do stran a zároveň bylo sestupováno až do dna směrové štoly (obr. 15). Variantou bylo také vyražení dna a opěří v celé šíři komory a teprve poté dobírání kaloty pomocí dostropních zárubů. Tento postup ale mohl být využit pouze v kvalitních horninách, které

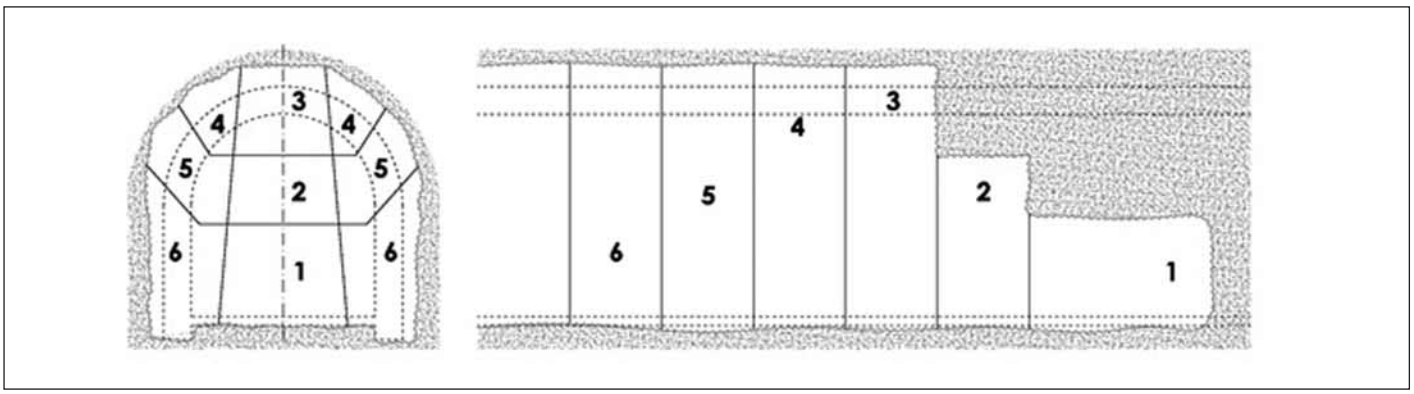
*Obr. 13 Torzo zajištění výrubu v podzemí tvrze Stachelberg; spoj sloupů s hlavními prahy je tvořen skobami a plochými klíny; na hlavních prazích leží podélné průvlaky o průměru 30 cm; z prahů se již zřítily vějířovité vzpěry plné vazby*
*Fig. 13 Fragments of excavation support in the underground of Stachelberg fortress. Joints between columns and main sills are formed by cramps and flat wedges. Longitudinal beams 30 cm in diameter lie on the main sills. Fans of braces complementing the truss fell down from the sills in the past*

*Obr. 12 Použití rakouské tunelovací soustavy je dobře patrné také v podzemí tvrze Stachelberg; nad spodní směrovou štolou je ražena štola horní, ze které probíhalo dobírání kaloty, postupný sestup a propojení do spodní štoly; na pravém snímku je ve stropě mezi spodní a horní štolou patrný „sypák" pro dopravu rubaniny*
*Fig. 12 The use of the Austrian tunnelling system is well visible also in the underground of Stachelberg fortress. An upper adit was driven above the bottom pilot adit. The top heading excavation, a gradual descent and connection to the bottom adit were driven from the upper adit. A drop hole in the rock slab separating the bottom adit from the upper adit for the transport of muck can be seen in the right-hand picture*

of individual columns, was carried out in a staggered manner so that one end of the main sill was always supported either by solid rock or a main column. The joints between the columns and the main sill had to be thoroughly wedged up to prevent the main sill and the top-heading timbering resting on it from subsiding when the excavation was being completed. When the support of the main sill had been completed, it was possible to start to excavate the bench and bottom, concurrently removing the timbering in the pilot adit. Longitudinal beams were further fixed over the main sills designed to secure the joint between the sill and the fans of braces against a shear failure. Individual sills were braced in the longitudinal direction. Installing




*Obr. 14 Rekonstrukce výdřevy z obr. 13 v podzemí tvrze Stachelberg; nad hlavním prahem je provedena plná vazba pro podepření podélníků*
*Fig. 14 Reconstruction of the timbering presented in Fig. 13 in the underground of Stachelberg fortress. A complete truss is installed above the main sill to support the longitudinal beams*




*Obr. 15 Schéma pobírání při použití dostropního zárubu*
*Fig. 15 Excavation sequence using the upcast procedure*

vydržely určitý čas bez zajištění výdřevou. Výdřeva při používání dostropního zárubu bývala díky pevným horninám značně zjednodušena.

V některých částech podzemí tvrze Stachelberg lze pozorovat použití anglické tunelovací soustavy, vyznačující se prováděním výdřevy ve tvaru velkého písmene „A“ (obr. 16, 17, 18). Dlouhé stojky tak byly průběžné na celou výšku výrubu a v několika úrovních rozepřeny vodorovnou kulatinou. Boční části kaloty a opěří se zajišťovaly pomocí šikmých vzpěr, rozepřených o stojky. Tento způsob vystrojování byl mnohem jednodušší než u rakouské tunelovací soustavy modifikované, mohl být ovšem použit pouze v pevných horninách, jelikož část výrubu zůstávala vždy poměrně dlouhou dobu bez výdřevy. Pro použití anglické soustavy byla nejvýhodnější ražba pomocí dostropního zárubu, kdy hlavní konstrukce výdřevy byla stavěna ihned po provedení zárubu do horní úrovně kaloty.

Z výše uvedených informací vyplývá, že při ražbách podzemních prostor tvrzí byly kombinovány jednotlivé postupy a metody, tehdy běžně používané v civilní tunelářské praxi. Stavební firmy si tunelovací soustavy přizpůsobovaly zastiženým geologickým podmínkám a obměňovaly je podle potřeby. K provizornímu zajišťování výrubu bylo používáno výhradně výdřevy, jejíž kubatury při stavbě tvrzí dosahovaly značných objemů.

### 3.1.3 Rychlost ražby

Rychlost ražby podzemních prostor byla velmi vysoká, podmíněná otevřením velkého množství pracovišť na různých místech podzemí. Na tvrzi Skutina byly práce v podzemí zahájeny 15. března 1938 ražbou štoly z místa budoucího vchodového objektu, k 30. dubnu byl již

*Obr. 16 Historický snímek, zachycující německé vojáky při prohlídce vyražené komory pro kasárna v podzemí tvrze Stachelberg; použitá výdřeva odpovídá anglické tunelovací soustavě (1938) [5]*
*Fig. 16 Historical photo capturing German soldiers inspecting the completely excavated chamber for barracks in the underground of Stachelberg fortress. The timbering used corresponds to the English Tunnelling System (1938) [5]*

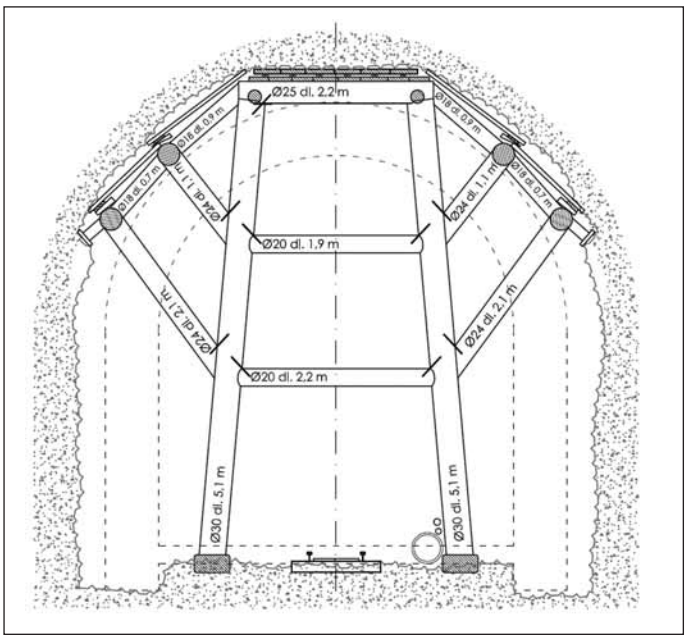
one pair of main columns during the mining for the fortresses was probably sufficient; double-columns were usually installed under the main sill in larger tunnels.

The consumption of timber at the Modified Austrian Tunnelling Method was respectable (about 20 m³ of round timber and sawn timber were required for an 8 m long stretch of excavation). The work with the timber required high accuracy and skills of workers. Individual above-mentioned operations had to be coordinated in the longitudinal direction, which made the installation of the timbering even more complicated. Nor was the handling of materials used simple. The smallest diameter of the load-bearing elements was about 25 cm (thinner profiles, 15 cm as the minimum, were permitted only for individual bracing blocks) [6]. Fragments of the timbering carried out in the above described way have been preserved in the underground of Stachelberg fortress till now. The diameter of main columns is 40 cm and the main sill cross-section is 30 x 45 cm (see Figures 13 and 14). The structural system of this structure was relatively clear to read. The toughness of the structure was high and individual elements could be additionally strengthened if necessary.

The excavation procedure using the upcast excavation procedure can still be seen in parts of Dobrošov and Skutina fortresses. It differed from the above-mentioned procedure in terms of the excavation sequence. The upcast excavation extended the pilot adit vertically up to the top heading crown level. The width of the upcast excavation was gradually enlarged to the sides and, concurrently, the enlargement proceeded down to the bottom of the pilot adit (see Fig. 15). There was also a variant where the bottom and bench were excavated to the full width of a chamber and only then was the top heading excavation completed using the upcast excavation procedure. However, this procedure could be used only in good quality rock mass, which remained stable unsupported for some time. The timbering was usually significantly simplified when the upcast excavation was applied in competent rock conditions.

In some parts of the underground of Stachelberg fortress, it is

*Obr. 17 Současný stav komory pro sál kasáren tvrze Stachelberg; jedná se pravděpodobně o stejné místo jako na obr. 16*
*Fig. 17 The current condition of the cavern for Stachelberg fortress barracks. It is probably the same place as that in Fig. 16*




*Obr. 18 Rekonstrukce výdřevy z obr. 16 ve výlomu pro kasárny v podzemí tvrze Stachelberg; průběžné stojky jsou hlavním znakem anglické tunelovací soustavy*

*Fig. 18 Reconstruction of timbering shown in Fig. 16 in the excavation for Stachelberg fortress barracks. Continuous props are the main feature of the English Tunnelling System*

zaznamenán postup v délce 130 m. Postupně byly zahájeny také ražby z jednotlivých šachet. Při přerušení výstavby na konci září 1938, tedy zhruba 6 měsíců po plnohodnotném zahájení ražeb, bylo vylámáno přibližně 1800 m chodeb a komor (75 % plným výlomem) z celkového rozsahu 2700 m.

Ražba podzemních prostor tvrze Dobrošov byla zahájena na přelomu let 1937/1938. Do osudného září roku 1938 byl téměř celý rozsah podzemí v délce 1750 m chodeb a 750 m komor vyražen, přičemž velká část provedených prací dosáhla plných výlomů. Celkem tak bylo z podzemí vytěženo přibližně 30 000 m$^3$ horniny.

U tvrze Stachelberg, kde byla kvůli velkému rozsahu podzemních prostor zřízena také pracovní štola, probíhaly práce v podzemí od listopadu 1937. Stavební firma kalkulovala s rychlostí štolování 3 bm/den. Do konce září 1938 byl vyražen celý komplex 3500 m chodeb a komor, ze 70 % zde bylo dosaženo plných výlomů. To představuje za necelý rok od předání staveniště úctyhodný pracovní výkon.

*Pokračování příště.*

***BC. JAKUB MIKOLÁŠEK, mikolasek@seznam.cz,***
***FsV ČVUT,***
***PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., bartakj@fsv.cvut.cz,***
***KATEDRA GEOTECHNIKY FSv ČVUT***

***Recenzoval: Ing. Pavel Šourek***

possible to see the use of the English tunnelling system, a feature of which is the timbering in the shape of capital letter A (see Figures 16, 17 and 18). Long posts were then continuous throughout the excavation height. They were braced at several levels by horizontal round logs. The sides of the top heading and bench were supported by inclined shores braced against the props. This excavation support system was much simpler than that used by the Modified Austrian Tunnelling System. On the other hand, it could be used only in competent rock because part of the excavation remained unsupported for a relatively long time. The most advantageous for the application of the English system was the upcast excavation technique, where the main structure of the timbering was installed immediately after the completion of the excavation the topheading crown.

It follows from the above information that individual procedures and methods which were commonly used at that time in tunnelling praxis for civil purposes were combined during the course of the excavation of underground spaces of the fortresses. Contractors adjusted the tunnelling systems to geological conditions encountered and changed them where required. The temporary support of the excavation was carried out solely using timber, the volumes of which consumed during the construction were very high.

### 3.1.3 Excavation advance rates

The rates of the advance of the excavation of underground spaces was very high, depending on the quantity of points of attack opened in various locations in the underground. As far as Skutina fortress is concerned, the underground operations started on 15th March 1938 by driving an adit from the location of the future entrance structure. As of 30th April 1938, the advance of 130 m was recorded. The excavation from individual shafts started at stages. About 1800 m of galleries and chambers had been finished (full-face excavation was applied to 75 %) on the suspension of the construction in September 1938, roughly 6 months after the excavation works fully started.

The excavation of underground spaces for Dobrošov fortress started at the turn of 1937 and 1938. Till the fateful September 1938, the nearly entire range of the excavation of underground spaces (1750 m of galleries and 750 m of chambers) was finished, with full cross-sections completed in a major part of the completed workings. About 30,000 m$^3$ of rock was excavated from the underground.

As far as Stachelberg fortress is concerned, where even a working adit was driven because of the large extent of underground spaces, the underground works started in November 1937. The contractor counted on the advance rate of driving galleries at 3 m per day. The end of September 1938 saw the entire complex of 3500 m of galleries and chambers broken through, with 70 % of the excavated fully. This represents a respectable work performance produced during a less than a year- long period after the site handover.

*To be continued*

***BC. JAKUB MIKOLÁŠEK, mikolasek@seznam.cz,***
***FsV ČVUT,***
***PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., bartakj@fsv.cvut.cz,***
***KATEDRA GEOTECHNIKY FSv ČVUT***

## LITERATURA / REFERENCES

[1] KAPLAN, V., BROŽ, J. *Opevnění na Náchodsku: Skutečnost a vzpomínky*. 1. vyd. Náchod : Okresní muzeum v Náchodě, 1988. 128 s.
[2] KOMANEC, Z., PRÁŠIL, M. *Tvrze československého opevnění 1935–1938: 1. díl*. 1. vyd. Brno : Společnost přátel československého opevnění, 1998. 108 s.
[3] NOVÁK, J. *Těžké opevnění Odra–Krkonoše: 1 díl*. 1. vyd. Jablonné nad Orlicí : Jiří Novák – vydavatelství a nakladatelství, 1999. 110 s. ISBN 80-902326-3-9.
[4] STEHLÍK, Eduard. *Lexikon těžkých objektů československého opevnění z let 1935–38*. 2. vyd. Dvůr Králové nad Labem: FORTprint, 2010. 304 s. ISBN 978-80-86011-41-7.
[5] *Denkschrift über die tschecho-slowakische Landesbefestigung*. 1. vyd. Dvůr Králové nad Labem : FORTprint, 2000. 228 s. ISBN 80-86011-10-0.
[6] STRAKA, J. *Podzemní stavby*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 444 s.
[7] Současná fotografická dokumentace: Jan Juřena, Michal Souček.
[8] Podklady z terénního průzkumu zpracované Jaroslavem Brožem, Ladislavem Čermákem, Oldřichem Gregarem a Jakubem Mikoláškem.

# PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA TUNELU HOSÍN
# HOSÍN TUNNEL DESIGN PREPARATION

LENKA PIKHARTOVÁ, MICHAL GRAMBLIČKA

*Věnováno památce prof. Ing. Dr. Jiřího Streita, CSc.*
**22. 1. 1912 – +22. 1. 1993*

## ÚVOD

*Článek doplňuje příspěvek kolegů Petra Lapiše a Libora Maříka z IKP CE, s. r. o, uveřejněný v čísle 4/2011 časopisu Tunel, o pohled na přípravu stavby tunelu Hosín, který je součástí projektové dokumentace úseku 4. železničního koridoru v úseku Nemanice – Ševětín. Záměrem není podrobněji popsat výběr variant, ale spíše seznámit čtenáře s rozsahem úvah, které musí projektanti podobných staveb přežít.*

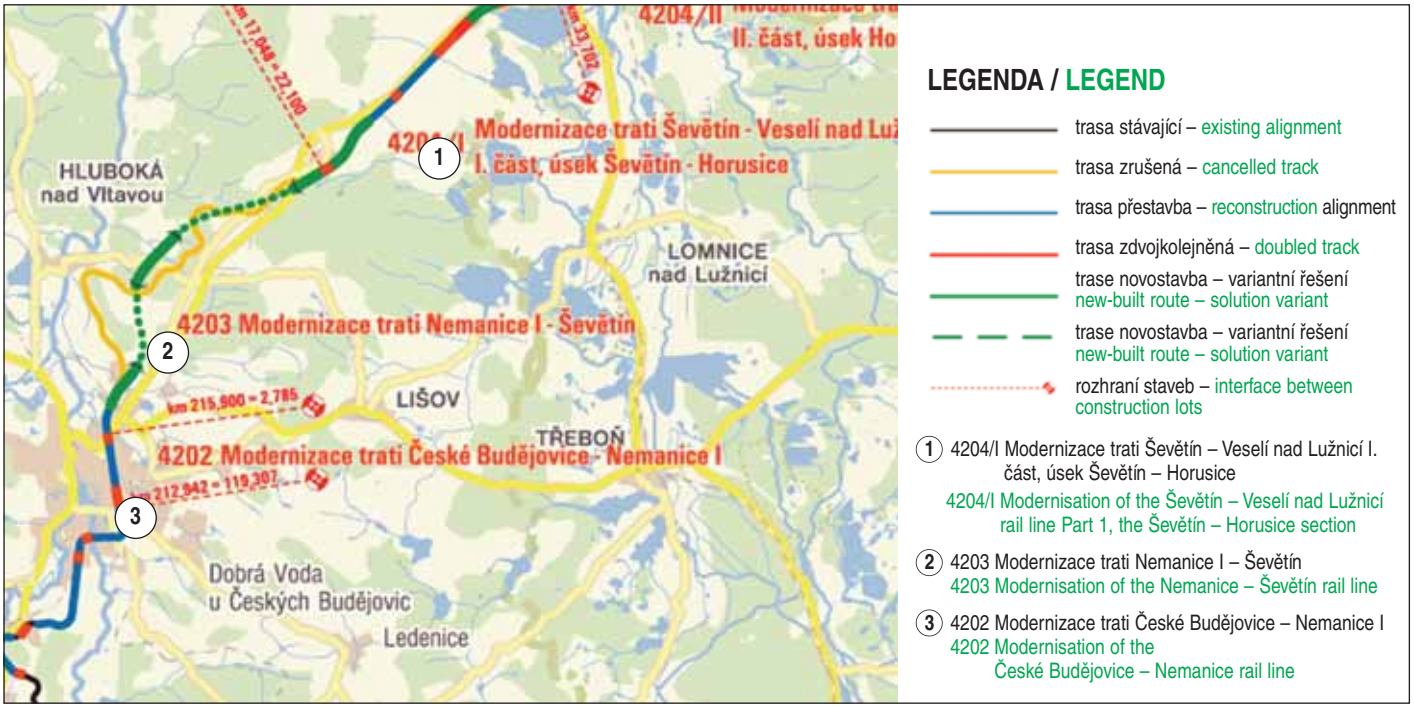
Koncepce rozvoje železniční infrastruktury ČR vychází z potřeby kompatibility železničních tratí evropského významu, na které naše republika přistoupila v rámci přijetí dohod AGC a TER a jednou z rozhodujících železničních magistrál je i transevropská E55, na našem území definována jako IV. železniční tranzitní koridor (obr. 1). Cílem modernizace je vytvoření kvalitního systému železniční dopravy České republiky, který by v integraci a návaznosti s již vybudovanou sítí ČR a s železniční sítí sousedních států mohl obstát v silné konkurenci především silniční dopravy. Stavba modernizace obsahuje soubor činností, jejichž výsledkem bude zvýšení výkonnosti, životnosti a pohodlí nové dvojkolejné trati spolu se zvýšením bezpečnosti železničního provozu. Rozhodujícím přínosem je dosažení průchodnosti kolejových vozidel traťové třídy D4 UIC, prostorové průchodnosti – průjezdného průřezu UIC – GC, zajištění požadované propustnosti a zvýšení maximální traťové rychlosti až do hodnoty 160 km/h, když tunely budou stavebně připraveny na rychlost do 200 km/h. Obsahem stavby Nemanice I – Ševětín, je především zdvojkolejnění celého úseku trati. Dosažení cílových parametrů však není možné bez vedení železnice mezi stanicí Nemanice I a Ševětín v nové stopě s tím, že v úseku mezi žst. Hluboká nad

*Dedicated to the memory of Prof. Ing. Dr. Jiří Streit, CSc.*
**22/1/ 1912 – +22/1/1993*

## INTRODUCTION

*The paper complements the contribution of colleagues Petr Lapiš and Libor Mařík from IKP CE, s. r. o, published in issue 4/2011 in TUNEL journal, by adding some information on the preparation of the construction of the Hosín tunnel, which is part of the design documentation for the Nemanice – Ševětín section of the rail corridor No. 4. Instead of describing the selection of variants in more detail, it is rather intended to acquaint readers with the extent of deliberations designers developing similar designs have to survive.*

The concept of the development of railway infrastructure in the Czech Republic is based on the need for the compatibility of railway lines of European importance, which were approved by our republic within the framework of signing the AGC and TER agreements, where one of railway priority axes is the Trans-European E55, which is defined as Railway Transit Corridor No. 4 (see Fig. 1). The objective of the modernisation is to develop a high-quality system of railway transport in the Czech Republic, which could, in integration and connection with the network developed in the CR in the past and railway networks in neighbouring states, succeed in the strong competition with, first of all, road transport. The construction and modernisation consists of a complex of activities the result of which will be the increased capacity, life length and comfort along the new double-track line, together with improved safety of the railway traffic. The deciding benefit is the fact that transitivity of rail vehicles of D4 UIC track class and the passing space for UIC-GC loading gauge will be achieved, the required carrying capacity will be secured and the speed limit over the track will be increased up to 160 km/h, whilst tunnels will be structurally prepared for the speed of




*Obr. 1 Mapa IV. koridoru severně od Českých Budějovic*
*Fig. 1 Map of the Corridor No. 4 north of České Budějovice*

*Obr. 2 Situace tunelu Hosín*
*Fig. 2 Hosín tunnel layout*

Vltavou – Zámostí a Ševětínem dojde k opuštění stávající tratě. Realizací stavby dojde k výraznému zkrácení dosavadní délky trati, což spolu s umístěním části trasy do tunelů bude mít i pozitivní vliv na snížení udržovacích nákladů (obr. 2). Projekt železniční stavby je v oblasti severně od krajského města koordinován s přípravou dálnice D3 Ševětín – Borek a severní spojkou a tangentou obchvatu Českých Budějovic.

Nová přeložka vychází již ze stanice Nemanice I s tím, že je nutná úprava navazujícího kolejového řešení ve směru na Plzeň, tj. do stanice Nemanice II, a řešeno je i napojení ponechané traťové koleje směr Hluboká nad Vltavou – Zámostí. Nová trasa je vedena do prostoru mezi obce Nemanice a Hrdějovice, kde kříží silová vedení VVN 110 kV a 400 kV a stávající komunikaci (ulice Nemanická), která bude přerušena železničním tělesem. V tomto prostoru se uvažuje i o budoucím mimoúrovňovém křížení tzv. Severní tangenty. V místě křížení se stávající spojovací komunikací mezi Borkem a Hrdějovicemi (silnice III/10576) je navrženo nové mimoúrovňové křížení formou silničního nadjezdu. Z takto upravené komunikace je navržena nová přístupová komunikace k jižnímu portálu prvního železničního tunelu. Hosínský tunel je situován do lokality mezi letiště Hosín a vlastní obec Hosín. Severní portál tohoto tunelu je situován do prostoru za křížení se stávající kolejí mezi stanicí Hluboká nad Vltavou – Zámostí a Chotýčany. K tomuto portálu je navržena nová přístupová komunikace. Trasa přeložky je dále vedena většinou formou náspu kolem Dobřejovic, kde mimoúrovňově kříží silnici II/146. Tato je vedena poměrně dlouhou přeložkou a křižuje železniční trasu v podjezdu pod železničním mostem. Součástí přeložky silnice je i lokální dočasná přeložka v místě křížení s železniční trasou, která umožní realizovat na této komunikaci silnou staveništní dopravu nezbytnou pro realizaci stavby. Z ní je navržena nová přístupová komunikace k jižnímu portálu dalšího nového tunelu Chotýčany.

## ÚVAHY

Práce projektanta dopravních staveb je krásná v tom, že „vidí“ do budoucnosti. Tam, kde je teď pole a les, bude za pár let železniční trať nebo silnice a jak bude dále popsáno, není vyloučen i opak. Na úplném začátku projektanti železniční tratě uloží do prostoru linii kolejových pásů a dále „namalují“ zářezy, násypy, mosty, stanice a také tunely (ty moc vidět nejsou). Specialisté, tuneláři musí společně s geology správně vyhodnotit nejenom geotechnické podmínky masivů, ve kterých jsou vedeny tunely, a k nim přiřadit optimální metodu výstavby, ale vyhodnotit také širší souvislosti realizace stavby. Porovnávání možných variant příčného řezu a postupu výstavby tunelů je podrobně popsáno v příspěvku kolegů z IKP CE, my však chceme poukázat na souvislosti, které také významně ovlivňují konečný tvar stavby, a tím i jednotlivých objektů této mozaiky.

Jednou z nejdůležitějších úloh projektantů je stanovení takového postupu výstavby, který nezruší, nebo přinejmenším zásadním

250 km/h. The content of the Nemanice I – Ševětín construction lot is, first of all, adding of one track throughout the entire section length. However, reaching the target parameters is not possible without leading the rail line between Nemanice I and Ševětín stations within a new footprint, abandoning the current alignment in the section between Hluboká nad Vltavou Zámostí station and Ševětín station. Once the construction is finished, the current length of the line will be significantly reduced. This, together with the placement of a part of the rail line into tunnels, will have a positive influence on reducing the maintenance costs (see Fig. 2). The design for the railway construction is coordinated in the area north of the district-town with the preparation of the D3 motorway section Ševětín – Borek and the northern connecting road and tangential road connecting to the České Budějovice bypass road.

The new diversion route starts from Nemanice I station, but it requires the adaptation of the design of the connecting yard in the direction of Plzeň, i.e. to Nemanice II station. In addition, the connection of the running track in the direction of Hluboká nad Vltavou – Zámostí, which is left in place, is solved. The new alignment leads to the area between the villages of Nemanice and Hrdějovice, where it crosses EHT 110 kV and 400 kV power mains and an existing road (Nemanická Street), which will be interrupted by the railway embankment. A grade-separated intersection with the so-called Northern Tangential Road is also under consideration for future for this space. A new grade-separated intersection in the form of a fly-over is designed for the location of the intersection with the existing connecting road between Borek and Hrdějovice (road No. III/10576). A new access road to the southern portal of the first rail tunnel is designed to lead from the road adapted in the above-mentioned way. The Hosín tunnel is designed to be built in a location between the Hosín airfield and the village of Hosín itself. The northern portal of this tunnel is located in the area behind the crossing with the existing rail track between the Hluboká nad Vltavou Zámostí station and Chotýčany station. A new access road to this portal is designed. The alignment of the diversion is further led mostly on an embankment past Dobřejovice, where it crosses the road II/146 (grade-separated crossing). This road is led along a relatively long diversion and crosses the railway line under a railway bridge. Part of the road diversion is a temporary local diversion in the location of the intersection with the rail line, which will make the busy site traffic, which will be necessary for the construction, possible. A new access road to the southern portal of another new structure, the Chotýčany tunnel, is designed to branch from this diversion.

## DELIBERATIONS

The work of a designer designing transport-related structures is nice in the ability to “see into the future”. Where there is a field or a forest, there will be a railway track or a road in several years and, as it is described below, nor is a reverse option excluded. At the very beginning, railway designers place railroad lines to the area and “draw” cuttings, embankments, bridges and also tunnels (they are not too much visible). Specialists, tunnel designers, must, jointly with geologists, assess not only geotechnical conditions of ground masses through which the tunnels are led and assign an optimal construction method to them, but also assess wider relationships of the implementation of the construction. The process of comparing the possible variants of the cross-section and the techniques of the construction of the tunnels is described in detail in the paper by colleagues from IKP CE. Our intention is to point out the relationships which so significantly affect the final shape of the structure as well as the shapes of individual structures forming this mosaic.

One of the most important tasks for designers is to design such a construction procedure which will not damage, or at least will not upset in a principal way, the traditional course of the life of the society both in the immediate vicinity of the construction and also in the whole region. All (or possibly nearly all) of us remember the time when the Prague metro was being developed in the very centre of the city. Wenceslas Square with the wider surroundings from Karlín to Pankrác and Prague was reminiscent of a city after bombardment, with temporary crossings for pedestrians, trams and cars. Virtually everything was subordinated the development of the metro and

způsobem nenaruší zaběhnutý koloběh života společnosti jak v bezprostředním okolí stavby, anebo také celého kraje. Všichni (tedy možná skoro všichni) si pamatujeme dobu výstavby pražského metra v samém centru města, když koncem šedesátých a na začátku sedmdesátých let připomínalo Václavské náměstí a jeho širší okolí od Karlína až za Pankrác vybombardované město s provizorními přechody pro lidi, tramvaje i automobily. Výstavbě metra bylo podřízeno prakticky vše a v centru města se skoro nedalo žít. Jenže 50 let po tomto průkopnickém činu našich otců je jiná doba a tímto způsobem se již stavět nedá, natož pak v tak romantické krajině, jaká je mezi Nemanicemi a Ševětínem. I když jsou ekonomické propočty nedílnou součástí každé projektové přípravy a jsme již schopni se poměrně přesně přiblížit reálné ceně stavby, jsou i parametry, které nejde jednoduchým výpočtem ocenit. A mezi ně je možné zařadit i celkový vliv výstavby na obyvatele, přírodu a osídlená místa, včetně např. dopravní infrastruktury, jmenovitě silnic všech tříd, které výstavbou těchto rozsahů výrazně trpí.

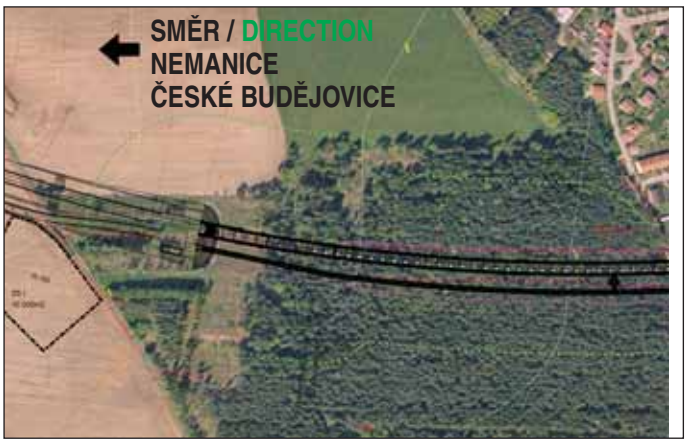
Při projektové přípravě je jedním z nejtěžších úkolů projektantů najít vhodné místo pro uložení neupotřebitelných zemin a hornin z výkopů, při ražených tunelech samozřejmě včetně rubaniny. Ideální je mít rovnítko mezi plusy a minusy a kromě samotné trasy nové železniční linie nic nikde „vedle“ neukládat anebo zisk „dobré skály“ hospodárně zpracovat a prodat. Jenže to je ideál a ten, jak víme, se nedá dosáhnout, protože neexistuje. Při vyhodnocování možné kubatury rubaniny z tunelů Hosín a Chotýčany se objemy pohybovaly v intervalu od 826 000 až po 1 355 000 m$^3$, a to převážilo celkovou bilanci „velké“ stavby na výrazný přebytek. Proto rozhodnutí o jeho hospodárném uložení bylo jedním z nejdůležitějších počinů této části projektové dokumentace, když vhodně zvolená technologie výstavby ražených tunelů, v tomto případě variabilnější NRTM, umožnila zásadním způsobem omezit narušování životního prostředí nejenom v bezprostředním okolí stavby, ale dovolujeme si tvrdit, že i v rámci Jihočeského kraje. Vhodným výškovým vedením trasy se mezi oba tunely umístil dva tisíce pět set metrů dlouhý a až deset metrů vysoký násep pro dvoukolejnou železniční trať, do kterého je možné uložit až 75 % celkového výrubu z obou tunelů. Přebytečný objem se uloží na dočasnou meziskládku mezi Hosínem a Dobřejovicemi a po opuštění železniční tratě se zářezy zasypou vytěženou horninou a prostor se rekultivuje například zalesněním. Tím, že vyrubanou horninu není nutné převážet na vzdálenosti desítek kilometrů, třeba nákladními auty nebo železnicí a případně dopravníkovými pásy a přitom ji několikrát nakládat, překládat, urovnávat, ale je možné ji prakticky před nosem (tedy před portály) uložit trvale i dočasně, se ušetřilo nejenom významné procento investičních nákladů, ale i hodně nervů nejen obyvatel, ale i stavitelů a nepochybně i investora.

Hosínský tunel je spolu s Chotýčanským tunelem v současné době zpracováván ve stupni přípravné dokumentace. Tunely byly navrhovány jako unifikované, nicméně rozdílné místní podmínky si vynutily i specifická řešení. Parametry Hosínského tunelu jsou uvedeny v následující kapitole.

## VEDENÍ TRASY

Trasa tunelu Hosín se nachází pod plochou elevací východně až severovýchodně od obcí Hrdějovice a Hosín, v blízkém jihozápadním předpolí letiště Hosín. Nadmořská výška terénu pozvolna stoupá od místa jižního vjezdového portálu z hodnoty cca 400 m n. m. na nejvyšší kótu cca 499 m n. m. u letiště Hosín a poté se svažuje relativně prudším svahem k místu severního portálu s povrchem terénu na úrovni cca 420 m n. m. (výška nadloží nad TK 14–85–20 m). Trasa železniční tratě v tomto úseku je vedena ve dvou protisměrných obloucích, levého s poloměrem 2000 m a dále pravého s poloměrem 2504 m v koleji č. 1 (převýšení 90 a 106 mm). Trasa ve směru staničení stoupá 1110 m 4,6 ‰, dále 1977 m 6,5 ‰ a v poslední části hloubeného tunelu v délce 33 m 10 ‰. Převýšení mezi vjezdovým a výjezdovým portálem je cca 18,5 m.

Povrch území je porostlý lesy či zemědělsky obhospodařován (pole, louky).



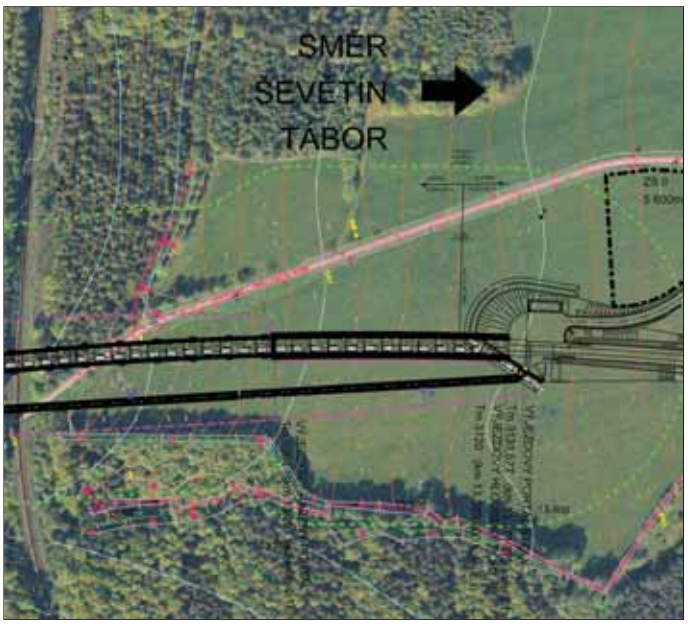

*Obr. 3 Situace vjezdového portálu*
*Fig. 3 Entrance portal layout*

living in the city centre was nearly impossible. But today, nearly 50 years after this pioneer deed of our fathers, the time is different and it is no more possible to build in this way, let alone do it in such a romantic landscape as the landscape between Nemanice and Ševětín is. Even though economic calculations are an inseparable part of every project preparation and we are already capable of relatively exact approximating the real cost of the construction, there are also parameters which cannot be estimated by simple summing up. The overall impact of a construction project on inhabitants, nature and populated towns, including, for instance, transport infrastructure, namely roads of all classes, which seriously suffer from the development of such large-scale construction projects, can be counted among them.

The most difficult task for designers during the project engineering stage is to find a space suitable for the deposition of unusable soil and rock from the excavation, of course including the muck in the case of mined tunnels. It is ideal if plusses are equal to minuses, without the necessity for depositing anything along the sides of the route of the new railway line (with the exception of the route footprint itself) or if the gain of good quality rock is economically treated and sold. But this is an ideal which, as we know, can never be achieved because it does not exist. When the possible volumes of muck from the Hosín and Chotýčany tunnels were being assessed, they ranged within the interval from 826,000 to 1,355,000 m$^3$, which meant that there was muck surplus in the overall balance of the “large” construction project. For that reason the decision on its economic disposal was one of the most important deeds in this part of the design documentation. The suitably selected tunnelling technique (the in this case more variable method, the NATM) made it possible to restrict disturbing of the environment not only in the immediate surroundings of the construction site but, we dare maintain, even within the South Bohemian region. Owing to the appropriate design of the vertical alignment it was possible to place a two thousand five hundred metres long and up to ten metres high embankment for the double-track rail line, capable of accommodating up to 75 per cent of the total volume of muck from both tunnels. The volume in excess will be disposed of to a temporary stockpile between Hosín and Dobřejovice. When the rail track is abandoned, cuttings will be backfilled with the excavated material and the space will be reclaimed, for example by foresting. Significant percentage of investment costs are saved and not only inhabitants but also contractors and, undoubtedly, the client are spared lots of stresses thanks to the fact that it is not necessary to transport the muck to distances of tens kilometres by lorries, by rail or on conveyor belts and load, reload and level it several times during the process and, instead of it, it is possible to deposit it permanently or temporarily virtually just on the spot (in front of portals).

For more technical readers, not to be swindled of parameters of the Hosín tunnel, we present them in the following chapter.

The work on the design for the Hosín tunnel, as well as the Chotýčany tunnel, is currently in the conceptual stage. Structures of the tunnels were proposed to be unified, but different local conditions required some specific solutions.




*Obr. 4 Situace výjezdového portálu*
*Fig. 4 Exit portal layout*

## INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Na základě výsledků geofyzikálního a vrtného průzkumu lze konstatovat, že horninový masiv představuje z inženýrskogeologického hlediska velmi heterogenní těleso. Zastiženy byly různé horninové typy s rozdílným stupněm zvětrání, a tím i s rozdílnými mechanickými vlastnostmi. Také podle úložných poměrů lze horninový masiv hodnotit jako značně komplikovaný.

Stručný souhrn zjištěných poznatků:

Ražba tunelu bude realizována ve velmi pestrém a složitém geologickém prostředí, kdy jednotlivé zastižené horninové typy mají velmi odlišné a proměnlivé geotechnické vlastnosti.

Zastiženy budou horniny jednotvárné série moldanubika, které jsou zastoupeny především pararulami, ortorulami a migmatity s žilným doprovodem, dále slabě zpevněné sedimentární horniny křídového stáří zastoupené pískovci s polohami jílovců a prachovců, a nakonec nezpevněné jílovité pánevní uloženiny terciérního stáří charakteristické jíly, hlínami, diatomity a lignity.

Z tunelářské klasifikace RMR plyne, že kvalita horninového prostředí je velmi proměnlivá – ve velké části úseku je kvalita středně příznivá až dobrá, v části úseku je špatná až velmi špatná.

Ražba bude probíhat převážně v technologických třídách NRTM 2 až 4; jižní vjezdový portálový úsek je hodnocen ve třídách 4 až 5a; severní výjezdový úsek je v terciérních zeminách plánovaný jako kompletně hloubený – v případě ražby části úseku by byl hodnocen ve třídě 5b.

Horniny budou muset být v převážné části rozpojovány pomocí trhacích prací.

Charakter hornin a jejich rozpukání povede k tvorbě nadvýlomů.

Především v jižním portálovém úseku lze předpokládat zvýšené přítoky podzemní vody, a to z křídových pískovců, přičemž jejich velikost bude částečně závislá na intenzitě atmosférických srážek. V severním portálovém úseku předpokládáme pouze menší přítoky podzemní vody z propustnějších poloh zemin. V horninovém masivu v trase tunelu budou přítoky velmi nepravidelné. Zvýšené přítoky budou soustředěné především do lokálních tektonicky porušených zón o iniciální vydatnosti až v jednotkách $l.s^{-1}$; voda může být slabě tlaková. V horninách mírně porušených budou přítoky spíše ojedinělé o nízkých vydatnostech.

Součástí hydrogeologického průzkumu byla pasportizace vybraných jímacích objektů podzemní vody. V severovýchodní části Hrdějovic, v jihozápadní části Borku a u Hosína bylo vytipováno několik oblastí a vodních zdrojů, u kterých je možné očekávat jejich ovlivnění co do vydatnosti, tak i kvality podzemních vod.

## ROUTE LOCATION

The Hosín tunnel route is located under a flat elevation, east to north-east of the villages of Hodějovice and Hosín, in the foreland of the Hosín airfield found in the vicinity. The terrain elevation gradually rises from about 400 m a.s.l. at the entrance portal to the highest level of about 499 m a.s.l. at the Hosín airfield. Then it relatively steeply declines to the location of the northern portal, where the terrain surface is at the level of about 420 m a.s.l. (the overburden height above the rail top of 14 – 85–20 m). In this section, the rail track alignment is led on two reverse curves, the left-hand one (track #1) with the radius of 2000 m and the subsequent right-hand one with the radius of 2504 m (the superelevation of 90mm and 106 mm respectively). The vertical alignment rises at 4.6 ‰ along a 1100 m long section and 6.5 ‰ along a 1977m long section; in the last, 33 m long cut-and-cover section, it is on a10 ‰ gradient. The difference between the entrance and exit portal levels is about 18.5 m.

The terrain surface is covered by woods or is cultivated (fields, grass-land).

## ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY

It is possible to state on the basis of results of geophysical and drilling survey that, from the engineering geological point of view, the rock mass is a very heterogeneous body. Various rock types with various degree of weathering resulting in different mechanical properties were encountered. According to modes of deposition, the rock mass can be assessed as significantly complicated.

A brief summary of pieces of knowledge obtained by the survey:

The tunnel will be driven through a very varied and complicated geological environment, where particular rock types encountered have different and variable geotechnical properties.

Tunnellers will encounter rocks of the monotonous development series of the Moldanubic formation represented above all by paragneiss, orthogneiss and migmatites (accompanied by veins), weakly solidified sediments of the Cretaceous age represented by sandstone with claystone and siltstone interbeds and, finally, loose silty basin deposits of the Tertiary age, characterised by clay, loams, diatomites and lignites.

It follows from the tunnelling Rock Mass Rating (RMR) that the quality of the rock environment is highly variable. It is medium favourable to good in the major part of the section, whilst it is poor to very poor in a part of the section.

The excavation will pass mostly through the rock with the NATM excavation support classes ranging from 2 to 4; the southern (entrance) portal section is categorised as class 4 to 5a; the tunnel in the northern (exit) section, passing through Tertiary soils, will be a cut-and-cover structure (if a part of the section is mined, the NATM excavation support class would be 5b).

The rock will have to be broken by blasting in the major part of the tunnel.

The character of the rock and its cracking will lead to overbreaks.

It is first of all in the southern portal section that it is possible to expect increased inflows of ground water from Cretaceous sandstone. Their magnitude will partly depend on the intensity of atmospheric precipitation. As far as the northern portal section is concerned, we expect only smaller groundwater inflows from more permeable layers of soil. The inflows from the rock mass along the tunnel route will be very irregular. Increased inflows will be concentrated first of all to local tectonically disturbed zones, where the initial rates in $l.s^{-1}$ will even reach single-digit values. In slightly broken rock the inflows will by rather isolated with low yields.

One of the parts of the hydrogeological survey was the condition survey of selected groundwater abstraction structures. Several areas and water sources where it is possible to anticipate that their yield and quality of ground water will be affected by the construction were determined in the NE part of Hrdějovice, the SW part of Borek and near Hosín.

*Obr. 5 Pohled na vjezdový portál*
*Fig. 5 A view of the entrance portal*

## NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ

Celková délka dvoukolejného tunelu je 3120 m. Ražený úsek tunelu je 2820 m dlouhý, dvojice únikových chodeb včetně 6 propojek má délku 2825 m. Hloubený úsek je na jižním portálu 144 m (obr. 3) a na severním 156 m dlouhý (obr. 4). Jižní hloubená část bude realizována v otevřené stavební jámě vysvahováním dočasných stěn (obr. 5). Na severním portálu jsou pro zabezpečení konstrukcí navrženy svislé kotvené podzemní stěny se zpevněním podloží pomocí tryskové injektáže.

Odsazení osy tunelu od osy kolejí je konstantní 95 mm vlevo. Tím je v celé délce tunelu zachován konstantní příčný profil tunelu se šířkami chodníků 940 mm vlevo a 750 mm vpravo. Toto uspořádání umožňuje převedení požadovaného počtu kabelů a potrubí.

Jižní portál bude realizovaný v otevřené stavební jámě s vysvahováním dočasných stěn. Na severním portálu, kde se pod tunelem nachází nestabilní, až 6 m tlustá vrstva terciérních uloženin s polohami lignitu, jsou pro zabezpečení konstrukcí navrženy svislé, kotvené podzemní stěny ve dvou etážích a zpevnění prostoru pode dnem tryskovou injektáží.

Osa souběžné záchranné chodby je vzdálena od osy tunelu min. 25 m, aby došlo k vytvoření přirozeného horninového pilíře mezi tunelem a únikovou chodbou i v případě poruchových pásem. Záchranná chodba je rozdělená na 2 části, s délkami 1344 m na jihu a 1352 m na severu, které jsou spojeny s tunelem vždy 3 propojkami. Vzdálenost mezi 3. a 4. propojkou, které nejsou propojeny únikovou chodbou, je 453,5 m.

Podélné sklony chodby korespondují s podélným sklonem tunelu. Příčný průřez souběžné záchranné chodby umožňuje průjezd záchranného vozidla – sanitky (světlá šířka/výška je 2,25/2,25 m). Světlý tunelový průřez chodby je 7,5 m$^2$. Teoretický výrub záchranné chodby je cca 13,5 m$^2$. V polovině délky propojek jsou křížové rozrážky pro technologické místnosti. U 2. a 5. propojky jsou umístěny místnosti trafostanic. Veškeré profily, mimo trafostanice, s rozšířeným profilem 25 m$^2$ a prostor pro otáčení záchranných vozidel IZS na konci únikových štol jsou identických rozměrů.

Při předpokladu ražeb štol v předstihu před ražbou velkého profilu tunelu budou moci být využity jako geologické průzkumné štoly a jižní část i jako odvodňovací štola.

Návrh technického řešení dvoukolejného tunelu a únikové štoly respektuje především geologické podmínky výstavby, možnosti a dobu předpokládané výstavby, zásah záchranných jednotek včetně činností provozovatele železniční přepravy v případě ohrožení cestujících nehodou nebo požárem a také možností samozáchrany cestujících, odporu vlakové soupravy při jízdě tunelem, a tím i reálně dosažené cestovní rychlosti železniční přepravy.

Ve shodě s ČSN 73 7508 Železniční tunely a rozhodnutím komise ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému *Bezpečnost v železničních tunelech v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému* (2008/163/ES), jsou před vjezdový i výjezdový portál přivedeny požární přístupové komunikace, společně s vybudováním nástupních a záchranných ploch a vybudováním požárního vodovodu.

## PROPOSED SOLUTION

The total length of the double-track tunnel reaches 3120 m. The mined section of the tunnel is 2820 m long; two escape galleries including 6 cross passages are 2825 m long in total. The cut-and-cover sections at the southern and northern portals are 144 m long (see Fig. 3) and 156 m long (see Fig. 4), respectively. The southern cut-and-cover part will be built in an open trench with sloped sides (see Fig. 5). Vertical anchored diaphragm walls with the sub-base reinforced by jet grouting are designed for the protection of structures at the northern portal.

The offset of the axis of the rails from the tunnel axis is constant, 95 mm to the left side. As a result, a constant cross section with walkways on the left-hand and right-hand sides 940 mm and 750 mm wide, respectively, is maintained throughout the tunnel length. This configuration allows the required number of cables and pipelines to pass along the tunnel.

The southern portal will be constructed in a sloped construction trench. At the northern portal, where there is an up to 6 m thick layer of Tertiary deposits with lignite interbeds, the structures will be protected by two stages of vertical anchored diaphragm walls and by reinforcing of the space under the bottom by jet grouting.

The centre line of the parallel rescue gallery runs at the minimum distance of 25 m so that a natural rock pillar can develop between the two underground workings even in the case of encountering zones of fracture. The rescue gallery is divided into two parts with the lengths of 1344 m in the south and 1352 m in the north. Each of them is interconnected with the tunnel by 3 cross passages. The distance between cross passages No. 3 and 4, which are not interconnected by the escape gallery, is 453.5 m.

The longitudinal gradients of the gallery follow the longitudinal gradient of the tunnel. The cross-section of the parallel rescue gallery (net width of 2.25 m and net height of 2.25 m) allows a rescue vehicle (an ambulance car) to pass through. The net cross-sectional area is 7.5 m$^2$. The theoretical excavated cross-sectional area of the rescue adit is about 13.5 m$^2$. In the middle of the lengths of the cross passages there are cruciform side stubs for equipment rooms. Transformer stations are at the cross passages No. 2 and 5. The dimensions of all cross-sections, with the exception of cross-sections for transformer stations, cross-sections enlarged to 25 m$^2$ and cross-sections providing space for turning of the Integrated Rescue System vehicles at the ends of escape galleries, are identical.

Under the assumption that the galleries are driven in advance of the excavation of the large tunnel profile, it will be possible to use the galleries as geological exploratory adits and, in addition, the southern part will be usable as a drainage gallery.

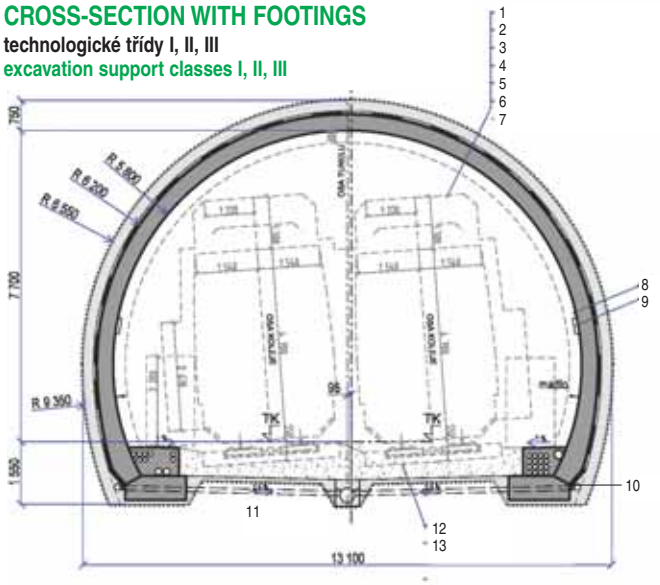
The proposal for the technical solution for the double-track tunnel and the escape gallery regards first of all geological conditions for the construction, the possibilities and expected duration of the construction, an intervention of rescue units including activities of the provider of railway transport services in the case of threatening of passengers by an accident or a fire, as well as the possibility of self-rescue of passengers and the resistance of the train when running along the tunnel (thus also the really achieved travelling speed of railway traffic).

Access roads for fire fighters and hard-surfaced assembly and rescue areas are provided at the entrance and exit portals and a fire main is installed in compliance with requirements of ČSN 73 7508 *Rail Tunnels standard and the decision of the Commission of the European Communities* dated 20 December 2007 on the technical specification for the interoperability of the sub-system entitled *Safety in rail tunnels* existing within the Trans-European conventional and high-speed rail system (2008/163/ES).

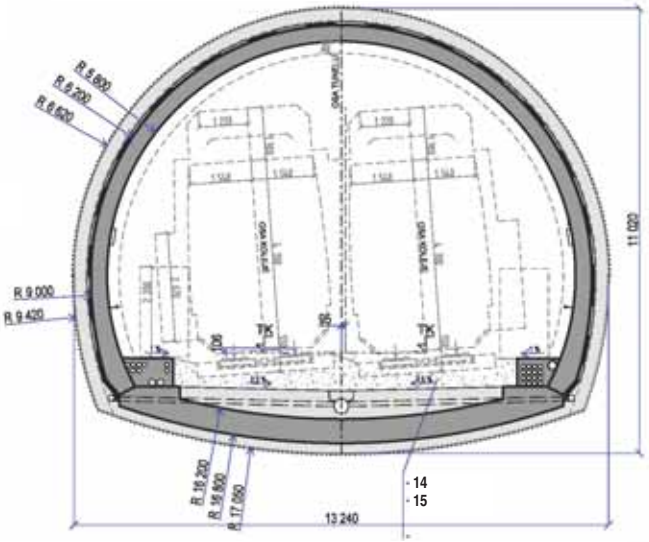
## CROSS SECTIONS

The design for the net cross-section of the double-track tunnel is identical for both tunnels. It started from the newly in force standard sheet issued by the Railway Infrastructure Administration "S*ingle-track tunnel net cross section*" (2010), which was applied to a double-track tunnel (see Fig. 6, 7).

**PROFIL S PATKAMI**
**CROSS-SECTION WITH FOOTINGS**
**technologické třídy I, II, III**
**excavation support classes I, II, III**




**PROFIL SE SPODNÍ KLENBOU**
**CROSS-SECTION WITH INVERT**
**technologické třídy IV, V**
**excavation support classes IV and V**




**ZÁKLADNÍ VÝMĚRY KONSTRUKCÍ**
**BASIC QUANTITIES OF STRUCTURES**
**výrub 107,47 m² - excavated cross-sectional area 107.47 m²**
**dočasné ostění 6,81 m² – temporary lining 6.81 m²**
**trvalé ŽLB ostění 12,02 m² – permanent RC lining 12.02 m²**
**světlý tun. prostor 76,10 m² – net tunnel space 76.10 m²**

**LEGENDA / LEGEND**

1 obrys výrubu – excavation contour line
2 dočasné ostění SB25 tl. 0,25 m – temporary lining
3 prostor pro dotvarování kce max. 0,10 m
space for max. creeping of up to 0.10 m
4 foliová izolace tl. 0,003 m – waterproofing membrane 0.003 m
5 trvalé ostění beton C25/30 XC1 XF1 tl. 0,40 m
permanent lining concrete C25/30 XC1 XF1 0.40 m thick
6 pojistný prostor tl. 0,30 m – safety margin space 0.30 m thick
7 hraniční obrys průjezdného profilu – boundary contour of clearance profile
8 vyzařovací kabel – radiating cable
9 nouzové osvětlení – emergency lighting
10 boční tunelová drenáž DN 150 – side tunnel drainage DN 150
11 střední tunelová drenáž DN 350 – central tunnel drainage DN 350
12 trvalé ostění – patky beton C25/30 XA1 XC1 XF1 tl. 0,40 m
permanent lining – footings concrete C25/30 XA1 XC1 XF1 0.40 m thick
13 podkladní beton C12/15 XO tl. 0,10 m
blinding concrete C12/15 XO 0.10 m thick

**ZÁKLADNÍ VÝMĚRY KONSTRUKCÍ**
**BASIC QUANTITIES OF STRUCTURES**
**výrub 120,13 m² – excavated cross-sectional area 120.13 m²**
**dočasné ostění 11,39 m² – temporary lining 11.39 m²**
**trvalé ŽLB ostění 17,20 m² – permanent RC lining 17.20 m²**
**světlý tun. prostor 76,10 m² – net tunnel space 76.10 m²**

14 trvalé ostění – protiklenba beton C25/30 XA1 XC1 XF1 tl. 0,40 m
permanent lining – invert – concrete C25/30 XA1 XC1 XF10.40 m thick
15 podkladní beton C12/15 XO tl. 0,10 m
2 blinding concrete C12/15 XO

*Obr. 6 Vzorové příčné řezy tunelem*
*Fig. 6 Typical tunnel cross-sections*

## PŘÍČNÉ ŘEZY

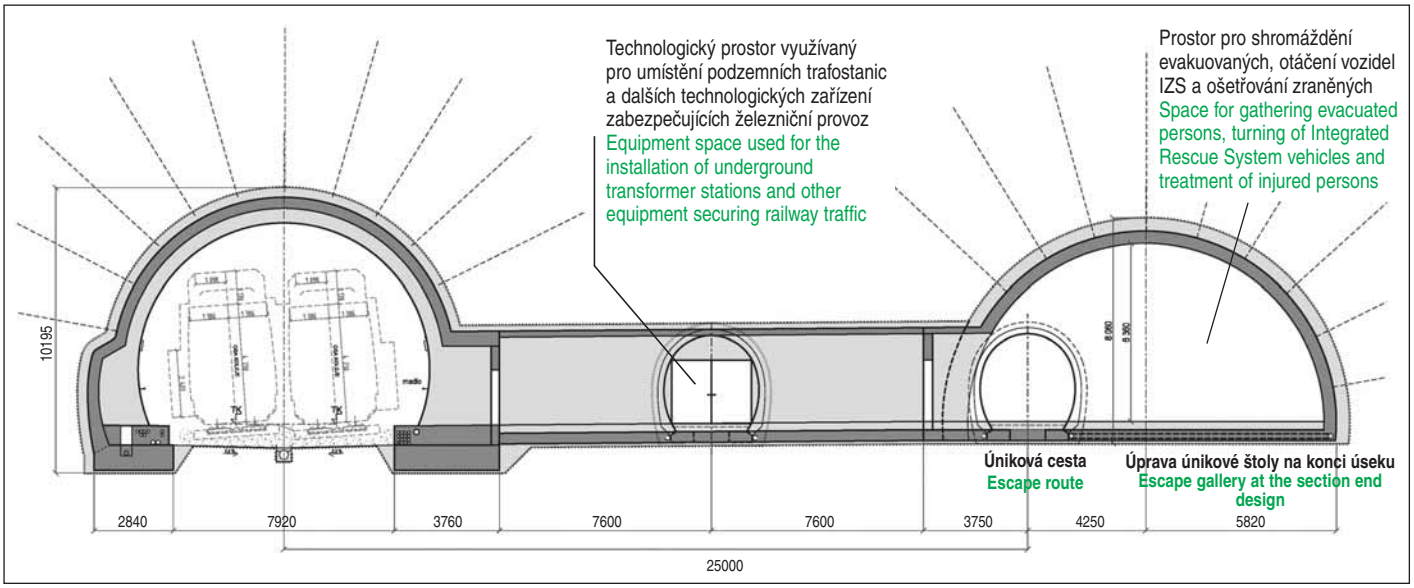
Návrh světlého profilu dvoukolejného tunelu je pro oba tunely stejný. Vyšel z nově platného vzorového listu SŽDC *Světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu* (2010) a byl aplikován na dvoukolejný tunel (obr. 6, 7).

Světlý tunelový průřez dvoukolejného tunelu z roku 2004 byl upraven v souladu s rozhodnutím komise ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému *Bezpečnost v železničních tunelech v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému* (TSI SRT, 2008/163/ES). Jedná se o úpravu chodníků, zvětšení jejich minimální šířky z původních 500 mm na 750 mm, zmírnění sklonu povrchu ze 3 % na 1 % a ke snížení výškové polohy vzhledem k TK. Tunelový profil byl zvětšen z dříve standardního poloměru 5,7 m na 5,8 m. Tím došlo po předběžném posouzení programem SEALTUN ke splnění tlakového komfortu pro cestující i při rychlostech míjejících se vlaků 200 km/h.

Tunelový průjezdný průřez vychází z ustanovení ČSN 73 7508 (kap. 6.3.4.1) při respektování osové vzdáleností kolejí 4000 mm, plocha STP je 76,10 m². Definitivní ostění dvoukolejného tunelu je kruhového tvaru, s mírným náběhem v dolní části patky klenby. V dokumentaci je předloženo technické řešení 2 typů konstrukce: pro dobré geologické podmínky kruhová klenba založená na patkách a pro špatné podmínky uzavřený profil s protiklenbou. Tloušťky ostění se mění podle geologických podmínek po trase obou tunelů. Plocha výrubů se podle technologických tříd pohybuje od 105 do 120 m².

The net cross-section of the double-track tunnel developed in 2004 was modified to comply with requirements of the decision of the Commission of the European Communities dated 20 December 2007 on the technical specification for the interoperability of the sub-system entitled *Safety in rail tunnels existing within the Trans-European conventional and high-speed rail system* (TSI SRT, 2008/163/ES). The modification dealt with the walkways, increasing their minimum width from original 500 mm to 750 mm, reducing the surface gradient from 3 % to 1 % and increasing the depth of the cross-section with respect to the top of rail level. In addition, the tunnel cross-section diameter was increased from the previously standard of 5.7 m to 5.8 m. As a result, a preliminary assessment using the SEALTUN software showed that the required pressure comfort for passengers was maintained even in the case of trains passing each other in the tunnel, running in the opposite directions at the velocities of 200 km/h.

The tunnel clearance profile is based on requirements of ČSN 73 7508 standard (par. 6.3.4.1). Complying with the requirement for the track centre distance of 4000 mm, the net cross-sectional area of the tunnelis 76.10 m². The geometry of the final lining of the double-track tunnel is circular, with a mild taper in the bottom part of the vault toe. The design documentation contains technical solutions for 2 types of the structure: a circular vault founded on footings for good geological conditions and a closed cross-section with an invert for unfavourable conditions. The thickness of the lining varies depending on geological conditions along the routes of both tunnels. The




*Obr. 7 Příčný řez tunelem, spojovací a únikovou štolou*
*Fig. 7 Cross sections through the tunnel, the connecting adit and the escape gallery*

Odvodnění tunelů za provozu je uvažováno pomocí mezilehlé fóliové izolace a podélných tunelových drenáží (systém deštník). Uprostřed tunelu je umístěna centrální tunelová stoka s profilem DN 350 mm. Voda je odváděna gravitačně ve sklonu proti směru trasy tunelu. Pro čištění drenáží jsou navrženy po 60 m šachty. Předpokládáme standardní vybavení tunelů. Kabelovody jsou situovány pod chodníky po obou stranách tunelu, tunel je vybaven osvětlením a madly. Na portálech jsou osazeny protidotykové zábrany. Nedílnou součástí vybavení je i suchovod.

## DÉLKA DOBY REALIZACE

Délka výstavby tunelu včetně hloubených částí (ražby se dvěma čelbami, dočasného i trvalého ostění provedeného po dokončení ražeb, únikových štol, portálů, vystrojení tunelu) je odhadnuta na 2,5 roku.

Pro celkovou dobu stavby je rozhodující trvání realizace delšího Chotýčanského tunelu (3 roky za předpokladu ražby od obou portálů). Jedním z rozhodujících objektů stavby jak z hlediska celkového objemu prací, tak vlivu na hmotnici (kubatury), na rozvozy vytěžených zemin a hornin s ekonomickým dopadem na ražby a také na potřebný čas pro realizaci, je až 10 m vysoký násyp mezi severním portálem tunelu Hosín (obr. 8) a jižním portálem tunelu Chotýčany v délce cca 2,50 km. Celkový objem násypu je 635 882 m$^3$ a za předpokladu, že minimálně z poloviny obou tunelů může být výkop v objemu 519 750 m$^3$ (447.700/2+591.800/2) uložen prakticky přímo před portál, se doporučené technické řešení ražených tunelů stává nespornou výhodou. Řešení nevyvolává nutné projednávání dlouhých odvozních tras se zasaženými obcemi a prakticky bezpodmínečnou úpravu užívané silniční sítě, když se dá oprávněně předpokládat, že frekvence průjezdů dopravních prostředků obcemi by byla v intervalu několika málo minut.

## VARIANTNÍ NÁVRHY

Přípravná dokumentace navazuje na studii *Modernizace trati Nemanice I – Ševětín,* ve variantě C2, zpracovanou fy IKP CE v 11/2007.

Součástí zadání bylo, pro počáteční fáze projekčních prací, zpracovat několik variantních řešení. Z nich byla posléze v rámci technicko-ekonomického posouzení vybrána jediná varianta pro závěrečné dopracování.

Jako základní byly navrženy dvě varianty:

- dvojice souběžných jednokolejných tunelů,
- dvoukolejné tunely.

Dále se porovnávaly varianta klasického štěrkového lože nebo pevné jízdní dráhy, vliv zvýšení rychlosti ze 160 km/h na 200 (230) km/h a u jednokolejných tunelů i varianta ražby pomocí tunelovacího stroje či NRTM.

excavated cross-sectional area ranges from 105 to 120 m$^2$, depending on the NATM excavation support classes.

The drainage of the operating tunnels is considered to be by means of an intermediate waterproofing system and longitudinal drains (the umbrella system). A central DN 350 mm tunnel drain is located in the tunnel centre. Water is drained by gravity, against the direction of the tunnel alignment. Cleaning manholes are proposed to be installed at intervals of 60 m. We expect that standard tunnel equipment will be used. Cable ducts are placed under walkways along both sides of the tunnel. The tunnel is equipped with lighting and handrails. Power-line contact prevention barriers are installed at portals. A dry fire main is also an inseparable part of the equipment.

## CONSTRUCTION WORK DURATIONE

The duration of the period of the construction of the tunnel including the cut-and-cover parts, driving the tunnel at two headings, installing the temporary and final linings after the completion of the excavation, escape galleries, portals and installing the tunnel equipment is estimated to take 2.5 years.

The construction of the longer of the tunnels, the Chotýčany tunnel, is the deciding factor in terms of the total construction time (3 years under the assumption that the tunnel is excavated simultaneously from both portals). One of crucial structures of the project, both from the aspect of the total volume of the work and the aspect of the influence on the cut and fill volumes (the mass haul diagram) on the distribution of excavated soils and rocks with the economic impact on underground excavations and also on the time required for the construction, is the up to 10 m high and about 2.5 km long embankment between the northern portal of the Hosín tunnel (see Fig. 8) and the southern portal of the Chotýčany tunnel. The total volume of the embankment reaches 635,882 m$^3$ and, assuming that the volume obtained minimally from a half of the length of both tunnels, reaching 519,750 m$^3$ (447,700/2 + 591,800/2) can be disposed off virtually in front of the portals, the technical solution recommended for the mined tunnels becomes an undisputable advantage. The solution requires no negotiations over long haul routes with affected municipalities and virtually no improvement of the existing road network because it is reasonable to expect that the frequency of the passage of vehicles through villages would be within the interval of several few minutes.

## DESIGN DRAFT VARIANTS

The conceptual design documents are based on variant C2 of *The modernisation of the Nemanice – Ševětín rail line* study, which was carried out by IKP CE in November 2007.

*Obr. 8 Pohled na výjezdový portál*
*Fig. 8 A view of the exit portal*

Prověřovanými podvariantami úniku osob z tunelu zasaženého požárem nebo nehodou byly:

- souběžná záchranná štola spojená s tunelem krátkými spojovacími chodbami (vyústění u portálů),
- dvojice kratších souběžných záchranných štol s různými možnostmi přístupů (vstup od portálu, přístup boční štolou, přístup svislou šachtou a jejich vzájemné kombinace),
- spojovací chodby těchto štol byly uvažovány ve vzdálenostech do 500 m podle TSI, tj. v těchto případech celkem 6 chodeb po cca 450 m,
- záchranné cesty vedoucí na povrch území pomocí 3 vertikálních šachet (hloubek 29 a 2x80 m), tj. samostatných nouzových východů vedených ze shromažďovacích prostor napojených přímo na tunel. Tato varianta byla vyhodnocená jako nevýhodná kvůli provoznímu hledisku, i když z hlediska ekonomického vyšla její realizace o něco levněji než předchozí možnosti. Toto řešení však výrazně prodražuje údržba všech technologií (kontroly a revize evakuačních výtahů a technologie svislých šachet a jejich případné opravy, zajištění příjezdu v zimních měsících). Dochází k záborům dalších ploch u výstupu z každé šachty (přístupová komunikace, nástupní a záchranná plocha, pozemní objekt). Zabezpečení svislé evakuace při sebezáchraně cestujících a po schodišti je výrazně náročnější než ve zhruba vodorovných štolách.

## ZÁVĚR

Návrh technického řešení dvoukolejných tunelů a jejich únikových cest vychází z konfigurace terénu, respektuje především geologické podmínky a dobu předpokládané výstavby. Volba tunelovací metody souvisela s geotechnickými poměry v trase obou tunelů, logistikou odvozu rubaniny a dodávkami materiálu na výstavbu, harmonogramem výstavby a v neposlední řadě s výší investičních nákladů. Navržené technické řešení bere v úvahu možnosti zásahu záchranných jednotek a činností provozovatele železniční přepravy v případě ohrožení cestujících nehodou nebo požárem včetně možností záchrany samotnými cestujícími. Vybrané varianty ražby tunelů i řešení únikových cest jsou nejen ekonomicky nejvýhodnější, ale i ekologicky nejpřijatelnější.

Realizací stavby dojde k výraznému zkrácení dosavadní délky trati, což spolu s umístěním výrazné části trasy do tunelů bude mít pozitivní vliv na snížení udržovacích nákladů trati.

*ING. LENKA PIKHARTOVÁ, lenka.pikhartova@sudop.cz,*
*ING. MICHAL GRAMBLIČKA, michal.gramblicka@sudop.cz,*
*SUDOP Praha, a. s.*

*Recenzoval: doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.*

Part of the task for the initial phases of the design work was to develop several variant solutions. Subsequently, a single variant was selected among them within the framework of the technical-economic assessment to be completed in the detailed way.

Two variants were selected as basic solutions:

- pairs of parallel single-track tunnels,
- double-track tunnels.

Further on, variants dealing with a classical gravel ballast or slab track, the influence of increasing of the speed from 160 km/h to 200 (230) km/h) and, for the single-track tunnels, variants comprising the excavation using full-face tunnelling machines and the NATM.

The following sub-variants of the escape of persons from the tunnel in the case of a fire or an accident were examined:

- a parallel rescue gallery connected with the tunnel through short cross passages (ending at portals);
- a pair of shorter parallel rescue galleries with various options for the access (access from the portal, access via a side gallery, access through a vertical shaft and their combinations);
- cross passages to these galleries were assumed to be at intervals of 500 m to comply with the TSI, which means the total of 6 passages spaced approximately at 450 m;
- rescue routes leading to the ground surface through 3 vertical shafts (the depth of 29 m and 2 x 80 m), providing independent emergency exits leading from assembly areas and directly connecting to the tunnel. This variant was assessed as inconvenient from the operational standpoint, despite the fact that its application was assessed as slightly cheaper than the above-mentioned options in terms of the economy. On the other hand, this solution is made significantly more expensive due to the needs for the maintenance of all equipment (inspections and checks of evacuation lifts and the equipment of the vertical shafts including contingent repairs, maintaining the access during winter months). The acquisition of additional land is necessary at the exit from each shaft (an access road, an assembly and rescue area, an underground structure). The self-rescue of passengers is significantly more demanding in the case of vertical evacuation via a staircase than in the case of approximately horizontal adits.

## CONCLUSION

The proposal for the technical solution for the double-track tunnels and escape routes from them takes into consideration the terrain configuration and complies, first of all, with the geological conditions and the expected length of the construction period. The selection of the tunnelling technique was associated with the geotechnical conditions along the routes of the two tunnels, the muck removal and construction material supply logistics, the works schedule and, at last but not least, the amount of investment costs. The proposed technical solution takes into account the possibilities of the intervention of rescue units and activities of the rail traffic operator in the case of threats to passengers due to an accident or fire, including self-rescue possibilities. The selected variants of the tunnel excavation technique and the solution for escape routes are not only economically more beneficial but they are also most acceptable from the environmental point of view.

Owing to the implementation of the project the today's length of the track will be significantly reduced. Together with the placement of a substantial proportion of the route into tunnels, it will have a positive influence on reducing the track maintenance costs.

*ING. LENKA PIKHARTOVÁ, lenka.pikhartova@sudop.cz,*
*ING. MICHAL GRAMBLIČKA, michal.gramblicka@sudop.cz,*
*SUDOP Praha, a. s.*

## LITERATURA / REFERENCES

*Přípravná dokumentace Modernizace trati Nemanice I – Ševětín*, Praha : Sudop Praha, a. s., 2011.

# TUNEL CHIENBERG: SANACE ZVEDÁNÍ TUNELU POMOCÍ DEFORMAČNÍCH ELEMENTŮ V ÚSEKU PROCHÁZEJÍCÍM BOBTNAVÝMI KEUPERSKÝMI SEDIMENTY

# CHIENBERG TUNNEL: REHABILITATION USING YIELDING ELEMENTS ON THE SECTION IN KEUPER SEDIMENTS AFFECTED BY HEAVE

FLAVIO CHIAVERIO, ARNO THUT

## 1 ÚVOD

Horniny obsahující jíl a anhydrit vykazují zvětšování objemu po absorbování vody. V takovém případě se mluví o bobtnání horniny. K bobtnání jílů dochází v důsledku osmózy molekul vody do vnitřní krystalické destičkové struktury jílových minerálů, jako jsou ilit, korenzit a montmorillonit. Oedometrická zkouška ukazuje, že vztah mezi bobtnacím tlakem $\sigma$ a přetvořením bobtnáním $\varepsilon$ se řídí takzvaným zákonem bobtnání, podle kterého $\varepsilon$ klesá s log $\sigma$. Schopnost horniny bobtnat je charakterizována velikostí ničím neomezovaného bobtnání $\varepsilon_0$ [%] a maximálním bobtnacím tlakem $\sigma_0$ (v podmínkách úplného zabránění přetvoření bobtnáním). Ze systematicky prováděných laboratorních zkoušek v případě hornin obsahujících jílové minerály obecně vyplývá, že vyšší hodnoty $\varepsilon_0$ se dosáhne s odpovídající vyšší hodnotou $\sigma_0$.

Je známo, že bobtnání v anhydritu má chemický původ a je způsobeno přeměnou anhydritu na sádrovec. Teoreticky (za přísných laboratorních podmínek) je možný nárůst objemu o 61 %. Jestliže se při zkouškách v laboratoři na malých vzorcích úplně zabránilo přetvoření bobtnáním, získaly se maximální bobtnací tlaky $\sigma_0$ až 8 MPa, avšak konečný stav pomalu probíhajícího procesu bobtnání nebyl úplně dosažen. V případě hornin obsahujících anhydrit se z důvodu čistě chemické povahy procesů nedala ověřit platnost semilogaritmického zákona bobtnání empiricky ani na základě teoretických úvah. Ukázalo se ale, že s rostoucím bobtnacím tlakem $\sigma$ se časová změna přetvoření bobtnáním $\varepsilon$ podstatně zpomalí. Diskutuje se o tom, že přinejmenším v laboratorních podmínkách (s uzavřeným systémem) během dlouhé doby není nevyhnutelně přetvoření bobtnáním doprovázeno snížením maximálního bobtnacího tlaku nebo stupněm dosažení jeho finální hodnoty. Zkoušky velkého rozsahu prováděné na pěti zkušebních úsecích zkušební štoly tunelu Freudenstein s různými hodnotami odporu ostění (0; 0,1; 0,25, 0,5 a 0,75 MPa) ukázaly, že zvedání dna tunelu v závislosti na čase se podstatně zpomaluje s rostoucím odporem ostění [1]. Naopak se dá také říci, že v případě anhydritu se vývoj bobtnacího tlaku časem značně zmenšuje, když se umožní třeba jen malé zdvíhání. Zde by se mělo říci, že na základě pozorování tunelů nacházejících se v sádrovcových keuperských sedimentech, které byly v provozu po mnoho desítek let, se dá vyloučit, že by extrémně vysoké bobtnací tlaky naměřené v laboratoři byly dosahovány i v terénu.

Účinky bobtnání při ražbách by se mohly projevovat takto (obr. 1):

- Bobtnací procesy praktického významu se vyskytují pouze v hornině pode dnem tunelu.
- Bobtnání může vést ke zvedání dna tunelu.
- Bránění zdvihu provedením protiklenby tunelu má za následek vývin tlaku na konstrukci tunelu.
- V případě malé výšky nadloží nebo deformovatelné horniny nad klenbou tunelu se může tunelová trouba zvednout jako celek nebo může dojít i ke zvednutí povrchu terénu.

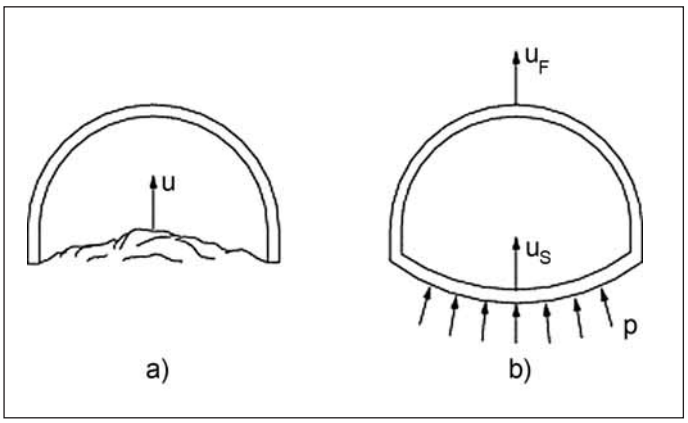
Poslední dva jevy – bobtnací tlak na protiklenbu tunelu nebo s ním související zdvih tunelové trouby jako celku mohou

## 1 INTRODUCTION

Rocks containing clay and anhydrite exhibit the property of volume increase by absorbing water. One speaks in this case of rock swelling.

Swelling in clay is due to the inner-crystalline osmotic presence of water molecules in the plate-like structure of clay minerals like illite, corensite or montmorillonite. Oedometer tests show that the relationship between the swelling pressure $\sigma$ and the swelling strain $\varepsilon$ obeys the so-called swelling law, in which $\varepsilon$ decreases linearly with log $\sigma$. The swelling potential of a rock is characterised by the amount of unrestrained swelling $\varepsilon_0$ [%] and the maximum swelling pressure $\sigma_0$ (under conditions of complete restraint of swelling strain. In the case of rocks containing clay minerals, it generally follows from systematically carried out laboratory tests that a higher value of $\varepsilon_0$ is obtained with a correspondingly higher value of $\sigma_0$.

Swelling in anhydrite is known to be of chemical origin and is due to the conversion of anhydrite into gypsum. In theory (under strict laboratory conditions) a volume increase of 61 % is possible. If swelling strains are completely prevented in tests in the laboratory on smaller specimens, maximum swelling pressures $\sigma_0$ of up to 8 MPa have been obtained, where however the final state of the slow swelling process was not completely reached. In the case of rocks containing anhydrite, the validity of the semi-logarithmic swelling law could not be verified empirically or on the basis of theoretical considerations as a result of the purely chemical nature of the processes. It was shown however that with increasing swelling pressure $\sigma$ the time variation of swelling strain $\varepsilon$ is considerably slowed down. It is argued that at least under laboratory conditions (with a closed system) over long periods of time, allowing swelling strain is not necessarily accompanied by a reduction of the maximum swelling pressure or of the rate of reaching its final value. The large-scale tests carried out in five test sections of the test adit of the Freudenstein tunnel, with differing lining resistance (0, 0.1, 0.25, 0.5 und 0.75 MPa), showed that the time-dependent behaviour of the heave of the tunnel base is substantially slowed




*Obr. 1 Účinky bobtnání při stavbě tunelů: a) zdvíhání počvy tunelu; b) tlak na dno tunelu doprovázený zdvihem tunelových trub*

*Fig. 1 Effects of swelling in tunnelling: a) heave of the tunnel base; b) pressure on the base accompanying/due to heave of the tunnel tubes*

v některých místech vést k porušení ostění tunelu, které by mohlo znamenat nutnost rozsáhlých oprav.

V následujícím textu se probírá scénář rizik zdvihu tunelové trouby jako celku, konstrukční důsledky a koncepce deformovatelného stavebnicového systému (Modular Yielding System) [2] pro ražby v úsecích, kde zdvíhání je nevyhnutelné. Tím, že se zabýváme případem tunelu Chienberg ve Švýcarsku, také podáváme zprávu o zkušenostech z průběhu výstavby a o polních měřeních po uvedení opravených úseků do provozu. Zvláštní pozornost je věnována technickým aspektům deformovatelných podpěr pro zatížení do 10 MN, jejichž základním komponentem je cementové pojivo. Jejich deformační kapacita je až 50 %.

## 2 ZDVIH TUNELOVÉ TROUBY JAKO CELKU

Jestliže tunel prochází horninovými formacemi vykazujícími náchylnost k bobtnání a má-li nízké nadloží nebo je-li nad klenbou tunelu deformovatelná rozvolněná hornina, existuje nebezpečí, že dojde k zdvihu tunelu jako celku. Tyto úvahy ukazují, že možnost zdvíhání horniny existuje i v zónách, kde je sice hloubka větší, ale v oblasti klenby tunelu se nachází deformovatelná hornina [1] [3].

Zdvih tunelové trouby jako celku vede v některých místech k ohybu ve směru osy tunelu doprovázenému typickými diagonálními trhlinami. Dovolený zdvih konstrukce je ale přísně limitovaný, zvláště u železničních tunelů pro vysokorychlostní vlaky, takže omezení z hlediska použitelnosti jsou v tomto případě často kritičtější než omezení z hlediska únosnosti.

Pohled do starší a ne tak dávné historie staveb tunelů ukazuje, že tunely v bobtnavých horninách, zvláště ve švýcarské Juře a v jižním Německu s jejich keuperskými sedimenty obsahujícími anhydrit, jsou náchylnější ke škodám. Během jejich historie se musely dílčí úseky u řady tunelů často a několikrát opravovat. Bylo tomu tak například u železničních tunelů Hauenstein a Ricken ve Švýcarsku, dálničního tunelu Belchen i u tunelu Adler, který je součástí projektu Železnice 2000 (Rail 2000), a v Německu u silničního tunelu Wagenburg v oblasti Stuttgartu [1] [3].

Příklady tunelů, kde byl pozorován zdvih tunelové trouby jako celku, jsou stručně uvedeny v následujícím textu.

### Dálniční tunel Belchen (Švýcarsko)

Tento dvoutrubní dálniční tunel, nacházející se na severozápadě Švýcarska, prochází keuperskými sedimenty obsahujícími anhydrit v úseku asi 2 km dlouhém z celkové délky 3,2 km [4] [5]. Části tunelové protiklenby musely být bourány již během stavby (1964 až 1970) z důvodu přetížení způsobeného bobtnacím tlakem a musely být nahrazeny protiklenbou s vyšší únosností. Od uvedení do provozu v roce 1970 ukazují různá měření posuvným mikrometrem, že bobtnání stále pokračuje.

V oblasti severního portálu v délce asi 100 m, s nadložím výšky 40 až 60 m, je pozorován zdvih tunelové trouby jako celku. Zdvih tunelu je až 50 mm od zahájení provádění nivelačních měření. Tento úsek tunelu již musel být několikrát opravován. Současná měření ukazují, že zvedání stále pokračuje.

### Železnice 2000 (Rail 2000), tunel Adler (Švýcarsko)

Tento tunel Švýcarských federálních železnic, nacházející se na severozápadě Švýcarska mezi obcemi Muttenz a Liestal, také křižuje v dlouhých úsecích keuperské sedimenty obsahující anhydrit [6] [7]. V oblasti severního portálu v úseku budovaném tradičně trhacími pracemi, jsou tunelové trouby zasaženy v délce asi 30 m zdvihem v důsledku bobtnacích tlaků, které působí na dno tunelu. Nadloží tunelu výšky asi 50 m je zde tvořeno rozvolněnou deformovatelnou horninou charakteru zeminy. Během posledních dvanácti let vykázala tunelová trouba zdvih přibližně o 67 mm. Rozdílné hodnoty zdvihu ve směru podélné osy tunelu vyvolaly vznik velkých diagonálních trhlin v tunelovém ostění, které se musely opravovat.

down with increasing lining resistance [1]. Conversely, it may also be said that in the case of anhydrite, the development of swelling pressure, while allowing just a small amount of heave, decreases greatly with time. It should be stated here that based on the observation of the behaviour of tunnels situated in gypsum Keuper sediments, which have been in service for many decades, it can be ruled out that the extremely high swelling pressures measured in the laboratory would also be obtained in situ.

The effects of swelling in tunnelling could manifest themselves as follows (Figure 1):

- Swelling processes of practical significance occur only in the rock below the tunnel base.
- Swelling can lead to a heave of the tunnel base.
- Preventing heave by installing a tunnel invert causes pressure to develop on the tunnel structure.
- In the case of a small overburden depth or yielding rock above the crown of the tunnel, the tunnel tube can be raised as a whole or heave of the ground surface may even occur.

The last two phenomena – the swelling pressure on the tunnel invert or the associated heave in some places of the tunnel tube as a whole – can lead to failure of the tunnel lining, which could necessitate extensive repair work.

In the following the hazard scenario for the heave of the tunnel tube as a whole, the structural consequences and the concept of the Modular Yielding System [2] for tunnelling in unavoidable stretches of heave are discussed. Taking the case of the Chienberg road tunnel in Switzerland, we also report on the experience during construction and field measurements after putting the repaired sections into operation. Special attention is given to the technical aspects of yielding supports with cement as a basic constituent for loads up to 10 MN and a yielding capacity of up to 50 %.

## 2 HEAVE OF THE TUNNEL TUBE AS A WHOLE

If the tunnel passes through rock formations exhibiting swelling properties with a low overburden or with compressible loosened rock above the crown of the tunnel, there is a danger of heave of the tunnel as a whole occurring. These considerations show that there is also the possibility of ground heave in zones with greater depths of overburden where yielding rock is present in the region of the roof of the tunnel [1] [3].

The heave of the tunnel tube as a whole in some places leads to bending actions in the direction of the tunnel axis with typical diagonal cracks. The allowable heave of the structure, however, is strictly limited, especially in the case of railway tunnels for high speed trains so that in this case the serviceability restrictions are often more critical than those of bearing capacity.

A review at the older and more recent history of tunnelling shows that tunnels in swelling rock, especially in the Swiss Jura and in southern Germany with their widespread Keuper sediments containing anhydrite, are susceptible to damage. In the course of their history, a whole series of tunnels have often had to be repaired several times in individual sections, as for instance in Switzerland the railway tunnels Hauenstein and Ricken, the motorway tunnel Belchen as well as the Adler tunnel which is part of the Rail 2000 project and in Germany the Wagenburg highway tunnel in the region of Stuttgart [1] [3].

Examples in which in particular tunnel heave as a whole has been observed are briefly presented in the following:

### Belchen highway tunnel (Switzerland):

This highway tunnel located in the north west of Switzerland consisting of two tubes passes through Keuper sediments containing anhydrite for approximately 2 km of the total length of 3.2 km [4] [5]. Parts of the tunnel invert already had to be demolished during construction (1964 to 1970) due to overloading as a result of swelling pressure and replaced by an invert of higher bearing capacity. Since starting operation in 1970, various sliding micrometer measurements have shown that swelling is still taking place.

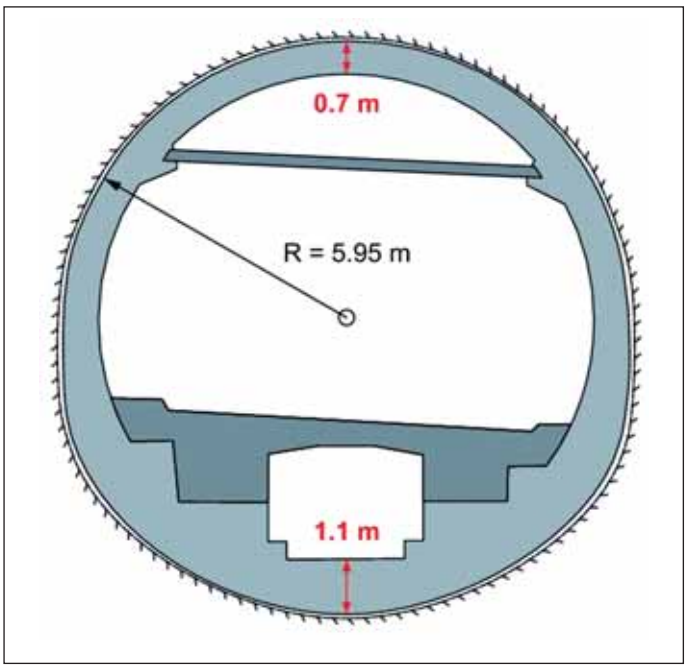
In the region of the north portal over a length of approximately 100 m under an overburden depth of 40 to 60 m, heave of the whole

## 3 ZDVIH TUNELU CHIENBERG

Tento tunel, jak bylo uvedeno výše, je součástí hlavní silnice H2 z Liestalu do Sissachu. Leží asi 25 km na jihovýchod od Basileje [8]. Prochází geotechnickými podmínkami zahrnujícími typické jurské vrstvy keuperských sedimentů, které obsahují sírany ve formě anhydritu a sádrovce, ale i zvětralého slínu. Úsek tunelu raženého pomocí trhacích prací je 1,5 km dlouhý. Asi polovina délky tunelu leží v keuperských sedimentech. Z důvodu očekávání odpovídajících hodnot bobtnacích tlaků byl zvolen prakticky kruhový profil tunelu s tloušťkou vnitřního betonového ostění od 0,7 m do 1,1 m (obr. 2). Pro úseky s menší výškou nadloží a s horninou pode dnem tunelu se sklonem k bobtnání byla vyvinuta alternativa s deformační zónou pokrývající celé dno, jak tomu bylo v případě tunelu Freudenstein [1] [9]. Protože se však odhad předpokládaného vývoje bobtnání v čase ukázal příliš pesimistický, stavba se obešla bez deformační zóny.

Tunel Chienberg byl budován s použitím technologie stříkaného betonu s horizontálním členěním výrubu (kalota, opěří). Z důvodu očekávaného bobtnání v oblasti dna tunelu se uzavírání prstence definitivního ostění dokončovalo nejpozději za 25 týdnů nebo v maximálním odstupu 450 m od čelby. V počátečním asi 90 m dlouhém úseku s výškou nadloží kolem 30 až 50 m, kde byl keuperský sádrovec v oblasti dna a zvětralý slínovec v oblasti přístropí, se monitoringem zjistilo zdvíhání klenby definitivního ostění i zastavěného povrchu terénu pouhé čtyři měsíce po uzavření prstence. Ve druhém, asi 140 m dlouhém úseku s nadložím asi 40 až 50 m byl pozorován tentýž jev (obr. 3) s podobnou časovou odezvou. Asi po roce dosáhl zdvih klenby v prvním úseku 83 mm a ve druhém úseku 30 mm. Zdvih povrchu zastavěného území byl pozorován v pruhu rovnoběžném s osou tunelu o šířce až 50 m. V tomto období byla zaznamenána největší rychlost zdvihu klenby tunelu 4,5 mm za měsíc. Diagram na obr. 3 je příkladem časové změny zdvíhání pro měřený úsek, samostatně pro klenbu, dno a protiklenbu. Asi po osmi měsících došlo k poklesu rychlosti zdvíhání, avšak nebyly žádné známky, že byl dosažen konečný stav zvláště v oblasti dna.

Z měření deformací v bodech umístěných v hornině za boky tunelu (obr. 4) se ukázalo, že velké deformace v hornině nejen na dně tunelu, ale i ve vzdálenosti 15 m od osy tunelu byly ovlivněny bobtnáním. To zpochybňovalo dokončování tunelu s použitím obvyklých stavebních koncepcí (princip odolnosti ostění, deformovatelná zóna pokrývající celé dno tunelu).




*Obr. 2 Tunel Chienberg: Normální profil s vnitřním ostěním z prostého betonu*
*Fig. 2 Chienberg tunnel: Normal profile with the unreinforced inner lining*

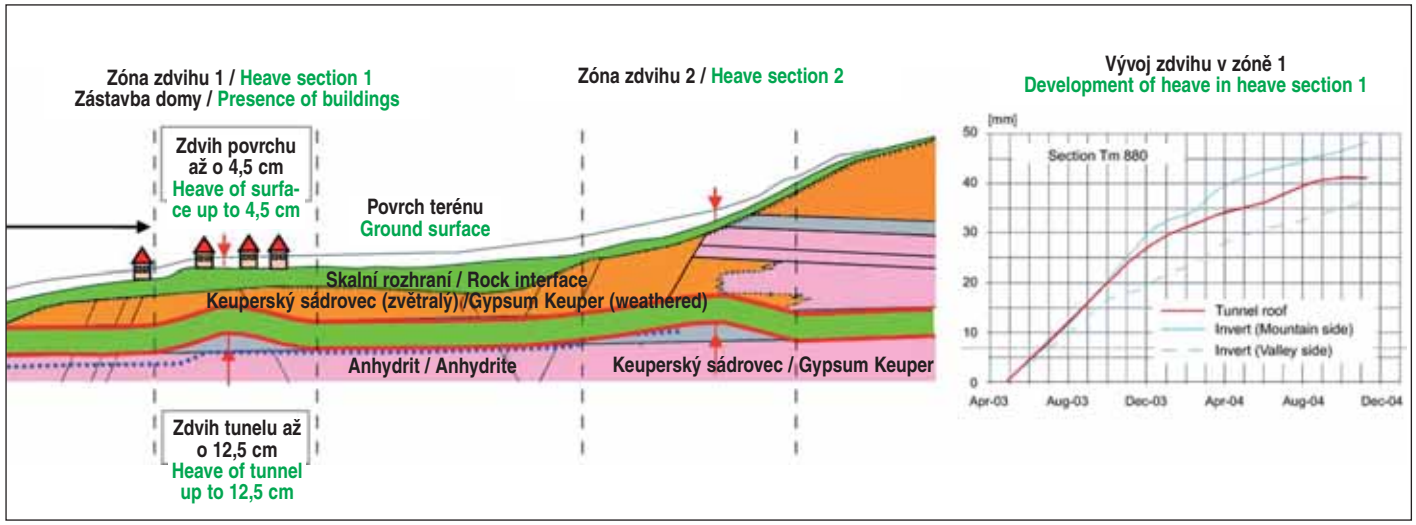
of the tunnel tube has been observed. The tunnel has experienced heave of up to 50 mm since the start of levelling measurements. This stretch of tunnel has already had to be repaired several times. Current measurements show that heave is still occurring.

### Rail 2000, Adler tunnel (Switzerland):

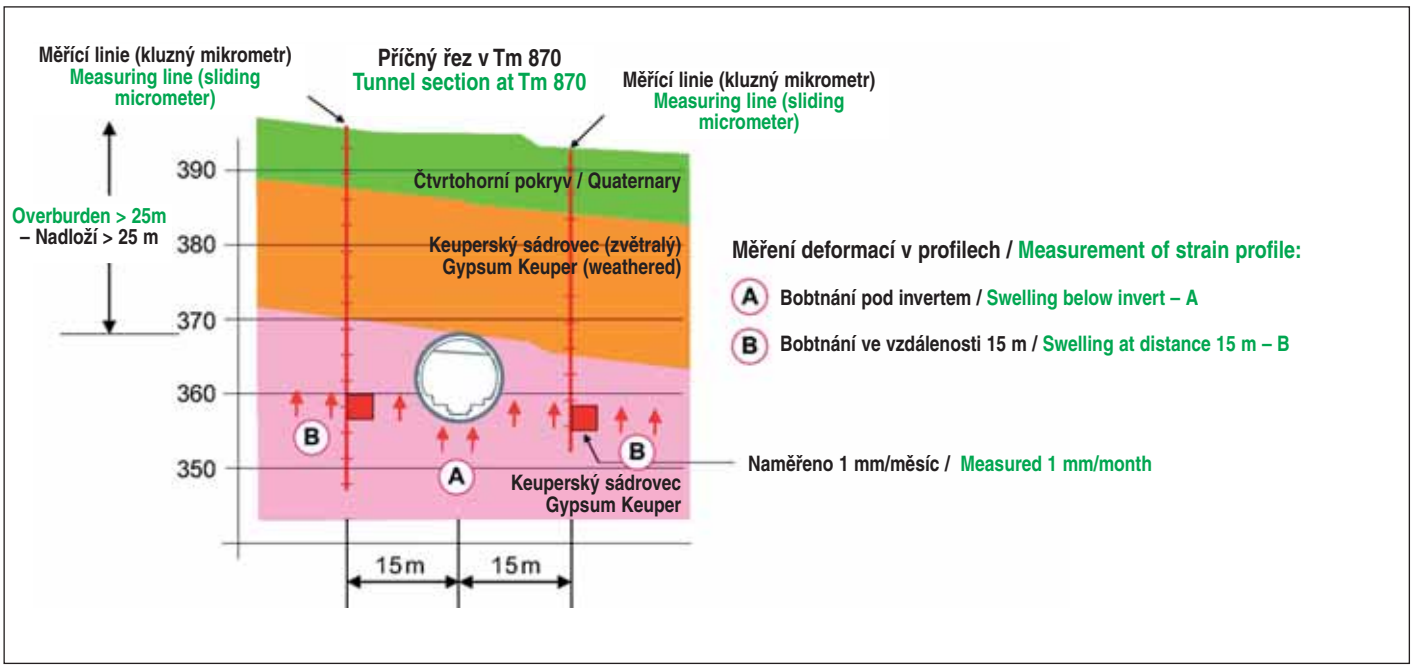
This tunnel of the Swiss Federal Railways in the north west of Switzerland between Muttenz and Liestal also traverses long sections in gypsum Keuper sediments containing anhydrite [6] [7]. In the region of the north portal in the section constructed by the traditional drill-and-blast method, the tunnel tubes are experiencing heave over a length of approximately 30 m due to the swelling pressure developing at the base of the tunnel. The depth of overburden here is around 50 m and there is a loose zone of compressible rock similar to soil above the roof of the tunnel. In the last twelve years, the tunnel tube has exhibited a heave of approximately 67 mm. The differences in heave occurring along the tunnel axis have caused large diagonal cracks to develop in the tunnel lining that had to be repaired.

## 3 HEAVE IN THE CHIENBERG TUNNEL

This tunnel – as mentioned above – forms part of the main highway H2 from Liestal to Sissach and is sitated around 25 km south




*Obr. 3 Zóna zdvíhání „Sever" – časový vývoj zdvihu tunelu před sanací*
*Fig. 3 Zone of heave "North" – time development of heave of the tunnel before remediation*




*Obr. 4 Stanovení bobtnáním vyvolaného zdvihu na bocích tunelu v úrovni dna pomocí měření ve vrtech*
*Fig. 4 Determination of the swelling-induced heave to the side of the tunnel at the level of the base by means of borehole strain measurements*

## 4 STRATEGIE SANACÍ PRO TUNEL CHIENBERG

Na základě výše uváděných pozorování se zvažovaly různé alternativy sanace tunelu. V tomto případě byly formulovány kritické požadavky takto:

Eliminovat velký bobtnací tlak na dno tunelu, protože z důvodu nízkého nadloží nebyl k dispozici protitlak působící na strop tunelu.

Přijmout značný dlouhodobý bobtnací potenciál horniny tím, že se umožní zdvíhání.

Možnost konstrukčních opatření pro neutralizování vlivu bobtnání i během provozování tunelu, aniž by se provoz omezoval.

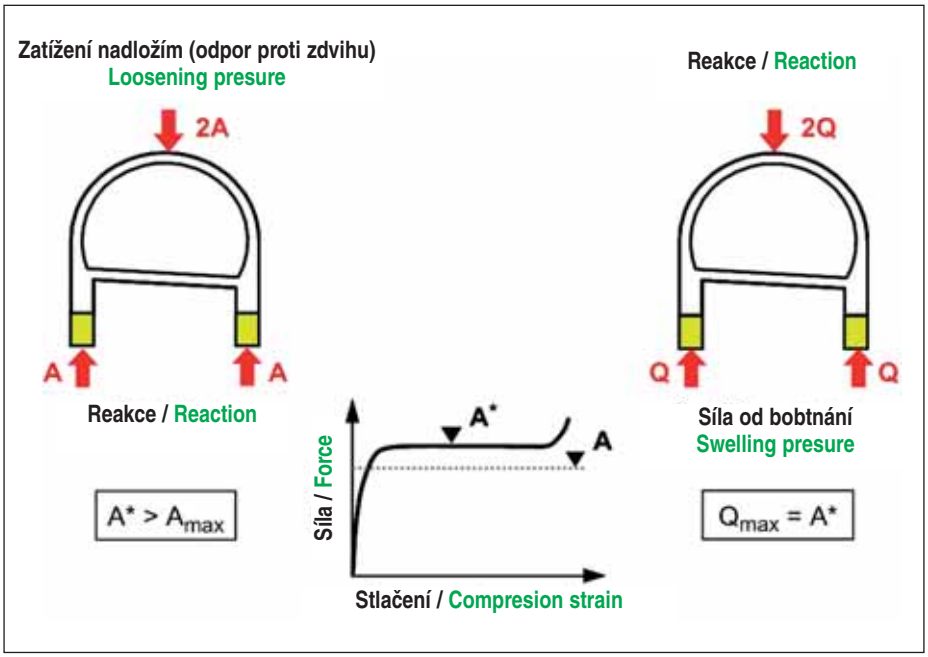
I s našimi současnými znalostmi bylo možné tyto požadavky splnit pouze s použitím „stavebnicového deformačního systému“ vyvinutého Kovárim [2]. Přes 430 m dlouhý úsek tunelu, jehož základní konstrukce již byla dokončena, byl změněn vložením nového deformačního systému. V konstrukci tunelu (obr. 5) byly vytvořeny válcové základové prvky (výška 100 cm, průměr 90 cm), které působí jako prvky limitující zatížení a přebírající bobtnací tlak Q. Velikost požadované deformační síly A*, při které poddajné prvky povolí, je odvozena jednak z maximálního odporu horniny nad stropem proti zdvihu, jednak na omezení bobtnacího tlaku Q. Rozdílu mezi A* a A se vzdoruje mobilizací reakce ve stropě, kde se předpokládá malý, omezený pohyb vzhůru. Jelikož tlak také závisí na výšce nadloží, jsou ve směru podélné osy tunelu uspořádány poddajné prvky s různými deformačními hodnotami.

Jak je vidět na obr. 6, ploché dno tunelu je uspořádáno tak, že prostor pod vozovkou je přístupný a umožňuje kdykoli práce na údržbě. Poddajné prvky, které dosáhly hranici únosnosti, mohou být vyměněny nebo se mohou provést potřebné úpravy, pokud dno tunelu vykazuje zdvíhání v důsledku bobtnání.

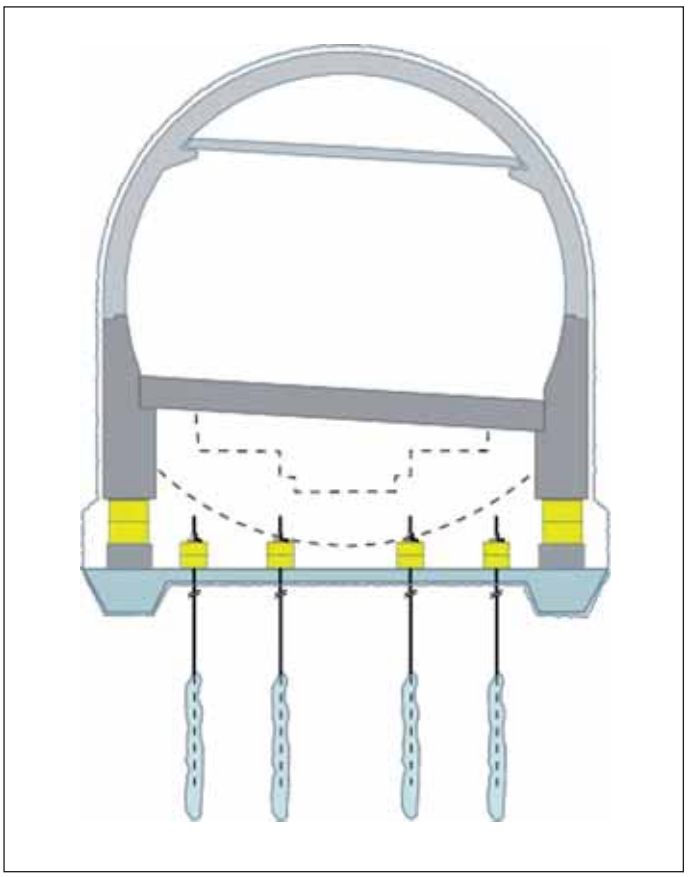
Zdvih plochého dna v důsledku bobtnání mezi základovými prvky je ale omezen instalováním těžkých předpjatých kotev. Aby se zabránilo krátkodobé ztrátě únosnosti těchto kotev v důsledku bobtnání,

east of Basle [8]. It passes through geology including the typical Jura formations of the Keuper sediments with sulphates in the form of anhydrite and gypsum as well as weathered marl. The tunnel section excavated by the drill-and-blast method is 1.5 km long. About half of the tunnel length runs in the Keuper sediments. Anticipating correspondingly high swelling pressures, a practically circular tunnel profile was selected with a concrete thickness of the inner lining between 0.7 and 1.1 m (Figure 2). For sections with lower depth of overburden and rock with swelling potential beneath the base of the tunnel, an alternative was developed with a yielding zone covering the whole of the base – as in the case of the Freudenstein tunnel [1] [9]. However, due to an optimistic estimate – as it later emerged – of the long-term swelling behaviour of the rock, the use of a yielding zone was dispensed with.

The Chienberg tunnel was constructed using the shotcrete (sprayed concrete) technique with the top heading and bench method of advance. Due to the expected swelling behaviour in the region of




*Obr. 5 Princip tunelového ostění – deformační stavebnicový systém (Modular Yieldable System)*
*Fig. 5 Tunnel lining principle “Modular Yielding System“*



*Obr. 6 Použití stavebnicového deformačního systému v tunelu Chienberg; bourání spodní poloviny stávajícího ostění, prohlubování dna a uspořádání nových konstrukčních prvků s poddajnými prvky*
*Fig. 6 Application of the Modular Yielding System in the Chienberg tunnel; demolition of the lower half of the existing lining, deepening of the base and arrangement of the new structural components with yielding elements*

navrhují se hlavy kotev s deformačními prvky, které umožní, aby síla působící na kotvu zůstávala téměř konstantní pro stanovenou velikost zdvihu dna.

### 4.1 Deformačně-pevnostní vlastnosti poddajných prvků

Cílem je umožnit velkou deformaci při působení značné konstantní síly ještě před tím, než proces dospěje k vzrůstu deformačního odporu. U těchto prvků je možnost ztráty únosnosti vyloučena. S ohledem na požadovanou trvanlivost se prvky skládají z inertních materiálů, jako je cement, písek, pórovité pěnové sklo, ocel ve

the tunnel base, the closure of the ring of the inner lining was completed at the latest after 25 weeks or at a maximum distance of 450 m behind the tunnel excavation. In an initial stretch of around 90 m length, with an overburden of around 25 to 30 m, with gypsum Keuper in the region of the base and weathered marl in the region of the roof, by means of monitoring just four months after the ring closure of the inner lining heave both of the tunnel roof was observed and at the built-over ground surface. In a second stretch of about 140 m length with an overburden depth of around 40 to 50 m, the same phenomenon was observed (Figure 3), with a similar time response. After about one year, in the first region of heave the maximum heave of the roof was 83 mm and in the second 30 mm. At the built-over ground surface a hump in the ground of width up to 50 m perpendicular to the tunnel axis was observed. At this point in time a maximum rate of heave of the tunnel roof of 4.5 mm/month was recorded. The diagram in Figure 3 is given as an example the time variation of heave for a measuring section, separately for the roof, base and invert. After about eight months there was a decrease in the rate of heave, but there was no indication of a final state being reached – especially in the base region.

From deformation measurements at points located in the ground to the side of the tunnel (Figure 4), it was shown that fairly large deformations in the ground not only at the bottom of the tunnel but also at a distance of 15 m from the tunnel axis were affected by swelling, which made the completion of the tunnel with the usual structural concepts (resistance principle, yield zone covering the whole of the tunnel base) questionable.

## 4 REHABILITATION STRATEGY FOR THE CHIENBERG TUNNEL

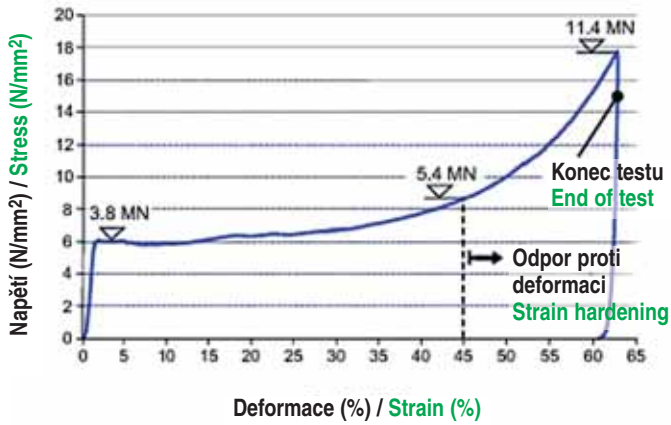
Based on the observations mentioned above, various alternatives were considered for the rehabilitation of the tunnel. In this case the critical requirements were formulated as follows:

Avoiding the large swelling pressure acting on the tunnel base, because as a result of the small overburden, no counterbalancing pressure was available on the roof of the tunnel,

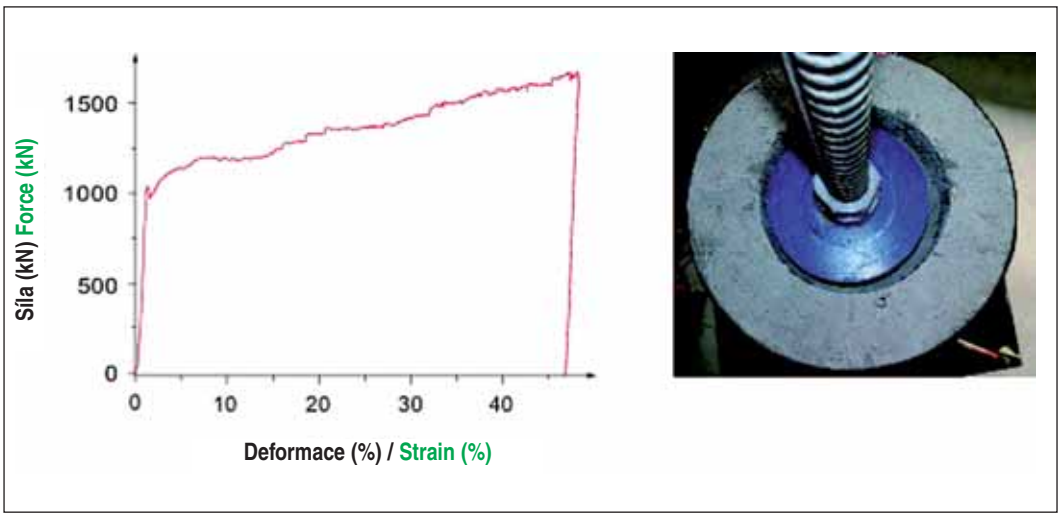
Accepting a considerable long-term swelling potential of the rock by allowing heave,

The possibility of structural measures to counteract the swelling – even during service – without limiting the use of the tunnel operations.

Even with our present knowledge these requirements could only be fulfilled by applying the "Modular Yielding System" developed by Kovári [2]. Over a length of 430 m, the tunnel – whose basic structure was already completed – was changed to accommodate the new yielding system. The tunnel structure (Figure 5) is now formed of cylindrical foundation elements (height 100 cm, diameter 90 cm), which act as load-limiting elements to take up the swelling pressure Q. The magnitude of the required "yield force" A* of the



*Obr. 7 Základové poddajné prvky v zatěžovacím lisu (obrázek) a typický deformační diagram ze zatěžovací zkoušky*
*Fig. 7 Foundation element (yielding element) in the loading press (picture) and typical stress – strain diagram from the loading test*




*Obr. 8 Kotevní poddajný prvek při stlačování (obrázek) a typický deformační diagram*
*Fig. 8 Anchor element (yielding element) under compression (picture) and typical stress – strain diagram*

formě ocelových vláken a ocelová výztuž. Detaily konstrukce těchto speciálních nosných prvků (tvar, rozměry, pojivo v materiálu, uspořádání výztuže atd.) se přizpůsobují specifickým praktickým požadavkům. Pro všechny typy prvků ve tvaru válců, krychlí nebo hranolů je mikromechanický proces při zatížení stejný. V důsledku speciálně navržené výztuže prvku, která je vhodná pro daný tvar, je zabráněno příčné deformaci tak, aby uvnitř prvku zatíženého osovými silami byl vyvolán trojrozměrný stav napětí, čímž je zajištěno řízené postupné uzavírání pórů. Je třeba poznamenat, že zde se nejedná pouze o nový typ materiálu, ale především o zavedení nového prvku s vysokou deformační schopností a konstantní vysokou konstrukční odolností.

Tyto prvky byly testovány v laboratoři na velkém počtu vzorků ve velkých sériích zkoušek. Na obr. 7 je experimentálně určený deformační diagram pro válcový vzorek 1 m vysoký o průměru 0,9 m. Vpravo na obrázku je vidět zkušební vzorek před zkouškou a po ní. Napětí odpovídající 45 % stlačení bylo 8,5 MPa, což odpovídá síle 5,4 MN. V okamžiku zastavení zkoušky byla síla 11,4 MN. Fáze zpevňování není prakticky zajímavá.

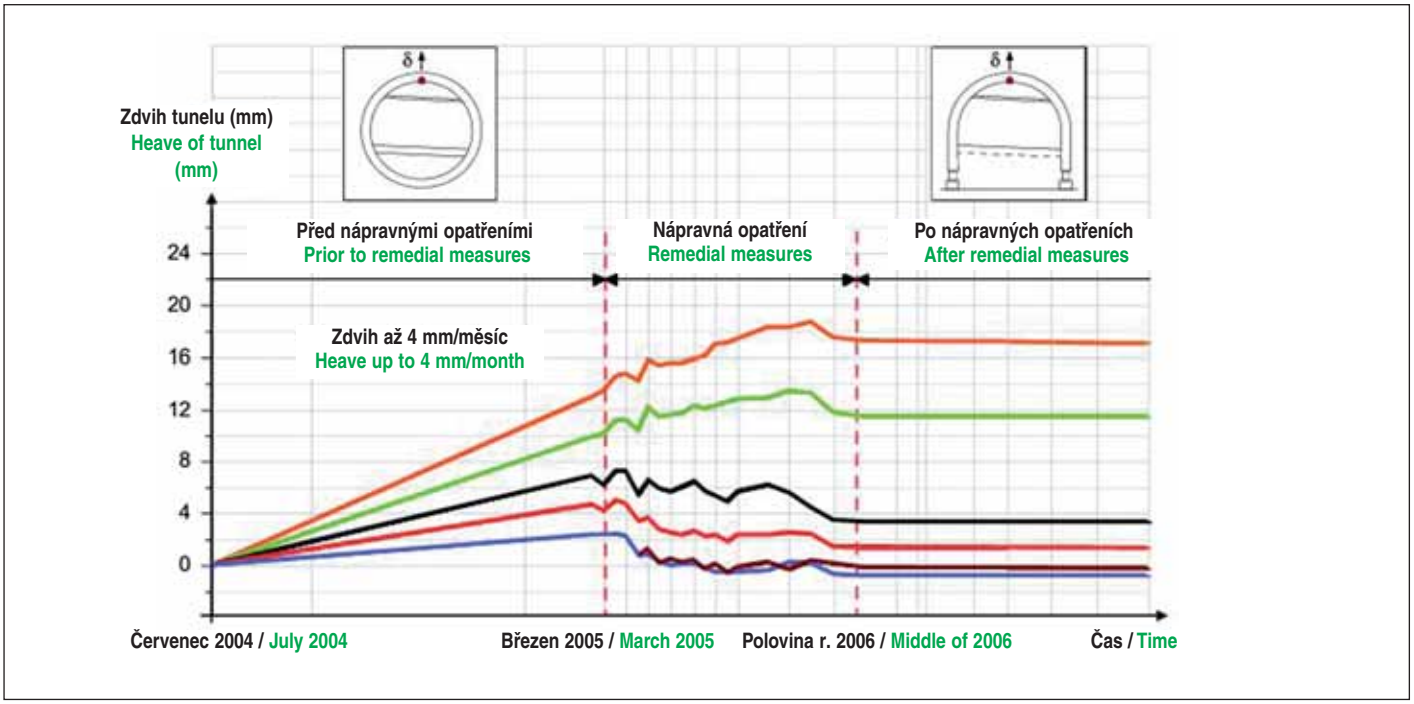
yielding elements is based, on the one hand, on the resistance to the maximum loading of the rock on the roof (loosening pressure) and on the other hand on restricting the swelling pressure Q. The difference between A* and A is resisted by the mobilisation of a reaction in the roof, whereby a small limited amount of movement is assumed in the upward direction. Since the maximum loosening pressure also depends on the depth of overburden, yielding elements with different yielding values are arranged along the tunnel axis.

As can be seen in Figure 6, the flat tunnel base means that the space beneath the carriageway is accessible and permits maintenance work to be carried out at any time. Thus, yielding elements that have reached their crushing potential can be replaced, or corrections can be made due to swelling if the tunnel base exhibits heave as necessary.

However, the heave of the flat base due to swelling between the foundation elements is constrained by an arrangement of heavy prestressed anchors. To prevent the anchors from losing their bearing capacity after a short time due to swelling, the anchor heads are designed to have special yielding elements such that the anchor force remains almost constant for a specified amount of base heave.

### 4.1 Deformation-strength properties of the yielding elements

The aim is to obtain a large deformation under a large constant force before the process leads to increasing strain hardening. With these elements, a possible loss of bearing capacity is ruled out. With regard to the required durability, the elements consist of inert materials like cement, sand, porous foam glass, steel in the form of steel fibres and steel reinforcement. The details of the construction of these special bearing elements (shape, dimensions, material matrix,




*Obr. 9 Vývoj zvedání tunelových trub v různých měřičských profilech před rekonstrukčními pracemi, v jejich průběhu a po nich (zóna zdvihu 1)*
*Fig. 9 Development of heave of the tunnel tubes at various measuring cross sections before, during and after the reconstruction work (heave zone 1)*

*Obr. 10 Pohled na prostor pod vozovkou se základovými prvky a kotevními prvky v plochém dně tunelu*
*Fig. 10 View of the space beneath the carriageway with foundation elements and anchor elements in the flat tunnel floor*

Jak bylo uvedeno výše, tyto základové prvky musí vykazovat různé hodnoty napětí při deformaci a různou odolnost proti deformační síle v závislosti na nadloží. Horní hranice tlaku (obr. 5) se dá odhadovat pomocí teorie sila. Deformace základového prvku nesmí být zahájena před dosažením odpovídající podpěrné síly, jinak by tunelové ostění pokleslo. Jestliže se však bobtnací tlak vyvine v takovém rozsahu, že síla působící na opěrné oblasti podpor přesáhne limitní hodnotu, deformace základového prvku musí být zahájena, jinak by mohlo dojít k zvedání tunelového ostění jako celku.

V případě kotevních prvků se použije teorie pro pronikání ocelové desky do stlačitelného média (obr. 8). Válcový poddajný prvek má po své délce souvislý otvor, kterým se zavádí prut kotvy. Průměr kotevní desky závisí na požadované předpínací síle. Jestliže se kotva napíná v důsledku zvedání dna tunelu více, než je stanovená hodnota, ocelová deska se zatlačuje do válcového prvku tak, že prstencová okrajová oblast zůstává nedotčená (pružná). Tímto způsobem je zajištěna stabilita s ohledem na naklonění nebo natočení. Materiál podpory hlavy kotvy je podobný materiálu použitému na základový prvek a také kruhová výztuž je umístěna v různých rovinách. Z diagramu závislosti deformace na síle je vidět, že síla po počátku deformace v rozmezí 1 až 45 % vzrůstá asi o 50 %.

## 4.2 Stavební práce

Rekonstrukce tunelu se prováděla v úsecích, ve kterých úroveň anhydritu stoupající od západu k východu byla menší než 5 m pode dnem tunelu a současně nadloží bylo nižší než 50 m. Pro provádění nápravných opatření se tedy vybraly úseky dlouhé 370 m v západní části tunelu a 60 m ve východní části.

Tato samostatná část stavebních prací byla předmětem výběrového řízení a práce na ní začaly na počátku roku 2005. Trvaly do léta 2006. Skládaly se z bourání spodní části stávajícího kruhového profilu s ostěním z prostého betonu, podchycování a rekonstruování konstrukce do nového podkovovitého profilu. Celkem bylo instalováno 570 poddajných základových prvků a bylo zabudováno asi 1000 skalních kotev délky 21 m (průměr kotevní tyče 63 mm, pracovní zatížení 1500 kN.

Přitom by se mělo uvést, že nové vysoce deformovatelné betonové prvky byly původně vyvinuty pro ražbu v podmínkách silně tlačivých hornin, jaké byly například v hlubokých bázových tunelech v Alpách. Tam se jednalo o případ navrhování ostění ze stříkaného betonu s vysokou odolností, které současně umožňovaly vznik vysokých konvergencí. Toho bylo dosaženo instalováním trámových deformačních prvků v různých místech po obvodu příčného řezu ve směru osy tunelu [10] [11].

arrangement of reinforcement, etc.) are adapted to the specific practical requirements. For all element types of cylindrical, cubic or prismatic shape, the micromechanical process is the same under loading. As a result of the specially designed reinforcement of the element appropriate for its shape, lateral strain is prevented, so that a three-dimensional stress state is induced within the element under axial loading that ensures a controlled stepwise closure of the pores. It should be noted that here it is a case not only of a new type of material, but in the first instance of a novel element of high deformability and constant high structural resistance.

The elements were tested with a large number of test specimens in the laboratory in large test series. Figure 7 shows the experimentally determined stress-strain diagram of a cylindrical specimen of diameter 0.9 m and height 1 m. On the right of the figure, a test specimen before and after testing can be seen. The stress corresponding to a compression of 45 % was 8.5 MPa, which corresponds to a force of 5.4 MN. When the test was stopped, the force was 11.4 MN. The hardening phase is not of practical interest.

As mentioned above, these foundation elements have to exhibit differing values of yield stress or a different yield force, depending on the overburden. The upper limit of loosening pressure (see Figure 5) can be estimated using silo theory. The foundation element may not enter the yield state before reaching the corresponding support force, otherwise the tunnel lining would settle. However, if the swelling pressure develops to the extent that the pressure on the support areas of the supports exceeds the value due to loosening pressure, the foundation element must enter the yield state, otherwise the tunnel lining as a whole would experience heave.

In the case of anchor elements, the theory governing the penetration of a steel plate into a compressible medium is applied (Figure 8). A cylindrical yielding element contains a continuous opening along the axis, through which the anchor rod is introduced. The diameter of the anchor plate depends on the required prestressing force. If the anchor is stressed in excess of a specified amount due to the heave of the tunnel base, the steel plate continues to penetrate the cylindrical element, whereby the ring-shaped edge region remains intact (elastic) and in this way stability is ensured with respect to tilting or rotation. The material mix is similar to that of the foundation element and thus also the ring reinforcement arranged in different planes. From the force-deformation diagram, it is evident that the force after the onset of yielding in the range of the yielding 1 to 45 % increases by about 50 %.

## 4.2 Construction works

The reconstruction of the tunnel was carried out in the sections in which the level of anhydrite, which increases from west to east, was less than 5 m below the tunnel base and at the same time the overburden was less than 50 m. Thus a 370 m long section in the western part of the tunnel and a 60 m long section in the eastern part were selected for the implementation of the remedial measures.

This separate part of the construction work was put out for tender and started early in 2005. It lasted until the summer of 2006. This involved demolishing the lower part of the existing circular profile with its unreinforced concrete lining, underpinning the structure and reconstructing it to have a new horseshoe profile. In total around 570 yielding foundation elements were installed and around 1,000 rock anchors were built in (anchor rod 63 mm, working load 1,500 kN), each with a length of 21 m.

In passing it should mentioned that the new highly deformable concrete elements were originally developed for tunnelling in strongly squeezing rock conditions, as is necessary for example in the deep Base Tunnels in the Alps. There it was a case of designing a shotcrete lining of high resistance, which at the same time permitted a large amount of convergence. This was achieved by installing beam-shaped yielding elements in various positions around the profile in the direction of the tunnel axis [10] [11].

## 5 ZKUŠENOSTI SE STAVEBNICOVÝM DEFORMAČNÍM SYSTÉMEM (MODULAR YIELDING SYSTEM)

V tunelu Chienberg byly práce na bourání spodní poloviny stávajícího vnitřního ostění, prohlubování profilu ve dně a instalaci prvních poddajných prvků zahájeny v roce 2005. Tunel byl uveden do provozu 20. prosince 2006.

Chování do léta 2010 odpovídalo očekáváním. Zdvih tunelové trouby v zóně zvedání 1 se dal uvést do klidu (obr. 9). Zploštění křivky popisující vývoj zvedání byl výsledkem postupného osazování poddajných podpor a je jasně viditelné. V zóně zvedání 2 se zdvih zcela neuklidnil. Budoucí pozorování ukážou, zda se v některých místech budou muset stávající poddajné prvky nahradit „měkčími".

Rychlost, kterou jsou základové prvky stlačovány, je jasně menší, než byly původní předpovědi, takže jejich první výměny po dosažení specifikované velikosti jejich deformace se budou realizovat až za několik let. Je zřejmé, že intenzita procesu bobtnání se po délce tunelu mění. To lze pozorovat i na chování kotevních prvků v plochém dně tunelu. Výměna jednotlivých hlav kotev nepůsobila vůbec žádné potíže. Velkou výhodou je, že příslušná část profilu tunelu je nejenom kdykoli přístupná a práce se tedy dají provádět kdykoli je to potřebné, ale také to, že údržba může probíhat bez nejmenšího přerušení provozu tunelu. Na obr. 10 je pohled do spodní části tunelu po rekonstrukci s podélně uspořádanými základovými prvky a s předpjatými kotvami v protiklenbě s deformačními prvky instalovanými pod jejich hlavami.

Vcelku lze říci, že nový systém uspěl nejen koncepčně, ale i prakticky tím, že udržel riziko zdvihu tunelových trub jako celku pod kontrolou. V případech, kde proti bobtnacímu tlaku na protiklenbu nepůsobí adekvátní reakce působící na klenbu tunelu, poskytuje stavebnicový deformační systém proveditelné a v praxi osvědčené řešení.

*DIPL.-ING. FLAVIO CHIAVERIO,*
*AEGERTER and BOSSHARDT AG,*
*DR.-ING. ARNO THUT, arno.thut@solexperts.com,*
*SOLEXPERTS AG, SWITZERLAND*

*Článek byl převzat s laskavým svolením autorů a redakce z časopisu Geomechanics and Tunnelling č. 5/2010.*

## 5 EXPERIENCES WITH THE MODULAR YIELDING SYSTEM

In the Chienberg tunnel, work started in 2005 on the demolition of the lower half of the existing inner lining, the deepening of the profile at the base and the installation of the first yielding elements. The tunnel was put into service on the 20th December 2006.

The behaviour up to summer 2010 corresponded to expectations. The heave of the tunnel tube in heave zone 1 could be brought to a standstill (Figure 9). The flattening of the curve describing the development of heave as a result of the stepwise installation of the yielding supports is clearly visible. In heave zone 2, the heave has not quite come to a standstill. Future observations will show whether the existing yielding elements will have to be replaced by "softer" elements in some places.

The rate at which the foundation elements are being compressed clearly lies below the original predictions, so that the first replacement measures, i.e. after reaching the specified amount of yielding, will only have to be implemented in a few years time. It is evident that the swelling process along the tunnel takes place with varying intensity. This is also noticeable in the behaviour of the anchor elements in the flat tunnel base. The replacement of individual anchor heads presented no difficulties at all. It is a big advantage that the critical region of the profile is not only accessible at any time and therefore work in situ can be carried out whenever necessary, but also that this maintenance work can proceed without the slightest interruption to the operation of the tunnel. Figure 10 provides a view of the stretch of tunnel after reconstruction with the laterally arranged foundation elements and the prestressed anchors in the invert with the yielding elements on their anchor heads.

In summary, it may be said that the new system has been a success, not only conceptually but also in practice by keeping under control the hazard scenario of heave of the tunnel tubes as a whole. In cases where the swelling pressure on the invert is not resisted by an adequate reaction on the tunnel roof, the Modular Yielding System provides a feasible and practically proved solution.

*DIPL.-ING. FLAVIO CHIAVERIO,*
*AEGERTER and BOSSHARDT AG,*
*DR.-ING. ARNO THUT, arno.thut@solexperts.com,*
*SOLEXPERTS AG, SWITZERLAND*

***Dipl.-Ing. Flavio Chiaverio, Dr.-Ing. Arno, Thut, Chienberg Tunnel: Rehabilitation using yielding elements of the section in Keuper sediments affected by heave. Geomechanics and Tunnelling Volume 3, October 2010, No. 5, Page 573 - 582, Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.***

## LITERATURA / REFERENCES

[1] Amstad, Ch. and Kovári, K.: Untertagbau in quellfähigem Fels. Forschungsbericht 52/94, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern, 2000.
[2] Kovári, K. and Chiaverio, F.: Modulares Knautschsystem für Tunnel in stark quellfähigem Gebirge. Tagungsband: STUVA-Jahrestagung 2007 in Köln. Forschung + Practis, Band 42. Gütersloh: Bauverlag, 2007.
[3] Paul, A. and Wichter, L.: Das Langzeitverhalten von Tunnelbauwerken in quellfähigem Gebirge – Neuere Messergebnisse vom Stuttgarter Wagenburgtunnel. Taschenbuch für den Tunnelbau 1995. Essen: Verlag Glückauf, 1996.
[4] Grob, H.: Schwelldruck im Belchentunnel. Proc. Int. Symp. für Untertagbau, Luzern, 1972.
[5] Kovári, K. and Descoeudres, F (ed): Tunnelling Schwitzerland. Swiss Tunnelling Society. Gütersloh: Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, 2001.
[6] Chiaverio, F. and Hürzeler, D.: Adlertunnel; Bergmännische Tunnelstrcke. Schweizerische Ingenieur und Architekt, Nr. 18 (Jahr ergänzen).
[7] Jedelhauser, P. and Sägesser, M.: Projektwettbewerb als Weg zur Lösunsgfindung – unsere Erfahrung am Beispiel „Instandsetzung Adlertunnel". Swiss Tunnel Congress. Luzern, 2008.
[8] Hofer, R., Chiaverio, F. and Kovári, K.: Chienbergtunnel Sissach, Tunnelhebung infolge Quellen. Swiss Tunnel Congress. Luzern, 2007.
[9] Kirschke, D., Kovári, K. and Prommerberger, G.: Bemessungsgrundlagen und Konstruktion de Sohle des Freudensteintunnels. Ingenieurbauwerke, DB Neubaustrecke Mannheim-Stuttgart, Nr. 7.
[10] Keller, M.: Die Beherrschung der Hohlraumverformungen in der Karbonzone, Lötschberg Basistunnel, Swiss Tunnel Congress. Luzern, 2005.
[11] Kovári, K.: Design methods with yielding support in squeezing and swelling rock. Proc. World Tunnel Congress 2009, Budapest.

# FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE OTVÍRÁ REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URC JOSEF

# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OF THE CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE IS OPENING THE REGIONAL UNDERGROUND RESEARCH CENTRE (URC) JOSEF

DANUŠE NÁDHERNÁ, DANA PACOVSKÁ

## ÚVOD

První informace o přípravě nového experimentálního pracoviště Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v lokalitě Mokrsko - Čelina ve středních Čechách byla uveřejněna v časopise Tunel již v roce 2006. Přehled o nejvýznamnějších aktivitách, které následovaly poté, poskytuje tento příspěvek.

Vlastník díla – Ministerstvo životního prostředí ČR – uzavřelo v roce 2005 smlouvu s Fakultou stavební Českého vysokého učení technického v Praze o zapůjčení štoly pro studijní, vzdělávací a výzkumné účely. Po tomto nezbytném aktu byly v areálu štoly Josef v srpnu roku 2006 zahájeny práce na znovuzprovoznění podzemí a na výstavbě povrchového zázemí. Na zprovoznění prvních 650 m podzemních chodeb se jako partner projektu finančně podílela společnost Metrostav, a. s. Povrchové zázemí bylo vybudováno také pracovníky Metrostavu, a. s. – z finanční podpory Evropského sociálního fondu, státního rozpočtu a rozpočtu hlavního města Prahy. Od června roku 2007 začalo tedy fungovat v areálu štoly Josef nové pracoviště Fakulty stavební – Podzemní výukové středisko Josef. Provozovatelem areálu štoly se stalo Centrum experimentální geotechniky FSv – pracoviště, které se v rámci své činnosti zaměřuje jak na pedagogickou, tak i na experimentální činnost (obr. 1).

Do současnosti byly již zprovozněny a k využití slouží přibližně 4 km podzemních chodeb. V podzemí je možné se připojit na internet, využívat telefonní spojení, zprovozněné prostory jsou monitorovány 26 kamerami, pro dočasnou ochranu ohrožených osob byla vybudována ve slepé části páteřní štoly záchranná komora.

Již od samého počátku zprovoznění štoly je areál přístupný veřejnosti. Od dubna do konce září se konají pravidelné sobotní, v průběhu prázdnin i čtvrteční, prohlídky. Této možnosti využívá každoročně okolo 1000 návštěvníků. V letošním roce se poprvé uskutečnil „Den Josefa“, akce organizovaná pracovníky CEG a financovaná z Fondu na podporu celoškolských aktivit ČVUT, která přiblížila studentům středních škol ze středočeského regionu studium technických oborů jiným, netradičním způsobem.

## ZÁKLADNÍ POPIS ŠTOLY JOSEF

Průzkumná štola Josef byla vyražena v souvislosti s rozsáhlými průzkumnými pracemi v 80. a 90. letech 20. stol. ve zlatonosném rudném revíru Psí hory. Rudný revír Psí hory se rozprostírá převážně v proterozoických, více než 600 milionů let starých, horninách tzv. Jílovského pásma, do kterých později během variského vrásnění pronikly granitoidy Středočeského plutonu [1]. Ložiska zlatonosných rud jsou vázána na poruchové zóny v horninách, jedná se o křemenné žíly, žilné roje a žilníky.

Štola Josef prochází vrchem Veselý napříč horninovým masivem ve směru SSZ a propojuje dvě zlatonosná ložiska – Čelinu a Mokrsko, která jsou pojmenovaná po nedalekých obcích. Páteřní štola je 1835 m dlouhá, na konci je propojena

## INTRODUCTION

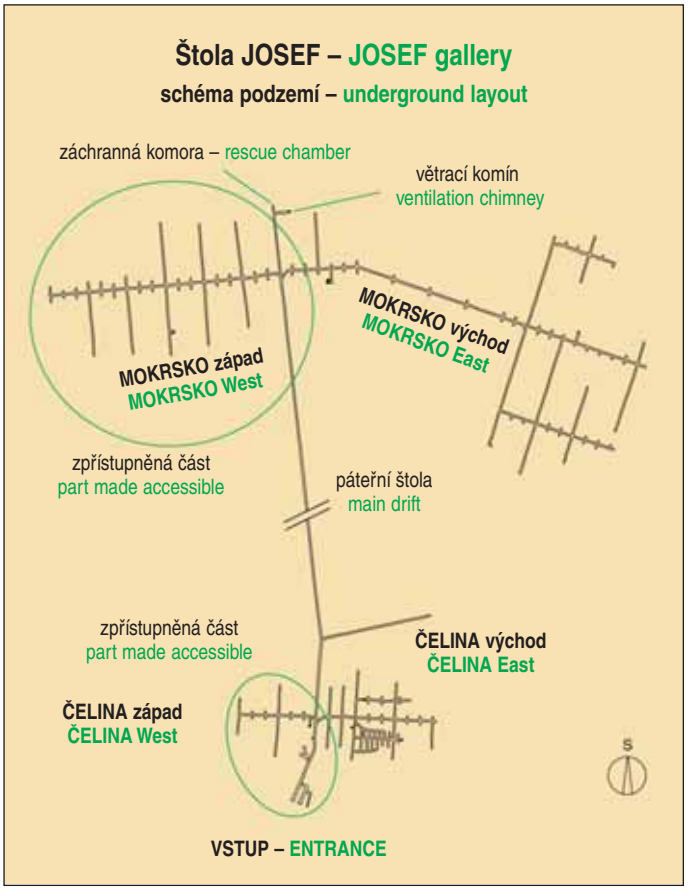
The first information about the preparation of the new experimental workplace of the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in the Mokrsko-Čelina locality in central Bohemia was published in TUNEL journal as long ago as 2006. This paper provides an overview of the most important activities which followed.

The project owner, the Ministry of the Environment, signed a contract with the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague for lending the gallery for study, educational and research purposes in 2005. The work on the reopening of the underground and the development of surface facilities in the premises of the Josef gallery commenced after this requisite act, in August 2006. Metrostav a. s. financially participated as a project partner in the opening of the initial 650 m of underground galleries. The surface facilities were also built by Metrostav a. s. workers, using the financial support of the European Social Fund, the state budget and the budget of the Prague capital. The new workplace of the Faculty of Civil Engineering, the Josef Underground Educational Facility was opened in the Josef gallery in June 2007. The Centre of Experimental Geotechnics of the Faculty of Civil Engineering became the keeper of the gallery facilities. This centre focuses its work on both teaching and experimental activities (see Fig. 1).

About 4 km of underground galleries have been brought into service and are used today. In the underground it is possible to connect to the Internet and to use telephone communication; the spaces opened to service are monitored by 26 cameras; a rescue chamber was built in a pocket of the main drift for the temporary protection of endangered persons.

The premises are accessible for the public since the very beginning of the gallery operation. Regular visits are possible from April to the end of September on Saturdays and, during

*Obr. 1 Portály štoly Josef (Vojta Hrach)*
*Fig. 1 The Josef gallery portals (Vojta Hrach)*




*Obr. 2 Schéma podzemí (David Karel)*
*Fig. 2 Underground layout (David Karel)*

s povrchem terénu 144 m vysokým větracím komínem. V oblasti Čeliny a Mokrska navazují na páteřní štolu hlavní překopy, ze kterých jsou dále vedeny kratší rozrážky. Celková délka podzemních chodeb činí 7853 m, jejich profil se pohybuje od 14 do 16 m$^2$, přibližně 90 % výlomů je nevystrojeno. Výška nadloží dosahuje hodnot od 30 m (Čelina-západ) do 180 m (Mokrsko). Kromě oblasti Čelina-východ, kde jsou chodby vyraženy v dalších dvou patrech, je celé podzemí raženo v jedné úrovni. Ze dvou vstupních portálů vedou do podzemí dva tunely dlouhé 80 m o profilech 40 m$^2$ (obr. 2).

## VÝUKA V PODZEMÍ

Jedním z hlavních důvodů pro vybudování podzemního experimentálního pracoviště Fakulty stavební byla snaha rozšířit a zvýšit úroveň praktické výuky studentů, neboť při setkáních se zástupci stavebních společností se často diskutovalo o nedostatečné praktické přípravě budoucích inženýrů v reálném podzemním prostředí.

Od akademického roku 2007/2008 probíhá v podzemí pravidelná výuka předmětů zaměřených na problematiku související např. s podzemními stavbami, mechanikou hornin, materiálovým inženýrstvím, inženýrskogeologickým průzkumem, geodetickými pracemi a mapováním v podzemí jak z bakalářských, tak i magisterských oborů. Studenti zde řeší experimentálně zaměřené bakalářské, magisterské i doktorské práce.

V roce 2009 byla zprovozněna páteřní štola v celé své délce (1865 m), a tím se rozšířily možnosti pro další využití podzemí v oblasti Mokrsko-západ. V jedné rozrážce v této oblasti byla za finanční podpory Rozvojového projektu Ministerstva školství tělovýchovy a mládeže vybudována meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab). Čtyři vysoké školy se rozhodly spojit své vědecké kapacity a společně se podílet na výstavbě a provozování podzemní laboratoře. Těmito vysokými školami byly

holidays, even on Thursdays. This opportunity is used every year by about 1000 visitors. This year saw for the first time the "Josef Day", which is an event organised by employees of the CEG and financed from the Fund for support of university-wide activities of the Czech Technical University. They explained the study of technical subjects to students from high schools from the Central Bohemian Region in a different, non-traditional way.

## BASIC DESCRIPTION OF JOSEF GALLERY

The exploratory gallery Josef was driven within the context of extensive research operations in the 1980s and 1990s in the gold ore district of Psí Hory. The Psí Hory ore district exists mostly in Proterozoic, over 600 million years old, rocks of the so-called Jílové Zone, which was later, during the Variscan orogeny, intruded by granitic rocks of the Central Bohemian Pluton [1]. Gold ore beds are bound to faulted zones in rock, such as quartz veins, dyke swarms and reticulated veins.

The Josef gallery passes through Veselý hill, across the rock massif in the NNW direction. It connects two gold ore beds – Čelina and Mokrsko, which are named after villages found in their vicinity. The 1835 m long main drift is interconnected at its end with the surface via a 144 m high ventilation chimney. There are main cross cuts in the area of Mokrsko and Čelina linking the main drift; shorter drifts lead to the sides of the cross cuts. The total length of underground galleries amounts to 7853 m; their cross-sections range from 14 to 16 m$^2$; approximately 90% of excavated spaces are unsupported. The overburden height varies from 30 m (Čelina-West) to 180 m (Mokrsko). With the exception of the Čelina-East area, where the galleries were driven at other two levels, the entire underground excavation was carried out at a single level. Two 80 m long tunnels with cross-sectional areas of 40m$^2$ lead to the underground from two entrance portals (see Fig. 2).

## TEACHING IN THE UNDERGROUND

One of the main reasons for developing the underground experimental workplace of the Faculty of Civil Engineering was the effort to expand and increase the level of the hands-on training of students, taking into consideration the fact that it was often discussed at meetings with representatives of construction contractors that the practical preparation of future engineers in a real underground environment was insufficient.

Since the 2007–2008 Academic Year, regular teaching of subjects focused on problems associated, for example, with underground structures, rock mechanics, material engineering, engineering geological survey, land surveying and underground mapping has been performed, both in Bachelor's and Master's degree programs. Students solve experimentally focused bachelor's, master's and doctoral works at this facility.

In 2009, the main drift was brought into service throughout its length (1865m). As a result, the opportunities for other ways of using the underground in the Mokrsko-West area were expanded. An inter-university underground laboratory (InterLab) was established in one of the gallery side stubs in this area with the support of the Development project of the Ministry of Education, Sports and Youth. Four universities, namely the Faculty of Civil Engineering and the Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering of the CTU in Prague, the Institute of Chemical Technology, Prague, the Technical University of Liberec and the Masaryk University, Brno) decided to join their scientific capacities and jointly participate in the development and operation of the underground laboratory. The decision was made taking into consideration the necessity for comprehensive and systematic solving of multidisciplinary problems regarding the development and operation of gas storage caverns, deep level underground disposal of

Fakulta stavební a Fakulta jaderná a fyzikálně-inženýrská ČVUT v Praze, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická univerzita v Liberci a Masarykova univerzita Brno. Vedla je k tomu nutnost komplexně a systémově řešit multidisciplinární problematiku týkající se výstavby a provozování podzemních zásobníků plynů, ukládání vyhořelého jaderného paliva do hlubinných úložišť, případně skladování $CO_2$ v podzemí. Hledání optimálního řešení výše uvedených témat však vyžaduje dlouhodobou přípravu odborníků (studentů), a to nejen teoretickou, ale i praktickou, zahrnující možnost experimentální výuky v „in situ“ prostředí (obr. 3). První studenty přivítal MeziLab v červnu roku 2010 a od té doby se sem vracejí v rámci pravidelné výuky i odborných exkurzí, řeší zde své bakalářské, magisterské i doktorské práce, podílejí se na výzkumných projektech.

Od zahájení výuky na podzim roku 2007 do roku 2010 se v podzemí štoly Josef vystřídalo přibližně 1300 studentů.

## EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM

Vzhledem k rozloze podzemního díla a ke skutečnosti, že část podzemí je vyražena v amfibolicko-biotitickém granodioritu Středočeského plutonu, bylo od prvotní idey o zprovoznění podzemí zřejmé, že neméně významným se stane ve štole Josef i experimentální „in situ“ výzkum. Poslední vývoj v areálu štoly Josef tento předpoklad zcela potvrzuje. Do současnosti již v podzemních prostorách štoly Josef bylo realizováno 6 výzkumných projektů, 9 projektů probíhá a další se připravují. Na řešení projektů se podíleli, resp. podílejí jak čeští, tak zahraniční partneři. Tematicky je převážná část z nich zaměřena na dvě oblasti – výzkum související s problematikou budování hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů (RAO) a výzkum plynopropustnosti horninového masivu.

Prvním a zatím nejdéle probíhajícím experimentem ve štole Josef (2006–2010) byl evropský projekt TIMODAZ, na kterém spolupracovalo 14 evropských výzkumných institucí a univerzit (obr. 4). Projekt zkoumal vliv dlouhodobého tepelného zatížení na stabilitu ostění úložného tunelu pro kontejnery s vyhořelým jaderným palivem. Stabilita ostění úložného tunelu musí zůstat zachována po extrémně dlouhou dobu především z důvodu možného budoucího opětovného vyjmutí kontejneru s radioaktivním odpadem. Experiment dlouhodobě probíhal na dvou fyzikálních modelech – na laboratorním v laboratoři CEG v Praze, druhý – „in situ“ model byl umístěn do rozrážky ve štole Josef. Velmi zajímavé a přínosné byly poznatky především z „in situ“ experimentu, kdy prostor mezi smontovaným ostěním a horninou byl vyplněn betonem. Tímto způsobem byl simulován stav, při kterém nemá betonové ostění možnost deformovat se směrem do horniny, a proto v něm vznikají velká napětí. Pět let trvající monitoring jednoznačně prokázal, že je nezbytné z hlediska bezpečnosti vývoj změn v ostění během tepelného zatěžování sledovat. Z tohoto důvodu se nyní připravuje další pokračování experimentu.

Dlouhodobým partnerem, resp. zadavatelem experimentálního výzkumu v oblasti ukládání vyhořelého jaderného paliva je Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) Praha. Témata zadání vycházejí z nutnosti systematicky prozkoumat a ověřit vlastnosti materiálů, se kterými se počítá pro výstavbu inženýrské bariéry hlubinného úložiště RAO, a rovněž vyvinout technologické postupy, které se pro tyto materiály budou používat. Tohoto okruhu se týkají projekty zaměřené na výzkum vlastností materiálů na bázi bentonitu při dlouhodobém působení teploty a saturačního média s extrémními účinky, na geotechnický výzkum přírodních zelených jílů z lokality Skalná – Nová Ves a na výzkum možnosti využít technologii stříkaného bentonitu pro konstrukci těsnicí vrstvy hlubinného úložiště.

*Obr. 3 Meziuniverzitní laboratoř (Vojta Hrach)*
*Fig. 3 Interuniversity laboratory (Vojta Hrach)*

spent nuclear fuel or underground storage of $CO_2$. Seeking optimum solutions to the above-mentioned topics requires the long-term preparation of specialists (students), not only theoretical but also practical, comprising the possibility of experimental education in the in-situ environment (see Fig. 3). First students were greeted by the InterLab in June 2010. Since that time they return to this place within the framework of the regular education and technical excursions. They solve their Bachelor's, Master's and Doctoral works there and participate in research projects.

Approximately 1300 students took turns in the underground provided by the Josef gallery from the beginning of teaching in the autumns of 2007 to 2010.

## EXPERIMENTAL RESEARCH

It was obvious from the initial idea about bringing the underground into service that, taking into consideration the extent of the underground working and the fact that part of the underground space was excavated through amphibole-biotitic granodiorite of the Central Bohemian Pluton, that the experimental in-situ research would become no less important in the Josef gallery. The recent development in the Josef gallery premises fully confirms this assumption. Till now, 6 research projects have been accomplished in the underground spaces of the Josef gallery, 9 projects are being implemented and others are under preparation. Both Czech and foreign parties participated and participate in solving the projects. As far as the topics are concerned, the majority of them is focused on two areas: the research associated with the problems of developing a deep-level repository (DR) for spent nuclear fuel and high-level radioactive waste (HLW) and the research into gas permeability of rock mass.

The first, and till now the longest-running experiment conducted in the Josef gallery (2006 – 2010) was the TIMODAZ, a European experiment carried out in collaboration of 14 European research institutes and universities (see Fig. 4). The project investigated the influence of long-term thermal load on the stability of the lining of the tunnel where containers with spent nuclear fuel are stored. The stability of the lining of a fuel storage tunnel must be maintained for extremely long time, first of all because of the possibility of repeated removing of a container with the radioactive waste in the future. The experiment was conducted on two physical models – one laboratory model was in the CEG laboratory in Prague, whilst the other one was installed in situ, in a side stub of the Josef gallery. The most interesting and contributing pieces of knowledge were obtained first of all by the in-situ experiment, where the space between the assembled lining and the ground was filled with concrete. This method allowed the simulation of the state where the concrete

*Obr. 4 Experiment TIMODAZ (Radek Vašíček)*
*Fig. 4 TIMODAZ experiment (Radek Vašíček)*

Bentonit je ekologický přírodní materiál, se kterým se počítá pro těsnicí a výplňový materiál v konstrukci hlubinného úložiště RAO. Vývoj technologie stříkaného bentonitu je určen pro aplikaci materiálu s převážně výplňovou funkcí. Kde to dovolí prostorové podmínky, bude výplňový materiál zhutněn za použití hutnících mechanizmů. V prostoru blízko klenby přístupových štol hutnící mechanizmy použít nelze, a proto se vyvíjí technologie zaplnění (backfill) těžko přístupných míst zastříkáním. Výzkum se zaměřuje na optimalizaci složení směsi na bázi bentonitu a optimalizaci zařízení pro nástřik. Technologie stříkaného backfillu vychází z technologie stříkaných betonů běžně používané v podzemním stavitelství. Pro stříkaný backfill se používá suchý způsob nástřiku betonové směsi, při kterém je nezvlhčená směs pneumaticky dopravována potrubím a záměsová voda je přidána v nástřikové trysce na konci nástřikové sestavy. V průběhu zkušebních nástřiků se měnilo složení stříkané směsi a došlo i ke změně komponentů nástřikové sestavy – byla navržena, vyrobena a odzkoušena originální tzv. SC tryska. Navržená technologie se ověřuje jak v povrchovém areálu štoly, tak také v jedné z rozrážek štoly Josef (obr. 5).

Dalším předmětem zkoumání je experimentální „in situ" simulace vertikálního uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem v HÚ. Pro tento v České republice ojedinělý experiment pojmenovaný Mock-Up Josef byla vybrána slepá štola v oblasti Mokrsko-západ, kde se nacházejí kvalitní granitické horniny. Vlastnímu vrtání úložných studní předcházela přípravná fáze. Ta zahrnovala obtrhání výrubu a vyčištění počvy až na matečnou

*Obr. 5 Cvičná stěna pro stříkaný backfill (Radek Vašíček)*
*Fig. 5 Training wall for sprayed backfill (Radek Vašíček)*

lining cannot deform in the direction toward the ground, which is the reason why large stresses originate in it. The five years lasting monitoring unambiguously proved that it is necessary for safety reasons to follow the development of changes in the lining during the thermal loading. This is why the continuation of the experiment is currently being prepared.

A long-term partner and/or client for the experimental research in the field of disposing of spent nuclear fuel is the Radioactive Waste Repository Authority (RAWRA), Prague. Topics to be addressed start from the necessity for systematic surveying into and verifying of properties of the materials which are expected to be used for the development of an engineering barrier separating an HLW repository, and for developing technological procedures to be applied to these materials. This circuit is associated with projects focused on the research into properties of bentonite-based materials exposed to long-term effects of heat and a saturation medium with extreme effects, for geotechnical research into the possibility to use the sprayed bentonite technology for the structure of the sealing layer of a deep-level repository.

Bentonite is an environmentally friendly natural material, which is planned for sealing and backfilling purposes in the structure of a deep-level repository of the HLW. The development of the sprayed bentonite technology is intended for the application of a material having mostly a filling function. There where spatial conditions will allow it, the filling material will be compacted using compaction mechanisms. In the area near the crown of access galleries it is impossible to use compaction mechanisms. For that reason a technology for the backfilling of spaces difficult to access by spraying is being developed. The research is focused on the optimisation of the composition of the bentonite-based mix and the optimisation of the spraying equipment. The spray-applied backfilling technology is based on the technology of spray-applied concrete used in the underground construction industry. The dry application process is used when the sprayed concrete backfill is carried out. The non-wetted concrete mixture is pneumatically transported through a pipeline and mixing water is added in the spraying jet at the end of the spraying assembly. The composition of the mixture to be applied by spraying was changed during the course of trial applications and even the components of the spraying assembly were modified (the original, so-called SC jet was designed, produced and tested). The proposed technology is being verified both in the surface premises of the gallery and in one of the Jose gallery side stubs (see Fig. 5).

Another subject of the research is the experimental in-situ simulation of vertical storing of a container with spent nuclear

*Obr. 6 Rozrážka se studnami pro experimenty Mock-Up (Vojta Hrach)*
*Fig. 6 Side stub with wells for the Mock-Up experiments (Vojta Hrach)*

*Obr. 7 Sestava pro měření plynopropustnosti hornin (Vojta Hrach)*
*Fig. 7 Gas permeability of ground measuring set (Vojta Hrach)*

horninu a betonáž desek pro stabilizaci vrtacího zařízení. V prostoru štoly byly vyvrtány 3 studny o průměru 750 mm do hloubky 2800 mm. Na základě doporučených parametrů pro materiál geotechnické bariéry byl pro její výstavbu zvolen bentonit B75 z úpravny v Obrnicích. Tento bentonit je technologicky upravený přírodní bentonit a jeho vlastnosti byly ověřeny sérií zkoušek v laboratoři CEG. V současnosti se testuje topidlo, které bude simulovat tepelné zatížení od kontejneru s RAO a probíhá výroba lisovaných bentonitových tvárnic pro výstavbu bariéry (obr. 6).

Plynopropustnost horninového masivu je předmětem výzkumu rozsáhlého projektu, který řeší Centrum experimentální geotechniky FSv společně s firmou Mott MacDonald CZ, spol. s r. o., v rámci projektu MPO – Program TIP.

Plynopropustnost horninového masivu se zkoumá v souvislosti s myšlenkou budovat podzemní zásobníky energetických médií, zachytávat a v podzemí skladovat oxid uhličitý a v neposlední řadě je tento výzkum spojen s ukládáním radioaktivních odpadů. Dosud neexistuje spolehlivá metodika, kterou by bylo možné využít pro návrh způsobu a rozsahu monitorování bezpečného provozu uvedených podzemních děl. Ukládání, resp. skladování látek v podzemí vyžaduje dokonalé nezpochybnitelné monitorovací systémy, které jsou schopny odhalit možný únik těchto látek do okolního prostředí. Podzemní prostory štoly Josef představují svým pestrým geologickým prostředím pro výzkum plynopropustnosti jedinečné podmínky pro „in situ“ testy. V různých geologických poměrech byly vyvrtány celkem 3 vrty dlouhé cca 20 m. Pomocí speciální sestavy pro injektování plynného média a unikátní mobilní měřicí stanice s možností zaznamenávat měřené hodnoty tlaku, teploty a objemu plynu, jsou ve štole prováděny testy plynopropustnosti od října 2009 (obr. 7). Tímto testovacím zařízením lze provádět následující zkoušky:

- CHIT test – Constant Head Injection Test – vrt je tlakován do dosažení maximálního ustáleného tlaku při konstantním průchodu plynu (vzduchu) a měří se, jak velký objem plynu unikne do horninového prostředí v čase.
- PDT test – Pressure Drop Test – vrt se natlakuje na předepsaný tlak a poté se odečítá pokles tlaku ve vrtu v čase.
- Měří se průtok vzduchu na výstupu z vrtu, a tím se porovnává množství proteklého plynu do vrtu a množství z vrtu vyteklé.

V letošním roce byla zahájena spolupráce na dalších dvou rozsáhlých tuzemských projektech. Projekt *Výzkum termální zátěže hornin – perspektivy podzemního skladování tepelné energie* je zaměřen na výzkum šíření tepelné energie v horninovém prostředí granitoidů a při „in situ“ experimentu bude prováděna tepelná zátěž horniny v podzemí štoly Josef. *Stimulace horninového*

in the DR. A dead-end adit in the Mokrsko-West area, where there are high quality granitic rocks, was selected for this experiment, unique in the Czech Republic, named the Mock-up Josef. A preparation phase preceded the drilling for the storage wells. It consisted of the scaling of the excavated space and clearing of the bottom up to the primary rock and casting of concrete slabs required for the stabilisation of the drill rig. Three wells 750 mm in diameter were drilled in the space of the adit to the depth of 2800 mm. Bentonite B75 from the treatment plant in Obrnice was selected on the basis of parameters recommended for the material for the construction of the geotechnical barrier. This bentonite is technologically treated natural bentonite and its properties were verified by a series of tests in the CEG laboratory. At the moment a heating device which will simulate heat loading induced by the container with the HLW is being tested and the production of pressed bentonite blocks for the construction of the barrier is in progress (see Fig. 6).

Gas permeability of ground mass is the subject of an extensive research project being solved by the Centre of Experimental Geotechnics at the Faculty of Civil Engineering jointly with Mott MacDonald CZ spol. s r. o. within the framework of the Ministry of Industry and Trade project – the TIP programme.

Gas permeability of rock mass is being researched in the context of the idea of developing underground facilities storing energy media, capturing and storing underground carbon dioxide. Last but not least, the research is associated with storing of radioactive waste. Till now no reliable methodology has existed which could be used for designing the method and extent of monitoring of the safe operation of the above-mentioned underground workings. Disposing or storing of matters in the underground requires perfect, unquestionable monitoring systems, which are capable of detecting possible leaking of these matters to the surrounding environment. Underground spaces of the Josef gallery, owing to the varied geological environment, represent unique conditions for in-situ testing in the field of the research into the gas permeability. Three boreholes about 22 m long were carried out in various geological conditions. Gas permeability tests have been underway in the adit since October 2009, using a special gas injection set and a unique mobile measurement station capable of recording the measured values of pressure, temperature and volume of gas (see Fig. 7). This testing equipment can be used for the following tests:

- CHIT test – Constant Head Injection Test – the pressure in the borehole is increased until the maximum steady pressure is reached at the constant passage of gas (air); the volume of gas escaping into the ground environment during time is measured.
- PDT test – Pressure Drop Test – the borehole is pressurised to the prescribed pressure level and the pressure decrease with time is read.
- The rate of the air flow is measured at the outlet from the borehole, which allows the amount of gas which flew into the borehole to be compared with the amount which flew from the borehole.

Collaboration on other two extensive domestic projects started this year. The project entitled “The research into thermal loads acting on ground – perspectives of underground storing of thermal energy” is focused on the research into thermal energy propagation through the rock environment formed by granitoids. Thermal loading on rock will be carried out during the in-situ experiment in the underground of the Josef gallery. “Stimulation of rock mass after developing a fissure reservoir for storing geothermal energy using the Hot-Dry-Rock system” – this is the name of the project focused on the research into loosening of rock mass or increasing the rate of fissures on the principle of hydraulic fissuring. The underground space of the

*Obr. 8 Budova URC Josef (Vojta Hrach)*
*Fig. 8 Josef URC building (Vojta Hrach)*

*masivu pro vytvoření puklinového rezervoáru pro jímání geotermální energie systémem hot-dry-rock* je název projektu, který je soustředěn na výzkum rozvolňování horninového masivu, resp. zvýšení četnosti puklinové sítě na principu hydraulického štěpení. Pro „in situ" testy uvedené technologie se opět počítá s podzemím štoly Josef.

## REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URC JOSEF

V roce 2010 získalo Centrum experimentální geotechniky Fakulty stavební z operačního programu *Podnikání a inovace* dotaci na projekt vědecko-technického parku *Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef (Josef Underground Research Centre)*. Základem pro URC Josef se stala dvoupodlažní dlouhodobě nevyužívaná budova v povrchovém areálu štoly Josef. Jedná se o bývalý šachetní objekt, který od ukončení průzkumných prací v roce 1991 chátral a který již v roce 2005 získala Fakulta stavební ČVUT darem od vlastníka díla – Ministerstva životního prostředí.

URC Josef využívá existující kapacity, které poskytují podzemní prostory a existující povrchové zázemí. Současně rozšiřuje možnosti využití zprovozněných částí štoly a nabízí prostory a služby podnikatelským subjektům zejména z okruhu inovačních firem. Pro nově vznikající subjekty slouží jako podnikatelský inkubátor.

Hlavní cíle URC Josef:

- podpora průmyslového výzkumu,
- technologický vývoj a inovace zaměřené zejména na nové technologie, konkurenceschopné výrobky a služby v oboru podzemních staveb,
- rychlejší transfer výsledků výzkumu k praktickým aplikacím,
- trénink a rekvalifikace pracovníků podzemních staveb,
- marketinkové aktivity, expertní služby a akreditované zkušebnictví.

V České republice ani v Evropě neexistuje vědecko-technický park, který nabízí infrastrukturu, prostředí a služby jako URC Josef. Jeho jedinečnost spočívá ve funkční provázanosti s rozsáhlým komplexem podzemních prostor štoly Josef. Součinností URC Josef s již zprovozněným podzemím vzniklo pracoviště, které v reálném prostředí připravuje odborníky pro podzemní stavitelství a zároveň zde podnikatelské subjekty nalézají prostory pro vlastní výzkum.

Realizace projektu byla zahájena rekonstrukcí budovy (září 2010 – duben 2011). Stavební práce dodavatelsky zajišťovala Subterra, a. s. Rekonstruovaná budova poskytuje ve třech podlažích využitelné prostory o ploše 914 m$^2$ zahrnující kancelářské

Josef gallery is again expected to be used for in-situ testing of the above-mentioned technology.

## REGIONAL UNDERGROUND RESEARCH CENTRE (URC) JOSEF

In 2010, the Centre of Experimental Geotechnics at the Faculty of Civil Engineering received a grant from the Operational Programme Enterprise and Innovation for the project for developing a scientific-technical park named "The Josef Regional Underground Research Centre". A long time unused two-storey building in the surface premises of the Josef gallery became a basis for the Josef URC. It is a former head house, which grew dilapidated after the end of exploratory operations in 1991 and which was obtained by the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University as a gift from the owner of the working, the Ministry of the Environment.

The Josef URC uses existing capacities provided by underground spaces and the existing surface hinterland. At the same time it expands the possibilities of using the parts of the gallery which were brought into service and offers spaces and services to entrepreneurial subjects, first of all those from the circuit in innovative firms. It serves for newly originating subjects as an entrepreneurial incubator.

Main objectives of the Josef URC:

- the support for industrial research
- technological development and innovations focused first of all on new technologies, competitive products and services in the field of underground construction
- faster transfer of research results to practical applications
- training and requalification of workers on underground construction sites
- marketing activities, expert services and accredited testing

Neither in the Czech Republic nor in Europe is there a scientific-technical park offering the infrastructure, environment and services which are offered by the Josef URC. Its uniqueness lies in the functional association with the extensive complex of underground spaces of the Josef gallery. The combination of the Josef URC and the already operating underground spaces gave rise to a work place which prepares specialists for underground construction in real conditions and, at the same time, provides spaces for entrepreneurial subjects to conduct their own research.

The implementation of the project commenced by reconstructing the building (September 2010 – April 2011). The construction work was carried out by Subterra a. s. as the contractor. The reconstructed building provides three floors with the usable area of 914 m$^2$, comprising office rooms, a multifunctional conference room, an experimental hall, accredited laboratories and technical hinterland. Entrepreneurial subjects are offered a 300 m$^2$ area for lease. Inner spaces are equipped with office furniture and information technologies. Modern machines and equipment are available in the laboratories. In the area of information technologies, it is first of all a multifunctional data network connected to the Internet, serving as a backbone for all communications, audiovisual equipment in the conference room and a digital telephone system (see Fig. 8).

All agreements for leasing of all office rooms planned for entrepreneurial subjects from November 2011 have been concluded. Small and medium-sized companies will have the advantage for the time of sustainability, reaching 10 years in the case of this project, in the form of lower than usual lease rate for 1 m$^2$

prostory, multifunkční konferenční místnost, experimentální halu, akreditované laboratoře a technické zázemí. Podnikatelským subjektům nabízí 300 $m^2$ plochy k pronájmu. Vnitřní prostory jsou vybaveny kancelářským nábytkem, informačními technologiemi a laboratoře moderními stroji a zařízením. V oblasti informačních technologií se jedná zejména o multifunkční datovou síť s připojením k internetu, která slouží jako páteř pro veškerou komunikaci, dále o audiovizuální vybavení konferenční místnosti a digitální telefonní system (obr. 8).

Od listopadu 2011 jsou již uzavřeny smlouvy o pronájmu všech kanceláří určených pro podnikatelské subjekty. Po dobu udržitelnosti, která u tohoto projektu představuje 10 let, jsou malé a střední podniky zvýhodněné nižší než obvyklou sazbou za 1 $m^2$ kancelářské plochy. Pro své potřeby si nájemci samozřejmě mohou pronajímat i konferenční místnost.

Partnery projektu jsou subjekty z komerční sféry (Metrostav, a. s.), veřejné správy (obec Chotilsko, města Dobříš a Příbram) a Hornické muzeum Příbram. Projekt podporuje International Atomic Energy Agency (IAEA) se sídlem ve Vídni a ITC School (School of Underground Waste Storage and Disposal) ve Švýcarsku. Role partnerů spočívá v prezentaci a propagaci URC Josef a v předávání zkušeností jak v průběhu realizace projektu, tak dalších 10 let v době jeho udržitelnosti. Především Metrostav, a. s., se od zahájení aktivit v areálu štoly Josef průběžně zajímá o budoucí rozvoj lokality a poskytuje cenné konzultace.

## TRÉNINKOVÉ AKTIVITY

Své postavení si začíná areál štoly Josef budovat i v mezinárodním měřítku. Díky prezentacím štoly Josef na zahraničních konferencích a seminářích jako jedinečného prostoru pro praktickou výuku i experimentální výzkum se zde tento rok uskutečnily dva tréninkové pobyty.

První z nich proběhl jako součást tréninkového kurzu *Fundamentals of Geological Disposal 2011*, který v Praze pořádalo Centrum experimentální geotechniky Fakulty stavební ČVUT ve spolupráci se švýcarskou mezinárodní organizací ITC School ve dnech 14. až 23. června 2011. Součástí kurzu byl také dvoudenní praktický trénink vedený pedagogy a doktorandy z CEG v Regionálním podzemním výzkumném centru URC Josef. Dvacítka mladých odborníků ze 13 zemí světa se seznámila, nejprve teoreticky a pak v „in situ“ podmínkách, se třemi tematickými okruhy – s postupy při měření plynopropustnosti horninového masivu, s metodami monitoringu v podzemním stavitelství a s postupem nástřiku backfillu. Nejdůležitějším aspektem celého tréninku bylo vlastní praktické zapojení účastníků do všech aktivit (obr. 9). To potvrdili jak zástupci ITC School, tak také všichni frekventanti, kteří na závěr obdrželi certifikát o úspěšném absolvování praktického kurzu.

Druhou mezinárodní akcí byl třítýdenní výukový kurz, který se uskutečnil v rámci tříletého evropského projektu PETRUS II, jehož hlavní náplní je vytvořit koncepci celoevropského systému přípravy odborníků zabývajících se problematikou nakládání s radioaktivními odpady a jehož je CEG od roku 2009 účastníkem. Kurzu se zúčastnilo celkem 10 studentů z Francie, Španělska, Finska, Velké Británie a ČR a převážná část výuky se odehrávala v areálu štoly Josef. V laboratořích nově zrekonstruované budovy URC Josef si studenti vyzkoušeli metody pro určování vlastností bentonitu (např. stupeň nasycení, bobtnací tlak atd.), v podzemí se pak seznámili s měřením konvergencí, vrtáním na jádro, monitorováním teplot a s technologií výstavby těsnicí bentonitové bariéry hlubinného úložiště. Vše pod vedením pedagogů a doktorandů CEG (obr. 10). V dalších dnech následovala výuka vedená lektory z helsinské Aalto University. Náplní přednášek a praktických lekcí byly metody pro určování charakteristik horninového prostředí, které jsou nezbytné pro výběr a mapování lokality hlubinného úložiště. Značná část

*Obr. 9 Vrtání na jádro (Dana Pacovská)*
*Fig. 9 Cored drilling (Dana Pacovská)*

of the office floor area. Of course, tenants can rent the conference room for their use.

Partners of the project are subjects from the commercial sphere (Metrostav a.s.), public authorities (the village of Chotilsko, the towns of Dobříš and Příbram) and the Mining Museum Příbram. The project is supported by the International Atomic Energy Agency (IAEA) having its seat in Wien and the ITC School (School of Underground Waste Storage and Disposal), Switzerland. The role of partners lies in the presentation and promotion of the Josef URC and in providing experience both during the project implementation and during subsequent 10 years of its sustainability. Metrostav a.s. above all has been continually interested in the future development of the locality and provided precious consultancy since the commencement of its activities.

## TRAINING ACTIVITIES

The Josef gallery complex has started to build its position even on an international scale. Owing to the Josef gallery presentations in foreign conferences and seminars introducing it as a unique space for hands-on training as well as experimental research, two training visits took place in this facility this year.

The first of them was a part of a training course „Fundamentals of Geological Disposal 2011”, which was held in Prague by the Centre of Experimental Geotechnics (CEG) at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in collaboration with the ITC school, a Swiss international organisation, from 14th to 23rd June 2011. Among the parts of the course there was a two-day hands-on training ran by lecturers and doctoral students from the CEG at the Josef Regional Underground Research Centre (URC). Twenty young specialists from 13 countries all over the world got acquainted, first theoretically and then in-situ conditions, with three topic circuits, namely the procedures applied during the measuring of gas permeability of rock mass, the methods of monitoring in underground construction and the procedure for the application of the spray-applied backfill. The most important aspect of the entire training was the integration of the participants into all activities (see Fig. 9). This opinion was confirmed both by representatives of the ITS School and by all attendees, who received a certificate proving the successful passing through the hands-on course.

The other international event was a three-week teaching course, which took place within the framework of PETRUS II, a three-year European project the objective of which is to establish a concept of Europe-wide system of preparation of experts dealing with problems of the treatment of radioactive waste. The CEG has participated in this project since 2009. The

*Obr. 10 Určování vlastností bentonitu (Vojta Hrach)*
*Fig. 10 Determination of bentonite properties (Vojta Hrach)*

kurzu byla věnována geofyzikální metodě Ground Penetrating Radar (GPR), kterou se pomocí vysokofrekvenčního elektromagnetického vlnění zjišťují vlastnosti zemin a hornin pod zemským povrchem. Kurz potvrdil, že vzájemná evropská spolupráce při vzdělávání odborníků v oblasti ukládání radioaktivních odpadů je velmi užitečná a prospěšná a že je důležité pokračovat v tomto trendu i v budoucnosti.

## ZÁVĚR

Je patrné, že se v areálu štoly Josef postupně začínají uskutečňovat záměry, se kterými bylo ke znovuzprovoznění opuštěného podzemního díla přistoupeno. Ve štole již pátým rokem probíhá praktická výuka vysokoškolských studentů, v řadě rozrážek jsou realizovány výzkumné projekty, podzemí slouží pro mezinárodní tréninkové aktivity, prostřednictvím vědecko-technického parku URC Josef se rozbíhá spolupráce s podnikatelskými subjekty. V počátcích jsou marketinkové aktivity – o prezentaci svých produktů projevily zájem firmy HILTI ČR, spol. s r. o., a BASF Stavební hmoty Česká republika, s. r. o. Dalším dlouhodobým cílem je rozšířit mezinárodní spolupráci i o země mimo Evropskou unii – probíhá jednání o spolupráci s čínskými kolegy z Beijing Research Institute of Uranium Geology, svůj zájem projevili partneři např. z Koreje, Ruska, Chorvatska.

***Poděkování***

*Výzkum plynopropustnosti horninového masivu ve štole Josef je podporován z projektu MPO – Program TIP FR-TI1/023.*

***ING. DANUŠE NÁDHERNÁ, danuse.nadherna@fsv.cvut.cz, ING. DANA PACOVSKÁ, pacovska@fsv.cvut.cz, Fakulta stavební ČVUT***

***Recenzoval: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.***

course was attended by 10 students from France, Spain Finland, Great Britain and the Czech Republic. The major part of the training took place in the premises of the Josef gallery. In the laboratories of the newly reconstructed Josef URC building, the students tried to apply methods for determining properties of bentonite (e.g. the degree of saturation, the swelling pressure etc.). In the underground, they acquainted themselves with the measurement of convergences, core drilling, monitoring of temperatures and the technology of developing a sealing bentonite barrier at a deep-level underground disposal site. All of that was conducted under the leadership of the CEG teachers and doctoral students (see Fig. 10). Next days the training continued by lectures delivered by teachers from the Aalto University of Helsinky. The lectures and practical lessons were focused on methods for the determination of rock environment characteristics, which are indispensable for the selection and mapping of a deep-level repository. Significant part of the course was dedicated to the Ground Penetrating Radar (GPR) geophysical method, where properties of soils and rocks under the ground surface are surveyed by means of high-frequency electromagnetic waves. The course confirmed that joint European collaboration within the area of storing radioactive waste is very profitable and it is important that this trend continues even in the future.

## CONCLUSION

It is obvious that the intentions which were defined on the reopening of the abandoned mining working gradually start to be brought into being in the Josef gallery premises.

It has already been for five years that the hands-on training and practical teaching of university students is performed. Research projects have been realised in several side stubs, the underground serves to international training activities and collaboration with entrepreneurial subjects is starting to work owing to the Josef URC scientific-technical park. Initial marketing activities have appeared – HILTI CR spol. s r.o. and BASF Construction Materials, Czech Republic s.r.o. have shown interest in the presentation of their products. Another long-term objective is to expand the international collaboration by incorporating countries outside the European Union. Negotiations on the collaboration with Chinese colleagues from the Beijing Research Institute of Uranium Geology are in progress and even partners from, for example, Korea, Russia and Croatia have exhibited their interest.

***Acknowledgements***

*The research into gas permeability of ground mass in the Josef gallery is supported from the Ministry of Industry and Trade project – Program TIP FR-TI1/023.*

***ING. DANUŠE NÁDHERNÁ, danuse.nadherna@fsv.cvut.cz, ING. DANA PACOVSKÁ, pacovska@fsv.cvut.cz, Fakulta stavební ČVUT***

## LITERATURA / REFERENCES

MORÁVEK, P., et al. *Zlato v Českém masivu*. Praha : ČGÚ, 1992. 248 s. ISBN 80-7075-088-X.
PACOVSKÝ, J., et al. *Podzemní výukové středisko Josef : Výroční zpráva 2009*. Centrum experimentální geotechniky FSv ČVUT v Praze, Praha, 2010. 32 s.
PACOVSKÝ, J., et al. *Podzemní výukové středisko Josef : Výroční zpráva 2010*. Centrum experimentální geotechniky FSv ČVUT v Praze, Praha, 2011. 36 s.
Propagační a informační materiály o štole Josef a URC Josef vydávané CEG FSv ČVUT.

# ZMĚNA KONSTRUKCE PROTLAKŮ TEPELNÉHO NAPAJEČE VYSOČANY – LIBEŇ

# MODIFICATION OF PIPEJACKING STRUCTURES ON THE VYSOČANY – LIBEŇ HEAT FEEDER LINE

JAROMÍR ZLÁMAL

## ÚVOD

Společnost Pražská teplárenská, a. s., prováděla výstavbu teplovodu (horkovodu) v oblasti Vysočany – Libeň. Trasa teplovodu, dvojice trubek Ø 500 mm, ve třech místech křižovala inženýrské sítě a tramvajové tratě. Proto byl v těchto problematických místech navržen protlak, aby nedošlo k jejich přerušení. Podle požadavku zadavatele byla protlačovaná trubka navržena dvouplášťová, z ocelové trubky Ø 1220x20 mm a ocelové trubky Ø 920x14 mm. Mezikruží bylo vyplněno betonem C25/30 a betonářskou výztuží. Pro obslužné a ovládací kabely, ukládané souběžně s teplovodem, byla navržena samostatná ocelová trubka Ø 219x11 mm rovněž prováděná protlačením.

Po podrobném statickém posouzení byl návrh pozměněn na ocelové trubky Ø 1200/10 a Ø 900/5 mm s vybetonovaným mezikružím mezi trubkami betonem C25/30. Ocelová výztuž betonového mezikruží byla nahrazena spřažením menší trubky Ø 900/5 mm s betonem mezikruží [10].

Samostatně protlačovaná trubka pro kabely Ø 219x11 mm byla nahrazena pěti trubkami Ø 76x3 mm, umístěnými v horní části betonového mezikruží u jednoho z dvojice protlaků. Místo tří protlaků se tak prováděly pouze protlaky dva. Do protlačené dvouplášťové trubky bude následně vložena trubka teplovodu o průměru 500 mm.

## TRASA TEPLOVODU

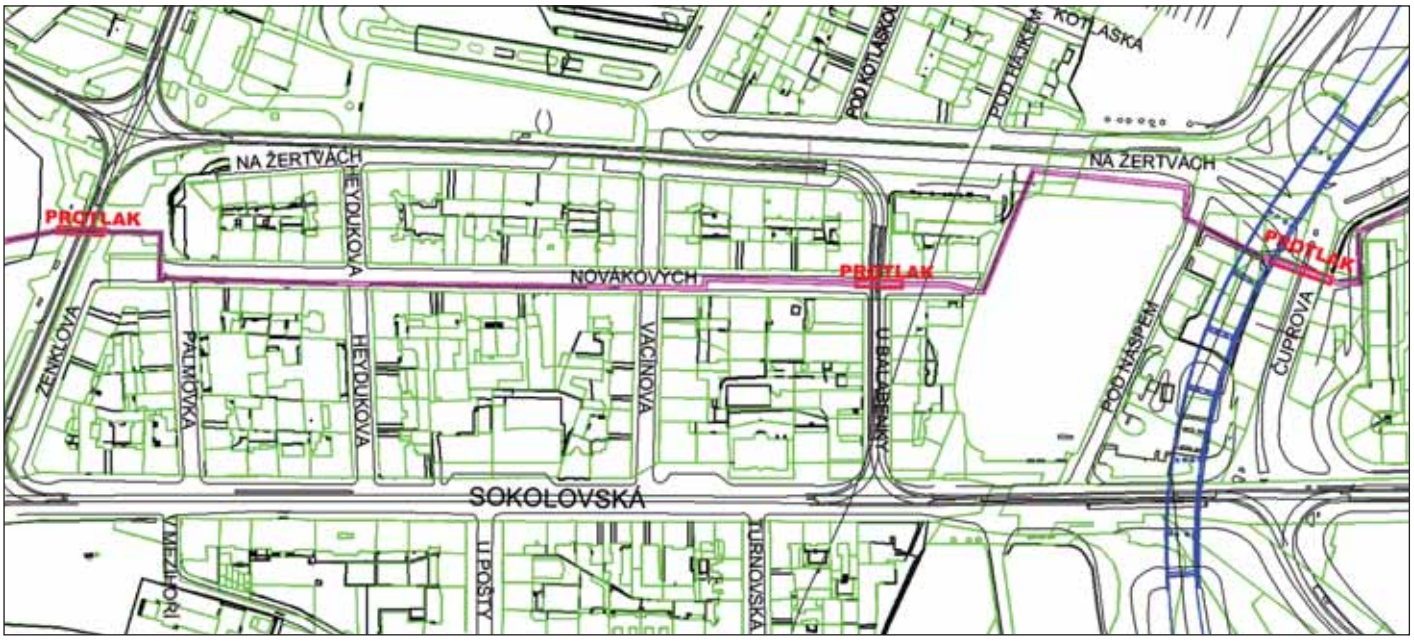
Teplovod byl veden v oblasti Vysočany – Libeň (od ulice Ocelářská do ulice Švábky) v celkové délce 2775 m. Teplovod byl z větší části položen do otevřeného hloubeného výkopu. Ve

## INTRODUCTION

Pražská teplárenská a. s., a heat generation and distribution company, developed a heat feeder line in the area of the Prague districts of Vysočany and Libeň. The heat feeder line, consisting of two Ø500 mm tubes, crossed utility networks and tram lines in three locations. For that reason pipejacks were designed for these problematic places so that the lines were not interrupted. The pipe to be jacked was designed in compliance with the client requirement as a double-shell structure consisting of a Ø1220x20 mm steel pipe and a Ø920x14 mm steel pipe. The annulus was to be filled with C25/30 reinforced concrete. A separate steel pipe Ø219x11 mm was designed for service and control cables, which are laid in parallel with the heat pipeline. It was also to be jacked.

The design was modified after a detailed structural analysis. Steel pipes Ø1200/10 mm and Ø900/5 mm were to be used, with the annulus between them filled with C25/30 concrete. The steel reinforcement of the concrete in the annulus was replaced by means of locking the smaller diameter pipe Ø900/5 mm with the concrete filling the annulus, thus forming a composite structure [10].

The separately jacked pipe Ø219x11 mm for cables was replaced by five pipes Ø76x3 mm, which were to pass through the upper part of the concrete annulus in one of the pair of pipejacks. Only two pipejacks were therefore carried out instead of three. Once the jacking of the double-shell pipe is completed, a heat feeding pipe 500 mm in diameter will be inserted in it.




*Obr. 1 Část trasy teplovodu s protlaky*
*Fig. 1 Part of the heat feeder line with pipejacks*

složitých místech křížení s nejvýznamnějšími komunikacemi nebo tramvajovými tratěmi byl proveden protlak. Hloubkový dosah liniové stavby nepřesáhl 4–5 m.

Geologické poměry trasy teplovodu v málo členitém rovinatém území, převýšení v rámci trasy dlouhé 2,7 km činí 13 metrů, jsou silně ovlivněny erozivní a akumulační činností povrchových toků potoka Rokytky a Vltavy. Trasa neprotíná ani jeden z uvedených vodních toků, ale prochází převážně územím, kde jsou uloženy jejich nánosy. Jen cca 300 m dlouhý úsek je veden územím bez fluviálních náplavů (od bývalého nádraží Libeň, ulicí Novákových až mezi ulice Vacínova a U Balabenky). Zde je pod navážkami nepříliš mocná poloha deluvií a horniny skalního podkladu. Prakticky celý výkop trasy teplovodu ve své povrchové části zastihoval vrstvu antropogenních sedimentů – navážky a zavážky.

Skalní podloží je součástí sedimentárního komplexu Barrandienu, který je zde zastoupen horninami staršího paleozoika – svrchní ordovik, a vyskytuje se zde pouze souvrství zahořanské a vinické [6].

Pokryvné zeminy kvartérního stáří překrývají skalní podklad v celém rozsahu trasy teplovodu, a to v rozlišných mocnostech od 1,2 do cca 13 metrů. Geneticky jsou kvartérní zeminy tvořeny fluviálními uloženinami – terasové a holocenní náplavy Rokytky a Vltavy, deluviálními uloženinami a antropogenními sedimenty – navážkami. Protlaky se prováděly pod ulicí Čuprova – v délce 44,75 m, pod ulicí U Balabenky 18,5 a 22 m a pod ulicí Zenklova v délce 23 m. Z každé startovací jámy se prováděly protlaky dva, takže celkem se protlačilo 176 m trubek dvouplášťové konstrukce s vybetonovaným mezikružím. Použitím trubek Ø 1200/10 a Ø 900/5 mm se ušetřilo, ve srovnání se trubkami Ø 1220x20 mm a Ø 920x14 mm, přibližně 95 tun oceli.

## KONSTRUKCE PROTLÁČENÝCH TRUBEK

Trubky Ø 1200/10 a Ø 900/5 mm se zkružovaly z plechů délky 3 m a 2,85 m z oceli 11 375.1 s velmi přísnými požadavky na tolerance kolmosti čel. Trubka Ø 900/5 mm byla navržena spřažená s betonem mezikruží tl. 140 mm. Na vnější straně trubky byla navařena betonářská ocel Ø 10 mm tvarovaná tak, aby zajistila spřažení s betonem mezikruží. Na polovině trubek Ø 900/5 mm byly přivařeny distanční plechy pro upevnění pěti trubek Ø 76x3 mm – ČSN 425723-11 375.1, do kterých se uloží kabelová vedení. Pro injektáž za vnější plášť větší trubky, mezi zeminu a trubku, byly do vnější trubky navařeny injektážní

## HEAT FEEDER LINE ROUTE

The heat feeder line ran through the Vysočany – Libeň area (from Ocelářská Street to Švábky Street) at the total length of 2775 m. The major part of the pipeline was laid in an open trench. Pipejacks were carried out in complicated locations of crossings with most important streets or tram lines. The depth of this linear structure did not exceed 4 – 5 m.

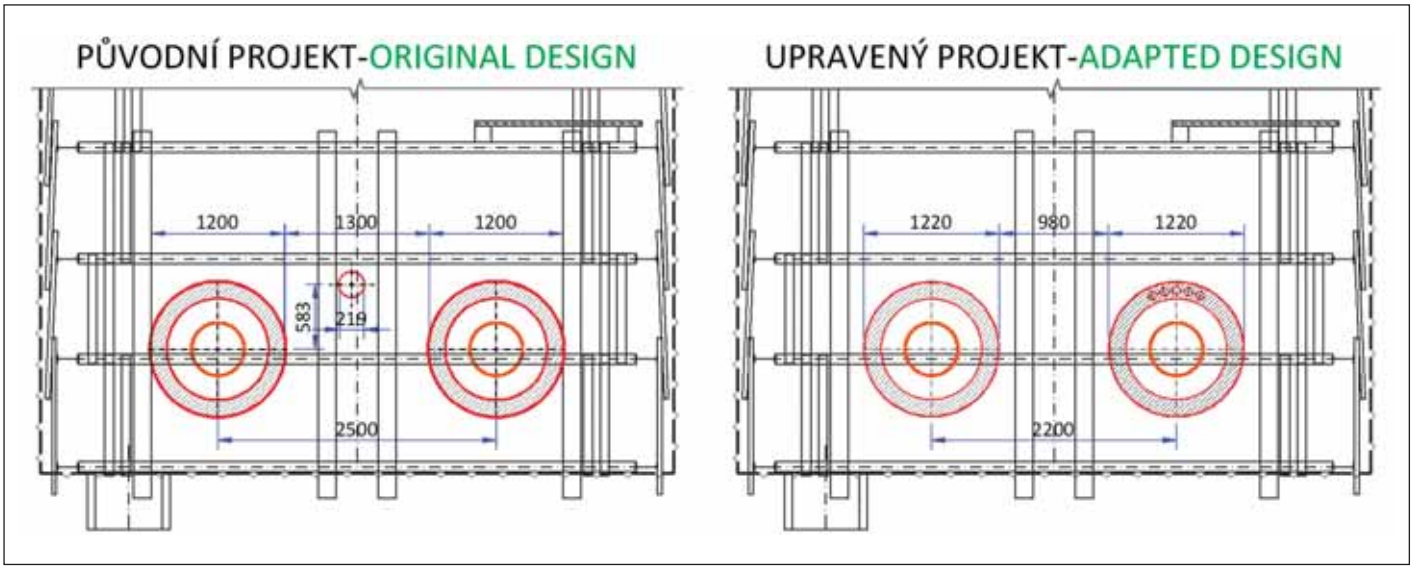
Geological conditions along the heat feeder line in the little dissected, level area (the difference in elevations along the 2.7 km long line amounts to 13 metres) are significantly affected by the erode and accumulation action of the Rokytka Brook and the Vltava River on the surface. The route crosses none of the two water courses, but it mostly passes through an area covered with deposits formed by them. Only an about 300 m long stretch is led through an area without fluvial deposits (from the former railway station Libeň, along Novákových Street, up to a point between Vacínova and U Balabenky Streets). There is a not too thick layer of deluvium and the bedrock under the made ground in this area. Virtually the entire trench for the heat feeder line in its upper part encountered a layer of anthropogenic sediments - made ground and fills.

The bedrock is part of the Barrandean sedimentary complex, which is represented in this location by Early Palaeozoic – Upper Ordovician rocks; only the Zahořany and Vinice strata are present in the area [6].

Soils of the Quaternary age cover the bedrock along the entire heat feeder line route. The cover thickness is variable, ranging from 1.2 m to about 13 m. Genetically, the Quaternary soils are formed by fluvial sediments – terrace and Holocene alluviua of the Rokytka Brook and the Vltava River, deluvial sediments and anthropogenic sediments – made ground. The pipejacks were carried out under Čuprova Street (44.75 m long), U Balabenky Street (18.5 m and 22.0 m long) and Zenklova Street (23 m long). Two pipelines were jacked from each launching pit, which means that the total length of the double-shell structure tubes with the annulus filled with concrete amounted to 176 m. Approximately 95 tonnes of steel were saved owing to the use of Ø1200/10 and Ø900/5 mm pipes instead of Ø1220x20 mm and Ø920x14 mm pipes.

## THE STRUCTURE OF THE PIPES BEING JACKED

The Ø1200/10 and Ø900/5 mm pipes were rolled from 3 m and 2.85 m long sheets, respectively, of 11 375.1 steel grade, satisfying stringent tolerance requirements for the perpendicularity of




*Obr. 2 Původní a upravený příčný řez protlaků teplovodu*
*Fig. 2 Original cross-section and modified cross-section through the heat feeder line pipejacks*

trubky Ø 1" o vnějším rozměru Ø 34 mm dl. 150 mm. Injektážní trubka je vyhnuta do styčné spáry mezi trubkami, aby se na ni mohla nasazovat injektážní převlečná matice (obturátor). Původní a nové uspořádání protlaku je na obr. 2. Sestavování jednotlivých dílů do finální podoby a detaily horní a spodní části jsou na obr. 3, 4, 5 a 6.

Příprava na betonáž probíhala ve čtyřech etapách.
První etapa:
- dolní držák rozteče potrubí se přišroubuje k betonovému panelu 2x3 m šrouby Ø 20 mm do hmoždinek.

Druhá etapa:
- na dolní držák rozteče potrubí se nasadí potrubí 900/5 mm, na potrubí je přivařena betonářská výztuž Ø 10 mm;
- na potrubí určené pro vratnou vodu budou přivařeny dva držáky potrubí Ø 76/3 mm z plechu tl. 5 mm a na tyto plechy se přivaří 5 ks potrubí.

Třetí etapa:
- na dolní držák rozteče potrubí se nasadí potrubí 1200/10 mm;
- v potrubí 1200/10 mm jsou přivařeny dvě injektážní trubky Ø 1" vnější Ø 34 mm dl. 150 mm; injektážní trubka je vyhnuta do styčné spáry mezi trubkami 1200/10 mm, v sestavě jsou injektážní trubky vždy nahoře;
- pokud nebude dodržena kruhovitost potrubí 1200/10 m, provede se rektifikace potrubí;
- potrubí musí být zajištěno proti pádu.

Čtvrtá etapa:
- na potrubí 1200/10 mm se nasadí horní držák rozteče potrubí;
- potrubí 900/5 mm se přivaří k potrubí 1200/10 mm, aby při betonáži nedošlo k pohybu potrubí;
- mezera mezi potrubím 900/5 mm a 1200/10 mm se vyplní betonem;
- po zaplnění mezery betonem, zvibrování a zatuhnutí betonu se odstraní horní držák rozteče potrubí.

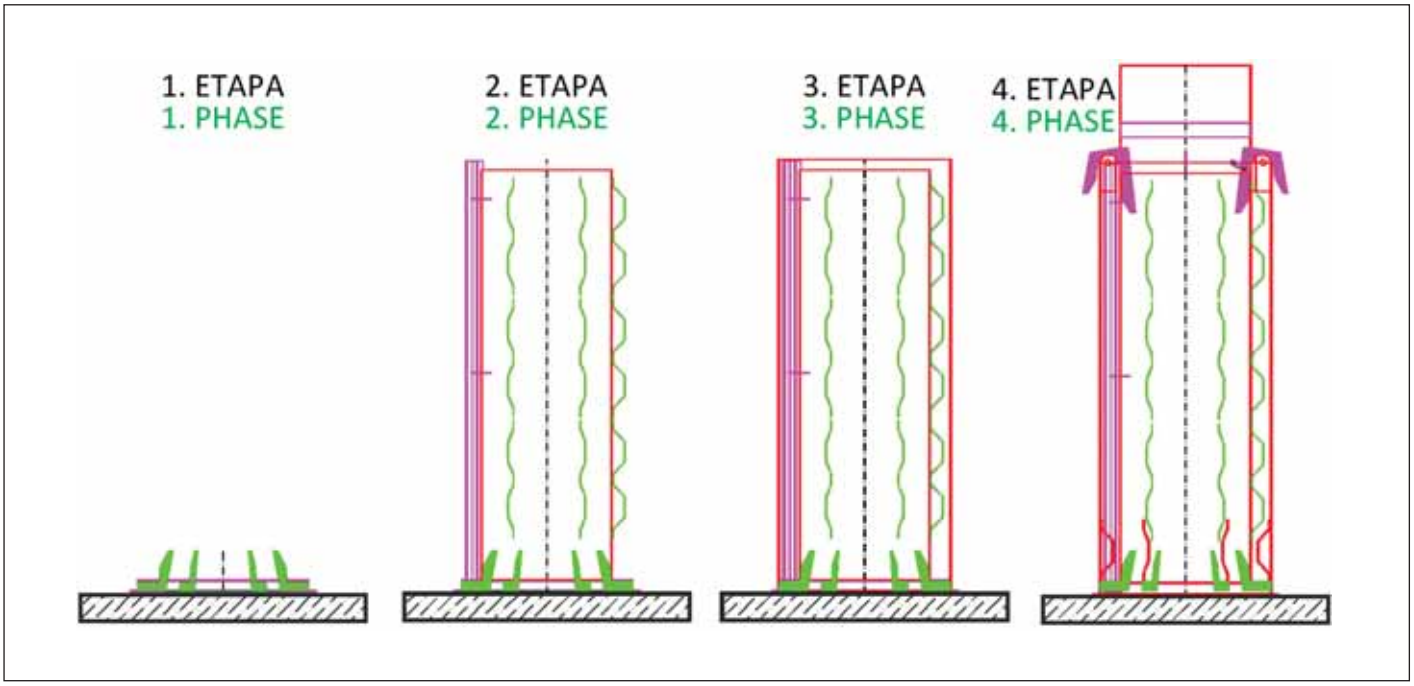
Protlak ocelové chráničky Ø 1200/10 a Ø 900/5 mm byl prováděn ze startovací jámy o rozměrech 5x8 m směrem k cílové šachtě o rozměrech 3x5 m. Plocha výrubu protlaku byla 1,169 m².

the ends to the pipe axis. A Ø900/5 mm pipe interlocked with the 140 mm thick concrete annulus was designed. Concrete reinforcement bars Ø10 mm, shaped in a way ensuring the composite action with the concrete annulus, were welded to the outer surface of the pipe. Steel sheet spacers for fixing the five pipes Ø76x3 mm (ČSN 425723 -11 375.1) providing casings for cable lines were welded to a half of the pipes Ø900/5 mm. Injection tubes Ø1" with the outer diameter of 34 mm and 150 mm long were welded to the external pipe to be used for grouting behind the external shell of the bigger pipe, i.e. between the ground and the pipe. The injection tube is turned into the joint between the pipes so that a packer can be slipped on it. The original arrangement and the new one are presented in Fig- 2. The assembly of individual parts into the final form and details of the upper and lower parts are shown in Figures 3, 4, 5 and 6.

The preparation for pouring of concrete was divided into four stages.
Stage 1:
- The lower spacer maintaining the annulus width is fixed to dowels in a 2.0 x 3.0 m concrete panel with Ø20 mm screws.

Stage 2:
- The 900/5 mm pipe is placed on the lower annulus spacer and the concrete reinforcement (Ø10 mm) is welded to the pipe;
- Two spacers for the pipes Ø76/3 mm made from 5 mm thick steel sheets are welded to the reclaim heat pipe; 5 pipelines are welded to the steel sheets.

Stage 3:
- the 1200/10 mm pipe is placed on the lower annulus-maintaining spacer;
- Two injection tubes Ø1" with the outer diameter of 34 mm and 150 mm long are welded to the 1200/10 mm pipe. The injection tube is turned into the joint between the 1200/10 mm pipes; in the assembly, the injection tubes are always on the top;
- when the circularity of the 1200/10 mm pipes is not met, the pipes have to be rectified;
- the pipes must be secured against collapsing.




*Obr. 3 Sestavení prvků potrubí*
*Fig. 3 Assembly of the pipe components*

*Obr. 4 Čelo vybetonované trouby teplovodu bez trubek pro kabely, v pozadí trouba s kabelovými trubkami připravená k betonáži*
*Fig. 4 The end of a completed heat feeder line pipe without cable casing pipes; a pipe with cable casing pipes prepared for casting is in the rear*

Při provádění protlaku byla čelba stabilní. Vzhledem k charakteru zeminy a bezvodému prostředí nedošlo k porušení stability výrubu a vzniku singulárních poklesů. Pokles nad protlakem byl eliminován dodržováním technologie – zamezení vzniku nadvýlomu a injektáží za rub trubek.

## POSOUZENÍ PROTLAKU

Protláčená ocelová trubka Ø 1200/10 mm byla posouzena na stavební stav, trubka Ø 900/5 mm Ø 900/5 mm spřažená se železobetonovým C25/30 byla posouzena na definitivní zatěžovací stav [2]. Výpočet vnitřních sil v protláčené trubce byl proveden obecnou deformační metodou, spojitá střednice je nahrazena polygonem a spolupůsobení rámu s horninou je modelováno soustavou kyvných prutů. Při výpočtu je konstrukce zatěžována jednotkovým zatížením a dimenzování konstrukce je provedeno pro koeficienty ložnosti $k_{výp}$ = 5, 50 a 100 MNm$^{-3}$ a pro poměry bočního ku svislému tlaku $p/q$ = 0,2; 0,4; 0,6 [7] [8] [11].

*Obr. 6 Dolní držák rozteče potrubí*
*Fig. 6 Lower spacer maintaining the annulus between pipes*

*Obr. 5 Horní držák rozteče potrubí*
*Fig. 5 Upper spacer maintaining the annulus between pipes*

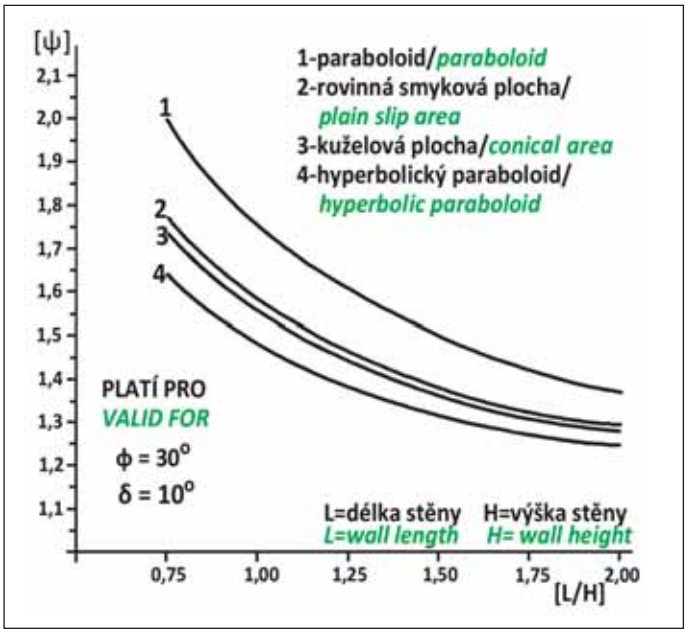
Phase 4:

- the upper spacer maintaining the annulus width is fixed on the 1200/10 mm pipe;
- the 900/5 mm pipe is welded to the 1200/10 mm pipe so that no movement of the pipes happens during the casting of concrete;
- the annular space between the 900/5 mm and 1200/10 mm pipes is filled with concrete;
- after the filling of the annular space with concrete, vibrating it and its setting, the upper spacer is removed.

The steel casing pipe consisting of Ø1200/10 and Ø900/5 mm pipes was jacked from a 5.0 x 8.0 m launching pit toward the 3.0 x 5.0 m receiving pit. The excavated cross-sectional area was 1.169 m$^2$. The excavation face was stable during the pipe jacking operations. Owing to the character of soils and the water-free environment, no disturbance to the excavation stability and no singular settlement cases were experienced. The settlement above the pipejack was eliminated through adhering to the technological procedure – preventing overbreaks and injecting grout behind the outer surface of the pipes.

## PIPEJACK ASSESSMENT

The loading case during construction was assumed for assessing of the steel pipe Ø1200/10 mm to be jacked, whilst the final




*Obr. 7 Tvar pasivního klínu na oporné stěně*
*Fig. 7 The passive earth pressure region behind the thrust wall*

Maximální únosnost konstrukce byla vyhodnocena interakčním diagramem, vyjadřujícím únosnost ocelové výztuže pro různé poměry momentů a normálových sil.

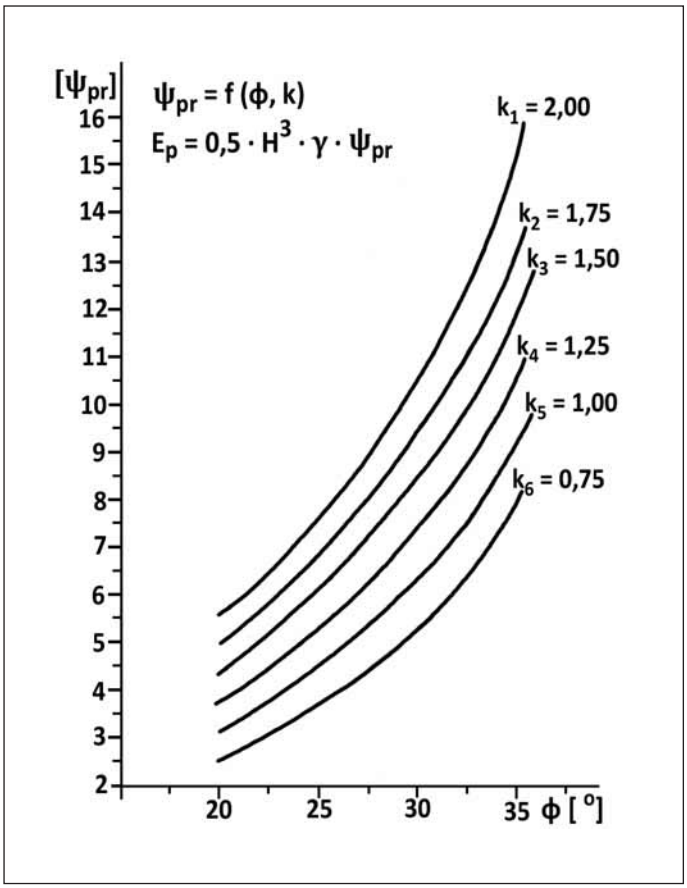
Protlak trubky byl prováděn hydraulickým protláčecím zařízením o maximální protlačovací síle 1800 kN. Potrubí je v době protlačování současně namáháno stálým a nahodilým svislým zatížením a současně bude namáháno podélným zatížením od protlačovací síly. Srovnávací napětí vypočteme podle teorie Huber-Mises-Hencky:

$$\sigma_{SR} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_\phi^2 - \sigma_X \sigma_\phi} \le \sigma_{KT} \times f_1 \times v_s \times 1{,}1 / s_1 \qquad [1]$$

Kde $\sigma_x$ – podélné napětí; $\sigma_\phi$ – radiální napětí (tečné); $\sigma_{KT}$ – minimální mez kluzu oceli 11 353 – 245 MPa; $f_1$ – součinitel koroze (krátkodobý protlak) – 1,0; $v_s$ – součinitel jakosti svaru – 1,0; $s_1$ – míra bezpečnosti – 1,5 [5].

Součástí statického posudku bylo posouzení oporné stěny, která zachycuje tlačné síly od protláčecího zařízení a přenáší je do zeminového masivu, kde je pasivní stav napjatosti. Pasivní odpor zeminy řešíme jako prostorovou 3D úlohu desky konečných rozměrů, opírající se o zeminový masiv. Velikost pasivního odporu může někdy omezovat velikost protláčecí síly. V důsledku pasivního odporu vzniká v zeminovém prostředí tzv. pasivní klín, obr. 7.

Předpokládáme, že celkový pasivní odpor je složen ze dvou částí. Jedna složka odporu působí po délce oporné stěny L, druhá působí na bocích na svislých hranách oporné stěny. Pasivní klín je složen ze tří částí, jedné střední a dvou bočních. Velikost odporu bočních klínů je odvislá od modulu deformace zeminy a celkový odpor oporné stěny je závislý na geometrickém tvaru




*Obr. 8 Součinitel prostorového účinku ψ v závislosti na L/H a tvaru pasivního klínu*

*Fig. 8 Areal coefficient ψ relative to L/H and the shape of the passive earth pressure region*

loading case [2] was assumed for the assessing of the Ø900/5 mm pipe interlocked with the C25/30 reinforced concrete annulus. The calculation of inner forces in the pipe being jacked was carried out using the well known deformation method, with the continuous centreline substituted by a polygon and the composite action of the frame with ground modelled as a system of swinging beams. In the calculation, the structure is loaded by a unit load and the structure is designed using the coefficients of subgrade reaction $k_{výp}$ = 5. 50 and 100 MNm$^{-3}$ and the proportions of the side pressure to the vertical pressure p/q = 0.2; 0.4; 0.6 [7] [8] [11]. The maximum loading capacity of the structure was assessed using an interaction diagram, which expresses the loading capacity of steel reinforcement for various proportions of moments to normal forces.

The pipe was jacked using a hydraulic jacking rig with the minimum thrust of 1800 kN. During the process of jacking, the pipe is loaded by permanent and live loads and, concurrently, is loaded by the longitudinal load induced by the jacking thrust. The equivalent stress is calculated according to the Huber-Mises-Hencky theory.

$$\sigma_{SR} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_\varphi^2 - \sigma_X \sigma_\varphi} \le \sigma_{KT} \times f_1 \times v_s \times 1{,}1 / s_1 \qquad [1]$$

where $\sigma_x$ – longitudinal stress; $\sigma_\phi$ - radial stress (tangential); $\sigma_{KT}$ – minimum yield strength of steel 11 353 - 245 MPa; $f_1$ – corrosion coefficient (short-term pipejack) – 1.0; $v_s$ – weld quality coefficient – 1.0; $s_1$ – margin of safety – 1.5 [5].

In addition, the structural assessment contained the assessment of the thrust wall, which resists the thrust induced by the jacking rig and transfers it to the ground mass, where there is a passive state of stress. The passive resistance of soil is solved as a 3D problem of a plate with definitive dimensions, leaning against the ground mass. The magnitude of the passive resistance may sometimes reduce the magnitude of the jacking thrust. The so-called "passive earth pressure region" develops in the ground environment due to the passive resistance (see Fig. 7).

We assume that the total passive resistance consists of two parts. One component of the resistance acts along the thrust wall L, whilst the other component acts on the sides, on vertical edges of the thrust wall. The passive earth pressure region consists of three parts, i.e. one central part and two lateral parts. The magnitude of the resistance of the side wedges depends on the deformation modulus of soil and the total resistance of the thrust wall depends on the geometrical shape of the passive earth pressure region. There are four sliding modes of the passive earth pressure region described and expressed analytically in literature:

- a planar surface,
- a conical surface,
- a paraboloidal surface,
- a hyperbolic paraboloidal surface.

Mathematical formulas [1] for the calculation of the resistance of a spatial passive earth pressure region were determined on the basis of model tests and geotechnical properties of the soils ($\phi$, $\gamma$). The influence of soil friction against the external surface of the thrust wall was assumed for the wall length L as $\delta = 0.3\ \phi$.

The formulas were derived under the following boundary conditions:

- the horizontal terrain surface is at the level of the upper edge of the thrust wall;
- the wall is displaced only horizontally; angular rotation is not assumed;
- the value of the angle of friction against the external surface of the full-height thrust wall is constant, $\delta$ = const.

The value of the total passive resistance depends on the dimensional parameter of the wall k = L/H. If it applies that $7 < k < 10$, the influence of the side parts of the passive earth pressure region compared to the total value of the passive resistance of soil is

pasivního klínu. V literatuře jsou popsány a analyticky vyjádřeny čtyři kluzné tvary pasivního klínu:

- rovinná plocha,
- kuželovitá plocha,
- paraboloidická plocha,
- plocha hyperbolického paraboloidu.

Matematické vzorce [1] pro výpočet odporu prostorového pasivního klínu byly určeny na základě modelových pokusů a geotechnických vlastností zemin (ϕ, γ). Vliv tření zeminy o rub oporné stěny se uvažoval na délku stěny L hodnotou δ = 0,3 ϕ.

Vzorce byly odvozeny za těchto okrajových podmínek:

- horizontální povrch terénu je ve výšce horní hrany oporné stěny,
- posun stěny je pouze v horizontálním směru, pootočení stěny se neuvažuje,
- hodnota úhlu tření zeminy o rub oporné stěny je na celou výšku stěny konstantní, δ = const.

Hodnota celkového pasivního odporu je závislá na rozměrovém parametru stěny k = L/H. Pokud platí 7 < k < 10, je účinek bočních částí „pasivního klínu“ v porovnání s celkovou hodnotou pasivního odporu zeminy zanedbatelný. Na obr. 8 je uvedena závislost součinitele prostorového účinku ψ na součiniteli k. V případě, že k > 10, pasivní odpor zeminy se vypočítá běžnými metodami mechaniky zemin pro rovinnou úlohu.

Pro jednotlivé geometrické tvary „pasivního klínu“ za opornou stěnou se uvádějí tyto vzorce [1]:

1. Rovinná kluzná plocha

$$E_p = \frac{H^2 \times \gamma \times L}{2 \times tg(45° - \varphi/2)} \times k_{p1} + \frac{H^3 \times \gamma \times tg\varphi}{5 \times tg^2(45° - \varphi/2)} \times k_{p2} \times \cos\varphi/2 \qquad [2]$$

$$k_{p1} = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + \varepsilon)}, \quad k_{p2} = \frac{\sin(\bar{\alpha} + \varphi)}{\sin(\bar{\alpha} + \varepsilon)}, \quad \alpha = 45° - \varphi/2 \qquad [3]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\left[\frac{2 \times tg^2(45° + \varphi/2)}{9tg\varphi}\right] + tg(45° + \varphi/2) \qquad [4]$$

$$\varepsilon = \phi + \delta \qquad [5]$$

2. Kuželovitá kluzná plocha

$$E_p = \frac{H^3 \gamma \cos\varphi/2}{3tg^2(45° - \varphi/2)}\left[\frac{\varphi}{2} + \frac{1}{4}\sin(\pi - 2\varphi)\right]k_{p2} + \frac{H^2 L\gamma}{2tg(45° - \varphi/2)}k_{p1} \qquad [6]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\frac{tg(45° - \varphi/2)}{\cos\varphi/2} \qquad [7]$$

3. Paraboloidická kluzná plocha

$$E_p = \left[\frac{H^3 tg\varphi \times \gamma}{2tg^2(45° - \varphi/2)} + \frac{2H^2 L \times \gamma}{3tg(45° - \varphi/2)}\right] \times \frac{\sin(\bar{\alpha} + \varphi)}{\cos(\bar{\alpha} + \varepsilon)} \qquad [8]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\left[2tg(45° - \varphi/2) - 2{,}3tg^2(45° - \varphi/2)\right] \qquad [9]$$

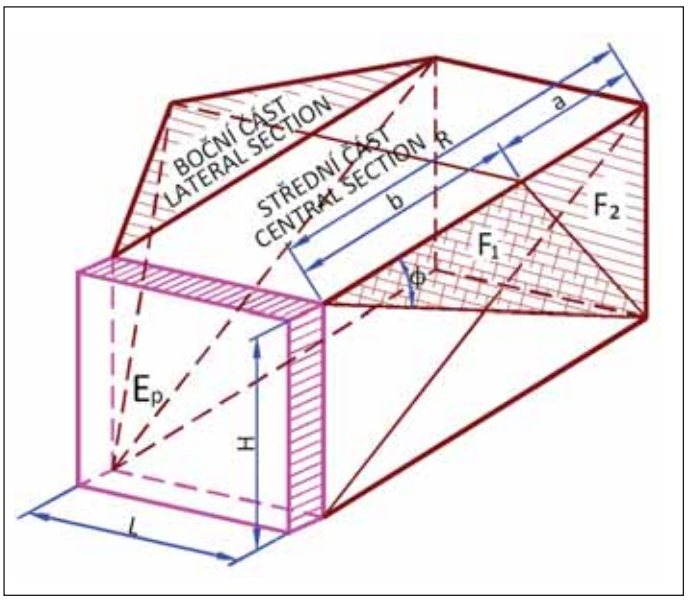
4. Kluzná plocha hyperbolicko-paraboloidická

$$E_p = \frac{3 \times \gamma \times H^3 tg\varphi}{25tg^2(45° - \varphi/2)} \times \frac{\sin(\bar{\alpha} + \varphi)}{\cos(\bar{\alpha} + \varepsilon)} + \frac{H^2 L \times \gamma}{2tg(45° - \varphi/2)} + \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon)} \qquad [10]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\frac{5tg(45° - \varphi/2)}{3 + 2t_M} \qquad [11]$$

$$t_M = \frac{9tg^2\varphi + 25tg^2(45° - \varphi/2)}{3tg\varphi + 5tg(45° - \varphi/2)} \times \frac{\cos\eta}{15tg(45° - \varphi/2)} \qquad [12]$$

$$\eta = arctg\frac{18tg^2\varphi}{50tg^2(45° - \varphi/2)} \qquad [13]$$




*Obr. 9 Součinitel $\psi_{pr}$ prostorového pasivního odporu $\psi_{pr} = f(\phi, k)$*
*Fig. 9 Areal coefficient $\psi_{pr}$ of the passive earth pressure region $\psi_{pr} = f(\phi, k)$*

negligible. The dependence of the areal coefficient ψ on coefficient k is presented in Fig. 8. When k > 10, the passive resistance is calculated using common soil mechanics methods designed for planar problems.

The following formulas [1] are quoted for individual geometrical shapes of the passive earth pressure region behind the thrust wall:

1. Planar sliding surface

$$E_p = \frac{H^2 \times \gamma \times L}{2 \times tg(45° - \varphi/2)} \times k_{p1} + \frac{H^3 \times \gamma \times tg\varphi}{5 \times tg^2(45° - \varphi/2)} \times k_{p2} \times \cos\varphi/2 \qquad [2]$$

$$k_{p1} = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + \varepsilon)}, \quad k_{p2} = \frac{\sin(\bar{\alpha} + \varphi)}{\sin(\bar{\alpha} + \varepsilon)}, \quad \alpha = 45° - \varphi/2 \qquad [3]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\left[\frac{2 \times tg^2(45° + \varphi/2)}{9tg\varphi}\right] + tg(45° + \varphi/2) \qquad [4]$$

$$\varepsilon = \phi + \delta \qquad [5]$$

2. Conical sliding surface

$$E_p = \frac{H^3 \gamma \cos\varphi/2}{3tg^2(45° - \varphi/2)}\left[\frac{\varphi}{2} + \frac{1}{4}\sin(\pi - 2\varphi)\right]k_{p2} + \frac{H^2 L\gamma}{2tg(45° - \varphi/2)}k_{p1} \qquad [6]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\frac{tg(45° - \varphi/2)}{\cos\varphi/2} \qquad [7]$$

3. Paraboloidal sliding surface

$$E_p = \left[\frac{H^3 tg\varphi \times \gamma}{2tg^2(45° - \varphi/2)} + \frac{2H^2 L \times \gamma}{3tg(45° - \varphi/2)}\right] \times \frac{\sin(\bar{\alpha} + \varphi)}{\cos(\bar{\alpha} + \varepsilon)} \qquad [8]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\left[2tg(45° - \varphi/2) - 2{,}3tg^2(45° - \varphi/2)\right] \qquad [9]$$

4. Hyperbolic paraboloidal surface

$$E_p = \frac{3 \times \gamma \times H^3 tg\varphi}{25tg^2(45° - \varphi/2)} \times \frac{\sin(\bar{\alpha} + \varphi)}{\cos(\bar{\alpha} + \varepsilon)} + \frac{H^2 L \times \gamma}{2tg(45° - \varphi/2)} + \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon)} \qquad [10]$$

$$\bar{\alpha} = arctg\frac{5tg(45° - \varphi/2)}{3 + 2t_M} \qquad [11]$$

$$t_M = \frac{9tg^2\varphi + 25tg^2(45° - \varphi/2)}{3tg\varphi + 5tg(45° - \varphi/2)} \times \frac{\cos\eta}{15tg(45° - \varphi/2)} \qquad [12]$$

Prostorový účinek rovinné a kuželovité kluzné plochy bočních částí „pasivného klínu“ se velmi málo odlišuje, viz obr. 8. Pro praktické návrhy se v těchto případech doporučuje použít vztah:

$$Ep = \frac{1}{2} H^3 \times \gamma \times \psi_{pr} \qquad [14]$$

kde H je výška oporné stěny [m], γ – objemová hmotnost zeminy [kNm$^{-3}$], $\psi_{pr}$ – součinitel prostorového pasivního odporu uvedený na obr. 9.

Součinitel $\psi_{pr}$ byl odvozen v závislosti na smykové pevnosti sypké zeminy φ a od tvarového parametru k, při tření mezi zeminou a rubem stěny hodnot δ = 0,3 φ. Na obr. 9 je graficky znázorněn průběh funkce $\psi_{pr} = f(\varphi, k)$.

Do teoretického řešení prostorového pasivního odporu zemin musíme zahrnout parametry oporné konstrukce a zeminy. Doporučuje se proto používat jednodušší přibližné řešení. Výpočet provedený pomocí přibližné metody dává výsledky na straně bezpečnosti, jak o tom ve svých pracích informují autoři Zweck [4], Steinfeld [3].

## ZÁVĚR

Protláčení ocelobetonových trubek pro tepelný napáječ Vysočany – Libeň proběhlo úspěšně a při podcházení dvou tramvajových tratí nebyly na terénu zaznamenány žádné deformace. Těchto výsledků bylo mimo jiné dosaženo také proto, že po ukončení protláčení se v každé styčné spáře mezi trubkami prováděla injektáž do připravených injektážních trubek.

Celková délka protlaků dvouplášťové konstrukce s vybetonovaným mezikružím byla 176 m. Proti původnímu návrhu Ø 1220x20 mm a Ø 920x14 mm se použitím trubek Ø 1200/10 a Ø 900/5 mm ušetřilo přibližně 95 tun oceli. Sestavené trubky délky 3 m bylo možné snadněji dopravovat na běžných nákladních vozidlech a manipulace s nimi stavbu nijak nezatěžovala.

*ING. JAROMÍR ZLÁMAL, zlamal@pohl.cz,*
*POHL cz, a. s*

*Recenzoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška*

$$\eta = arctg \frac{18 tg^2 \varphi}{50 tg^2 (45° - \varphi/2)} \qquad [13]$$

The spatial effect of the planar and conical sliding surface of the side parts of the passive earth pressure region differs very little (see Fig. 8). It is recommended for practical designing in similar cases that the following relationship is applied:

$$Ep = \frac{1}{2} H^3 \times \gamma \times \psi_{pr} \qquad [14]$$

where H is for the height of the thrust wall [m], γ is for the volume weight of soil [kNm$^{-3}$], $\psi_{pr}$ is for the areal coefficient presented in Fig. 9.

The coefficient $\psi_{pr}$ was derived in dependence on the shear strength of loose ground φ and from the shape parameter k, with the friction between the soil and the outer surface of the wall δ = 0.3 φ. The behaviour of the function $\psi_{pr} = f(\varphi, k)$ is graphically presented in Fig. 9.

Parameters of the thrust wall structure and the soil must be incorporated into the theoretical solution to the passive resistance of soils. We therefore recommend that a simpler approximate solution is applied. A calculation carried out using an approximate method yields results on safe side, as the authors Zweck [4], Steinfeld [3] inform in their works.

## CONCLUSION

The jacking of composite steel and concrete pipes for the Vysočany - Libeň heat feeder line was successfully finished and no deformations were registered on the terrain surface during the passage under two tram lines. These results were achieved, among other reasons, because of the fact that when the jacking had been finished, grout was injected through prepared injection tubes into each head joint between the pipes.

The total length of the jacking of double-shell pipes with the annulus filled with concrete amounted to 176 m. Compared with the original design for pipes Ø1220x20 mm and Ø920x14 mm, about 95 tonnes of steel were saved by using pipes Ø1200/10 and Ø900/5 mm. The 3 m long pipes assembled in the above described way were transported in a simpler way on common lorries and handling them presented no problem for the construction team.

*ING. JAROMÍR ZLÁMAL, zlamal@pohl.cz,*
*POHL cz, a. s.*

## LITERATURA / REFERENCES

[1] ČULÍK, M., KLEPSATEL, F. *Pretláčanie železobetonových rúr*. Bratislava : Výskumný ústav inžinierskych stavieb1984. 53 s.
[2] KLEJN, G. K. *Rasčot trub uloženych v zemle*. Moskva : Gosudarstvenoje izdatelstvo literatury po strojitelovu i architekture, 1957. 197 s.
[3] STEINFELD, K. *Über den erddruck auf schacht - und brunnen-wandungen: Contribution to the Foundation Engineering Meeting*. Hamburg : German Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1968, s. 111–126.
[4] ZWECK, H. *Baugrunduntersuchungen durch Sonden: Ramm-, Druck-, Dreh- und Flügelsonden* . Berlin : W. Ernst, 1969. 111 s.
[5] ČSN EN 1993-1 -1 Eurokod 3, Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI. Praha : Vyd. ÚNMZ, 2006. 96 s. vč. Změny NA ed. A, ČNI 2007, Opravy Opr. 1, UNMZ 2010, Změny Z1, UNMZ, 2010.
[6] ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy. Praha : ÚNM, 1988. 77 s.
[7] ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce. Praha : VN, Praha, 1990. 56 s.
[8] ČSN 73 7501 Navrhování konstrukcí ražených podzemních objektů. Praha : FNÚM, 1993. 16 s.
[9] ČSN EN 206-1 – 73 2403 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha : ČNI, 2001. 72 s.
[10] EN 1994-2: 2005 – Design of composite steel and concrete structures – Part 2: General rules and rules for bridges. Brussels : CEN 2005. 96 s.
[11] Software: PROS v.3. Praha, 1995.

# HISTORICKÝ DŮL JERONÝM V ČISTÉ – PODZEMNÍ EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNICKÁ LABORATOŘ

# HISTORICAL JERONÝM MINE IN ČISTÁ – UNDERGROUND EXPERIMENTAL GEOTECHNICAL LABORATORY

ZDENĚK KALÁB, EVA HRUBEŠOVÁ, ROBERT KOŘÍNEK, PETR ŽŮREK, RADOVAN KUKUTSCH

## ÚVOD

Historie je součástí identity národa. Každé společenství se vrací ke svým kořenům, dokládá svůj vývoj duchovními i hmotnými výtvory, které prokazují vyspělost, úroveň či zručnost předchozích generací. Mezi hmotné technické památky patří historická důlní a podzemní díla, dokumentující vývoj technického myšlení a technologii jejich výstavby. Jestliže souhrn příznivých okolností vedl k tomu, že technická památka ve své úplnosti zůstala zachována, bylo by chybou nechat ji devastovat a nepokusit se o její záchranu, případně nalezení dalšího smysluplného využití.

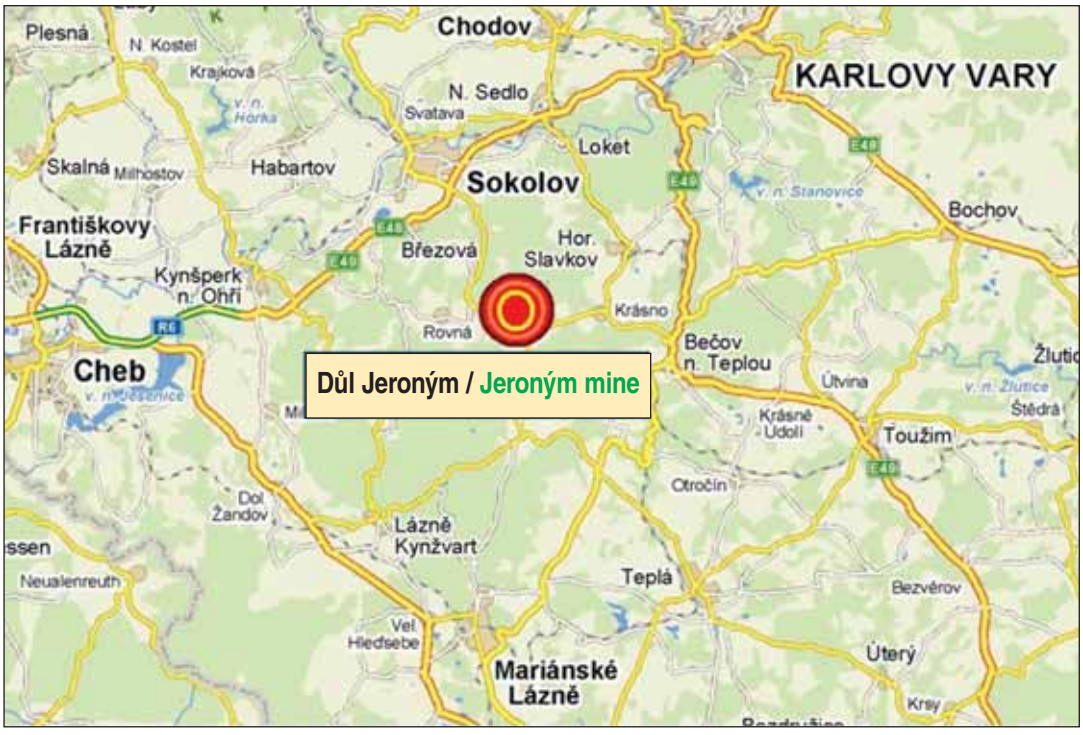
Takovou technickou památkou je bezesporu soubor podzemních prostor Dolu Jeroným v Čisté. Nabízí příklad středověkého hornictví a podzemního stavitelství, dokumentující nejen technologie dobývání, ale i ovládání horninového masivu při výstavbě podzemních a důlních děl [např. Kaláb, et al., 2006, Žůrek, et al., 2008]. Podobných důlních a podzemních děl ve Slavkovském lese, kde se Důl Jeroným nachází (obr. 1), bylo v 15. až 17. století řádově několik set [např. Beran, et al., 1995]. Jejich lokalizace je však znesnadněna nedostatkem pramenů a skutečností, že báňské práce v té době byly provozovány na malých výměrách dolových polí bez jednotného systému a bez koordinace s činností ostatních dolů. Většina s postupujícím časem zcela zanikla. Podzemní díla Dolu

## INTRODUCTION

History is part of the identity of a nation. Each society returns to its roots, documents its development by spiritual and material artefacts proving the advances of past generations, their level and skills. Historical mining and underground workings documenting the development of technical thinking and the technology of their development belong among material technical monuments. If a complex of favourable conditions led to the state of a technical monument which has remained preserved in its entirety, it would be a mistake to let it devastate and not to attempt to save it or find another reasonable use for it.

Such a technical monument is undoubtedly the complex of underground spaces of the Jeroným Mine in the town of Čistá. It offers an example of medieval mining and underground construction, documenting not only mining techniques but also the handling of rock mass during the development of underground and mine workings [e.g. Kaláb et al. 2006, Žůrek et al. 2008]. There were several hundreds of similar mining and underground workings in the Slavkov Forest, where the mine is located (Fig 1), in the 15th to 17th century [e.g. Beran et al. 1995]. Unfortunately, locating them is difficult due to the lack of sources and the fact that mining was performed in small-area mine fields, lacking a unified system and coordination with operations of other mines. The majority of them completely disappeared with the passing time. Underground workings of the Jeroným Mine form possibly a small but important exception from the latter information.

This paper summarises selected pieces of information, which show some important elements of medieval mining. An idea of creating a museum or an open-air museum of mining is under consideration so that it is possible to show the medieval mining monuments to professionals and the public. A condition for this plan is that an expert mining opinion on the stability of underground spaces as the whole and individual parts is carried out. Various research tasks are being undertaken in the Jeroným Mine for this purpose. Some of the results are also presented in this paper.




*Obr. 1 Zeměpisná lokalizace Dolu Jeroným*
*Fig. 1 Geographical location of the Jeroným Mine*

Jeroným tvoří tak sice malou, ale významnou výjimku z posledně uvedené informace.

V příspěvku jsou shrnuty vybrané informace, které ukazují některé významné prvky středověkého hornictví. Aby bylo možno ukázat památky na středověké hornictví odborníkům i veřejnosti, je zvažována možnost vytvoření muzea, případně hornického skanzenu. K tomu je nutné zpracovat odborný báňský posudek na stabilitu podzemních prostor jako celku i jeho jednotlivých částí. K tomuto účelu jsou v Dole Jeroným realizovány různé výzkumy, některé tyto výsledky jsou zde také představeny.

## PŘÍKLADY STŘEDOVĚKÝCH PAMÁTEK

Důl Jeroným dnes představují dva známé oddělené podzemní komplexy nazývané Stará důlní díla (SDD) a Opuštěná důlní díla (ODD). Půdorysná mapa (obr. 2) dokumentuje aktuální známou situaci části ODD: fárací jámu, komory a zatopené prostory v jednotlivých patrech (barevně vyznačeno), chodby a prorážky, ústí dědičné štoly Jeroným, včetně naznačení silnice nad dolem. V horní části jsou znázorněny severojižní a východo-západní vertikální řezy ODD.

Základními prvky dolu jsou:

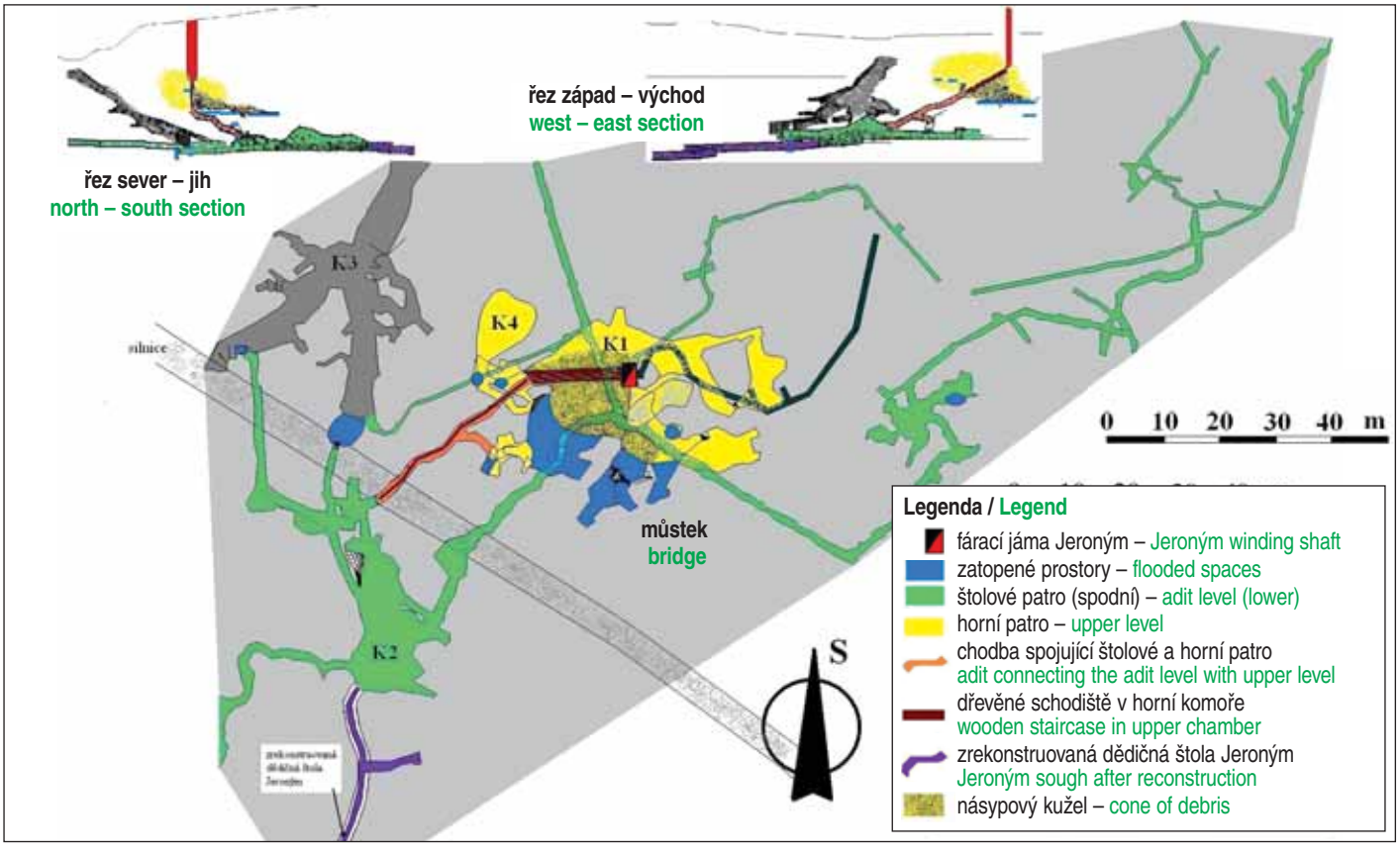
- Štola Jeroným, která je základní podzemní stavbou a důlním dílem předmětné lokality (ODD) a která plní funkci vstupu do dolu a slouží jako hlavní odvodňovací dílo a větrní cesta.
- Komplex liniových a prostorových děl (chodeb, úpadnic, komor, šířin), který představuje složitý prostorový skelet nepravidelných půdorysných rozměrů a výšek jednak nad úrovní štolového patra (úroveň štoly Jeroným), jednak pod úrovní štolového patra v zatopených a bezodtokových partiích dolu (ODD).

## EXAMPLES OF MEDIEVAL MONUMENTS

The Jeroným Mine is currently represented by two known, separate underground complexes named the Old Mine Workings (OMW) and the Abandoned Mine Workings (AMW). The ground plan map (see Fig. 2) documents the current known layout of the AMW: the winding shaft, chambers and inundated spaces on individual levels (distinguished in colours), galleries and cross-drifts, the mouth of the Jeroným sough, including the road above the mine marked in it. There are north-south and east-west vertical cross-sections through the AMW presented in the upper part.

The mine consists of the following fundamental elements:

- the Jeroným gallery, which is the basic underground structure and mine working of the location in question (the AMW) and which fulfils the function of the entrance to the mine and serves as the main drainage working and an airway;
- the complex of linear and spatial workings (adits, inclines, chambers, large stopes) forming a complex spatial framework with irregular ground plan dimensions and heights both above the adit level (the level of the Jeroným gallery) and under the adit level in the inundated and drainless parts of the mine (AMW);
- the Jeroným shaft, connecting the surface with the complex of underground workings and mine workings. The 27 m high shaft fulfils the function of the ladder and transport way, the second entrance to the mine and the airway (AMW);
- The separate complex of linear and spatial workings, the OMW, the access to which is through a portal from the slope and also through a vertical shaft (both ways were developed in the 1980s, after the OMW had been discovered when a sinkhole developed in a road above).




*Obr. 2 Půdorysná mapa Dolu Jeroným, část ODD (autor Lednická, podklad Diamo, s. p.)*
*Fig. 2 Ground plan map of the Jeroným Mine, the AMW part (author Lednická, source document: Diamo, s. p.)*

*Obr. 3 Ukázka dovrchního dobývání (komora K1); foto Lednická*
*Fig. 3 Example of ascending working (chamber K1); Photo courtesy of Lednická*

- Jáma (šachtice) Jeroným, která spojuje povrch s komplexem podzemních a důlních děl. Šachticový stvol o výšce 27 m plní funkci lezní a dopravní cesty, druhého vstupu do dolu a větrní cesty (ODD).
- Oddělený komplex liniových a prostorových děl SDD, do něhož je vstup portálem ze svahu a též svislou šachticí (obojí realizováno v 80. letech po objevení SDD při propadu silnice).

*Obr. 4 Ukázka svislého hloubení (štolové patro); foto Lednická*
*Fig. 4 Example of vertical working (the adit level); Photo courtesy of Lednická*

The basic characteristic of the Jeroným Mine underground workings and mine workings was introduced in the paper by Kořínek [Kořínek 2011]. Examples of selected underground workings of the Jeroným Mine, documenting the history and their current condition, are presented in Figures 3 – 8. One of the mining methods in the medieval mining was ascending working. A usually oval vault of a mined out chamber (see Fig. 3) is a remnant of this mining activity. Another typical relics are vertical workings. Rectangular vertical workings found in the Jeroným Mine lead down from the adit level to the inundated, non-searched spaces underneath (see Fig. 4). The reason why the shape of these workings is so regular and precise remains to be a question which has not been answered yet. One of the largest mine spaces is the chamber designated as K2. This nearly 30 m long and up to 8 m high space (see Fig. 5) was excavated and reached the current dimensions (using blasting) during World War 2. Today a laser sensor measuring changes in the height of the chamber (the DMS system, see below) is installed in this chamber. Figure 6 shows remains of not only the hand work of medieval miners but also remains after setting of fire (soot on walls). Fires were set in the mine working to make breaking of rock easier. They heated it and it cracked while cooling. Deposits of soot remained on walls and the roof in the locations through which the smoke was being removed. Because of the fact that even the spoil had to be excavated

*Obr. 5 Komora K2 (uprostřed laserové čidlo pro měření svislé konvergence); foto Lednická*
*Fig. 5 Chamber K2 (a laser sensor measuring vertical convergence is in the centre); Photo courtesy of Lednická*

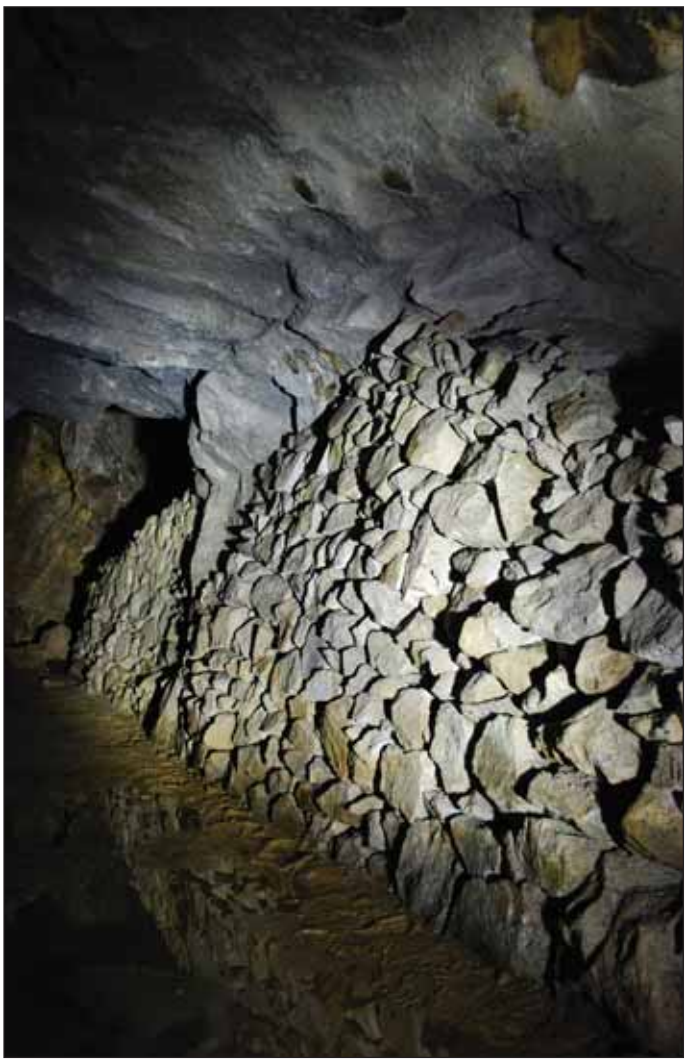
*Obr. 6 Ukázka sázení ohněm a práce želízkem a mlátkem (komora K3); foto Lednická*
*Fig. 6 Example of setting fire and work with a picker and a holing pick (chamber K3); Photo courtesy of Lednická*

Základní charakteristika podzemních a důlních děl Dolu Jeroným byla představena v článku Kořínka [Kořínek, 2011]. Ukázky vybraných podzemních děl Dolu Jeroným, které dokumentují historii a jejich současný stav, jsou na obr. 3–8. Jednou z dobývacích metod ve středověkém hornictví bylo dovrchní dobývání. Pozůstatkem této hornické aktivity je zpravidla oválovitá klenba vydobyté komory (obr. 3). Další typickou památkou jsou svislá hloubení. V Dole Jeroným je svislé hloubení obdélníkového tvaru, které vede ze štolového patra do zaplavených neprozkoumaných prostor pod ním (obr. 4). Zatím nevysvětlenou otázkou zůstává, proč má toto hloubení tak pravidelný a přesný tvar. Jednou z největších prostor dolu je komora označená K2. Tato prostora (obr. 5), dlouhá téměř 30 m a vysoká až 8 m, byla do stávajících rozměrů vyražena (za použití trhacích prací) za druhé světové války. Dnes je v této komoře umístěno laserové čidlo pro měření změn výšky této komory (v systému DMS, viz níže). Obr. 6 ukazuje pozůstatek nejen ruční práce středověkých horníků, ale také zbytky po sázení ohně (saze na stěnách). Pro snadnější odlamování horniny byly v důlním díle zakládány ohně, které ohřály horninu, která při chladnutí rozpraskala. V místech, kudy byl odváděn kouř, zůstaly na stěnách a stropu nánosy sazí. Protože při ražbě v rudních ložiscích musí být odtěžena i jalová hornina, a protože její doprava na povrch byla velmi náročná, zakládaly se v již dotěžených prostorách tzv. suché zdi. Na obr. 7 je příklad takové zdi na štolovém patře, která pochází zřejmě z období druhé světové války. V Dole Jeroným je možno nalézt také řadu zajímavých detailů z hornické práce, například prostory na hornické kahany, prostory na sošku patronky horníků sv. Barbory, výklenky, záseky na trámy, veřeje či podlahy (obr. 8).

Protože požár v 18. století zničil veškerou dokumentaci dolu, jsou historické dokumenty o tomto dole nečetné. Popis používaných středověkých „technologií“ lze v uceleném souhrnu nalézt v bohatě ilustrovaném spise Georgia Agricoly s názvem De re metallica libri XII (Dvanáct knih o hornictví – Agricola, 1556). V tomto spise jsou příklady památek na práci středověkých horníků, které lze vidět v Dole Jeroným.

## KONCEPCE A INSTRUMENTACE KONTROLNÍHO SLEDOVÁNÍ

Zachování podzemních prostor Dolu Jeroným a zabezpečení povrchu nad podzemními prostorami je podmíněno stabilitou podzemních a důlních děl. Proto je postupně budován, doplňován a provozován rozsáhlý systém kontrolního sledování.



*Obr. 7 Důlní chodba a ukázka suché zdi (štolové patro); foto Lednická*
*Fig. 7 Mine adit and an example of a pack (the adit level); Photo courtesy of Lednická*

during the excavation in ore deposits and transporting it to the surface was very demanding, the spaces where the excavation had been completed were packed. Figure 7 presents an example of the pack on the adit level. It was probably carried out during World War 2. The Jeroným Mine also contains many interesting details of mining work, for example spaces for miner's safety lamps, spaces for statuettes of St. Barbara, a patron of miners, niches, and cuts for timber beams, frames or floors (see Fig. 8).

Because a fire in the 18th century damaged all documents of the mine, historical documents about this mine are quite sparse. A description of "technologies" used in the Middle Ages can be found in an integrated summary contained in the amply illustrated treatise by Georgio Agricola titled De re Metallica Libri XII (Twelve books on mining) (Agricola, 1556).). This work contains examples of the relics of the work of medieval miners which can be seen in the Jeroným Mine.

## CHECK MONITORING CONCEPT AND INSTRUMENTATION

The preservation of the Jeroným Mine underground spaces and securing of the surface above the underground spaces is conditioned by the stability of the underground and mine workings. For that reason an extensive checking monitoring system is being gradually developed, complemented and operated. The concept of this monitoring starts from guessing at critical locations in the mine. A critical location in our understanding is a location where it is possible to expect detectable changes in

*Obr. 8 Zásek na trám v komoře K3; foto Lednická*
*Fig. 8 A cut for a timber beam in chamber K3; Photo courtesy of Lednická*

Koncepce tohoto sledování vychází z vytipovaní kritických míst v dole. Pod pojmem kritické místo rozumíme místo, kde lze i z krátkodobého hlediska očekávat pozorovatelné změny v chování horninového masivu. To umožní vyjádření hypotéz a vystižení možných důsledků při výrazném porušení stability. Kromě sledování stabilitního stavu podzemí a povrchu je podstatnou součástí kontrolního sledování získání podkladů pro matematické modelování stavu napjatosti masivu. Mezi kritická místa, která jsou situována převážně na úrovni horního patra (nehluboko pod povrchem), patří profily podzemních a důlních děl, ústí liniových děl do komor, zbytkové pilíře, závaly, důlní vody a komunikace II/210, která prochází nad dolem.

## GEOLOGICKÝ MONITORING

Cílem geologického monitoringu je studium puklinové tektoniky v podzemních dílech a v ochranných pilířích, což přispívá k pochopení tektonické stavby masivu a jeho významu pro stabilitu studovaných liniových děl a těžebních komor. Základním počinem bylo provedení detailních strukturně-tektonických měření. To bylo nezbytné pro upřesnění hypotéz o vzniku puklinové tektoniky především v oblastech zmíněných pilířů a v místech porušení horninového masivu, které patrně sahá až k povrchu.

Nedílnou součástí geologického monitoringu je instalace jedenácti sádrových nebo skleněných terčíků na puklinách a trhlinách v granitoidech krudumského masivu, sledujících rozvoj této tektoniky. Toto sledování probíhá zhruba v kvartálních intervalech. Souhrnně lze konstatovat, že většina sledovaných míst nevykazuje žádný pohyb, žádná poškození terčíků. Jako příklad pohybu lze uvést prasklé sklíčko v komoře K4, které bylo instalováno na silně rozpukaném pilíři v horní části komory. V okolí pilíře jsou ve stropě širší praskliny, z nichž do volného prostoru místy zasahují kořeny stromů. Uvedené poškození bylo nalezeno na podzim 2011, tedy v období po intenzivnějším seizmickém roji z kraslické oblasti. Projevy tohoto roje a též další seizmické zatížení důlního díla jsou popsány v článku Kalába (2011). Seizmologická měření byla zahájena při rekonstrukci dědičné štoly, aby bylo možno objektivně posoudit velikost seizmického zatížení v inkriminované době. Spouštěný záznam seizmologických dat v současnosti zahrnuje přirozená zemětřesení z Kraslicka (nejbližší zdrojová oblast, cca 35 km), intenzivní zemětřesení z Evropy, příp. i světa, projevy trhacích prací z okolních povrchových lomů, vibrační projevy těžké dopravy projíždějící po

the ground mass behaviour in the short term. It makes expressing of hypotheses and identifying possible consequences of significant upsetting of stability possible. Apart from the monitoring over the stability condition of the underground and the ground surface, a substantial part of the checking monitoring is obtaining of source data for the mathematical modelling of the state of stress of the rock mass. Among the critical locations, which are mostly located at the upper adit level (not too deep under the surface), there are profiles of underground and mine workings, entrances of linear workings to chambers, residual pillars, collapses, mine water and the II/210 road running above the mine.

## GEOLOGICAL MONITORING

The objective of the geological monitoring is to study the fissure tectonics in underground workings and protection pillars. This study contributes to the understanding of the tectonic structure of rock mass and its importance for the stability of the linear workings and production chambers. The primary deed was the execution of detailed measurements of structural tectonics. It was necessary for adjusting of hypotheses on the origination of fissure tectonics, first of all in the locations of the above-mentioned pillars and locations where the rock mass was disturbed probably up to the ground surface.

Inseparable part of the geological monitoring is the installation of eleven plaster targets or glass targets on fissures and cracks in granitoids forming the Krudum massif, monitoring the development of this tectonics. This monitoring is performed approximately at quarterly intervals. In general it can be stated that the majority of the locations being monitored exhibit no movements, no breaking of the targets. As an example of the movement it is possible to mention a broken glass in chamber K4, which was fixed to a heavily fractured pillar in the upper part of the chamber. In the pillar surroundings, there are wider cracks in the roof, with tree roots locally reaching into the open space. The above-mentioned damage was identified in the autumn of 2011, in the period following after a more intense seismic swarm coming from the Kraslice region. Manifestations of this swarm and even other seismic loads acting on the mine working are described in a paper by Kaláb (2011). Seismologic measurements started during the reconstruction of the sough so that the magnitude of seismic loading could be objectively assessed during the incriminated period. The triggered record of seismologic data currently contains natural earthquakes from the Kraslice region (the closest source area, about 35 km), intense earthquakes from Europe or even worldwide, manifestations of blasting operations from open-pit mines in the surroundings, vibration manifestations of heavy load transport running along the road above the mine and vibrations induced by human activities in the mine. The quality of the records is very high owing to the fact that the seismometers are installed on a pillar inside the mine working.

## GEOMECHANICAL MONITORING

The study of interrelations between deformational changes and deformational manifestations in underground workings and on the surface of the massif (the II/210 road) is the main objective of the geomechanical monitoring. Quarterly readings are carried out on fixed measurement points forming:

- 16 transverse convergence profiles in linear workings, which are measured by means of a mechanical convergence post,
- 5 convergence profiles on spatial workings, which are surveyed by a laser distance meter,

silnici nad dolem a vibrace vyvolané lidskou činností v dole. Záznamy jsou velmi kvalitní, protože seizmometry jsou umístěny na pilíři v důlním díle.

## GEOMECHANICKÝ MONITORING

Studium vzájemných souvislostí deformačních změn a deformačních projevů v podzemních dílech a na povrchu masivu (silniční komunikace II/210) je hlavním cílem geomechanického monitoringu. Kvartální odečty jsou realizovány na pevně instalovaných měřicích bodech, které představují:

- 16 příčných konvergenčních profilů v liniových dílech, proměřovaných mechanickou konvergenční stojkou,
- 5 konvergenčních profilů v prostorových dílech, proměřovaných laserovým dálkoměrem,
- měřické body nivelačního tahu na silnici II/210, sledované důlně měřickou službou.

Závěry z geomechanického monitoringu jsou stejné jako u monitoringu geologického: na žádném ze sledovaných profilů nebyla získána informace o deformačních projevech. Měřené hodnoty kolísají kolem své střední hodnoty bez výchylek. Změny nebyly pozorovány ani při významnějších projevech v podzemí, jako byla rekonstrukce dědičné štoly nebo seizmické roje z Kraslicka v roce 2008, 2010 a 2011.

## HYDROGEOLOGICKÝ MONITORING

Hydrogeologické poměry Dolu Jeroným a následné změny přirozených hydraulických poměrů lokality jsou činitelem, který významně ovlivňuje geomechanické poměry masivu. Cílem sledování je registrace změn výškové úrovně hladiny podzemních vod v zatopených prostorách pod úrovní štolového patra (volný odtok důlních vod přes štolu Jeroným) a v bezodtokových depresích, resp. hloubeních s malým odtokem, nad úrovní štolového patra. Odečítací zařízení pro kontrolní sledování jsou umístěna na čtyřech měřických profilech.

## VIZUÁLNÍ MONITORING – ČASOSBĚRNÉ SNÍMKOVÁNÍ

V komplexu děl Dolu Jeroným se nachází několik míst, která jsou předmětem časosběrného snímkování. Jedná se o místa, která mohou v čase měnit svůj plošný či prostorový rozsah. Cílem metody je sběr časových dat (vizuální pozorování, ale především fotodokumentace) na místech se sníženou stabilitou, zejména v komorách K1, K2 a K4. Pravidelně jsou identifikovány změny na počvě sledovaných míst (většinou způsobené chůzí osob), pro nalezení změn na stěnách či stropě probíhá tento monitoring krátkou dobu (od roku 2009).

## DISTRIBUOVANÝ MĚŘICÍ SYSTÉM

Všechna výše zmíněná pozorování jsou prováděna kvartálně. To je postačující pro ta měření, která vykazují stabilní hodnoty, nebo pokud nepotřebujeme znát či hodnotit dynamiku naměřené změny. První diskuse tohoto typu vznikla při zachycení snížení hladiny důlních vod pod úroveň štolového patra v roce 2004. Tehdy snížení dosáhlo cca 3,5 m pod odtokovou úroveň – kvartální měření neumožňuje ani potvrdit, že bylo zachyceno maximální snížení, ani neumožnilo dokladovat, jak rychle proces úbytku a posléze naplnění proběhl. Proto je od roku 2006 postupně budován stavebnicově uspořádaný distribuovaný měřicí systém. Sběr dat odečítaných každou hodinu (perioda je nastavitelná) probíhá do počítače, který je součástí seizmologické aparatury. Datum, čas a naměřené hodnoty jsou zapisovány do textových souborů, které se telemetricky (GSM síť) přenášejí ke zpracování do zpracovatelského centra na Ústavu geoniky AVČR, v. v. i., spolu se seizmickými záznamy. V současné době obsahuje distribuovaný měřicí systém tyto

- survey points forming a levelling line along the II/210 road, which is observed by the mine survey service.

The geomechanical monitoring conclusions are identical with the results of the geological monitoring: information about deformational manifestations was found on none of the profiles being monitored. The measured values fluctuated about their mean value without substantial deviations. No changes were observed even during more significant manifestations in the underground, such as the reconstruction of the sough or seismic swarms from the Kraslice region in 2008, 2010 and 2011.

## HYDROGEOLOGICAL MONITORING

Hydrogeological conditions in the Jeroným Mine and subsequent changes in hydraulic conditions in the locality are a factor significantly affecting the geomechanical conditions of the massif. The monitoring objective is to register changes in the level of ground water in inundated spaces under the adit level (gravity drainage via the Jeroným gallery) and in drainless depressions or poorly drained excavations above the adit level. Check monitoring reading appliances are installed in four measurement profiles.

## VISUAL MONITORING – SEQUENTIAL RECORDING

There are several locations in the complex of the Jeroným Mine complex which are the subject of sequential recording. These locations may change the extent of their areas or spaces with time. The objective of this method is to collect time data (visual observations, but, first of all, photodocumentation) in lower stability locations, first of all chambers K1, K2 and K4. Changes are regularly identified on the bottom of the locations being monitored (mostly caused by walking persons); the monitoring has been carried out for the time which is too short for finding changes on walls or roofs (since 2009).

## DISTRIBUTED MEASUREMENT SYSTEM

All of the above-mentioned measurements are conducted quarterly. It is sufficient for those of them which exhibit stable values or where we do not need to know or assess the dynamics of a change found by the measurement. The first discussion of this type originated in 2004 when the level of mine water dropping under the adit level was registered. At that time the lowering reached about 3.5 m under the drainage level. The quarterly measurement system allows neither confirming that the maximum lowering level has been reached nor documenting the rate at which the decrease and the subsequent refilling took place. For that reason, a modular, distributed measurement system has been gradually developed since 2006. The data is read every hour (the period is adjustable) and is logged in a computer, which is part of the seismological apparatus. The date, time and measured values are recorded in text files, which are telemetrically transmitted (the GSM network) to the processing centre at the Institute of Geonics AS CR, v.v.i., together with seismic records. At the moment the distributed measurement system contains the following elements: continual measuring of changes in the mine water level (3 measurement points), continual measurement of opening (closing) of cracks in the rock mass (induction sensors and vibrating wire sensors – 9 points), measurement of vertical convergence (a mechanical sensor and a laser-based sensor – 2 points), measurement of temperature of mine atmosphere (6 points), measurement of temperature of mine water (2 points), measurement of physical parameters of water (pH and apparent specific resistance - 2 points), measurement of changes in the tensor of stress in the rock mass (2 points) and triggered measurement of seismic

součásti: kontinuální měření změny úrovně hladiny důlních vod (3 měřená místa), kontinuální měření rozevírání (svírání) puklin v horninovém masivu (indukční a strunová čidla – 9 míst), měření svislého směru konvergence (mechanické a laserové čidlo – 2 místa), měření teploty důlní atmosféry (6 míst), měření teploty důlní vody (2 místa), měření fyzikálních parametrů vody (pH a zdánlivý měrný odpor – 2 místa), měření změn tenzoru napjatosti horninového masivu (2 místa) a spouštěné měření seizmického zatížení důlního díla (třínožková registrace). Jednotlivá čidla, kabeláž a elektronické vybavení jsou ve vodotěsném provedení.

Koncepce, postup vývoje, realizace a současný stav distribuovaného měřicího systému byly představeny v řadě odborných článků, naposledy v monotematické čísle časopisu International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment – EGRSE (CD-ROM ISSN 1803-1447), který je vydáván ČAAG – Českou asociací geofyziků, o. s. V časopise EGRSE 1/2011 jsou publikovány výsledky rešerše z historicko-montánního hlediska, geomechanického a seizmologického monitoringu a též povrchového geofyzikálního a morfologického průzkumu (stav k polovině roku 2011).

## SPECIFIKACE HLAVNÍCH CÍLŮ NUMERICKÉ ANALÝZY NA LOKALITĚ DOLU JERONÝM

Součástí posouzení napěťo-deformační a stabilitní situace Dolu Jeroným a provedení rizikové analýzy, včetně stanovení odpovídajících varovných stavů, je rovněž matematické modelování. Získané výsledky matematického modelování jsou využívány nejen k vyhodnocení stabilitní situace současného stavu zájmové lokality, ale mají velký význam i z hlediska prognózování vývoje stabilitního stavu v souvislosti s předpokládanými stavebními úpravami, změnou tvaru důlních prostor a kolísáním hladiny podzemní vody v určitých částech dolu. Značným přínosem aplikace metod matematického modelování je rovněž možnost realizace parametrických výpočtů s variantními hodnotami parametrů horninového prostředí. Výsledky matematických modelů mohou být rovněž využity pro optimalizaci geotechnického monitoringu s cílem postihnout monitorovacími měřeními nejvíce problematická místa a dosáhnout tak co nejvyšší vypovídací schopnost výsledků monitoringu. Cílem matematického modelování je tedy kvantitativní i kvalitativní vyhodnocení stavu napětí a deformací v zájmové oblasti, stanovení dosahu vlivu plánovaných stavebních úprav a lokalizace potenciálně nestabilních oblastí.

## CHARAKTERISTIKA DÍLČÍCH MODELOVANÝCH ČÁSTÍ DŮLNÍHO KOMPLEXU

Tvorba matematického modelu Dolu Jeroným je komplikována rozsáhlostí a geometrickou variabilitou celé oblasti, neúplnými informacemi o velikosti, tvaru a prostorové lokalizaci jednotlivých částí komplexu (komory, kaverny apod.), specifickou geologickou stavbou a hydrogeologickou situací dané oblasti, specifickými vlastnostmi žulového horninového masivu s nedostatečně známým stupněm zvětrávání a rovněž pozůstatky dřívější těžby bez potřebné dokumentace. Všechny tyto základní zmíněné faktory se ve větší či menší míře projevují v určité omezené vypovídací schopnosti výsledků modelování.

Vzhledem ke značné rozsáhlosti a horizontální i vertikální variabilitě celé oblasti historického dolu není možno realizovat komplexní celkový model, ale jsou postupně modelově analyzovány pouze dílčí vybrané části. Volba těchto dílčích částí celého komplexu je provedena jednak s ohledem na předpokládaný vliv stability vybraných částí na stabilitu celé zájmové oblasti a jednak s ohledem na plán předpokládaných

loads acting on the mine working (tripodal registration). Individual sensors, cabling and electronic equipment are in waterproof design.

The concept, development process, implementation and current state of the distributed measurement system were introduced in many technical papers, the last of which was in a monothematic issue of International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment - EGRSE (CD-ROM ISSN 1803-1447), which is published by the Czech Association of Applied Geophysicists (CAAG). Results of an information search dealing with the geomechanical and seismological monitoring and the surface geophysical and morphological survey from the historical-montan point of view were published in EGRSE journal issue No. 1/2011 (the state as of the mid 2011).

## SPECIFICATION OF MAIN OBJECTIVES OF THE NUMERICAL ANALYSIS FOR THE JERONÝM MINE LOCALITY

Part of the assessment of the stress-strain and stability situation of the Jeroným Mine and the risk analysis, including the determination of corresponding warning states is also mathematical modelling. Results obtained by the mathematical modelling are used not only for assessing of the stability situation of the current state of the locality in question, but they are very important even in terms of predicting the stability condition within the context of the expected construction work, changes in the shape of mine spaces and the fluctuation of the water table in certain parts of the mine. The significant benefit of the application of mathematical modelling methods is also the possibility of carrying out parametric calculations with variant values of the rock environment parameters. Results of the mathematical modelling can also be used for the optimisation of geotechnical monitoring, with the aim of identifying the most problematic places by the monitoring measurements, thus to achieve as high as possible information value of the monitoring results. The objective of the mathematical modelling is therefore quantitative and qualitative assessing of the state of stress and strain in the area of operations, determining the reach of the influence of planned construction works and locating potentially instable areas.

## CHARACTERISTICS OF PARTS OF THE MINE COMPLEX BEING MODELLED

The development of the mathematical model for the Jeroným Mine is complicated by the large extent and geometrical variability of the entire area, incomplete information about the extent, shape and spatial locations of individual parts of the complex (chambers, caverns etc.), the specific geological structure and the hydrogeological situation of the particular area, specific properties of the granite rock mass with the insufficiently known degree of weathering and, in addition, relics of the former mining work without necessary documentation. All of the above-mentioned basic factors manifest themselves to a greater or smaller extent in the form of a limited value of information provided by the modelling results.

With respect to the large extent and horizontal and vertical variability of the entire region of the historical mine, it is not possible to develop a comprehensive model. Instead, only selected partial sections are step-by-step analysed by the modelling. The selection of these parts of the entire complex is carried out with respect to the anticipated influence of the stability of the selected parts on the stability of the entire area of operations and taking into consideration the plan of assumed

stavebních a rekonstrukčních prací, které souvisejí s úvahami o zpřístupnění této historické památky veřejnosti. Dosud byly realizovány modelové výpočty pro dvě největší komory celého podzemního systému (komory označené K1 a K2) a dále byla provedena modelová analýza vlivu ražby plánované spojovací štoly mezi opuštěnými a starými důlními díly. Obě modelované komory mají značně komplikovanou prostorovou geometrii a ústí do nich na různých hloubkových úrovních další chodby. Nejdelší rozměr komor je cca 30 m, maximální šířka cca 15 m, výška komor kolísá v rozmezí cca 2–10 m, výška masivu v nadloží komor se pohybuje v rozmezí asi 27–51 m.

Komora K1 se nachází v nejsvrchnější části důlního komplexu ODD v blízkosti plánované propojovací štoly. Této komoře je věnována pozornost i z toho důvodu, že se v prostoru této komory nachází suťový kužel, který bude nutno v dalších fázích přípravy důlního komplexu na zpřístupnění veřejnosti odtěžit, což se projeví ve změně napěťového a deformačního stavu v této části důlního komplexu. V souvislosti s modelováním odtěžování suťového kužele v komoře K1 je třeba uvést dvě skutečnosti – v současné době není známa poloha horninového dna suťového kužele a nejsou spolehlivě známy ani vlastnosti sutě tvořící kužel. Druhá modelovaná komora K2 je jedním z možných míst vyústění plánované propojovací štoly mezi částmi Stará a Opuštěná důlní díla. Numericky modelována byla rovněž ražba plánované propojovací štoly mezi dvěma částmi důlního komplexu (ODD a SDD). Jedná se o spojovací štolu lichoběžníkového příčného průřezu s plochou světlého průřezu 3,12 $m^2$, maximální výška štoly je 2,2 m, délka štoly 90 m. Štola je ukloněná s převýšením 11,9 m, výška nadloží cca 42 m. Předpokládá se, že štola bude vyztužena obloukovou poddajnou výztuží z tvarových tyčí profilu K24 s ocelovými pažnicemi UNION, počva bude stabilizovaná příčným ocelovým prahem. Provedený průzkum odhalil v trase budoucí štoly několik kaveren. Výška těchto kaveren nad stropem budoucí štoly je cca 18 m, kaverny jsou lokalizovány nad cca polovinou délky trasy štoly, přibližně v její středové části. Mimo zastiženou závalovou oblast bude štola ražena v žulovém masivu, mocnost žulového tělesa nad stropem štoly je cca 18 m, nad tímto tělesem se nachází rula o mocnosti cca 18 m, přípovrchová vrstva o mocnosti cca 4 m je tvořena eluviem. Geometrie a dosah kaveren v oblasti boků štoly, popř. pod její počvou, nejsou dosud známy, spolehlivě není specifikována ani výplň těchto kaveren. V části kaveren se pouze předpokládá výplň z jílovito-písčitých sedimentů, které mohou být zvodnělé, v případě zbývajících kaveren nejsou dosud známy žádné informace o materiálu jejich výplně, ani o rozsahu vyplnění těchto kaveren.

Jak již bylo uvedeno, historická dokumentace lokality byla v předchozích obdobích zničena, nově zmapovány byly pouze v současnosti přístupné části. Pro zaměření vnitřního povrchu komor byl využit prostorový laserový skener. Tato prostorová dokumentace však není zcela kompletní, zcela chybí nepřístupné části (zavalené části, zatopené části), v některých oblastech jsou výsledky skenování neúplné a pro tvorbu prostorového matematického modelu tedy velmi obtížně využitelné. Model vyžaduje mnohdy přijetí určitého zjednodušení celé geometrie a rovněž určitou míru improvizace. Tato skutečnost vedla k tomu, že byly dosud modelovány obě zmiňované komory pouze v reprezentativních příčných a podélných rovinných řezech. Plánovaná spojovací štola byla v první fázi modelována také rovněž pouze v příčném řezu, v další fázi byl sestaven zjednodušený prostorový model.

construction and reconstruction works associated with the ideas of providing access to this historical monument for the public. Till now, model calculations have been completed for two largest chambers in the entire underground system (chambers denoted as K1 and K2) and a model analysis of the influence of the excavation of the planned connecting adit between abandoned old mine workings. The spatial geometry of the two chambers subjected to the modelling is very complicated. In addition, other adits are connected to them at various depth levels. The greatest length of the chambers is about 30 m, the maximum width is about 15 m, the height of the chambers varies from about 2 – 10 m, the height of the massif in the overburden of the chambers ranges from 27 to 51 m.

Chamber K1 is located in the uppermost part of the AMW complex, near the planned connecting adit. This chamber is paid attention even because of the fact that a cone of debris which is found in the chamber will have to be removed during the subsequent phases of the mine complex preparation for opening to the public. This activity will result in changing the stress and strain state in this part of the mine complex. It is necessary to mention two facts in the context of the modelling of the removal of the cone of debris in chamber K1: The position of the rock bottom under the cone of debris is currently unknown nor are the properties of the debris forming the cone reliably known. The other chamber being modelled, chamber K2, is one of possible places where the planned connecting adit between the OMW and AMW can end. The adit planned to connect the two parts of the mine complex (the AMW and OMW) was also numerically modelled. The cross-section of this connecting adit is trapezoidal with the net area of 3.12 $m^2$, maximum height of 2.2 m and the length of 90 m. The adit is inclined with the difference between levels reaching 11.9 m; the overburden is about 42 m high. It is expected that the adit excavation will be supported by yielding steel arches (K24 section bars) with UNION steel lagging. The bottom will be stabilised by a lateral steel sill. The completed survey discovered several caverns along the route of the future adit. The height of the caverns above the roof of the future adit is about 18 m. The caverns are located above approximately a half of the adit route length, approximately in the middle part. With the exception of the collapse area encountered, the adit will be driven through granite rock mass. The thickness of the granite body above the adit roof is about 18 m. There is an about 18 m high body of gneiss above the granite. The about 4 m thick surface layer consists of eluvium. The geometry and reach of the caverns in the area of the sides of the adit or under its bottom are still unknown. Nor is the fill of the caverns reliably specified. Silty-sandy filling, possibly water-bearing, is only assumed to be in a part of the caverns. As for the remaining caverns, no information about the filling material or the degree of the filling of the caverns is still available.

As mentioned above, historical documentation of the locality had been damaged in the past. Only the parts which are currently accessible have been newly mapped. A 3D laser scanner was used for the survey of the inner surface of the chambers. However, this 3D documentation is not fully complete. The scanning of inaccessible parts (collapsed parts, inundated parts) is missing; in some areas scanning results are incomplete, therefore very hard to use for the development of a 3D mathematical model. The model often requires a certain simplification of the entire geometry and a certain degree of improvisation. This fact led to the situation where the two chambers were modelled only for representative planar cross sections and longitudinal sections. In the first modelling phase the planned connecting adit was modelled only for a cross-section and a simplified 3D model was developed in the next phase.

*Tab. 1 Materiálové charakteristiky horninového masivu pro matematické modelování*
*Table 1 Material characteristics of the rock mass used for the mathematical modelling*

| Hornina<br>Rock | Objemová tíha (kN/m³)<br>Volume weight (kN/m³) | Modul pružnosti (MPa)<br>Elastic modulus (MPa) | Poissonovo číslo (-)<br>Poisson's ratio (-) | Soudržnost (kPa)<br>Cohesion (kPa) | Úhel vnitřního tření (°)<br>Angle of internal friction ( °) |
|---|---|---|---|---|---|
| Žula / Granite | 25,8 | 13 000 | 0,39 | 9200 | 49 |
| Rula / Gneiss | 25,8 | 10 400 | 0,39 | 7360 | 39 |

## CHARAKTERISTIKA NUMERICKÝCH MODELŮ, JEJICH PŘEDPOKLADY A VSTUPNÍ CHARAKTERISTIKY

Modelová analýza byla provedena s využitím programového systému Plaxis 2D a prostorového výpočetního softwaru Midas GTS. Oba zmíněné softwarové systémy jsou založeny na numerické metodě konečných prvků, tedy metodě předpokládající kontinuální přetváření materiálu. Tato metoda neumožňuje zohlednit diskontinuitní charakter horninového masivu, v němž je Důl Jeroným situován. Horninový masiv je však charakteristický výraznou tektonikou s množstvím trhlin a puklin, které mohou mít různý charakter povrchu, různou výplň a mohou rovněž tvořit průsakové cesty pro podzemní vodu. Kromě základních vstupních charakteristik kontinuálních modelů ovlivňují tedy výsledky modelování i charakteristiky lokalizovaných diskontinuit (geometrické i materiálové). Zohlednění zmíněného diskontinuitního charakteru horninového prostředí v matematickém modelu by vyžadovalo aplikaci diskontinuitních metod modelování, založených na metodě oddělených prvků, a rovněž dostatečně spolehlivou znalost materiálových charakteristik diskontinuit (zejména znalost normálové a smykové tuhosti diskontinuit a pevnostních charakteristik výplně diskontinuit). Vzhledem k tomu, že tyto charakteristiky diskontinuit nejsou v této fázi výzkumu známy, je k modelování využita metoda kontinuální. Materiálové charakteristiky žulového masivu prostředí byly získány laboratorními zkouškami. Materiálové charakteristiky ruly nebyly laboratorně stanoveny, také není znám v této fázi výzkumu ani dosah, ani stupeň degradace rulového masivu. Pro potřeby modelu byly tedy uvažovány hodnoty modulu pružnosti a pevnostní parametry ruly o 20 % nižší ve srovnání s žulou. Použité materiálové charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1.

V případě modelových výpočtů stability plánované spojovací štoly je nedostatečně identifikovaný závalový materiál v kavernách, zastižených v trase štoly. V modelu je uvažován ve třech variantách: varianta s výplní z písčitého jílu měkké konzistence, varianta s výplní z písčitého jílu tuhé konzistence a varianta s výplní z hlinitého štěrku. Vstupní materiálové charakteristiky těchto výplňových zemin odpovídají v modelu směrným normovým charakteristikám dle ČSN 73 1001.

## VÝSLEDKY MODELOVÉ ANALÝZY KOMORY K1

S využitím výsledků geodetického zaměření pomocí prostorového skeneru a odpovídajících interpretačních softwarů bylo celkem vyhotoveno 16 příčných a 12 podélných řezů komorou (Hrubešová, et al., 2010). Modelovány byly v této etapě řešení jen dva nejdelší souvislé řezy získané skenováním. V obou analyzovaných řezech dosáhly celkové posuny ve stropní části komory hodnot maximálně 2,4 mm (obr. 9), což koresponduje s výsledky získanými stávajícím geotechnickým monitoringem. Výsledky modelování komory K1 dokumentují stabilitu současného stavu – stupeň čerpání pevnosti nepřesahuje hodnotu 0,46 a tyto maximální hodnoty jsou lokálně koncentrovány do oblastí ostrých výstupků.

## CHARACTERISTICS OF NUMERICAL MODELS, THEIR ASSUMPTIONS AND INPUT CHARACTERISTICS

The model analysis was carried out using the Plaxis 2D software and the Midas GTS 3D calculation software. Both above-mentioned software systems are based on the finite element numerical method, which is a method assuming continual deformation of material. This method does not allow taking into consideration the discontinuous character of the rock mass in which the Jeroným Mine is located. But the rock mass is characterised by significant tectonics with lots of cracks and fissures which may have various character of the surface, various filling and even may form seepage paths for ground water. Apart from basic input characteristics of continual models, the results of the modelling are affected by characteristics of localised discontinuities (both geometrical and material ones). Making provisions for the above-mentioned discontinuity character of the rock environment in the mathematical model would require the application of discontinuity modelling methods based on the Distinct Element Method, and also sufficiently reliable knowledge of material characteristics of the discontinuities (first of all the knowledge of the normal stiffness and shear stiffness of the discontinuities and strength-related characteristics of the discontinuity filling). Because of the fact that these characteristics of discontinuities are not known in this phase of the research, the continual method is used for the modelling. Material characteristics of the granite massif environment were obtained through laboratory testing. Material characteristics of gneiss were not determined by laboratory methods nor is the extent and degree of the deterioration of the gneiss mass known in this phase of the research. For that reason the values of the elastic modulus and strength-related characteristics of gneiss lower by 20 % compared with granite were assumed for the needs of the model. The material characteristics applied are presented in the table below.

As far as the model calculations of the stability of the planned connecting adit is concerned, the material forming the debris in the caverns along the adit route is identified insufficiently. Three variants of this material are considered in the model: a soft consistency sandy clay fill variant, a stiff consistency sandy clay fill variant and a silty gravel fill variant. The input material characteristics of these filling soils correspond in the model to guide standard values specified in the ČSN 73 1001.

.

## RESULTS OF THE MODEL ANALYSIS OF CHAMBER K1

The results of the survey carried out by means of the 3D scanner and corresponding interpretation software systems were used for developing 16 cross-sections and 12 longitudinal sections through the chamber (Hrubešová et al. 2010). At this stage of the solution, only two, the longest, continuous sections obtained by the scanning were modelled. In both analysed sections the maximum values of aggregate displacements in the chamber crown reached 2.4 mm (see Fig. 9). They correspond

## VÝSLEDKY MODELOVÉ ANALÝZY KOMORY K2

V případě komory K2 bylo analyzováno celkem 6 příčných řezů A-F. Maximální celkové posuny jsou lokalizovány do oblasti stropu komory a vykazují v závislosti na analyzovaném řezu hodnoty řádově 0,3–1,7 mm (obr. 10). Napětí jsou koncentrována především do přechodových oblastí mezi dnem komory a bočními stěnami a do oblastí ostrých výstupků. Stupeň stability ukazuje ve všech analyzovaných řezech dostatečně vysoké hodnoty cca 2,4, což dokumentuje v těchto příčných řezech dostatečnou stabilitu současného stavu komory K2.

## VÝSLEDKY MODELOVÉ ANALÝZY SPOJOVACÍ ŠTOLY

V první fázi modelování ražby propojovací štoly byl sestaven rovinný numerický model v jednom příčném řezu štolou. Modelové výpočty byly provedeny pro různé varianty výplňového materiálu v závalových prostorách a pro variantní odstup vyztužení díla od jeho vyražení. Modelové výsledky, podle předpokladu, dokumentují kvalitativně i kvantitativně odlišný charakter chování horninového prostředí v závislosti na výše uvedených variantních faktorech. Významnou roli má mimo jiné i lokalizace závalových prostor v trase štoly (nesymetrické uložení kaveren vzhledem k plánované trase štoly, existence závalových prostor na bocích štoly apod.), avšak tyto dosud neznámé geometrické aspekty nebyly v modelech variantně posuzovány. V modelu byly kaverny umístěny nad stropem symetricky vzhledem k trase štoly. Rozdíly v jednotlivých variantních výpočtech se projevují z hlediska čerpání pevnosti horninového prostředí, z hlediska celkových posunů nad stropem štoly i z hlediska vnitřních sil ve výztuži štoly. V žádné z posuzovaných modelových variant nedošlo ke ztrátě stability. Za předpokladu štěrkové výplně dosahují maximální celkové posuny stropu štoly max. 4–6 mm v závislosti na prodlevě mezi vyražením díla a jeho vyztužením, v případě jílovité výplně jsou hodnoty maximálních celkových posunů nad stropem štoly řádově vyšší a z hlediska 2. mezního stavu se jedná již o hodnoty nepřípustné (graf na obr. 11). Z hlediska praktické aplikace model poukázal, mimo jiné, na nutnost co nejrychlejšího vyztužení štoly po jejím vyražení, přičemž tento faktor se ukázal být zcela zásadní v případě výplňového materiálu z jílovitých zemin měkké konzistence.

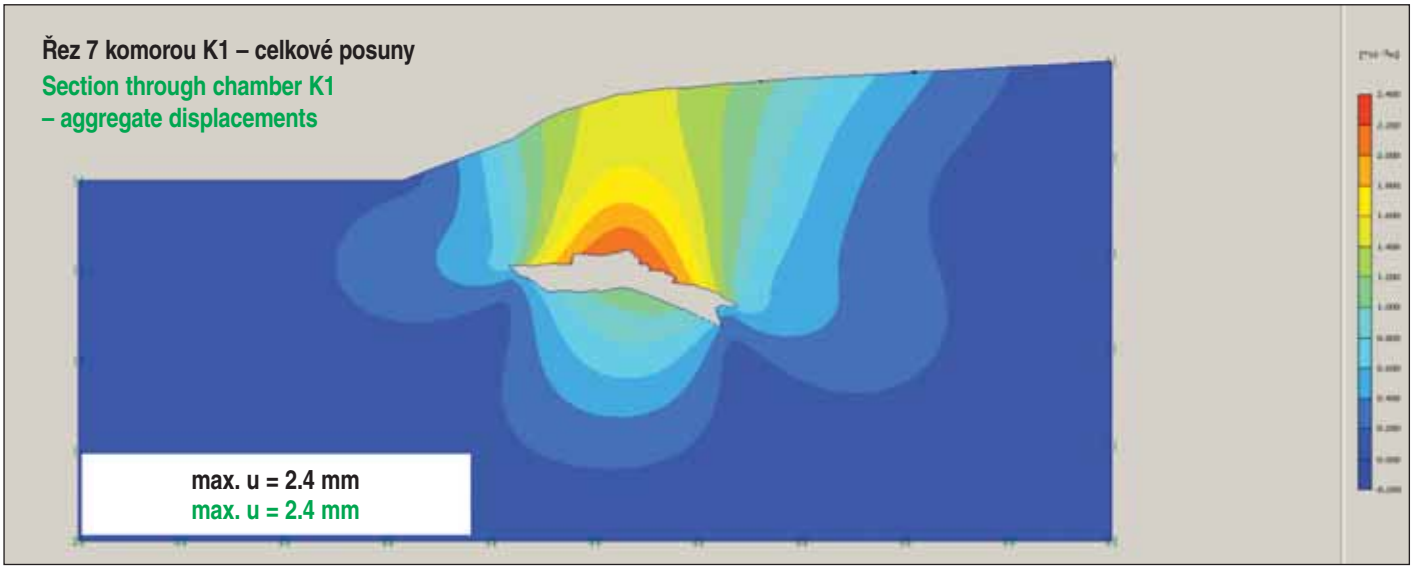
to the results obtained by the current geotechnical monitoring. Results of modelling of chamber K1 document that the current state is stable – the degree of the exhaustion of the strength limit does not exceed 0.46 and these maximum values are locally concentrated in areas around sharp protrusions.

## RESULTS OF THE MODEL ANALYSIS OF CHAMBER K2

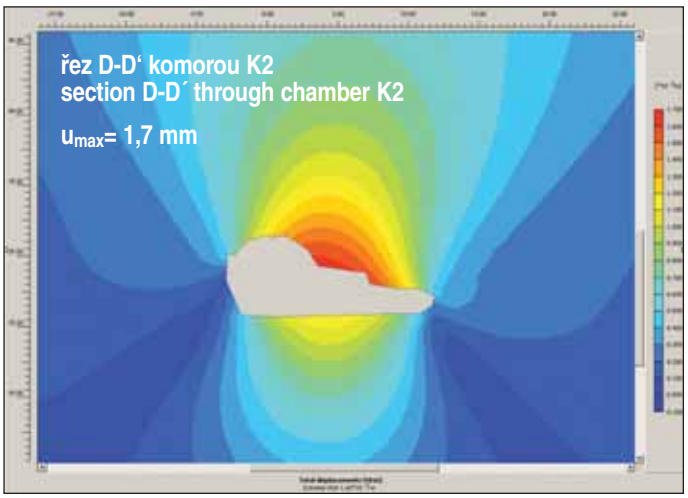
As far as chamber K2 is concerned, the total of 6 cross-sections A-F were analysed. The maximum aggregate displacements are localised in the area of the chamber crown. Depending on the analysed section, they reach values in the order of 0.3 – 1.7 mm (see Fig. 10). Stresses are concentrated first of all in transition areas between the chamber bottom and side walls and in areas around sharp protrusions. The values of the degree of stability are sufficiently high in all analysed sections, approximately reaching 2.4. They document that the stability of the current state of chamber K2 is sufficient in these cross sections.

## RESULTS OF THE MODEL ANALYSIS OF THE CONNECTING ADIT

In the first phase of the modelling of the connecting adit excavation, a plane numerical model was developed for one cross-section through the adit. Model calculations were conducted for various variants of the material filling the collapse spaces and for a variant delay of the installation of excavation support after the excavation. As expected, the model results document the qualitatively and quantitatively different character of the rock environment behaviour, depending on the above-mentioned variant factors. An important role is played, among others, even by the localisation of the collapsed spaces along the adit route (nonsymmetric positions of caverns with respect to the planned adit route, the existence of collapse spaces along the sides of the adit etc). Nevertheless, these till now unknown geometrical aspects were not taken into consideration in model variants. In the model, the caverns were placed over the roof, symmetrically with respect to the adit route. Differences in individual calculation variants show up in the area of the exhausting of strength limits of rock environment, the area of aggregate displacements above the adit roof and in the area of inner forces in the adit support elements. The stability loss was not experienced in any of the model variants being assessed. Under the assumption of the gravel filling, the maximum




*Obr. 9 Celkové posuny v řezu 7 v komoře K1 – matematický model (červená barva odpovídá rozmezí 0.0022 – 0.0024 m, tmavě modrá barva rozmezí 0 – 0.0002 m)*
*Fig. 9 Aggregate displacements in cross-section 7 through chamber K1 – the mathematical model (red colour is for the range 0.0022 – 0.0024 m, dark blue colour is for range 0 – 0.0002 m)*




*Obr. 10 Celkové posuny v řezu D-D' v komoře K2 – matematický model (červená barva odpovídá rozmezí 0.0016–0.0017 m, tmavě modrá barva rozmezí 0–0.0001 m)*
*Fig. 10 Aggregate displacements in cross-section D-D' through chamber K2 – the mathematical model (red colour is for the range 0.0016–0.0017 m, dark blue colour is for range 0–0.0001 m)*

## ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MODELOVÁNÍ

Vzhledem k dříve uvedeným předpokladům a omezením modelu, které bylo nutno přijmout vzhledem ke komplexnosti celé modelované lokality i vzhledem k nespolehlivým, neúplným a mnohdy neexistujícím informacím o geometrii a materiálových charakteristikách, je třeba výsledky modelování vyhodnocovat a vyvozovat z nich závěry, které v této fázi modelování nemají zcela obecný charakter. V dalších fázích výzkumu této podzemní lokality bude nutno numerické modely doplňovat, rozvíjet a zdokonalovat, provádět ověřovací parametrické výpočty a především srovnávat výsledky modelování s výsledky geotechnického monitoringu. Matematické modelování a metody geotechnického monitoringu tvoří jeden navzájem provázaný celek, výsledky matematického modelování mohou přispět k optimalizaci geotechnického monitoringu, výsledky geotechnického monitoringu pak umožní provádět inverzní analýzu, a to jak vzhledem k materiálovým, tak i ke geometrickým charakteristikám modelu.

## ZÁVĚR

Příspěvek popisuje vybrané informace z historicko-montánního průzkumu Dolu Jeroným v Čisté. Rozsah a úplnost zachování těchto podzemních středověkých prostor řadí toto dílo k nejvýznamnějším památkám na hornickou dovednost 16. a dalších století. Pro možnost budoucího zpřístupnění této památky veřejnosti je prováděna úprava vybraných částí dolu a též kontrolní geomechanické sledování Dolu Jeroným. Úkolem monitoringu, který je realizován v kvartálních intervalech a též pomocí distribuovaného měřicího systému, je posuzování stability souboru podzemních děl, protože podzemní prostory jsou a také v budoucnosti budou vystaveny přírodním a antropogenním impaktům při přípravě zpřístupnění této technické památky veřejnosti.

Souhrnně lze konstatovat, že nebyly zatím zaregistrovány žádné významné změny v rozvoji tektonických trhlin a puklin. Rovněž na měřických profilech geomechanického monitoringu nebyly zaznamenány jevy, které by signalizovaly varovné stavy pro stabilitu podzemních děl.

Dlouhodobě nejvýznamnějším výsledkem kontrolního sledování pomocí distribuovaného měřicího systému je registrace změn hladiny podzemních vod a posuzování seizmického zatížení podzemních prostor. Jako celek jsou podzemní prostory stabilní, analýzy však ukazují na kritická místa v dole.

Matematické modelování je významnou součástí výzkumů na Dole Jeroným. Tyto výsledky napomáhají objektivnějšímu hodnocení možného vývoje stability modelovaných míst, a to jak bez vlivu antropogenní činnosti, tak při rekonstrukčních

aggregate displacements of the adit roof reach 4 – 6 mm, depending on the delay of the installation of the support after the excavation. In the case of the clayey filling, the maximum values of the aggregate displacements above the adit roof are greater by an order of magnitude and, from the point of view of the 2nd limit state, these values are already inadmissible (see the chart in Fig. 11). As far as the practical application, the model pointed out the necessity for as quick as possible installation of the adit support after the excavation. This factor proved to be absolutely fundamental in the case of the filling material consisting of soft consistency clayey soils.

## FINAL EVALUATION OF THE MODELLING RESULTS

Taking into consideration the above-mentioned model assumptions and limitations which had to be adopted with respect to the complexness of the entire locality being modelled, and with regard to the unreliable, incomplete and often nonexistent information on the geometry and material characteristics, it is necessary to analyse the modelling results and derive conclusions from them which do not have absolutely general character in this modelling phase. In the following phases of the survey into this underground locality it will be necessary to complement the numerical models, develop and refine them, conduct verification parametric calculations and, first of all, compare the modelling results with the results of geotechnical monitoring. Mathematical modelling and geotechnical monitoring methods form one interconnected unit. Mathematical modelling results can contribute to the optimisation of geotechnical monitoring. Then the geotechnical monitoring results will make conducting of an inverse analysis possible with respect to both the material and geometrical characteristics of the model.

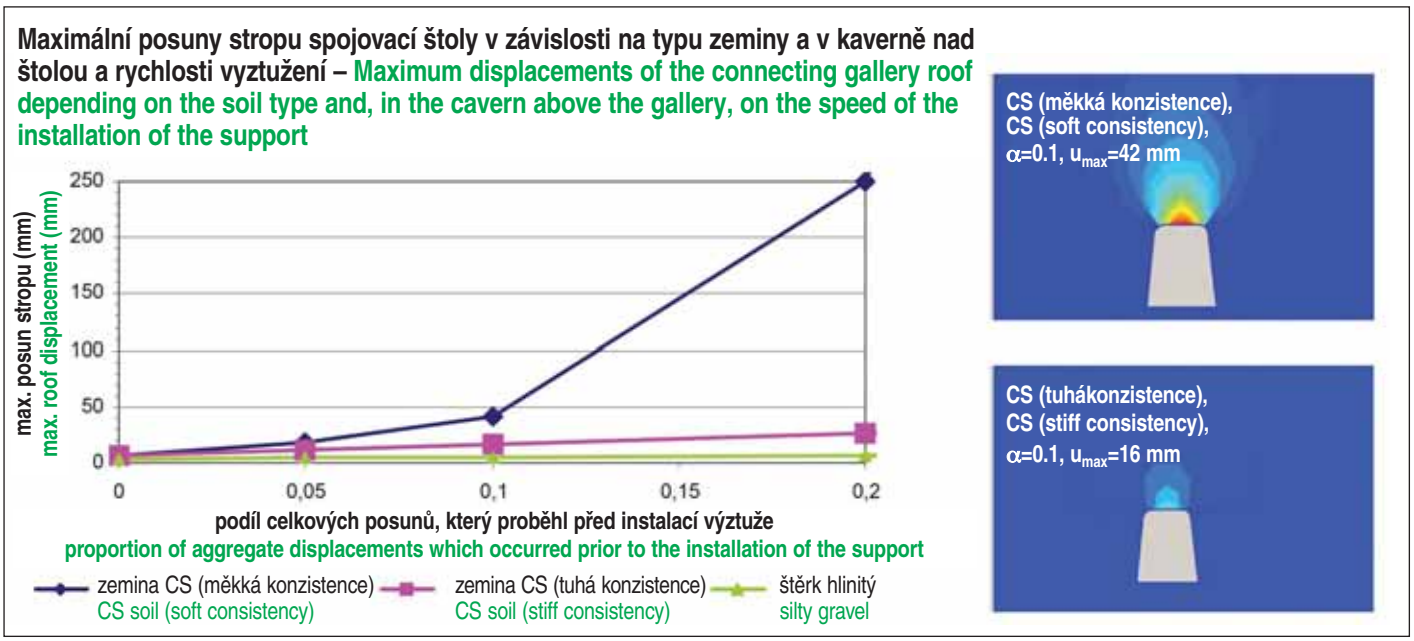
## CONCLUSION

This paper describes pieces of information selected from the historical-montan research into the Jeroným Mine in Čistá. Owing to the extent and completeness of the preservation of these medieval underground spaces, this working ranks with the most important monuments to mining skills of the 16th and following centuries. Selected parts of the mine are under reconstruction and under the checking geotechnical surveillance so that the monument can be opened to the public in the future. The objective of the monitoring, which is carried out at quarterly intervals and by means of a distributed measurement system, is to assess the stability of a complex of underground workings, taking into consideration the fact that the underground spaces are and in the future will be exposed to natural and anthropogenic impacts during the preparation for opening of this technical monument to the public.

In summary it is possible to state that no significant changes in the development of tectonic cracks and fissures were registered. No phenomena signalling states warning for the stability of underground workings were registered in the geomechanical monitoring measurement profiles.

The in the long-term most important result of the checking monitoring by means of the distributed measurement system is the registration of changes in the water table level and assessing of the seismic loads acting on the underground spaces. The underground spaces are stable as a whole, but analyses point out critical places in the mine.

Mathematical modelling is a significant part of surveys conducted in the Jeroným Mine. Its results help in the process of objective assessing of the possible development of the stability of the modelled locations, both without the influence of anthropogenic activities and during the reconstruction work in the mine working. The interconnection of results of mathematical modelling with results of geomechanical monitoring also




*Obr. 11 Modelové varianty vlivu charakteristik závalového výplně nad stropem spojovací štoly*
*Fig. 11 Model variants of the influence of characteristics of the filling of collapsed spaces above the connecting adit roof*

pracích v důlním díle. Propojení výsledků matematického modelování a geomechanického monitoringu taktéž přispívá k optimalizaci měřicích míst pro kontrolní sledování.

*Příspěvek byl zpracován za finanční podpory GAČR, projekt č. 105/09/0089 „Prognóza časoprostorových změn stability důlních prostor technické památky Důl Jeroným v Čisté“.*

***PROF. RNDr. ZDENĚK KALÁB, CSc., zdenek.kalab@ugn.cas.cz, ÚSTAV GEONIKY AV ČR,***
***DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D., eva.hrubesova@vsb.cz,***
***DOC. ING. ROBERT KOŘÍNEK, CSc., robert.korinek@vsb.cz,***
***FAKULTA STAVEBNÍ, VŠB-TU, Ostrava***
***ING. RADOVAN KUKUTSCH, radovan.kukutsch@ugn.cas.cz,***
***ÚSTAV GEONIKY AV ČR,***
***DOC. ING. PETR ŽŮREK, CSc., petr.zurek@vsb.cz,***
***Fakulta hornicko-geologická, VŠB-TU Ostrava***

***Recenzoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška***

contributes to the optimisation of measurement locations for the purpose of the checking monitoring.

*The paper was carried out with the financial support of the Czech Science Foundation, Project No 105/09/0089 „A prognosis of time-space changes in the stability of mine cavities of industrial heritage site, Jeroným Mine at Čistá”.*

***PROF. RNDr. ZDENĚK KALÁB, CSc., zdenek.kalab@ugn.cas.cz, ÚSTAV GEONIKY AV ČR,***
***DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D., eva.hrubesova@vsb.cz,***
***DOC. ING. ROBERT KOŘÍNEK, CSc., robert.korinek@vsb.cz,***
***FAKULTA STAVEBNÍ, VŠB-TU, Ostrava***
***ING. RADOVAN KUKUTSCH, radovan.kukutsch@ugn.cas.cz,***
***ÚSTAV GEONIKY AV ČR***
***DOC. ING. PETR ŽŮREK, CSc., petr.zurek@vsb.cz,***
***Fakulta hornicko-geologická, VŠB-TU Ostrava***

## LITERATURA / REFERENCES

1. Agricola, G. *De re metallica libri XII (Dvanáct knih o hornictví). [online].* 1556. Dostupné z http://knihovna.vsb.cz/knihovna/agricola/uvod.html.
2. Beneš, V. Geofyzikální průzkum nad dolem Jeroným. *EGRSE*. 2011, Vol. XVIII.1, s. 40-49, www.caag.cz.
3. Beran, P., Jangl, L., Majer, J., Suček, P., Otfried, W. *1000 let hornictví cínu ve Slavkovském lese*. Sokolov : Okresní muzeum Sokolov, 1995. 195 pp.
4. Hrubešová, E., Kaláb, Z., Kořínek, R., Žůrek, P. Geotechnical Monitoring and Mathematical Modelling in Medieval Mine Jeroným (Czech Republic). *Górnictwo i Geoinżynieria*, 2007, Vol. 31, Zeszyt 3, s. 183-190.
5. Hrubešová, E., Kaláb, Z., Lednická, M. The Assessment of Stability of Cavities of Medieval Mine Jeroným. In *Proceedings of the XIVth Danube-European conference on Geotechnical Engineering From Research to Design in European Practice*, 2–4 June 2010, Bratislava, Slovak Republic. s. 1-9.
6. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2011, Vol. XVIII.1, www.caag.cz.
7. Kaláb, Z. Vibrační projevy v historickém Dole Jeroným. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 2011*. ročník XI, č. 2/2011, s. 109-116.
8. Kaláb, Z., Knejzlík, J., Kořínek, R., Žůrek, P. Cultural Monument Jeroným Mine, Czech Republic – Contribution to the Geomechanical Stability Assessment. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., 2006,* M-29(395), s. 137-146.
9. Kořínek, R. Důl Jeroným v Čisté – Geografie, geologie a historie. *Tunel*, 3/2011, s. 105-108. ISSN 1211-0728.
10. Žůrek, P., Kořínek, R., Kaláb, Z., Hrubešová, E., Knejzlík, J., Daněk, T., Kukutsch, R., Michalčík, P., Lednická, M., Rambouský, Z. *Historický Důl Jeroným v Čisté*. Monografie, Ostrava: VŠB – Technická univerzita a Ústav geoniky AVČR, v. v. i., 2008, 82 pp. ISBN 978-80-248-1757-6.

# FOTOREPORTÁŽ Z DOKONČOVÁNÍ STAVBY ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ V ÚSEKU VOTICE – BENEŠOV

# PICTURE REPORT ON FINISHING WORK ON THE CONSTRUCTION OF RAIL TUNNELS IN THE VOTICE – BENEŠOV TRACK SECTION

*Obr. 1 Zahradnický tunel, (foto Ing. Šponar Subterra, a. s.)*
*Fig. 1 Zahradnice Tunnel (photo courtesy of Ing. Šponar, Subterra, a. s.)*

*Obr. 3 Portál Tomického tunelu (foto Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*
*Fig. 3 Tomice Tunnel portal (photo courtesy of Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*

*Obr. 5 Výjezdový portál Olbramovického tunelu (foto Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*
*Fig. 5 Olbramovice Tunnel exit portal (photo courtesy of Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*

*Obr. 2 Montážní vlak před portálem Votického tunelu (foto Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*
*Fig. 2 Track laying train in front of the Votice Tunnel portal (photo courtesy of Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*

*Obr. 4 Pokládka kolejových polí železničního svršku (foto Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*
*Fig. 4 Installation of trackwork (photo courtesy of Ing. Mařík IKP Consulting Engineers)*

*Obr. 6 Slavnostní zahájení provozu (foto Vladimír Táborský SŽDC Stavební správa Praha)*
*Fig. 6 Inauguration (photo courtesy of Vladimír Táborský SŽDC Stavební správa Praha)*

# FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY PRODLOUŽENÍ TRASY V.A PRAŽSKÉHO METRA

# PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF THE PRAGUE METRO LINE V.A EXTENSION

*Obr. 1 Z výstavby stanice Motol (foto Ing. Marián Chotár)*
*Fig. 1 From Motol Station construction (photo courtesy of Marián Chotár)*

*Obr. 2 Prorážka štítu Adéla do stanice Veleslavín (foto Ing. Marián Chotár)*
*Fig. 2 Adéla TBM breakthrough into Veleslavín Station (photo courtesy of M. Chotár)*

*Obr. 3 Ražba stanice Červený vrch (foto Ing. Marián Chotár)*
*Fig. 3 Červený Vrch Station excavation (photo courtesy of Marián Chotár)*

*Obr. 4 Střední výrub jednolodní stanice Petřiny (foto Ing. Marián Chotár)*
*Fig. 4 Central excavation sequence for Petřiny one-vault station (photo courtesy of Marián Chotár)*

*Obr. 5 Štít Tonda a zimní nálada v jámě E2 (foto Ing. Luděk Rais)*
*Fig. 5 Tonda TBM and the winter atmosphere in E2 construction pit (photo courtesy of Luděk Rais)*

*Obr. 6 Štít Tonda ve stavební jámě u stanice Veleslavín (foto Ing. Marián Chotár)*
*Fig. 6 Tonda TBM in construction trench at Velestavín Station (photo courtesy of Marián Chotár)*

When the going gets tough...

# ENTER THE DRAGON!

For tunnelling in mixed ground, the **Iseki Unclemole** system provides the best solution:

- Probably the world's best-selling slurry machine
- Almost certainly the world's most versatile slurry machine
- 27 years operational experience in Europe
- 14 years in Czech Republic
- Complete or partial systems supplied for sale or hire
- Complete service for a smoothly-running project

**ISEKI**
**MICROTUNNELLING**

Iseki Microtunnelling
Wellingborough UK
+44(0)1234 781166
www.isekimicro.com
info@isekimicro.com

**Geotechnické programy podle Eurokódu**

geotechnical software suite

# GEO5

## Výpočty tunelů metodou konečných prvků

- modelování 3D charakteru ražby relaxačním faktorem
- načítání ostění z DXF formátu
- možnost zadávat klouby
- uvažování bobtnání zeminy
- uvažování technologického smrštění ostění

**Program Výrub – posouzení porušení budov nad raženými tunely**

Fine spol. s r.o.
Závěrka 12
169 00 Praha 6

tel.: +420 233 324 889
tel./fax.: +420 233 321 754
email: hotline@fine.cz

**www.fine.cz**

FILAMOS s.r.o.

**FILAMOS, s.r.o.**, Hatě 546, 261 01 Příbram III, Česká republika, **Tel.:** +420 318 637 763, **Fax:** +420 318 624 181

Společnost FILAMOS, s.r.o., se sídlem v Příbrami se dlouhodobě zabývá vývojem a výrobou speciálních stavebních a důlních strojů. V oblasti podzemního stavitelství nacházejí uplatnění tato zařízení:

## Injektážní čerpadla - řada CA

**Injektážní čerpadla řady CA** jsou vybavena výkonnou **aktivační míchačkou**, díky které nacházejí uplatnění v těchto oblastech:

- nízkotlaká zpevňující injektáž vrchlíků horní klenby sekundárního ostění
- cementová zálivka tyčových kotev zpevňující čelbu tunelů a kolektorů
- nízkotlaká zpevňující a hydroizolační injektáž směsi na bázi cementu, resp. cementu a krystalizační složky
- aplikace sanační vysprávkové malty metodou omítání a spárování

## Stroje na stříkání betonu - řada SSB

**Stroje SSB jsou určeny k provádění:**

- primárního ostění tunelů a kolektorů
- dočasného zajištění čeleb tunelů a kolektorů
- reprofilace podzemních milánských stěn
- zpevňujících nástřiků portálů tunelů apod.

**e-mail:** filamos@filamos.cz | **http://**www.filamos.cz

# Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef

## Fakulta stavební ČVUT v Praze

nabízí

**rozsáhlé podzemní prostory vhodné pro výzkumné projekty, tréninkové aktivity, rekvalifikační kurzy**

**laboratoře a experimentální halu pro akreditované zkušebnictví**

**moderní zasedací místnosti pro workshopy, školení, marketink**

Kontakt: tel.: +420 224 355 507 | e-mail: jana.hubalovska@fsv.cvut.cz | http://ceg.fsv.cvut.cz

ARCADIS Geotechnika a.s., ČaS výbor ISSMGE ve spolupráci s ČGtS a pod patronací ÚTAM AV ČR pořádají ve dnech **21. a 22. května 2012** v budově Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3

# Pražské Geotechnické dny 2012

Pondělí 21. 5. 2012
Dopoledne: odborný seminář
**Úloha geotechniky při záchraně historických objektů**
Odpoledne: 20. Pražská geotechnická přednáška:
**Geotechnical engineering and the conservation of monuments and historic sites** (Prof. Carlo Viggiani, University Neapol, Itálie)
Předání Ceny akademika Quida Záruby pro mladé inženýrské geology a geotechniky a vystoupení oceněného geotechnika
Součástí prvního dne PGD bude doprovodná výstava odborných firem

Úterý 22. 5. 2012
Workshop: **Geotechnická dilemata v sanacích historických objektů**

Odborný garant PGD:
Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.
ARCADIS Geotechnika a.s.

*Pozvánky včetně podrobného programu a závazných přihlášek budou rozesílány koncem dubna 2012.*

## Oznámení

**Česká asociace inženýrských geologů, Česká geotechnická společnost a ARCADIS Geotechnika a.s. vyhlašují 11. ročník soutěže**

o Cenu akademika Quida Záruby

**pro mladé inženýrské geology a geotechniky do 35 let za nejhodnotnější a nejzajímavější práci z oblasti praxe a výzkumu předloženou v roce 2011.**

Přihlášky do soutěže zašlete do 15. dubna 2012 na kontaktní adresu:
ARCADIS Geotechnika a.s., Ing. M. Frombergerová
Geologická 4, 152 00 Praha 5, tel.: 234 654 101, fax: 234 654 102,
e-mail: frombergerova@arcadisgt.cz.

Autor oceněné práce získá diplom a příspěvek na úhradu účasti na mezinárodní konferenci IAEG, ISRM, ITA, ISSMGE apod.
Podrobná pravidla na www.arcadisgt.cz

www.arcadisgt.cz

ARCADIS GEOTECHNIKA

STEINZEUG KERAMO

KERAMO STEINZEUG, s. r. o.
Husova 21, 370 05 České Budějovice, tel.: 387 981 303, fax: 387 981 487
e-mail: steinzeug@steinzeug-keramo.com http://www.steinzeug-keramo.com

Firma Keramo Steinzeug, spol. s. r. o., je obchodní společností, kterou vlastní ze 100 % německá firma Steinzeug GmbH Köln. Firma Steinzeug GmbH je největším výrobcem kameninových trub na světě s dlouholetou tradicí.

**A. Přehled výrobního sortimentu:**

1. Hrdlové kameninové trouby a tvarovky DN 100–1000, délka 1,0–2,5 m
2. Bezhrdlové kameninové trouby pro bezvýkopové technologie Crea-Dig trouby pro bezvýkopové protlačování DN 150–1400 mm – délka 1,0 nebo 2,0 m
3. Doplnění kanalizačních řadů z kameniny kameninové šachty, zkrácené trouby, opravné manžety a široký sortiment příslušenství

**B. Firemní servis:**

1. Bezplatné dodávky kameninových trub dle ČSN EN 295 na kterékoliv místo v ČR
2. Odborné poradenství a bezplatné poskytování statických výpočtů pro ukládání trub

**C. Zcela ojedinělé vlastnosti, které charakterizují kameninové kanalizační trouby:**

1. Staletími prokázaná životnost – min. 100 let a více
2. Přírodní ekologicky čistý materiál
3. Chemická odolnost v rozsahu pH 0,5 – 14
4. Odolnost vůči vysokotlakému čištění
5. Teplotní odolnost v rozsahu do 100 stupňů Celsia
6. Tvrdost kameniny – 7. stupeň Mohsovy stupnice tvrdosti

*Všechny kameninové trouby a tvarovky jsou glazované a opatřené integrovanými spoji. Tyto spoje zaručují dokonalou vodotěsnost i v náročných podmínkách a zjednodušují vlastní montáž potrubí. Hrdla trub tvoří spolehlivou a dlouhodobou ochranu integrovaných spojů, glazura zvyšuje hladkost a tvrdost povrchu trub. Zvýšená únosnost ve vrcholovém zatížení umožňuje ve většině případů uložení pouze do pískového lože, čímž odpadá obetonování trub a z toho plynoucí snížení nákladů na pokládku.*

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

### VYŠLA MONOGRAFIE O TUNELECH NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH
### TREATISE ON ROAD TUNNELS HAS BEEN PUBLISHED

The publishing house of the Czech Technical University in Prague published a treatise entitled Road Tunnels in December 2011. It is the first treatise of its kind in the Czech Republic. Its authors, Prof. Ing. Pavel Přibyl, CSc., and Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., wrote it using the long-term experience gathered during the course of their teaching at the Faculty of Transportation Sciences and the Faculty of Civil Engineering and the wealth of their practical experience. Important part of the publication is contained in chapters dealing with the design for technical facilities and their maintenance, which often significantly influences tunnel operating costs.

Vydavatelství ČVUT v Praze vydalo v prosinci roku 2011 monografii s názvem ***Tunely na pozemních komunikacích***, která je první svého druhu v České republice. Její autoři prof. Ing. Pavel Přibyl, CSc. a prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. vycházeli při psaní z dlouholetých zkušeností při výuce na Fakultě dopravní a Fakultě stavební i z jejich bohaté praxe. Tato monografie je základním referenčním pramenem oboru tunelových systémů pro odbornou tunelářskou veřejnost a může posloužit jako vynikající studijní materiál i studentům Fakulty dopravní (v denním studiu i v kurzech celoživotního vzdělávání). Knížka obsahuje celkem 13 kapitol, které jsou koncipovány tak, aby prezentované informace umožnily nejen seznámení se s danou problematikou, ale vytvořily pevné základy pro teoretický rozvoj oboru tunelových systémů.

Prvá část monografie se zabývá stavební problematikou. Zde se čtenář přenese od historického vývoje podzemních staveb přes vysvětlení odborné tunelářské terminologie a popis konstrukce a výstavby ražených tunelů až k perspektivě výstavby tunelů.

V následující části je popsán zcela nový pohled na tunel jako dopravně-technický systém – od představení architektury dopravně-technických systémů, základních dopravních a provozních stavů tunelů až k popisu celého dopravního systému včetně bezpečnostního systému a organizace bezpečnosti.

Základem publikace jsou však kapitoly zabývající se návrhem technických zařízení a jejich údržbou, která často významně ovlivňuje provozní ceny tunelů. Od rozboru ventilace, osvětlení a napájení se čtenář dostává k řídicímu systému tunelu, vysvětlení analýzy a řízení rizik a popisu testování chování řidičů v tunelu a na volné komunikaci (včetně využití simulátorů).

Poslední část monografie se věnuje životnosti zařízení v tunelu včetně úvahy o životním cyklu technických zařízení v tunelu a zajištění správné údržby a obnovy tunelů.

Závěrem je nutné zdůraznit, že tato monografie obsahuje vedle teoretických částí i výsledky výzkumů realizovaných v rámci výzkumných projektů ministerstva dopravy „Analýza a řízení rizik v tunelech pozemních komunikací“, dále v projektech OPTUN (Optimalizace provozu silničních tunelů) a SAFETUN (Optimalizace tunelů z hlediska bezpečnosti). Tato publikace se nepochybně stane cenným zdrojem informací pro stavební praxi i pro potřeby vysokoškolské výuky.

***DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA, pruskaj@fsv.cvut.cz,***
***ČVUT v Praze, Fakulta stavební***

# GIGANTICKÉ PROJEKTY TUNELOVÝCH STAVEB V ČÍNĚ
# GIGANTIC TUNNEL CONSTRUCTION PROJECTS IN CHINA

The ISRM Chinese national group summarised underground construction projects being designed for China in the current decade in the publication entitled *Chinese challenges and opportunities in geomechanics and geotechnics*. The scope of these projects, a significant part of which has been commenced, is indeed breathtaking.

Čínská národní skupina ISRM shrnula v publikaci *Čínské výzvy a příležitosti v geomechanice a geotechnice* projektované podzemní stavby na čínském území v nynější dekádě. Rozsah těchto projektů, z nichž už značná část byla zahájena, skutečně bere dech.

V oblasti hydrologických staveb je nejrozsáhlejším projektem vybudování vodních přivaděčů Jih – Sever, které mají zásadním způsobem vyřešit nedostatek vody v severních částech země.

Přivaděče, které mají v roce 2050 převádět cca 45 km$^3$ vody ročně, jsou projektovány ve třech větvích – východní, střední a západní (obr. 1). Střední a východní větev se staví, přičemž většinou se jedná o otevřené kanály. I zde

*Obr. 1 Mapa vodních přivaděčů*
*Fig. 1 Water supply lines map*

*Obr. 2 Schéma dálniční sítě*
*Fig. 2 Motorway network system*

jsou však zajímavé tunelové stavby jako osmikilometrový tunel, podcházející řeku Huanghe apod. Naopak v tunelech bude vedena velká část západní větve – do roku 2020 v délce 244 km z celkových 260 km. Jedná se vesměs o kruhové tunely o průměru 9 m.

Stávající dálniční systém, který v roce 2008 představoval cca 18 000 km dálnic, se má do roku rozšířit na cca 100 000 km včetně 4370 km nových silničních tunelů (obr. 2).

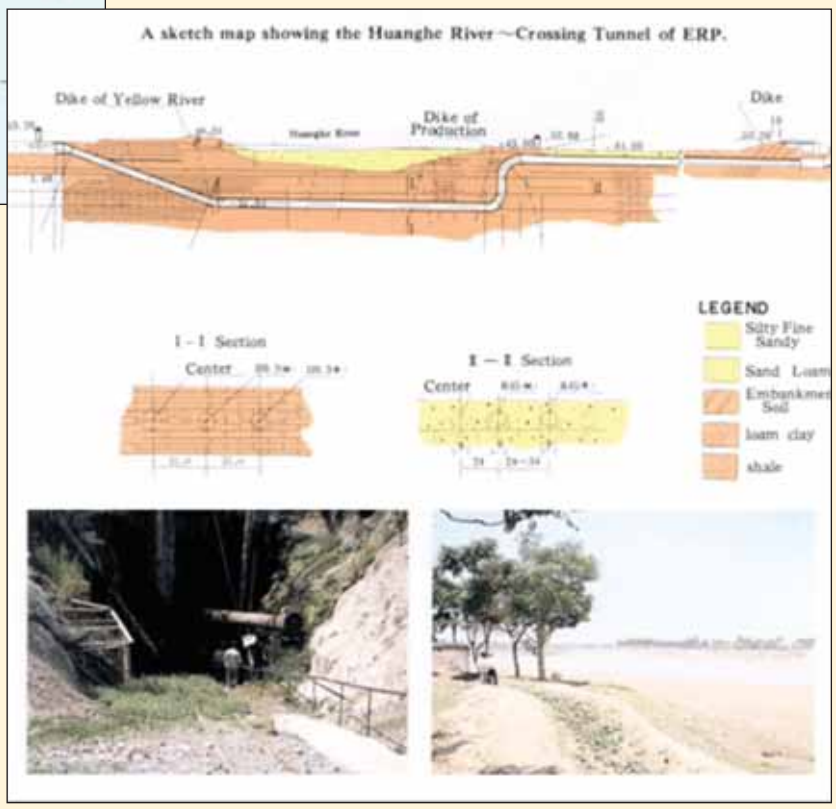
Rovněž v oblasti železniční sítě je plánovaný objem nových tratí do roku 2020 cca 100 000 km včetně 2200 tunelů v celkové délce 2270 km. V současné době se staví několik velmi dlouhých tunelů (Wuaxioling – 20 km, Yeshaguan – 13 km).

V příštích 20 letech se má vybudovat cca 400 km podmořských tunelů (nejdelší Yantai – Dalian 150 km a Fujian – Taiwan v délce 125 km).

Velký objem také představuje délka budovaných tunelů městské podzemní dopravy. V nejbližších letech bude dokončeno celkem 1800 km těchto tunelů ve čtyřech největších městech (Beijing, Shanghai, Guangzhou, Shenzhen).

Celkem tedy představuje plánovaná výstavba tunelů zhruba do roku 2020 objem přes 9000 km liniových podzemních staveb, tedy stavbu cca 1000 km tunelů ročně.

*DOC. ING. RICHARD ŠŇUPÁREK, snuparek@ugn.cas.cz,*
*ÚSTAV GEONIKY AV ČR*




*Obr. 3 Schéma tunelu vodního přivaděče pod řekou Huanghe*
*Fig. 3 Scheme of the water supply tunnel under the Huanghe River*

# ZAHÁJENÍ RAŽEB TUNELU PATNITOP V SEVERNÍ INDII
# COMMENCEMENT OF THE PATNITOP TUNNEL EXCAVATION IN NORTHERN INDIA

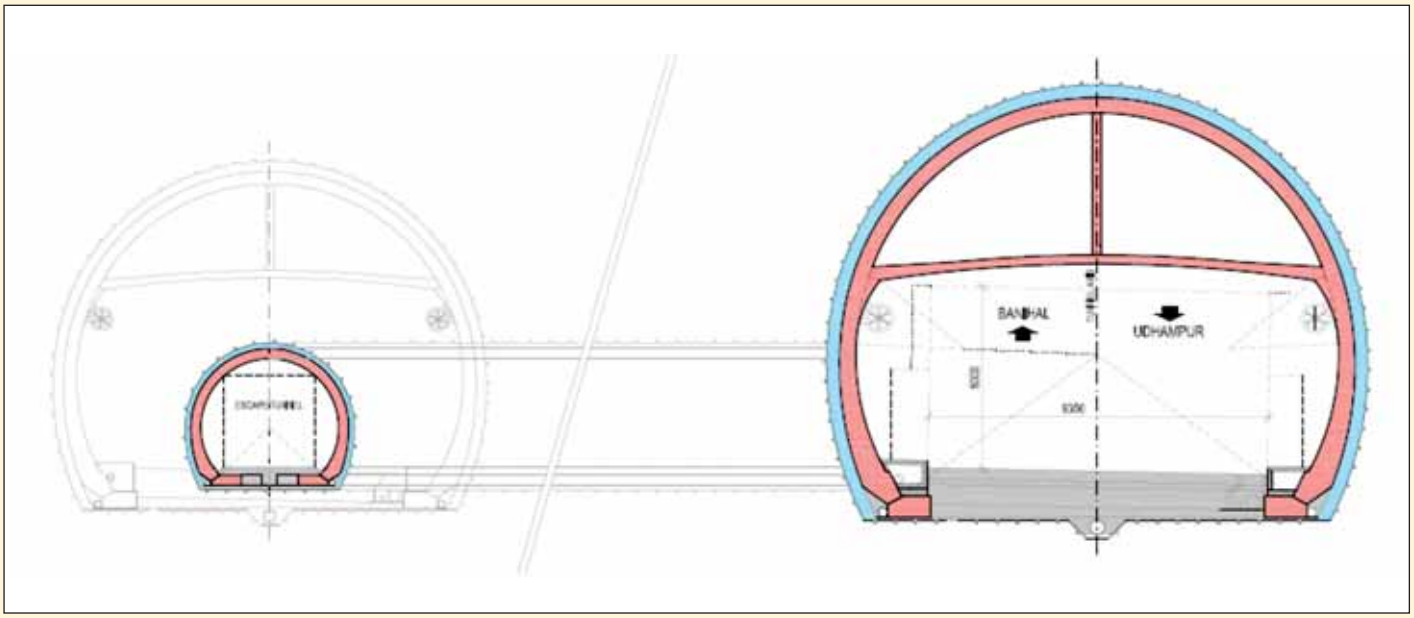
There are two long tunnels under construction on the route of the NH1A/44 arterial road in Kashmir, northern India, within the framework of its widening and increasing its capacity. The route passes under two main ridges between the towns of Jammu and Srinagar.

The Patnitop tunnel (today called the Chenani – Nashri Tunnel) was designed in 2005 – 2006 (its location in terrain, length and system solution) by D2 Consult Prague within the framework of a subcontract for Louis Berger International. Subsequently a limited investigation was conducted and tender documents were carried out. A concession agreement between the National Highways Authority of India and the concessionaire, IL&FS Transportation Networks Ltd. (ITNL), was concluded in 2010. Construction and technological work on the tunnel and access roads is being carried out by Leighton, an Australian construction company. The excavation for the 9 km-long tunnel and a parallel escape gallery commenced in August 2011. D2 Consult Prague is participating on the construction as a tunnelling consultant.

*Obr. 1 Oblast projektu*
*Fig. 1 Project area*

Na trase dálkové silnice NH1A/44 v Kašmíru v severní Indii jsou v rámci projektu jejího rozšíření a zkapacitnění ve stavbě dva dlouhé tunely pod dvěma hlavními hřebeny mezi městy Jammu a Srinagar.

Tunel Patnitop (dnes nazývaný Chenani – Nashri Tunnel) by v letech 2005–2006 navržen (umístění v terénu, délka a systémové řešení) firmou D2 Consult Prague v subdodávce pro Louis Berger International. Následně byl proveden omezený průzkum a vypracovány dokumenty pro zadání stavby. V roce 2010 byla uzavřena koncesní smlouva mezi indickým „ŘSD“




*Obr. 2 Systémové řešení – dopravní tunnel, úniková štola, propojka a profil možné budoucí druhé tunelové roury*
*Fig. 2 System solution – transport tunnel, escape gallery, cross passage and cross-section through the potential future tunnel tube*

*Obr. 3 Jižní a severní portál tunelu (říjen 2011)*
*Fig. 3 Southern and northern tunnel portals (October 2011)*

*Obr. 4 Kancelářská budova v „Campu“ a jižní portál (leden 2012)*
*Fig. 4 Office building in the camp and the southern portal (January 2012)*

a koncesionářem IL&FS Transportation Networks Ltd. (ITNL). Stavební a technologické práce na tunelu a jeho přístupových trasách zajišťuje australská stavební firma Leighton a ražba 9 km dlouhého tunelu a paralelní únikové štoly byla zahájena v srpnu 2011. D2 Consult Prague se podílí na výstavbě jako tunelový konzultant.

Vzhledem ke standardně obtížným podmínkám provádění tunelů v prostředí Himálaji (terén, dostupnost, klima) a v Indii (kvalifikace a návyky pracovníků, byrokracie, čas) byly ražby zahájeny dobře. V současné době (leden 2012) je vyraženo celkem přibližně 1 km únikové štoly a 700 m hlavního tunelu z obou portálů. Ražba probíhá v prostředí flyšových sedimentů (střídání vrstev jílovce, prachovce a pískovce), středně rozpukaných a stabilních s deformacemi v řádu centimetrů. Z důvodů maximálních úspor (cena je za zhotovení tunelu, ne za položky) je zajištění redukováno na 10 cm stříkaného betonu ve třídě A, 15 cm ve třídě B a 1 vrstvu sítí v obou spolu s radiálním kotvením 5 m SN kotvami a délkami záběru 2–3 m.

Ražba probíhá zatím v prostředí převážně suchém a bez větších problémů. Strojní vybavení odpovídá současnému světovému standardu, jeho obsluha je ovšem ve stadiu zaučování a koordinace a návaznost prací je velkým problémem společně s údržbou, opravami a se zajištěním zásobování materiálem v zimních podmínkách.

Dosažení plánované prorážky v roce 2014 a uvedení do provozu v roce 2015 je velkou výzvou a bude vyžadovat podstatné zvýšení rychlosti ražeb. Dokončený tunel zkrátí trasu o 30 km, vyhne se převýšení 1 km a zajistí průjezdnost trasy i v zimním období, ve kterém bývá přejezd hřebene uzavřen i na několik dní.

Zajímavý a „neevropský“ je i způsob práce a života mezinárodního společenství pracovníků projektu. V podstatě se dá pouze pracovat, čemuž je přizpůsobena organizace stavby. Tzv. „Camp“, tj. uzavřený prostor s kancelářemi, jídelnou, ubytovnami a dalšími zařízeními pro asi 150 techniků, z toho asi 30–40 mezinárodních, je malým městečkem s vlastní výrobou elektrické energie, úpravnou vody, připojením k internetu a přístupovými komunikacemi. Pracovní režim je nastaven na 12hodinové směny (7–19 h), 13 dní pracovních, 1 den volný, 8 týdnů na stavbě a 2 týdny dovolená s placenou cestou domů (což může být i na druhém konci světa). Usnadnění a zpříjemnění práce a pobytu pracovníků je věnována velká pozornost (v rámci možností), stravování je na skvělé úrovni, stejně jako ubytování, doprava na stavbu, bezpečnost práce a další pomocné služby. Nejbližší letiště v Jammu je vzdálené asi 4 hodiny cesty autem. Pokud se někdo z české či slovenské tunelářské komunity rozhodne trávit prázdniny v Kašmíru a pojede okolo, může po dohodě navštívit velmi zajímavou a v mnohém i poučnou stavbu v současné době nejdelšího silničního tunelu v Indii. Jste vítáni!

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

# VODÁRENSKÝ PROJEKT MELAMCHI V NEPÁLU
## MELAMCHI WATER SUPPLY PROJECT

There is a project currently under construction in Nepal solving potable water supplies for Kathmandu Valley, entitled the Melamchi Water Supply Project. One of the main parts of this project is the construction of an underground water feeder, the Melamchi Water Supply Diversion Tunnel. This 25.5 km long tunnel will convey water from the Himalaya, the Melamchi River, across the Mahábhárat mountain range to the northern part of the Sundarijalu Valley in Káthmándu.

Nepál je zemí ležící v centrálním úseku Himálajského oblouku, nejvyššího pohoří světa, a obrazně řečeno je místem, kde se země a lidé dotýkají nebes. Nepál se rozkládá na ploše 147 tisíc km² a je obýván necelými 30 miliony obyvateli. Hlavní město Nepálu Káthmándú, města Lalitpur a Bhaktapur a další aglomerace se rozprostírají v Káthmándské kotlině v nadmořské výšce 1300 m. n. m.

Káthmándské údolí trpí chronickým nedostatkem vody, který je kritický zejména v období sucha. S tím, jak prudce roste populace káthmándského údolí, se přístup k vodě stává čím dál více palčivějším problémem. V současnosti zde žije okolo 3 mil. lidí. Celková potřeba vody je odhadována na více než 300 mil. litrů vody denně pro celé údolí, přičemž stávající kapacita nabízí zhruba 70 až 130 mil. litrů vody denně v závislosti na ročním období. Pitná voda je na řadě míst nedostupná, případně nekvalitní a mnohdy nesplňuje standardy stanovené Světovou zdravotnickou organizací.

V současnosti je ve výstavbě projekt na zásobování Káthmándského údolí pitnou vodou „Melamchi Water Supply Project“. Jednou z hlavních součástí tohoto projektu je stavba podzemního přivaděče „Melamchi Water Supply Diversion Tunel“. Tato 25,5 km dlouhá štola přivede vodu z Himálají z řeky Melamchi přes pohoří Mahábhárat do severní části Káthmándského údolí Sundarijalu. Projektovaná kapacita štoly je 6 m³ vody za vteřinu. Předpokládá se, že vodovodní přivaděč zajistí přísun přibližně 170 mil. litrů vody denně. Stavba přivaděče představuje přibližně 27 % celkových prací. Další významné části projektu pro zásobování Káthmándského údolí vodou tvoří výstavba nové úpravny vody v Sundarijalu, přestavba stávající vodovodní sítě v Káthmándském údolí nebo výstavba nové čističky odpadních vod.

Cena tunelové části projektu činí přibližně 66 mil. USD (cenová úroveň z roku 2009). Projekt je z větší části financován Asijskou Rozvojovou Bankou (ADB) a dále nepálskou vládou, Skandinávským rozvojovým fondem (NDF), Japonskou bankou pro mezinárodní spolupráci, sdružením OPEC, atd.

Hlavními účastníky tunelové části projektu jsou:

- investor: Melamchi Water Supply Development Board (MWSDB);
- hlavní inženýr a supervize: Melamchi Design and Supervision Consultant Concorcium (MDSCS) tvořené sdružením firem finské společnosti Pöyry Group a nepálské společnosti Multi Disciplinary Consultants Ltd.;
- dodavatel: China Railway 15 Bureau Group Corporation & China CMIIC Engineering Corporation (CRCC-CMIIC JV).

Ražba je prováděna zejména pomocí trhavin ze čtyř lokalit – od vyústění hlavního přivaděče v Sundarijalu a z přístupových štol Sindhu, Gyalthum a Ambathan. Celková délka ražených úseků zahrnující přístupové štoly je přibližně 27,7 km. Ražby probíhají dovrchně s maximálním sklonem 5,5 %. Hlavní štola je podkovovitého tvaru se svislými stojkami s rozměry výrubu 3,5x4,0 m a plochou výrubu 12,7 m². Část přivaděče a přístupové štoly jsou většího profilu 4,2x4,8 m o ploše výrubu 18,4 m².

Nadmořská výška terénu v úseku ražeb se pohybuje v rozmezí od 800 do 2500 m n. m. Při nadmořské výšce nivelety tunelu

*Obr. 1 Mapa Nepálu s umístěním projektu*
*Fig. 1 Nepal map with the project location*

*Obr. 2 Portál v Sundarijalu*
*Fig. 2 Sundarijal portal*

v rozmezí 1383 až 1414 m. n. m. tak výška nadloží dosahuje až 1,2 km s tím, že více než 11 km ražeb proběhne v prostředí s nadložím vyšším než 500 m.

Zejména v úseku mezi přístupovými štolami Gyalthum a Sindhu se očekávají obtížné geotechnické podmínky – porušený a zvětralý horninový masiv s většími přítoky podzemní vody do tunelu.

Klasifikace horninového prostředí je založena na norském Q-systému, přičemž pro účely projektu se horninový masiv začleňuje do pěti základních horninových tříd. V závislosti na zastižených horninových podmínkách je stanoveno šest základních tříd vystrojení výrubu. Větší část ražených úseků bude vystrojena stříkaným drátkobetonem a kotvením. Některé úseky vyžadují vystrojení pomocí rámů ze stříkaného betonu (vázaná výztuž v jedné vrstvě), případně železobetonové ostění z litého betonu.

Dodavatel zvolil kolejový způsob dopravy v tunelech delších cca 1 km. Hlavní strojní vybavení, které má dodavatel k dispozici pro práci v podzemí, je následující:

- nakládací tunelbagry WDZ-150/58L pro nakládání rubaniny (na pásovém podvozku, teoreticky blokuje přístup na čelbu pro jiné strojení vybaveni, které je ovšem v současnosti nedostupné);
- přepravníkové nakladače ZL40B (využívány v tunelech do délky ražby cca 1 km);

*Obr. 3 Přístupová štola Sindhu – křižovatka s vodovodním přivaděčem*
*Fig. 3 Sindhu access gallery – crossing with the water supply tunnel*

- nákladní vozidla s kapacitou 3 až 5 $m^3$ (kolová, často v havarijním stavu);
- nákladní vagony s pásovým dopravníkem s kapacitou 14 $m^3$ (kolejové, koncem roku 2011 používané ve štole Sundarijal);
- ruční vrtací kladiva YT28 (dodavatel nemá vrtací vozy);
- jedna vrtací souprava GL-6000 pro průzkumné vrty (na pásovém podvozku, umístěná ve štole Gyalthum, dodavatel není schopen jejího přemístění do jiných úseků).

Aplikace stříkaného betonu mokrou cestou probíhá manuálně bez užití manipulátoru.

Ražby se potýkají s řadou problému, z nichž nejvážnějšími jsou:

- Dostupnost přístupových štol, a to zejména v období letních monzunů spojené s mimořádnými událostmi jako např. svahové sesuvy, zatopení tunelu, rozvodněné řeky a odplavené mosty.
- Lokální podmínky, občasné nepokoje, nedostupnost náhradních dílů a materiálu, vybavenost staveništ.
- Nevybavenost a nezkušenost dodavatele s řádnou aplikací horninové výstroje, s injektážními pracemi a s bezpečností výstavby (čínský dodavatel versus kontrakt postavený na skandinávských zkušenostech).
- Geotechnické podmínky v některých úsecích vyžadují zajišťující práce v předstihu před čelbou.

*Obr. 4 Příprava na manuální vrtání čelby*
*Fig. 4 Preparation for manual face drilling*

*Obr. 5 Mimořádná událost – závaľ na štole Gyalthum*
*Fig. 5 Incident – a collapse in Gyalthum gallery*

*Obr. 6 Aktivní svahový sesuv podél přístupové cesty ke štole Sindhu*
*Fig. 6 Active slope slide along the access road to the Sindhu gallery*

*Obr. 7 Tunelbagr WDZ-150*
*Fig. 7 Tunnel excavator WDZ-150*

I proto je rychlost ražeb nízká a tak koncem roku 2011 bylo vyraženo pouze přibližně 13 % z celkové délky tunelů, což představuje výrazné zpoždění oproti plánovanému postupu ražeb.

V plánu je prodloužení trasy tunelů o dalších přibližně 12 km ražeb východním směrem. Účelem je získání většího množství vody do přivaděče, a to z dalších dvou říčních toků – Yangri a Larke.

*ING. ARISTOTELIS CARAVANAS,*
*arista@post.cz*

**LITERATURA / REFERENCES**

[1] Contract Documents No. MDS/DT/01
[2] www.melamchiwater.org

## ČESKÝ GEOTECHNIK NA PODZEMNÍCH STAVBÁCH V ČÍNĚ

Částečná recese podzemních staveb (především tunelů) v České republice a zajímavá nabídka ze zahraničí způsobily, že autor tohoto příspěvku odcestoval v květnu roku 2011 do stále ještě exotické země – do komunistické Číny. Díky nabídce od klienta ze SRN se zapojil do nově budovaných vysokorychlostních železničních projektů (projektovaná rychlost 250 až 300 km/h) v kvapem rostoucí čínské ekonomice. Působí na pozici tunelového experta v nevelkém týmu zahraničních supervizorů, kteří dohlížejí komplexně na výstavbu železničního projektu (tunely, mosty, zářezy, náspy atd.). Ovšem jeho prvořadým úkolem je použít své zkušenosti z výstavby tunelů v Evropě při konvenčním ražení (NRTM). Oficiálním jazykem je angličtina a každý zahraniční člen týmu má svého kolegu – čínského překladatele. Momentálně tým čítá 4 zahraniční experty (2 ze SRN, 1 z ČR a 1 z Tchaj-wanu) a 4 čínské asistenty.

Projekt, na kterém se tým podílí, s názvem Chengdu-Chongqing Railway PDL je dlouhý celkem 308 km a je rozdělen na několik dílčích úseků, které jsou samostatně budované a kontrolované. Úsek, na který dohlíží zmíněný tým, měří něco málo přes 65 km a zahrnuje 12 ražených tunelů (cca 15,5 km), spoustu mostů a zářezů. Většinou se jedná o dvoukolejné tunely s profilem více než 100 $m^2$, pouze u hlavního města provincie Chongqing se tunely, z důvodu městského urbanismu a nízkého nadloží, rozdvojují a budují se jako jednokolejné (cca 70 $m^2$). Delší tunely než 700 m jsou raženy z obou portálových stran. Celkem pět nejdelších tunelů (délka vždy přes 3 km) je rozraženo i z prostřední části pomocí přístupové štoly a ražba tak probíhá na více pracovištích (čelbách). Co se týče geologické stavby, tak ve stručnosti lze uvést, že v oblasti převládají především vápence, v menší míře se v tomto horském masivu vyskytují pískovce, ale není nouze i o vložky břidlic. V jednom případě je tunel ražen v rizikové oblasti masivu, který byl dobýván z důvodu uhelných slojí v době dávno minulé, takže po geologické stránce se jedná o celkem pestré území.

Technologie ražeb a výstavby tunelových částí je zde odlišná od evropského způsobu výstavby metodou NRTM. Některá nařízení a pravidla od zdejšího investora či ministerstva železnic jsou zbytečná a naopak kontraproduktivní (ale o tom snad více po návratu do ČR). Momentálně není povoleno informovat třetí strany o detailech projektu.

Pracovní den je většinou zahájen výjezdem na vybranou část stavby, kde se provede inspekce několika stavebních objektů (autor jako tunelový expert je hlavně zaměřen na tunelové objekty, ale občas musí s kolegy kontrolovat i technologickou kázeň a bezpečnost při výstavbě mostů či zářezů). Návrat z denní návštěvy stavby do kanceláře je většinou kolem poledne. Odpoledne pak musí být zpracován „denní report“, který je zaslán investorovi a zhotoviteli. Dalšími činnostmi je zpracování týdenních, měsíčních, případně speciálních reportů či prezentací a účast na pravidelných kontrolních dnech.

Pokud bude autor mít možnost a bude i zájem redakce tohoto odborného časopisu, tak se pokusí připravit obsáhlejší příspěvek po ukončení své zdejší spolupráce. Každopádně kooperace na výše popsaných projektech je velkou osobní zkušeností i proto, že probíhá ve zcela jiném prostředí s odlišnou kulturou a stavebním přístupem.

Stručné informace o projektu Chengdu-Chongqing Railway PDL jsou na webu: http://english.cqnews.net/html/2011-09/08/content_8177367.htm

*ING. RADEK BERNARD, Ph.D. bernard@arcadisgt.cz,*
*ARCADIS Geotechnika, a. s.*

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

# SEMINÁŘ RAKOUSKÁ LEGISLATIVA PRO PODZEMNÍ STAVBY A JEJÍ APLIKACE PŘI VÝSTAVBĚ TUNELŮ
# SEMINAR ON AUSTRIAN LEGISLATION ON UNDERGROUND CONSTRUCTION AND ITS APPLICATIONS TO TUNNEL CONSTRUCTION

On 24th January 2012, the Czech Tunnelling Association held an international seminar focused on Austrian legislation on underground construction and its application to the construction of tunnels. The main attention was dedicated to the directive of the Austrian Association on geotechnical design of underground structures with conventional tunnelling and the Austrian standard ÖNORM B 2203-1 Underground Works - Works Contract - Part 1: Conventional Tunnelling, which originated on the basis of long-term experience with tunnelling using the New Austrian Tunnelling Method (the NATM).

The following Austrian foremost experts gave their lectures at the seminar:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Robert Galler from Montanuniversität Leoben,

Dipl.-Ing. Dr.mont. Wulf Schubert from TU Graz,

Dipl.-Ing. Thomas Neumayr and Dipl.-Ing. Manfred Eder (both from Laabmayr)

The seminar was very successful not only due to great amount of participants.

V úterý 24. ledna 2012 pořádala Česká tunelářská asociace v Praze mezinárodní seminář, který byl zaměřen na rakouskou legislativu pro podzemní stavby a její aplikaci při výstavbě konvenčně ražených tunelů.

Hlavní pozornost byla věnována směrnici rakouské společnosti pro geotechnický návrh konvenčně ražených staveb a rakouské normě ÖNORM B 2203-1 Práce v podzemí – smlouva o provedení díla (část 1 – konvenční tunelování), které vznikly na základě dlouholetých zkušeností s výstavbou tunelů Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Ta je v České republice již běžně používána a většina nových silničních a železničních podzemních staveb je touto metodou prováděna. Překlad obou výše zmíněných důležitých dokumentů do češtiny zajistila Česká tunelářská asociace v roce 2011.

Seminář řídili pánové Ing. Libor Mařík z IKP Consulting Engineers, s. r. o., a Ing. Martin Srb z D2 Consult Prague, s. r. o., přednášky byly simultánně tlumočeny z němčiny do češtiny.

Na semináři přednášeli přední rakouští odborníci z oblasti výstavby tunelů, které zajistil Ing. Libor Mařík.

Nejprve vystoupil **Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Robert Galler** z Montanuniversität Leoben a seznámil posluchače se základními poznatky a principy NRTM. Cílem přednášky bylo ukázat možnosti a hranice použitelnosti NRTM v různých geotechnických podmínkách. I když je v současnosti trendem zvyšování podílu mechanizovaných ražeb pomocí nasazení tunelovacích strojů, ani při jejich použití se nelze vyhnout nasazení konvenčních tunelovacích metod. Jedná se zejména o atypické profily, jakými jsou podzemní stanice, tunelové propojky a tunelové rozplety. Přednáška uvedla zásady tunelování ve skalních horninách, zeminách i opatření používaná při ražbě tunelů v bobtnavých horninách, nebo při velkých deformacích výrubu. Nastíněna byla problematika geotechnického rizika, řízení rizika během výstavby i možnosti operativně reagovat na skutečně zastižené podmínky během výstavby. Jedná se o jeden z hlavních principů NRTM a na přednášce zazněly hlavní zásady, podle kterých dochází při výstavbě k úpravě projektem definovaných jednotlivých prvků zajištění stability výrubu.

Dále byly zmíněny možnosti geotechnického monitoringu při výstavbě a zejména interpretace jeho výsledků. K tomu, aby bylo při ražbě možné provádět změny na základě skutečně zastižených podmínek, je nutné přizpůsobit jak zadávací dokumentaci, tak smluvně definovat pravidla, jak v takovém případě postupovat. K tomu slouží norma ÖNORM B 2203-1, které se přednáška rovněž okrajově dotkla. Uvedené zásady a dokumenty i jejich praktické nasazení bylo předmětem dalších částí semináře.

Po úvodní přednášce následovala přednáška o *Směrnici pro geotechnický návrh konvenčně ražených podzemních staveb* Rakouské společnosti pro geomechaniku (ÖGG), zaměřená především na její vznik a význam pro geotechnické plánování, kterou si posluchači vyslechli od **Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Wulfa Schuberta** z TU Graz, předsedy (ÖGG). Původně byly požadavky na geotechnické plánování součástí normy ÖNORM B2203 a filozofie geotechnického návrhu byla od současného odlišná. Součástí návrhu byla klasifikace horninového masivu pro cyklickou i kontinuální ražbu tunelů. Klasifikace byla z normy při její revizi odstraněna a plně nahrazena směrnicí pro geotechnické plánování. Ta nahradila původní klasifikaci metodikou zkoumání horninového masivu ve fázi návrhu a provádění stavby. Směrnice zavádí kategorie typů horninového masivu, typů chování horninového masivu a metodiku zkoumání jeho reakce na ražbu podzemního díla nejen s ohledem na geologické prostředí, ale i s ohledem na tvar a velikost díla, hloubku pod povrchem, členění výrubu, způsob ražby a jeho vztah k okolním objektům. Výsledky průzkumu tak musí být orientované na provádění díla a způsob jeho ražení. Horninový masiv je posuzován jako systém zahrnující jak vlastní geologické prostředí, tak jednotlivé prvky zajištění stability výrubu a způsob výstavby. Podstatné je, že na geotechnickém návrhu musí spolupracovat projektant, geolog a geotechnik. Výsledkem je geotechnický model sestavený na základě prognózy chování daného systému. Ve fázi výstavby je pak tento model posuzován a v případě, že neodpovídá předpokladům, je upravován na základě skutečně zastižených podmínek a chování systému.

Po krátké přestávce přiblížil **Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Robert Galler** účastníkům koncept rakouské stavební smlouvy o dílo – normu ÖNORM B 2203-1. Norma podrobně řeší problematiku vypracování nabídek, zadávání, oceňování a úhrad staveb tunelů a cenové dopady úprav způsobu ražby na základě skutečně zastižených podmínek. Jedná se o originální metodiku, která nemá obdoby a vychází ze zkušeností s výstavbou tunelů pomocí NRTM. Velmi názorné bylo vysvětlení principů uvedených v normě na modelovém příkladu tunelu s vertikálním

členěním. Účastníci semináře mohli průběžně sledovat, jakým způsobem se vytváří matice tříd výrubu pro kalotu, opěří a dno tunelu v závislosti na délce záběru a bodovém hodnocení jednotlivých prvků zajištění stability výrubu (stříkaný beton, kotvy, sítě, rámy atd.). Bodové hodnocení souvisí s pracností a časem, který je potřeba na zabudování jednotkového množství daného prvku vynaložit. Přednáška byla velmi názorná a srozumitelná, i když se jednalo o zcela nový přístup k hodnocení změn způsobu zajištění stability výrubu a zejména jejich oceňování, V závěru přednášky bylo posluchačům ukázáno, jakým způsobem je do ceny díla zahrnut čas za provádění díla a jeho proplácení jak v případě zrychlení, nebo zpomalení v porovnání s předpokládanou a v dodavatelské smlouvě obsaženou dobou výstavby.

Po obědě se účastníci seznámili se standardním způsobem projektové přípravy tunelů v Rakousku (projektování, vytváření zadávací dokumentace, používání rakouské normy a směrnice a model placení), který všem přítomným nastínil **Dipl.-Ing. Manfred Eder** z firmy Laabmayr. Na rozdíl od České republiky je v Rakousku standardem, že projektant zpracovává všechny stupně projektové dokumentace od studie až po prováděcí projekt pro investora. Ten také zodpovídá za správnost rozsahu a obsahu geotechnického průzkumu a nese geotechnické riziko. Zhotovitelské firmy si vlastními prostředky zajišťují např. projekty zařízení staveniště, ale nikoli vlastního podzemního díla. Předmětem přednášky bylo dále představení způsobu projektování tunelů v Rakousku od jednotlivých etap projektování, přes způsob schvalování dokumentace až po legislativní rámec a závazné podklady pro projektování tunelů, ke kterým patří řada norem a směrnic. V rámci přednášky bylo poukázáno na možné problémy plynoucí ze smluvních vztahů a z organizace projektování i výstavby.

Dalším tématem pak byla opět rakouská směrnice ÖGG pro geotechnické plánování, tentokrát však byla podrobně rozebrána na konkrétním příkladu jejího použití v praxi v podání **Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Wulfa Schuberta.**

Poslední blok byl věnován příkladům z praxe. **Dipl.-Ing. Thomas Neumayr** hovořil o průběhu stavby tunelu, organizaci stavby, struktuře komunikace mezi účastníky výstavby. V prvním bloku seznámil účastníky semináře s jednotlivými účastníky výstavby jak na straně investora, tak zhotovitele. Do procesu výstavby vstupují i zástupci státních, zemských i místních orgánů (ministerstva, zemské úřady apod.). Na straně zhotovitele se jedná zejména o zástupce jednotlivých profesí, které se na výstavbě tunelu podílejí. Další oblastí byla organizační struktura a popis vztahů při výstavbě na konkrétních příkladech výstavby podzemní tramvaje Harter Plateau v Linci a dálničního tunelu Bosruck na dálnici A9. K velmi zajímavým momentům bezesporu patřilo rozdělení pravomocí a odpovědnosti u jednotlivých účastníků výstavby, ke kterým patří kromě investora a zhotovitele i stálý stavební dozor, projektant, geotechnik stavby a dokumentující geolog.

V závěru přednášky byl popsán systém pravidelných jednání na různých úrovních vedení stavby včetně jejich četnosti, jednotlivých účastníků jednání a informace, kdo zpracovává protokoly z jednání. Z přednášky vyplynulo, že stavební dozor investora je zajištěn po celou dobu provádění prací v nepřetržitém provozu a je fyzicky přítomen v tunelu v průběhu provádění jednotlivých činností od ražby až po montáž vnitřního a technologického vybavení tunelu.

**Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Wulf Schubert** se v posledním příspěvku věnoval rozhodování při výstavbě, použití geotechnického plánování a poskytl řadu užitečných informací o záběrových listech, plánu řízení bezpečnosti a o geotechnickém monitoringu. Diskuse k jednotlivým tématům probíhala ihned po jednotlivých přednáškách a posluchači si mohli dotazy doplnit a ujasnit získané poznatky. Závěrečná diskuse se pak týkala celého průběhu semináře.

Přínosem semináře byl nový pohled na ražbu tunelů pomocí NRTM, tak jak je aplikována v kolébce jejího vzniku. Její skutečné použití v praxi vyžaduje kromě zkušených projektantů, zhotovitelských firem a investora i podporu v legislativě. Jedná se zejména o jasné definování odpovědnosti a pravomocí jednotlivých účastníků výstavby. Dále se jedná zejména o vytvoření zadávací dokumentace, která skutečně umožňuje operativně měnit způsob zajištění stability výrubu a popisuje, jakým způsobem se v takovém případě postupuje jak z hlediska odpovědnosti, tak z hlediska způsobu úhrady provedených změn. Jen tímto způsobem lze skutečně využít možnosti této metody vynaložit takové množství finančních prostředků, které odpovídá nutným opatřením k zajištění stability výrubu a bezpečnému provedení díla. Zároveň tento způsob zadání motivuje zhotovitele k úsporám. V České republice takové předpisy dosud chybějí a veškerá odpovědnost za bezpečné provedení díla je podle báňských předpisů přesunuta pouze na báňského projektanta a zhotovitele stavby (závodního). Zatímco investor si je v Rakousku vědom odpovědnosti za geotechnické riziko, u nás není v báňských zákonech a vyhláškách jeho role vůbec zakotvena. Přesun odpovědnosti pouze na jeden subjekt může pak ve snaze o zvýšení bezpečnosti provádění vést ke zbytečnému a nehospodárnému zvyšování investičních nákladů. Důležitým poznatkem byl výkon technického dozoru investora na rakouských tunelech, který probíhá nepřetržitě 24 hod. denně a 7 dní v týdnu s postupem prací zhotovitele. Tím je zajištěn dokonalý přehled nejen o provedených pracích a jejich úpravách, ale i o způsobu jejich provádění. Důsledná kontrola vede ke zkvalitnění díla, zvýšení bezpečnosti provádění a usnadňuje rozhodování v případě řešení neočekávaných situací.

Seminář byl úspěšný i z hlediska účasti. Přednášky si vyslechli 162 účastníci včetně několika kolegů ze Slovenska. Jako hosté byli pozvaní i zástupci státní správy a rozhodující investoři (např. zástupci Českého i obvodních báňských úřadů, Ředitelství silnic a dálnic ČR, Správy železniční dopravní cesty, Ministerstva dopravy ČR, Dopravního podniku hl. m. Prahy a další). Závěrem nezbývá než našim rakouským kolegům poděkovat za tematicky perfektně a komplexně připravený odborný program. Získané informace mohou být inspirací i motivací ke změně přístupu k rozsahu i obsahu zadávací dokumentace konvenčně ražených tunelů a obecně přístupu k tvorbě příslušných zákonů, vyhlášek a norem.

*ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,*
*IKP CE, s. r. o.,*
*ING. MARTIN SRB, srb@d2-consult.cz,*
*D2-CONSULT PRAGUE, s. r. o.*

## STUVA TAGUNG´11, BERLIN
## STUVA TAGUNG´11, BERLIN

The already traditional conference on transport-related underground construction was held in Berlin on 6th December through 8th December 2011. The venue was the Berlin Exhibition Grounds. The conference attendance rate was traditionally very high – over 1500 attendees from the total of 20 countries from the whole world. Part of the conference was also the exhibition attended by companies from the whole world active in the tunnelling and underground construction industry – this time about 130 exhibitors.

Ve dnech 6. 12. 2011 až 8. 12. 2011 se konala v Německu již tradiční konference podzemního dopravního stavitelství. Místem konání byly prostory výstaviště v Berlíně. Účast na této konferenci byla tradičně velmi vysoká – více než 1500 účastníků z celkem 20 států celého světa. Součástí konference je rovněž expozice vystavovatelů z oboru tunelového a podzemního stavitelství z celého světa – letos cca 130 vystavovatelů.

Jde o tzv. německy mluvící konferenci, i když s perfektním simultánním tlumočením do angličtiny, takže hlavní orientace příspěvků byla na evropské stavby. Konference je organizována klasicky pouze v jedné sekci, proto nemůže dojít k tomu, že by účastník přišel o nějakou přednášku. Odbornými tematickými okruhy byly největší mezinárodní projekty tunelových staveb, bezpečnost v tunelech, právní aspekty podzemních staveb, požární bezpečnost v tunelech, větrání a provoz, sanace tunelů a samozřejmě trošku národnostně pojatý okruh – podzemní stavby v Berlíně. Zajímavým blokem byly rovněž přednášky čtyř doktorandů na témata jejich doktorandských prací, které účastníci anonymně vyhodnotili, a autor vítězné prezentace byl oceněn pozvánkou na týdenní pobyt na stavbě metra v Mexico City.

*Obr. 1 Projížďka berlínským metrem na otevřeném plošinovém voze (U-Bahn Cabrio)*
*Fig. 1 A ride along the Berlin Metro on a topless train (U-Bahn Cabrio)*

Odborné exkurze zahrnovaly stavby berlínského metra, návštěvu požárněvýcvikového střediska pro metro, ale také lehce oddychové akce, jako jsou simulátor řízení berlínského metra nebo dvouhodinová projížďka metrem na otevřeném plošinovém voze – zvaném U-Bahn Cabrio.

Bohužel je tato konference ze strany českých a slovenských tunelářů neprávem hodně opomíjena. Účast z České republiky byla mizivá – autor této poznámky tam nepotkal žádného českého účastníky, ze Slovenské republiky pak jen jednoho.

*ING. VLASTIMIL HORÁK, vhorak@amberg.cz,*
*AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.*

## 17. MEZINÁRODNÍ SEMINÁŘ ZPEVŇOVÁNÍ, KOTVENÍ A TĚSNĚNÍ HORNINOVÉHO MASIVU A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ 2012
## 17TH ANNUAL INTERNATIONAL SEMINAR ON STABILISATION, ANCHORING AND REDUCING PERMEABILITY OF GROUND MASS AND ENGINEERING STRUCTURES 2012

The already 17th annual international seminar Stabilisation, Anchoring and Reducing Permeability of Ground Mass and Engineering Structures 2012 was held from 19th to 20th January 2012 in the premises of the New Assembly Hall of the VSB - Technical University of Ostrava. The seminar was traditionally organised in collaboration of the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VSB – TU Ostrava with Minova Bohemia s.r.o. The seminar was attended by the total of 160 professionals from the field of geotechnical engineering and building. 39 attendees were from abroad (Germany, Austria, Poland, England and Slovakia).

Another professional geotechnical event on which the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VSB-TU Ostrava participates will be the International Conference Geotechnics 2012 in the High Tatras (26th – 28th September 2012).

Ve dnech 19.–20. 1. 2012 se konal v prostorách Nové auly VŠB-Technické univerzity Ostrava již 17. ročník mezinárodního semináře Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2012. Seminář byl tradičně pořádán ve spolupráci katedry geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava a firmy Minova Bohemia, s. r. o. Záštitu nad seminářem převzala Česká tunelářská asociace ITA-AITES a dále Český báňský úřad. Tento ročník odborného semináře se konal rovněž v rámci řešení projektu *Inovace studijního oboru geotechnika*, který fakulta získala v loňském roce z operačního programu *Vzdělávání pro konkurenceschopnost* a jehož hlavním cílem je zvýšit zájem studentů o studium oboru geotechnika. Semináře se celkem zúčastnilo 160 odborníků z oblasti geotechnického a podzemního stavitelství, z toho 39 účastníků bylo ze zahraničí (Německo, Rakousko, Polsko, Anglie, Slovensko).

Seminář zahájil uvítacím projevem prof. Aldorf, jeden z odborných garantů semináře, účastníky pozdravil rovněž v zastoupení paní děkanky FAST proděkan pro rozvoj, za firmu Minova Bohemia, s. r. o., přednesl úvodní slovo nový ředitel firmy ing. Petr Kučera. Krátkým projevem přivítal účastníky semináře rovněž zástupce ČBÚ ing. Teichmann a za Českou tunelářskou asociaci doc. Hrubešová.

*Obr. 1 Úvodní slovo nového ředitele firmy Minova Bohemia, s. r. o., ing. Petra Kučery*
*Fig. 1 Opening speech by Ing. Petr Kučera, the new director of Minova Bohemia, s. r. o.*

Na semináři byly prezentovány zajímavé příspěvky zástupců firmy Minova Bohemia i dalších světových poboček firmy Minova (přednášející Leeming C Eng, Dr. Krizanovic, Smith, Rockhoff) informující o nabízeném sortimentu firmy v oblasti kotevních systémů a injektážních materiálů, řada příspěvků se týkala praktických aplikacích těchto systémů a materiálů jak v oblasti geotechnického, tak i hornického stavitelství. Nové výrobky a jejich aplikace představily na semináři rovněž firmy Osborn Strata products Ltd., Geofinal, s. r. o., Spyra Primo Poland, Sp. z. o. o. Podnětnou odbornou diskusi iniciovala rovněž firemní prezentace firmy BASF. Firma Maccaferri Central Europe, s. r. o., představila možnosti využití flexibilních bariér. Aktuálními problémy hornického stavitelství se zabývali ve svých příspěvcích zástupci firmy OKD, a. s. Účastníky semináře jistě zaujal i příspěvek prof. Turčeka zabývající se problematikou realizace hlubokých těsněných stavebních jam v blízkosti Dunaje, dále příspěvek kolegů z Ústavu geoniky v Ostravě, prezentující možnosti monitoringu chování a únosnosti kotevních systémů. Kolektiv autorů firmy Inset, s. r. o., seznámil účastníky semináře s využitím magnetoelastického dynamometru pro monitoring vývoje sil v zemních kotvách. Zástupci firmy Metrostav, a. s., prezentovali příspěvky týkající se aplikací dvoukomponentní injektáže při ražbě tunelů metra a využití chemických injektáží svorníků při výstavbě stanice Veleslavín pražského metra.

V závěru semináře pak dostali příležitost vystoupit na tomto odborném fóru dva letošní absolventi oboru geotechnika se závěry svých obhájených diplomových prací.

Stejně jako v předchozích letech seminář potvrdil potřebu těchto odborných setkávání, přinesl řadu nových informací, zkušeností a inspirací pro řešení mnohdy velmi složitých a komplexních praktických problémů v oblasti geotechnického i hornického stavitelství a přispěl k odborné diskusi i k navázání nových odborných kontaktů.

Další odbornou geotechnickou akcí, na jejíž přípravě a organizaci se spolupodílí katedra geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava, je mezinárodní konference Geotechnika 2012 ve Vysokých Tatrách (26.–28. 9. 2012).

***DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,***
***eva.hrubesova@vsb.cz,***
***FAKULTA STAVEBNÍ VŠB-TU Ostrava***

## TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 4/2011
## TUNNELLING AFTERNOON 4 / 2011

The topic of the Tunnelling Afternoon (TA 4/211), the fourth half-day seminar organised quarterly by the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, comprised portal construction pits, designing, execution and complications encountered during the course of construction. The event was held in November 2011 at Masaryk's College of the Czech Technical University Prague in Prague 6 – Dejvice. It was attended by a large number of persons – 87.

Tématem čtvrtého tunelářského odpoledne v roce 2011 (TO 4/2011), což jsou půldenní semináře pořádané každé čtvrtletí Českou tunelářskou asociací ITA/AITES, byly portálové stavební jámy, jejich navrhování, provádění a komplikace, ke kterým při navrhování a provádění dochází.

Akce se konala v Masarykově koleji ČVUT Praha v Praze 6 -Dejvicích a zúčastnil se jí velký počet osob – 87.

Hlavní podíl na přípravě TO 4/2011 měl Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., který také společně s prof. Jiřím Bartákem, DrSc., tunelářské odpoledne řídil.

Úvodní přehlednou a velmi dobře zpracovanou přednášku *Navrhování pažení stavebních jam – minulost, přítomnost a budoucnost* prezentoval doc. Ing. Jan Masopust, CSc., FAST VUT Brno. I na příkladech ukázal rizika návrhu i provádění především hlubších stavebních jam.

Ing. Jiří Svoboda z Pragoprojektu Praha, a. s., přednesl přednášku *Technické řešení portálu tunelu Horelica*. Poukázal na obtíže způsobené umístěním portálové stavební jámy u portálu Čadca do složitých geotechnických podmínek. Zájmové území bylo postiženo starými blokovými poruchami, i poruchami tektonickými. Navíc se jednalo o sesuvné území. Při realizaci prací musel projektant reagovat na postupně se projevující nestabilitu svahů stavební jámy, což vyústilo v provedení masivních opatření k trvalé stabilizaci portálové jámy.

*Stabilitní problémy portálu tunelu Prackovice* byly tématem přednášky prof. Ing. Jiřího Bartáka, DrSc., z FSV ČVUT Praha. Provedení portálové stěny a jámy si vyžádalo postupnou aplikace stabilizačních opatření i proto, že portál byl situován v bývalém lomu na čedič.

*Technické řešení a komplikace při provádění mimořádné stavební jámy Myslbekova na tunelovém komplexu Blanka v Praze* byly tématem přednášky Ing. Alexandra Butoviče, Ph.D. ze společnosti Satra, s. r. o., kterou připravil společně s Ing. Pavlem Průchou (FGC, s. r. o.). Velmi zajímavá přednáška se zabývala jámou skutečně mimořádných parametrů: rozměry 53,5 mx53 m; hloubka 32 m až 37,65 m, objem vytěžené horniny 139 500 $m^3$.

*Tunelový komplex Blanka – deformační problémy stavební jámy Letná* byl název přednášky, kterou přednesl Ing. Jaroslav Němeček ze společnosti Satra, s. r. o., společně s Ing. Miroslavem Jaso (Arcadis Geotechnika, a. s.). Prezentace byla zaměřena na deformace většinou vysokých záporových pažicích stěn rozlehlé a půdorysně členité stavební jámy.

Výborné shrnutí a přehled všech obtíží souvisejících s prováděním východního portálu tunelu Hřebeč přednesl Ing. Miloslav Salač z divize 5 Metrostav, a. s., v přednášce *Tunel Hřebeč – ztráta stability portálové stěny*. Jejím spoluautorem byl prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., z FSV ČVUT Praha. Základním problémem bylo dodatečné rozhodnutí o změně otevřeného zářezu za tunel, jehož zmíněný portál byl umístěn v nevhodných geotechnických podmínkách.

Podle zájmu účastníků lze pokládat poslední Tunelářské odpoledne v roce 2011 za velmi úspěšné.

Prezentace přednesené na TO 4/11 lze vyhledat na www.ita-aites.cz.

***ING. MILOSLAV NOVOTNY, novotny@metrostav.cz,***
***sekretář CzTA ITA-AITES***

## VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

### STO LET OD NAROZENÍ PROF. ING. DR. JIŘÍHO STREITA, CSC.
### ONE HUNDREDTH ANNIVERSARY OF BIRTH OF PROF. ING. DR. JIRI STREIT, CSC.

**(22. 1. 1912 – 22. 1. 1993)**

Prof. Jiří Streit se narodil 22. ledna 1912 v Praze. Vystudoval zemskou vyšší reálku ve Velkém Meziříčí, kterou ukončil v roce 1930 maturitou. Poté studoval na Vysoké škole technické v Brně. Svá vysokoškolská studia zakončil na Českém vysokém učení technickém v Praze, které absolvoval v roce 1935.

Po vojenské prezenční službě J. Streit nastoupil v roce 1937 do služeb ČSD. Byl přidělen na Slovensko, kde se zúčastnil stavby nové dráhy Púchov – Horní Lideč a Banská Bystrica – Diviaky. Pracoval zde jako stavbyvedoucí na stavbách tunelů.

Po vzniku Slovenského štátu v roce 1939 byl přeložen do Prahy a přidělen projekční a konstrukční kanceláři DR v Praze, kde pracoval jako konstruktér a projektant. V roce 1944 byl přeložen na ředitelství drah v Praze. Po osvobození v květnu 1945 byl J. Streit povolán na ministerstvo dopravy, kde pracoval v oddělení pro stavbu nových drah, později na hlavní správě železničního stavitelství jako vedoucí odboru pro stavbu železničního spodku a tunelů, poté jako náčelník odboru pro konstrukce a technickou kontrolu. V roce 1958 přešel k železničnímu stavitelství v Praze, v roce 1959 na SUDOP a v roce 1961 nastoupil u správy dráhy Praha, kde byl v roce 1963 jmenován ředitelem Správy přestavby železničního uzlu Praha.

V roce 1966 J. Streit přešel na Vysokou školu dopravní v Žilině, kde byl jmenován mimořádným profesorem pro tunelové stavitelství. Zde působil až do roku 1977, kdy formálně odešel do důchodu. Od roku 1977 do 1981 pracoval ve Státním ústavu dopravního projektování (SUDOP Praha, a. s.)

Prof. J. Streit zemřel 22. ledna 1993 v Praze.

Jako vyjádření úcty k panu profesorovi cituje dále jeho žák a autor tohoto příspěvku jeho předmluvu z knihy:

***Tunely všech dob a světadílů***

*Tunel – čarovné slovo s nádechem tajemství, slovo lákající, plné nesplněných dobrodružných příslibů těm, kdo zvědavě nahlédli do temného otvoru tunelového staveniště. Jen málokomu je dopřáno shlédnout obtíže oné nebezpečné a zajímavé podzemní práce, kde život odvážných mužů visí na nitce, kde nikdo neví dne ani hodiny, kde záleží na každém pohybu, na každé myšlence, ba na každém hmatu, kde stačí málo, opravdu velmi málo, aby celé tuny řítící se, vše drtící skály a země s hromovou ranou pohřbili za živa odvážlivce pronikající nebojácně do neprobádaného, hrozivě mlčícího, potměšile mokvajícího nitra hory. Tunel – slovo naplněné též prací, naprosto všední a netajemnou, zato těžkou. Z hukotu*

Prof. Jiri Streit was born in Prague on 22nd January 1912. He finished the secondary school in Velke Mezirici, passing his school-leaving examination in 1930. Then he studied at the Technical University in Brno. He completed his university studies at the Technical University in Prague, graduating in 1935.

After the compulsory military service, in 1937, J. Streit entered Czechoslovak State Railways. He was sent out to Slovakia, where he participated in the construction of the new Púchov – Horní Lideč and Banská Bystrica – Diviaky rail line in the position of a site agent on tunnel construction sites.

In 1939, after the foundation of the Slovak Republic, he was transferred to Prague and employed as a structural engineer and designer. In 1944 he was transferred to the directorate of railways in Prague. After liberation, in May 1945, J. Streit was called to the ministry of transport, where he worked in the department for the construction of new rail lines, later at the main office of the railway construction administration, in the position of the head of a department for the construction of track bed and tunnels, then in the position of the chief of the department for structures and technical inspection. In 1958 he transferred to a railway construction company in Prague, then, in 1959, to SUDOP designing office and, in 1961, he entered the Railway Administration in Prague, where he was appointed director of the Prague Rail Junction Redevelopment Administration.

In 1966, J. Streit transferred to the University of Transport in Zilina, where he was appointed associate professor for tunnel construction engineering. In this position he worked till his formal retirement in 1977. From 1977 to 1981 he worked for the State Administration for the State Railways and Transport Design Institute (SUDOP Praha, a. s.)

Prof. J. Streit passed away in Prague on 22nd January 1993.

His student, the author of this contribution, quotes the foreword from his book as the expression of his respect to his Mister Professor:

***Tunnels of all times and continents***

*A tunnel – a magic word with an air of secret, an alluring word, full of unfulfilled promises to those who have curiously taken look into the dark opening of a tunnel under construction. Only few people are granted the possibility of seeing the problems of that dangerous and interesting underground work, where lives of brave men hang on by thread, where no one knows the day or hour, where each movement, each idea, even each touch are important, where little, really very little is enough for tonnes of crushing rock and ground to fall down and, with a thunder clap, bury alive brave people daringly breaking into the unexplored, frighteningly silent, cunningly festering entrails of a mountain. A tunnel – a word filled, in addition, with work, which is absolutely unexceptional and unmisterious, although hard to perform. The weight of tunnelling work wafts on us from the noise generated by compressors, from the dizzying darkness*

*kompresorů, ze závratných temnot tunelářského podsvětí, v nichž mrkají bludičky světélek tunelářských lamp, na nás vane tíha tunelářské práce. Tunely se stavěly ve všech dobách. Kdo chce sledovat jejich dějiny, musí kráčet cestou vyšlapanou stopami nespočetných generací mužů, plnou tvůrčí obrazotvornosti, odvahy a obětavosti. Je to cesta nasáklá krví padlých a udusaná šlépějemi vítězů, spějících touže cestou dál a dál za uskutečněním závratných myšlenek. Je to cesta plná romantiky, cesta, která se táhne od století k století, od myšlenky k myšlence, od jednoho velkého díla k druhému. Plyne tisíciletími, ze země do země, nepatří nikomu a slouží všem. Nikdo nedohlédne jejího konce. Všem nadšencům, kteří stávají se zvědavě rozšířenýma očima na okraji této nekonečné cesty, procházející temným otvorem rozestavěného tunelu, cesty, jejíhož mlhavého začátku ani konce nedovedou dohlédnout, a všem, kteří si zachovali pochopení pro romantiku technického díla a závratné myšlenky, je věnována tato knížka, která nechce být jen knížkou přísně technickou. Chce zanítit jiskřičku nadšení a víry ve velké technické dílo, v myšlenky budoucnosti, chce vzpomenout prostých i velkých mužů, kteří pro odvážná díla minulých dob dávali v sázku své životy, umírali a vítězili.*

*Praha v lednu 1946*

Co víc dodat, v těchto pár řádcích je slyšet tlukot srdce, které máme mnozí.

***ING. MICHAL GRAMBLIČKA, gramblicka@sudop.cz, SUDOP, a. s.***

*of the tunnelling underground where wills o' the wisp produced by miners' lamps blink at us. Tunnels have been constructed during all periods. He who wishes to follow their history has to walk along a path beaten down by steps of countless generations of men, which is full of creative imagination, bravery and self-sacrifice. It is a path soaked with the blood of the fallen and pounded by feet of conquerors heading on along the same path toward the accomplishment of their astonishing ideas. It is a path full of romance, a path stretching from a century to a century, from an idea to an idea, from one great working to another. It continues through millennia, from a country to a country, belonging to nobody and serving all. Nobody can see as far as its end. This book, which does not intend to be only a technical publication, is dedicated to all enthusiasts who usually stand with their eyes curiously wide open at the edge of this endless path running through the dark opening of a tunnel under construction, the path the hazy beginning or end cannot be seen by themselves and to all those who have retained their understanding for the romance of technical workings and breathtaking ideas. Its merit is to ignite a spark of enthusiasm and belief in great technical work, in ideas of the future. Its desire is to remember common as well as outstanding men, who laid their lives in wage, died and won for daring workings of the past.*

*Prague, January 1946*

What else is to be added? The several lines above emit the sound of the beat of a heart many of us have in our bodies.

***ING. MICHAL GRAMBLIČKA, gramblicka@sudop.cz, SUDOP, a. s.***

## NAROZENIN, KTERÉ OHRANIČUJÍ ŽIVOTNÍ BĚH DLOUHÝ 3/4 STOLETÍ, SE DOŽÍVÁ ING. JOZEF FRANKOVSKÝ

## A BIRTHDAY BORDERING THE THREE-QUARTER-CENTURY-LONG LIFE WILL BE CELEBRATED BY ING. JOZEF FRANKOVSKÝ

Můj dlouholetý přítel Josef Frankovský se narodil v březnu roku 1937, ještě za časů společné první republiky. Jeho rodištěm byla Veľká Franková, vesnice v okrese Kežmarok, v blízkosti hřebene Spišské Magury a polských hranic.

Jeho hornicko-stavařská životní dráha začala vzděláváním na hornickém učilišti v Sirku a poté na hornické průmyslovce v Rožňave. Později, již při zaměstnaní vystudoval v letech 1961 až 1967 Hornickou fakultu v Košicích, obor hlubinné dobývání a výstavba dolů. V roce 1960 nastoupil Ing. Frankovský do podniku Báňské stavby Prievidza, jemuž zůstal věrný prakticky po celou dobu svého plodného odborného života, s výjimkou čtyřletého porevolučního období, kdy zastával významné řídicí funkce v jiných organizacích. V Báňských stavbách Prievidza pracoval až do roku 1989 v oddělení technického rozvoje, kde se podílel na vývoji technologií ražby a v té době velmi progresivního vyztužování podzemních děl (panelová výztuž, stříkaný beton). V roce 1990 byl pověřen funkcí ředitele podniku Banské stavby Prievidza.

V letech 1991 až 1993 byl ředitelem odboru těžby nerostných surovin na Ministerstvu hospodářství SR v Bratislavě a v období 1993 až 1994 působil jako generální ředitel podniku Prefabetón, a. s. V roce 1995 se vrátil na Báňské stavby, kde pracoval jako vedoucí odboru marketingu, později jako vedoucí kanceláře a poradce generálního ředitele.

Jako uznávaný odborník se Ing. Frankovský aktivně podílel na výstavbě významných báňských a inženýrských staveb,

Josef Frankovský, a long-time friend of mine, was born in March 1937, during the time of the First Czechoslovak Republic. His birthplace was the Slovak village of Veľká Franková in the District of Kežmarok, in the vicinity of the Spišská Magura mountain range and the border with Poland.

His mining and construction career started by learning at a mining vocational school in Sirk and, subsequently, studying at a technical college in Rožňava. Later, from 1961 through 1967, he studied extramurally at the Faculty of Mining in Košice, the Department of Deep Mining and Development of Mines. In 1960, Ing. Frankovský entered Báňské Stavby Prievidza (development of mines) and remained faithful to it virtually for the whole time of his fruitful professional life, with the exception of a four-year post-revolution period during which he held important managerial functions in other companies. As far as Báňské Stavby Prievidza company is concerned, he worked there till 1989 with the Technical Development Department, where he participated in the development of tunnelling techniques, including the stabilisation and support of underground workings, which was at that time very progressive (panel reinforcement, sprayed concrete). In 1990, he was entrusted with the position of director of Banské Stavby Prievidza a. s.

From 1991 to 1993 he was the director of the Department of Exploitation of Mineral Resources of the Ministry of Economy of the Slovak Republic, Bratislava. From 1993 to 1994 he was in the position of the general director of Prefabetón a. s. In 1995 he returned to Banské Stavby a.s., where he worked in the position of the marketing department, later he was in the position of the manager of general director's office and consultant to general director.

As a renowned expert, Ing. Frankovský actively participated in the development of significant mining-related and civil engineering

např. odvodňovací štoly Voznica, přečerpávací vodní elektrárny Čierny Váh a Baně Cigeľ. Velmi bohatá a významná je jeho publikační činnost ve sbornících vědeckých konferencí, zaměřených na oblast hornictví a podzemního stavitelství, a také v odborných časopisech – Tunelu, Inženýrských stavbách, Rudách apod. Je též autorem knižní publikace *Popod hory a doliny*, která byla vydána při příležitosti padesátiletého trvání podniku Banské stavby Prievidza v roce 2001. Odborně i organizačně se řadu let podílel na činnosti Slovenskej tunelárskej asociácie ITA-AITES a díky úzké spolupráci CzTA a STA i na mnoha akcích společných – přípravě konferencí, tematických zájezdů, exkurzí atd.

Působení Ing. Frankovského v časopise Tunel, který taktéž společně vydávají tunelářské asociace obou našich republik, si zaslouží zvláštní zmínku. Jako dlouholetý člen redakční rady se trvale a velmi aktivně podílel a podílí na přípravě každého čísla Tunelu, jeho velmi kvalitní odborné, jazykové a také všeobecně humanitní znalosti přispívají ke stále se zlepšující kvalitě našeho časopisu. Svým působením v redakční radě nepochybně přispěl i k zařazení TUNELU mezi recenzované časopisy, velmi příznivým zahraničním referencím a zvýšenému zájmu autorů o publikování svých poznatků v TUNELU.

Jsem hluboce přesvědčen, že si Jozef Frankovský získal během svého dlouholetého působení v tunelářské komunitě obou našich republik zasloužené uznání, a proto si dovoluji jménem všech členů CzTA i STA, redakční rady TUNELU, popřát mu do dalších let především stálé zdraví a životní pohodu. A do budoucna mu přeji neutuchající chuť do práce vůbec, zejména však v redakční radě TUNELU. Na jejích zasedáních je, a jistě nejen pro mě osobně, každé další setkání s ním potěšením i poučením zároveň. Jozífku, děkujeme za trvalou přízeň a zdravím Tě za všechny přátele, jak jinak, než „Zdař Bůh“!

***PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.,***
***předseda redakční rady časopisu TUNEL***
***a místopředseda CzTA ITA-AITES***

construction projects, for example the Voznica drainage gallery or the Čierny Váh and Baně Cigeľ pumped storage schemes. His activities of publishing in proceedings of scientific conferences focused on the fields of mining and underground construction, as well as technical journals TUNEL, Inženýrské Stavby, Rudy etc. have been very extensive and important. In addition, he is the author of a book “Popod hory a doliny” (Under mountains and valleys), which was published in 2001 on the occasion of the fiftieth anniversary of the existence of the company of Banské Stavby Prievidza. He participated as an expert and organiser in the activities of the ITA-AITES Slovak Tunnelling Association and, owing the close collaboration between the CzTA and STA, even in many events organised jointly, e.g. the preparation of conferences, thematic trips and excursions.

Activities of Ing. Frankovský in TUNEL journal, which is also published jointly by the tunnelling associations of both our republics, deserve a special mention. In the position of a long-time member of the editorial board, he permanently and very actively participated and participates in the preparation of each TUNEL issue. His high quality technical, linguistic and even general artistic knowledge contribute to the ever improving quality of our journal. Through his activities in the Editorial Board he even undoubtedly contributed to the ranking of TUNEL among peer-reviewed journals, which have received very favourable references from abroad and won increased interest of authors in publishing their knowledge in TUNEL.

I am deeply convinced that Jozef Frankovský has got the well deserved credit during his long-time activities in the tunnelling communities of our two republics. For that reason I take the liberty of wishing him, on behalf of all members of the CzTA and the STA and the editorial board of TUNEL, great health and happiness for many years to come, as well as unflagging desire for working in general, first of all in the editorial board of TUNEL. Each meeting with him at the board sessions is a pleasure as well as enlightenment certainly not only for me. Dear Jozef, let me thank you for your lasting goodwill and greet you on behalf of all friends. God speed you!

***PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.,***
***Chairman of the Editorial Board of TUNEL***
***and vice-chairman of the ITA-AITES CzTA***

## 70 LET ING. PETRA VOZARIKA
## ING. PETR VOZARIK SEPTUAGENARIAN

Důkazem, že čas neúprosně běží, je skutečnost, že náš vždy vitální a činorodý kolega Ing. Petr Vozarik, dlouholetý předseda redakční rady časopisu Tunel, se v dubnu 2012 dožívá sedmdesáti let.

Narodil se 16. 4. 1942 na Uherskobrodsku v rázovité oblasti Moravského Slovácka, v kraji vína, slivovice i meruňkovice, krásných krojů a strhujících lidových písní. Není divu, že nikdy svůj vztah k rodnému kraji neztratil a svým způsobem byl na něj náležitě hrdý. Pokud při společenských večerech konferencí Podzemní stavby Praha, jejichž aktivním organizátorem vždy byl, hrála cimbálová muzika, určitě někde poblíž Petr byl.

Po ukončení střední školy odešel z rodného kraje do Ostravy, kde vystudoval obor výstavby dolů na Vysoké škole báňské. Později si vzdělání rozšířil v rámci postgraduálního studia na ČVUT Praha i VŠCHT Pardubice (obor trhacích prací).

Za zaměstnáním nejprve přešel do Kladna k podniku VKD Kladno, u kterého se nejprve podílel na přípravě a stavbě tunelového přivaděče pitné vody ze Želivky, kde pracoval jako stavbyvedoucí. Do roku 1975 stihl v rámci VKD Kladno pracovat na kanalizační síti pro SONP Kladno, ale hlavně na

The fact that our always vital and active colleague Ing. Petr Vozarik, the long-standing chairman of the editorial board of TUNEL journal, will live to see seventy in April 2012 is a proof that time inexorably marches on.

He was born on 16th April 1942 in the region of Uhersky Brod, which is a typical area of Moravian Slovakia, a wine, plum brandy and apricot brandy producing region famed for beautiful folk costumes and stirring folk songs. No wonder that he has never lost his relationship to his home region and in a way remained proud of it. If there was a dulcimer band at the Underground construction Prague conference gala dinners, an active organiser of which he always was, Petr was certainly somewhere nearby.

After finishing a high school he left his home region for Ostrava, where he graduated from the Mining University with a degree in the development of mines. Later he expanded his education within the framework of post-gradual studies at the Technical University of Prague and the Institute of Chemical Technology, Pardubice (shot blasting).

At the beginning he found the employment in VKD Kladno, where he participated in the planning and construction of the tunnel supplying potable water from the Zelivka River. He worked there in the position of site agent. Till 1975 he managed to work with VKD Kladno on sewerage network for SONP Kladno and, first of all, on mined sections of lines C

pražském metru na tunelových úsecích C a II. A včetně stanic Želivského, Malostranská a Hradčanská.

V roce 1975 nastoupil k firmě Metrostav Praha, kde se nejprve věnoval přípravě dalších tras metra I.A, I.B, II.B a IV.B, posléze jako vedoucí oddělení. V roce 1990 se stal vedoucím odboru předvýrobní přípravy Metrostav, a. s., a následně ředitelem divize Consult, která sdružovala specialisty pro výstavbu tras metra a dalších podzemních staveb.

Z tohoto stručného přehledu je patrné, že pražské metro naplňovalo profesní život Ing. Petra Vozarika více než 30 let, z čehož vyplynula jeho mimořádná znalost této stavby i velké zkušenosti. Ty v nedávném období od roku 2006 do roku 2011, kdy odešel do důchodu, uplatnil také v přípravě a inženýringu stavby tunelového komplexu Blanka v Praze na divizi 02 Metrostav, a. s.

Zaujetí pro podzemní stavby se odrazilo i ve velmi aktivním působení v České tunelářské asociaci ITA-AITES (dříve komitétu). Podílel se na přípravě prvního v Praze konaného světového tunelářského kongresu ITA-AITES WTC 1985, tehdy pod vedením nezapomenutelného Ing. Jaroslava Grána. Nechyběl samozřejmě při organizaci dalšího úspěšného světového tunelářského kongresu konaného v Praze v roce 2007. Byl členem přípravného výboru prakticky všech mezinárodních konferencí Podzemní stavby Praha, jejichž již 11. ročník se konal v roce 2010.

Předsedou redakční rady časopisu Tunel byl neuvěřitelných 17 let – od roku 1993 až do roku 2009. Pro časopis Tunel je to období růstu, zkvalitňuje se zásadním způsobem obsah časopisu, zvyšuje se počet publikovaných článků a příspěvků, časopis přechází na česko/slovensko anglickou mutaci a všeobecně roste jeho prestiž. Je jasné, že výrazný podíl na rozvoji časopisu patří Ing. Vozarikovi.

Je ale vhodné zmínit i Petrovy osobní koníčky. Láska k horám ho přivedla k vysokohorské turistice, v rámci které absolvoval mnoho opravdu náročných výstupů a horských tras. K horám patří lyžování, které Petr provozoval s náruživostí sobě vlastní. I ochotnické divadlo mezi jeho koníčky najdete.

Před závěrem si dovoluji zdůraznit důležitou stránku jeho osobnosti. Petr byl a je člověk společenský, s otevřeným vztahem ke každému, je to dobrý parťák.

Za celou redakční radu časopisu Tunel a za všechny, kdo se s ním v rámci CzTA ITA-AITES potkávali a potkávají, přeji Ing. Petru Vozarikovi do dalších let pevné zdraví a životní optimismus, který sám uměl rozdávat.

*ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, sekretář CzTA ITA-AITES*

and IIA of the Prague metro, including Zelivskeho, Malostranska and Hradcanska stations.

In 1975 he entered Metrostav Prague, where, in the beginning, he pursued the planning for new metro lines IA, IB, IIB and IVB, later as a head of a section. In 1990 he became the head of Metrostav a. s. construction pre-planning department and, subsequently, the director of the Consult Division, which joined specialists needed for the development of metro lines and other underground structures.

It is obvious from the above overview that the Prague metro has been filling the professional life of Ing. Petr Vozarik for over 30 years, becoming the source of his exceptional knowledge of this project and his extensive experience. He applied it recently, from 2006 to 2011, after retiring, even it the planning and engineering for the project of Blanka complex of tunnels in Prague, working for Metrostav a. s. Division 02.

His concern for underground construction projects even reflected itself in the very attractive work in the ITA-AITES Czech Tunnelling Association (formerly a Committee). He participated in the preparation of the ITA-AITES World Tunnel Congress held for the first time in Prague in 1985, at that time under the leadership of unforgettable Ing. Jaroslav Grán. Of course, he was present at the organisation of the other successful ITA World Tunnel Congress held in Prague in 2007. He was a member of preparatory committees practically for all international conferences Underground Construction Prague, the already 11th annual event of which was held in 2010.

He was the chairman of the Editorial Board of TUNEL journal for incredible 17 years, from 1993 to 2009. For tunnel JOURNAL it was a period of growth during which the quality of the content significantly improved, the number of published papers and contributions increased, the journal transited to a Czech/Slovak – English variant and its prestige was generally growing. It is obvious that a substantial share in the development of the journal is owed to Ing. Petr Vozarik.

But it is also suitable to mention Petr`s personal hobbies. His love to mountains brought him to Alpine tourism. Within its framework he attended many tours on mountain paths, including really difficult climbs. Mountains are associated with skiing and Petr enjoyed it with passion so typical of him. You can even find amateur acting among his hobbies.

Before the conclusion, allow me to put stress on an important point of his personality. Petr was and is a sociable man, with an open relationship to all people. He is a good mate.

I wish Ing. Petr Vozarik on behalf of the entire editorial board of TUNEL journal and all people who met him and still meet him within the framework of the ITA-AITES CzTA great health and optimism in life he has always known how to spread, for the years to come.

*ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, CzTA ITA-AITES Secretary*

# AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE
# CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

## ČESKÁ REPUBLIKA

### SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA

### TUNEL ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (KRÁLOVSKÁ OBORA)

V STT byl uložen poslední kubík litého betonu do sekce č. 45 u propojky TP 13, a tím byly ukončeny 40 měsíců trvající práce na budování definitivního ostění ražených tunelů a souvisejících vzduchotechnických prostor. Zbývá provést výztuž a finální ostění ze stříkaného beton v části propojky TP 13 a jejího napojení na sekci č. 45 v STT.

V STT a JTT byly dokončeny cementové injektáže. Bednicí vozy používané pro betonáž dvoupruhových tunelů byly již

## THE CZECH REPUBLIC

### CITY RING ROAD STRUCTURES: MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA

### ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA TUNNEL (KRÁLOVSKÁ OBORA PARK)

The last cubic metre of cast concrete was placed in the NTT casting block No. 45 near cross passage TP 13. It was the end of the 40-month period of the construction work on the final lining of the mined tunnels and associated spaces for ventilation. The only remaining work is to install reinforcement and the shotcrete final lining for a part of cross passage TP 13 and for its connection to block No. 45 in the NTT.

Cement grouting in the NTT and STT has been finished. The dismantling of the travelling tunnel formwork sets used for the casting of the double-lane tunnels has been completed. The dismantling of the last travelling

rozebrány a v současné době probíhá demontáž posledního bednicího vozu, který sloužil pro betonáž třípruhových tunelů.

V prostorách technických chodeb byly dokončeny podlahy v úpravě betonových mazanin. V úrovni vozovek JTT a STT jsou částečně položeny obrubníky a v chodnících zabetonovány chráničky. Dokončeny jsou téměř v celém rozsahu ochranné nátěry betonů horní klenby ostění.

Prostory tunelu včetně propojek a vzduchotechnických prostor se postupně uvádějí do stavu stavební připravenosti pro zahájení montáže provozní technologie. V technických prostorách pod mostovkou probíhají přípravné práce pro pokládku kabelů definitivního technologického vedení v trase tunelů.

## TUNEL MYSLBEKOVA – PRAŠNÝ MOST (BRUSNICE)

Celá severní tunelová trouba je již provedena v definitivním ostění. To znamená, že byly kompletně dokončeny betonáže jak spodní, tak horní klenby. V současné době se v STT provádí betonáže podkladních betonů pro osazení štěrbinových žlabů, obrubníků a spádových betonů pod mostovkou.

Práce na vlastní betonáži definitivního ostění se přesunuly do jižní tunelové trouby včetně izolace a armovacích prací. Ze spodní klenby zbývá dokončit pouhých šest betonážních celků. Ty by měly být hotovy do konce února. Horní klenba je betonována pomocí ocelové formy, která byla přesunuta ze severního tunelu v polovině prosince minulého roku. Od té doby se již podařilo zabetonovat bezmála polovinu jižní tunelové trouby. Předpokládá se, že kompletní dokončení prací na definitivním ostění, včetně obou propojek, bude hotovo do poloviny roku 2012.

Objekt vzduchotechnického kanálu je již také dokončen. Nyní se pokračuje pracemi na betonáži vzduchotechnické šachty pomocí kruhového posuvného bednění. První tři bloky jsou již hotovy, a to včetně dělící železobetonové stěny, která je betonovaná zároveň s ostěním šachty.

## PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Ve sledovaném období od poslední informace v časopise Tunel probíhala na levém traťovém tunelu ražba mezistaničního úseku Petřiny – Veleslavín. Mechanizovaný štít Tonda stihl vzdálenost 1065 m urazit za necelé dva měsíce, přesně za 57 dní. Během listopadu byl jeho měsíční výkon přes 620 metrů vyraženého tunelu. Ve shodě s harmonogramem pokročila ražba 1. prosince k šachtě před stanici Veleslavín, ve které proběhla v den oslav svátku Sv. Mikuláše slavnostní prorážka. Po prorážce a přesném zaměření aktuální výšky stroje započaly práce na železobetonových kolébkách pro posun štítu. Kromě kolébek samotných bylo nutno osadit ocelové konstrukce pro uchycení trubních vedení a pasových dopravníků. Zmíněné práce včetně celého posunu byly dokončeny 22. ledna. Následně byla provedena rozrážka strojem S 609 a zahájeny ražby 210 metrů dlouhého úseku ze stanice Veleslavín do stavební jámy E2, do které stroj dorazil již v prvním únorovém týdnu.

Zahanbit se nedal ani tunelovací komplex Adéla. Štít razící pravý traťový tunel vytvořil několik úctyhodných rekordů. Dne 16. prosince se podařilo dosáhnout denního rekordu délky 36 metrů, o den dříve padl rekord v počtu vyražených metrů v jedné dvanáctihodinové směně – 18 metrů. Prorážka do stanice Veleslavín se uskutečnila 19. ledna. Stroj nyní čeká technologická přestávka v ražbě, během níž se bude stejně jako v případě levého tunelu provádět železobetonová kolébka pro umožnění posunu stanicí.

Kromě prací na ražbách jednokolejných tunelů probíhají přípravné práce na ZS u jámy E2, kam se postupně bude stěhovat jak personál, tak i objekty a kompletní vybavenost s výhledovým ZS pro technologii TBM.

Stanice Petřiny je v současné době těsně před dokončením razičských prací. Zatímco opěrové tunely průřezu jednolodní stanice jsou blokovány komplexním logistickým zajištěním mechanizovaných štítů, byla vyražena kalota v celé délce stanice,

formwork which was used for the casting of the triple-lane tunnels is currently in progress.

Concrete screed floors have been completed in service galleries. The laying of curbs has been partially carried out at the STT and NTT roadway level and the embedding of casing pipes in concrete walkways has been finished. Protective coating of nearly the whole upper vault lining concrete surface has been completed.

The civil works in tunnel spaces including cross passages and spaces for ventilation are being prepared in a phased manner for starting the installation of operating equipment. Preparation work for the laying of the final distribution of service cables running along the tunnels is underway in service spaces under the road deck

## MYSLBEKOVA – PRAŠNÝ MOST (BRUSNICE) TUNNEL

The installation of the final lining has been completed throughout the northern tunnel tube length. This means that the casting of concrete of both the invert and upper vault has been completely finished. At the moment the casting of concrete bed under slotted drainage troughs, curbs and cambered concrete under the road deck is in progress.

The work on the casting of the final lining moved to the southern tunnel tube, including the installation of the waterproofing membrane and concrete reinforcement. Only six concrete casting blocks of the invert remain to be completed. They should be finished by the end of February. The upper vault is being cast using steel formwork, which was moved from the northern tunnel tube last year, in the middle of December. Since then the casting of nearly a half of the southern tunnel tube has been successfully completed. It is expected that the work on the final lining including both cross passages will be completely finished by mid 2012.

The ventilation duct structure has also been completed. Currently the work continues by casting of the concrete lining of the ventilation shaft using a circular climbing form. Initial three blocks, including the reinforced concrete dividing wall which is cast concurrently with the casting of the shaft lining, have already been completed.

## METRO LINE VA EXTENSION

During the period under observation, since the previous information in TUNEL journal, the left-hand running tunnel has been driven within the Petřiny – Veleslavín inter-station section. The Tonda mechanised shield managed to excavate 1065 m of the tunnel for less than two months, exactly 57 days. Its monthly advance rate achieved in November exceeded 620 metres. On 1st December, in conformity with the works schedule, the excavation reached the shaft before Veleslavín Station, where the breakthrough ceremony took place on the occasion of the Saint Nicholas day celebration. After the breakthrough and precise surveying of the actual level of the TBM, the work on reinforced concrete cradles required for moving of the machine started subsequently. In addition to the cradles it was necessary to install steel structures supporting pipelines and belt conveyors. The above-mentioned work items, including the complete shifting of the TBM, were finished on 22nd January. Subsequently the TBM S 606 (Tonda) started to excavate the 210 m long stretch from Veleslavín Station to the construction pit E2. It reached the pit as early as the first week of February.

The tunnelling complex Adéla did not allow Tonda to shame it. The TBM driving the right-hand running tunnel established several new respectable records. The record advance of 36 m per day was reached on 16th December, while one day before the record of the tunnel length driven during one twelve-hour shift was broken, reaching 18 metres. The breakthrough into Veleslavín Station took place on 19th January 2012. Now a technological break is ahead of the TBM. A reinforced concrete cradle will be installed during the break, the same as that installed in the left-hand tunnel, making the pulling of the machine through the station possible.

Apart from driving the single-track running tunnels, preparatory work is in progress on the site facility at the E2 construction pit, to which the personnel, structures and complete technical equipment will be step-by-step moved, with the installation of the site facility for the TBM technology planned to follow.

The tunnelling for Petřiny Station is currently near completion. While the side tunnels being driven within the one-vault station cross-section are being blocked by the complex logistics for mechanised shields, the top heading excavation was finished throughout the station length.

následně provedena ražba jádra a zčásti i protiklenby ve středním dílčím výrubu stanice. Zbývá dokončit posledních 70 m protiklenby. Po dokončení ražby protiklenby budou práce ve stanici Petřiny pozastaveny až do doby, kdy bude logistika pro mechanizované štíty přesunuta na zařízení staveniště u jámy E2. V souběhu s těmito pracemi v podzemí je z povrchu ražen eskalátorový tunel. Je prováděn úpadně ve sklonu 30° ze ZS PE 1 v Brunclíkově ulici. V době sepsání příspěvku je vyraženo 19 m kaloty a 12 m dna z jeho celkové délky 51 m.

V prosinci loňského roku byly doraženy oba stometrové boční tunely stanice Veleslavín, a to včetně zarážek pro TBM. Tunely byly předány MTS pro zhotovení konstrukcí pro protažení TBM a z těchto důvodů jsou razicí práce na stanici pozastaveny až do přepojení technologie do jámy E2. Razičské osádky Subterra, a. s., nyní provádějí ražbu štoly únikového objektu, této ražbě předcházelo hloubení kruhové šachty hl. 14 m.

## DÁLNICE D8 – 805 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

I když stavba dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice čeká na zbývající stavební povolení v části staveb A a F, stavební práce na obou tunelech Prackovice a Radejčín pokračují.

V podzimních a zimních měsících roku 2011 na tunelu Prackovice byly dokončeny zásypy hloubených konstrukcí u pražského i ústeckého portálu s výjimkou rozprostření ornice. Železobetonová konstrukce provozně-technického objektu před tunelem je stavebně dokončena. U tohoto objektu byla dokončena montáž gabionové zdi. Rovněž bylo provedeno i odvodnění rubu zárubní zdi.

V tunelu Radejčín byl dokončen výkop a zajištění stavební jámy u pražského portálu. Stavební jáma byla zajištěna 13 kotevními úrovněmi. Práce pokračovaly na hloubených úsecích tunelu. U ústeckého portálu bylo vybetonováno 11 spodních i horních kleneb obou tunelových trub. V hloubeném úseku pražského portálu byly provedeny výkopové práce, podkladní betony a betonáž dvou bloků spodní klenby v trase jižní tunelové trouby. V ražené části je dokončeno definitivní ostění jižní tunelové trouby bez 5 bloků horní klenby. V severní tunelové troubě pokračují práce na budování definitivního ostění. Spodní klenba byla kompletně vybetonována. Horní klenba je dokončena ve třetině délky tunelu. Před bednicím vozem je provedena izolace horní klenby a osazena armatura klenby již na úseku téměř poloviny délky raženého tunelu.

## TUNELY VMO DOBROVSKÉHO

Pro brněnské silniční tunely platí, že všechny stavební práce na tunelech již byly dokončeny, a to včetně požárního vodovodu. V tuto chvíli se proto provádějí jen dokončovací práce na technologickém vybavení. Na svůj čas realizace spojené s příchodem teplejšího jarního počasí již také čekají finální vrstvy vozovky.

Současně se dále opravují poškozené povrchové objekty způsobené již proběhlou ražbou. Tyto opravy budou pravděpodobně postupně pokračovat i v dalších letech, tak jak budou doznívat vlivy ražby na povrchovou zástavbu. Práce provádějí firmy Subterra, a. s., a OHL ŽS.

## TUNELY NA ŽELEZNIČNÍ TRATI PRAHA – ČESKÉ BUDĚJOVICE

## ÚSEK: VOTICE – BENEŠOV U PRAHY

Na jedné z našich největších právě realizovaných koridorových staveb se stále více mísí čilý stavební ruch dokončovacích prací s již provozovanými úseky tratě. S koncem loňského roku byl totiž naplněn předpoklad odevzdání Olbramovického tunelu do zkušebního provozu.

Nejdelší Zahradnický tunel je dokončen stavebně a probíhá montáž větrání plus přípravy na konečnou přejímku. Pro tunely Tomice I a II platí, že byly dokončeny definitivní obezdívky

Subsequently the core was excavated and, partially, the invert in the central partial excavation of the station was excavated. The last 70 m portion of the invert excavation remain to be carried out. When the invert excavation is finished the work in Petřiny Station will be suspended until the logistics for the mechanised shields is moved to the site facility at construction pit E2. Concurrently with this work in the underground the escalator tunnel is being driven from the terrain level. The tunnel is driven down on a 30° grade from the construction site PE 1 on Brunclíkova Street. As this paper was being written, 19 m of the top heading and 12 m of the invert excavation at the total length of 51 m had been completed.

The excavation of both one hundred metres long side tunnels at Veleslavín Station, including starter tunnels for TBMs, was finished last year in December. The tunnels were handed over to Metrostav which is to carry out structures necessary for pulling the TBMs through the station. For these reasons the tunnelling operations in the station are suspended until the technological facilities are switched to the E2 construction pit. Subterra a.s. tunnelling crews are currently excavating a gallery leading to an escape shaft. The excavation was preceded by the sinking of the 14 m deep circular shaft.

## D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

Despite the fact that the construction of the D8 construction lot 0805 between Lovosice and Řehlovice is still waiting for the remaining building approvals for sections A and F, the construction work on both tunnels, Prackovice and Radejčín, continues.

The autumn and winter months of 2011 saw the completion of backfilling of the cut-and-cover sections of the Prackovice tunnel adjacent to the Prague portal and Ústí nad Labem portal, with the exception of top soil spreading. The civil works on the reinforced concrete structure of the operation and service building in front of the tunnel have been finished. A gabion wall along this building has been completed. In addition, the drainage on the outer side of the revetment wall has also been completed.

As far as Radejčín tunnel is concerned, the excavation and stabilisation of the construction pit at the Prague portal has been finished. The construction pit was stabilised by 13 tiers of anchors. The work continued on the cut-and-cover sections of the tunnel. Eleven blocks of both the invert and upper vault were cast in both tunnel tubes at the Ústí nad Labem portal. The excavation, casting of blinding concrete and casting of two blocks of the invert was finished in the cut-and-cover section adjacent to the Prague portal on the alignment of the southern tunnel tube. With the exception of 5 blocks of the upper vault, the final lining of the southern tunnel tube has been completed. In the northern tunnel tube the work continues on erecting the final lining. The casting of the concrete invert has been completely finished. The upper vault has been completed within one third of the tunnel length. Nearly a half of the upper vault length in the mined tunnel has already been provided with waterproofing and concrete reinforcement has been finished in it before the installation of the traveller formwork.

## DOBROVSKÉHO TUNNELS ON THE LARGE CITY CIRCLE ROAD IN BRNO

It applies to the Brno road tunnels that all civil works on the tunnels have been completed, including the fire main. Therefore only finishing work on the tunnel equipment is in progress at the moment. Final courses of the roadway also wait for the due time for realisation, which is associated with the arrival of warmer spring weather. .

Surface buildings damaged by the preceding tunnelling are being repaired concurrently. The repairs are likely to gradually continue in the years to come, depending on the fading of the effects of the tunnelling on surface buildings. The work is carried out by Subterra a. s. and OHL ŽS.

## TUNNELS ON VOTICE – BENEŠOV U PRAHY SECTION OF PRAGUE – ČESKÉ BUDĚJOVICE RAILWAY LINE

One of our largest construction sites of the railway corridor development project which is currently under construction is busy with finishing construction activities more and more mixing with the operating sections of the track. The reason is the fact that the assumption of handing the Olbramovice tunnel over for the trial operation was fulfilled at the end of the past year.

včetně chodníků a multikanálů. Navazující práce na technologickém vybavení tunelů, stavbě-gabionových stěn a terénních úprav pokračují tak, aby bylo možné koncem srpna investorovi předat tunely ke zkušebnímu provozu po jedné koleji.

Práce na všech čtyřech tunelech a tedy i celém úseku probíhají podle harmonogramu. Práce provádí Subterra, a. s., s kolektivy vedené ing. Šponarem a ing. Němečkem.

### ŽELEZNIČNÍ TUNEL JABLUNKOV Č. 2

Byly dokončeny ražby horních bočních štol v havarovaném úseku. Podle projektu byla štola A (levá horní) proražena, zatímco u štoly B (pravá horní) byl ponechán desetimetrový celík. Štoly tak mají délku 117 m (A), resp. 107 m (B). Ze štoly E (střed kaloty) bylo vyraženo 10 m a následně byla ražba opět v souladu s projektem zastavena. Šlo jen o to dosáhnout plné kaloty až do staničení 70 m, což se podařilo. Také se podařilo zpětně vyztužit kalotu v celé požadované délce. Následně se provedla přibírka jádra a protiklenby v primárním ostění až k začátku havarovaného úseku s dokončenými horními bočními štolami A a B. Od 1. února došlo k výluce na vedlejším tunelu a tím bylo možné začít ražbu boční štoly C. Práci komplikují silné mrazy, ale i tak se pracovníkům firmy Subterra vedeným ing. Středulou daří dosahovat metrových denních postupů a střídat práce na všech otevřených čelbách v souladu s harmonogramem stavby.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,*
*METROSTAV, a. s.,*
*ING. KAREL FRANCZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,*
*SUBTERRA, a. s.*

## SLOVENSKÁ REPUBLIKA

### TUNEL TURECKÝ VRCH

Stavebná časť železničného tunela Turecký vrch dĺžky 1775 m na úseku Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce je prakticky ukončená. V súčasnosti pokračujú práce na budovaní prvej koľaje pevnej jazdnej dráhy v tuneli, pričom v polovici februára 2012 je hotových cca 1100 m. Zároveň prebiehajú práce na montáži technologického vybavenia. Podľa harmonogramu stavby by mala byť do prevádzky uvedená jedna koľaj v júli 2012, pričom úplné ukončenie stavby a sprevádzkovanie oboch koľají sa očakáva v roku 2013. Investorom stavby sú Železnice Slovenskej republiky a zhotoviteľom združenie vedené spoločnosťou OHL ŽS, a. s. Ďalšími členmi združenia sú Skanska BS a. s., Váhostav – Sk, a. s., Doprastav, a. s., a Eltra, spol. s r. o.

### VÝSTAVBA ÚSEKOV DIAĽNICE D1 S TUNELMI

V predošlom roku 2011 Národná diaľničná spoločnosť vyhlásila niekoľko súťaží na projekt a výstavbu úsekov diaľnice D1, ktorých súčasťou by mali byť aj tunely. Prvým bol úsek D1 Jánovce – Jablonov s tunelom Šibenik (0,6 km), pričom víťaz súťaže na tento úsek stále nie je známy. Druhým je úsek Hubová – Ivachnová s tunelom Čebrať (2 km), kde súťaž v súčasnosti prebieha. V decembri 2011 bola vyhlásená aj dlho očakávaná súťaž na projekt a výstavbu úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, ktorej súčasťou je aj najdlhší slovenský diaľničný tunel Višňové (7,5 km).

*ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,*
*frankovsky@terraprojekt.sk,*
*TERRAPROJEKT, a.s., Bratislava*

The Zahradnice tunnel, the longest one, has been completed in terms of civil works and the installation of the ventilation equipment plus preparation for the final handover to the client is underway. Regarding the Tomice I and Tomice II tunnels, they have the final lining including walkways and multiple-way ducts finished. The subsequent work on the tunnel equipment, erection of gabion walls and terrain finishing continues with the aim of handing the tunnels over to the client at the end of August so that the commencement of the trial operation is possible on one track.

The work on all of the four tunnels, therefore on the whole rail track section, is in progress in compliance with the works schedule. It is performed by Subterra a. s. teams headed by Ing. Šponar and Ing. Němeček.

### JABLUNKOV NO.2 RAILWAY TUNNEL

The excavation of the upper side-wall drifts in the collapsed section has been completed. According to the design, the drift A (the upper left-hand one) has broken through, while a 10 m long block of untouched ground was left in the drift B. The drifts A and B are 117 m and 107 m long, respectively. The excavation of 10 metres of the drift E (the top heading centre) was completed, subsequently the excavation was, again in compliance with the design, again suspended. The objective was to achieve the full-face excavation of the top heading up to chainage of 70 m. This objective was met. The effort to repeatedly install the support of the top heading excavation throughout the required length was also successful. Subsequently the core and invert excavation was carried out and provided with a primary lining up to the front end of the collapsed tunnel section where the upper side-wall drifts A and B had been finished before. The traffic in the adjacent tunnel has been closed since 1st January. It was therefore possible to start to work on the side-wall drift C. Despite the fact that the operations are complicated by severe frost, the Subterra a. s. teams headed by Ing. Středula have managed to achieve daily advance rates of one metre and follow the excavation sequence required by the works schedule.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz, METROSTAV, a. s.,*
*ING. KAREL FRANCZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,*
*SUBTERRA, a. s.*

## THE SLOVAK REPUBLIC

### TURECKÝ VRCH TUNNEL

The civil works on the 1775 m long rail tunnel Turecký Vrch on the Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce section have been virtually completed. Currently the work operations continue on the slab track for the first rail in the tunnel. As of the middle of February 2012 about 1100 m have been finished. At the same time the work on installing the tunnel equipment is in progress. According to the works schedule, one track should be brought into service in July 2012, whilst the total completion of the works and placing of both tracks into service is planned for 2013. The project owner is Slovak Railways and the contractor is a consortium led by OHL ŽS a. s. The other members of the consortium comprise Skanska BS a. s., Váhostav - Sk, a. s., Doprastav, a. s. and Eltra, spol. s r. o.

### CONSTRUCTION OF D1 MOTORWAY SECTIONS CONTAINING TUNNELS

Last year the National Motorway Company issued several tender notices for the design and construction of the D1 motorway sections which should contain tunnels. The first of them was the D1 section between Jánovce and Jablonov containing the Šibenik tunnel (0.6 km). The successful bidder for this section has not been announced yet. The other section is between Hubová and Ivachnová. It contains the Čebrať tunnel (2.0 km). The tendering process is currently in progress. In December 2011 even the long awaited tender notice for the design and construction of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway was issued. The longest Slovak motorway tunnel, the Višňové tunnel (7.5 km), is part of this section.

*ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, frankovsky@terraprojekt.sk,*
*TERRAPROJEKT, a.s., Bratislava*

## NETRADIČNÍ OCENĚNÍ PRO TUNEL BLANKA
## NON-TRADITIONAL APPRECIATION FOR THE BLANKA TUNNEL, PRAGUE

In 2011, the Progressive Media Group publishing house, the publisher of the well known journal Tunnels & Tunnelling, announced the **T&T Photo Competition 2011** (an event accompanying the T&T International Awards). The task was to capture the true essence of underground construction. An employee of Czech company SATRA a.s. and frequent supplier of photographs for the ITA-AITES CzTA journal TUNEL, **Mr. Jakub Karlíček**, took part in the competition submitting a series of photos taken during the course of the construction of the Blanka complex of tunnels, Prague. The picture entitled *the Human Dimension* ranked second in the great competition. The photo displays a mined tunnel for the ventilation plant under Letná Plain at the stage after the completion of the final lining. The author's intention was to introduce the dimensions of the underground working by comparing them with the size of human bodies.

All competition submissions were assessed by a professional judgement panel comprised, among other members, of photographers Nick Kozak and David Vintiner, the creative director of the Progressive Media publishing house Henrik Williams and the chief editor of the journal organising the competition, Jon Young.

Judgement panel's comments on the awarded picture:

*The photograph is well thought out in its composition and the use of light. The large area of tunnel wall is what makes this photograph powerfull. The scale of it all is immediately apparent thanks to the contrast created between the people and the surrounding space. Information on spaces outside the edges of the photo is provided thanks to a great use of light.*

V roce 2011 vypsalo nakladatelství Progressive Media Group, vydávající známý časopis Tunnels & Tunnelling, fotografickou soutěž **T&T Photo Competition 2011** (soutěž byla doprovodnou akcí T&T International Awards). Zadání znělo – zachytit na snímku pravou podstatu podzemního stavitelství. Pracovník společnosti SATRA a dlouhodobý dodavatel fotografií do našeho časopisu **pan Jakub Karlíček** se zúčastnil s cyklem snímků, pořízených při výstavbě tunelového komplexu Blanka v Praze. Snímek s názvem *Lidský rozměr* (*Human dimension*) obsadil ve velké konkurenci ostatních soutěžících druhé místo. Fotografie zachycuje raženou strojovnu vzduchotechniky pod Letnou ve fázi dokončeného definitivního ostění. Autorovým záměrem bylo prezentovat velikost podzemního díla poměrem k měřítku lidské postavy.

*Obr. 1 Oceněný snímek: Lidský rozměr (autor Jakub Karlíček)*
*Fig. 1 Awarded picture: The Human Dimension (author Jakub Karlíček)*

Se všemi vítěznými snímky se můžete seznámit v příloze prosincového čísla časopisu Tunnels & Tunnelling, která je věnovaná výsledkům T&T International Awards. První místo obsadila Kathrine Du Tiel, vítěznou trojici doplnil Robinu Scheswohl, oba shodou okolností se snímky ze San Franciska. Tunel Blanka tak důstojně reprezentoval nejen české, ale s nadsázkou můžeme říci, i evropské podzemní stavitelství.

Všechny soutěžní příspěvky posuzovala odborná porota, ve které zasedali mimo jiné fotografové Nick Kozak a David Vintiner, kreativní ředitel nakladatelství Progressive Media Henrik Williams a šéfeditor pořádajícího magazínu Jon Young.

Komentář poroty k oceněnému snímku:

*Tato fotografie je dobře promyšlená z hlediska kompozice a využití světla. Velká plocha tunelové stěny je to, v čem spočívá působivost tohoto snímku. Měřítko snímku jako celku je okamžitě zjevné díky kontrastu mezi postavami a okolním prostorem. Informace o prostorách nacházejících se mimo okraje této fotografie je jasná díky velkému využití světla.*

V březnu bude celý cyklus fotografií, inspirovaných tunelem Blanka, vystavený v prostorách informačního střediska stavby na Letné.

***ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz,***
***SATRA, s. r. o.***

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES
## CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS
**www.ita-aites.cz**

## PŘÍPRAVA 12. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2013 22.–24. DUBNA 2013, PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA
## PREPARATION FOR THE 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2013 22 – 24 APRIL 2013, PRAGUE, CZECH REPUBLIC

Příprava 12. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2013, která se bude konat od 22. do 24. dubna 2013 v pražském hotelu Clarion Congress Hotel Prague, intenzivně probíhá. Pořadatelem konference je Česká tunelářská asociace ITA-AITES. První plenární jednání organizačního výboru a vědecké rady konference se uskutečnilo v Praze v pátek 24. února 2012. Jak už jsme dříve informovali, předsedou organizačního výboru je Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. z firmy Satra, s. r. o. Vědeckou radu vede doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. (D2-Consult Prague s. r. o. a FSv ČVUT Praha).

The intense preparation for the 12th International Conference Underground Construction Prague 2013, which will be held from 22nd through 24th April 2013 in Clarion Congress Hotel Prague is underway. The conference organiser is the ITA-AITES Czech Tunnelling Association. The first plenary session of the Organising Committee and the Scientific Council took place in Prague on Friday 24th February 2012. As we have already announced, the chairman of the Organising Committee is Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. from Satra s. r. o. The Scientific

Na přípravě konference spolupracuje také Slovenská tunelářská asociace ITA-AITES.

### Program konference:

Po zahájení konference v pondělí 22. 4. 2013 budou dopoledne předneseny čtyři **key-note lectures**, přednášející budou významní domácí a zahraniční odborníci.

Další odborný program proběhne v sedmi sekcích odpoledne v pondělí 22. 4. a celý den v úterý 23. 4. 2013. Témata sekcí budou následující:

1. Dopravní tunely ve městech – projektování a výstavba
2. Dopravní tunely mimo města – projektování a výstavba
3. Ostatní podzemní stavby – projektování a výstavba
4. Geotechnický průzkum a monitoring podzemních staveb
5. Numerické modelování, vývoj a výzkum podzemních staveb
6. Vybavení, bezpečnost provozu a údržba podzemních staveb
7. Řízení rizik, smluvní vztahy a financování podzemních staveb

V každé sekci přednese významný zahraniční odborník vyzvanou přednášku. Jednacími jazyky konference budou čeština / slovenština a angličtina. Simultánní tlumočení bude zajištěno.

**Technická výstava a posterová sekce** se uskuteční v pondělí 22. 4. a v úterý 23. 4. 2013.

Středa 24. 4. 2013 bude věnována **odborným exkurzím** na podzemní stavby v Praze a blízkém okolí.

### Dokumenty konference:

Příspěvky zaslané na konferenci obdrží každý účastník na elektronickém nosiči, tiskem bude vydán pouze sborník rozšířených abstrakt příspěvků.

### Důležité termíny:

Březen 2012 – rozeslání 1. oznámení s výzvou k přihlášení příspěvků a zaslání jejich abstraktů;

30. 6. 2012 – konečný termín pro přihlášení příspěvků a zaslání jejich abstraktů;

31. 8. 2012 – oznámení autorům o přijetí příspěvků (akceptace abstraktů);

1. 12. 2012 – termín pro zaslání komplexně zpracovaných příspěvků a jejich rozšířených abstraktů.

Všechny potřebné informace jsou postupně uveřejňovány na www.ita-aites.cz.

### Kontakty:

**Sekretariát přípravného výboru konference:**
SATRA, spol. s r. o., Sokolská 32, 120 00 Praha 2,
Česká republika, ps2013@satra.cz
**Organizační agentura:**
Guarant International, s. r. o., Opletalova 22, 110 00 Praha 1,
Česká republika, sl. Lenka Sliwková, slivkova@guarant.cz

Doufáme, že konference bude stejně úspěšná jako předcházející, která proběhla v roce 2010. Srdečně zveme k účasti nejen čtenáře časopisu Tunel, ale také všechny odborníky zabývající se podzemními stavbami z České i Slovenské republiky a ze zahraničí.

Nashledanou v Praze v dubnu 2013!!!

*ING. IVAN HRDINA, předseda CzTA ITA-AITES*
*a vice-president ITA-AITES,*
*ita-aites@metrostav.cz*

Council is chaired by Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. (D2-Consult Prague s. r. o.).

The ITA-AITES Slovak Tunnelling Association also collaborates on the preparation of the conference.

### Conference Programme:

After the Conference Opening on Monday 24th April 2013, in the forenoon, four **key-note lectures** will be delivered by four outstanding experts – two from abroad and two from the Czech Republic.

The subsequent technical programme will be performed in seven sections on Monday afternoon 22nd April and, the whole day, on Tuesday 23rd April 2013. The following topics will be discussed in the sections:

1. Urban transport tunnels – design and construction
2. Non-urban transport tunnels – design and construction
3. Other underground structures – design and construction
4. Geotechnical investigation and monitoring for underground construction projects
5. Numerical modelling, development and research for underground construction projects
6. Equipment, operational safety and maintenance in underground structures
7. Risk management, contractual relationships and funding of underground construction projects

At the beginning of each section, an outstanding foreign expert will deliver an invited lecture. Official languages of the conference will be Czech / Slovak and English. Simultaneous interpretation will be available.

**Technical Exhibition and Poster Section** will take place on Monday 22nd April and Tuesday 23rd April 2013.

Monday 24th April 2013 will be dedicated to **technical excursions** to underground construction sites in Prague and the close vicinity.

### Conference Documents:

Each conference attendee will receive all papers sent to the conference on an electronic carrier; the printed conference proceedings will contain only expanded abstracts of papers.

### Important deadlines:

March 2012 – distribution of the Conference Notice 1 containing the Call for Papers and Abstracts;

June 30, 2012 – final deadline for the registration of papers and submitting the abstracts;

August 31, 2012 – authors notification of acceptance of papers (acceptance of abstracts)

December 1, 2012 – deadline for submitting comprehensively written papers and expanded abstracts.

All information necessary will be successively published on www.ita-aites.cz.

### Contacts:

**Conference Steering Committee Secretariat:**
SATRA, spol. s r. o., Sokolská 32, 120 00 Prague 2,
Czech Republic, ps2013@satra.cz
**Organising agency:**
Guarant International s. r. o., Opletalova 22, 110 00 Prague 1,
Czech Republic, Miss Lenka Sliwková, slivkova@guarant.cz

We believe that the conference will be so successful as the previous one which took place in 2010. We are sincerely inviting not oly TUNEL journal readers but also all Czech, Slovak and foreign professionals involved in underground construction to attend it.

See you in Prague in April 2013!!!

*ING. IVAN HRDINA, Chairman of ITA-AITES CzTA*
*and vice-president of ITA-AITES,*
*ita-aites@metrostav.cz*

# 4. ROČNÍK MEZINÁRODNÍHO GEOMECHANICKÉHO A GEOFYZIKÁLNÍHO KOLOKVIA
# 4TH ANNUAL INTERNATIONAL GEOMECHANICAL AND GEOPHYSICAL COLLOQUIUM

BELTINE hotel in Ostravice will host the 4th traditional annual international Geomechanical and Geophysical Colloquium from 7th to 8th June 2012. The technical gathering of professionals from the fields of geomechanics, geotechnics and geophysics, which will become a basic platform for the presentation of the collaboration of science and research with the praxis, will take place in the environment of Moravian-Silesian Beskids. The objective of the colloquium is to allow the exchange of professional information and knowledge from the point of view of different experience, skills and different generations not only in the field of mining geomechanics and geophysics but also in many other related technical areas. The main topics of the colloquium comprise the supporting of mine workings, dynamic effects of blasting operations, geomechanical experiments both in laboratories and in-situ, and threats of tremors and induced seismism. The main organisers are the Institute of Geonics AS CR, v.v.i., Green Gas DPB,a. s. and the Czech national ISRM Group. The organisers expect that professionals from the Czech Republic, Poland, Slovakia, Hungary, Germany, Australia, Japan, India and Turkey will attend the event.

Ve dnech 7. a 8. června 2012 se v hotelu BELTINE na Ostravici uskuteční již 4. ročník tradičního mezinárodního geomechanického a geofyzikálního kolokvia. V prostředí Moravskoslezských Beskyd se uskuteční odborné setkání pracovníků v geomechanice, geotechnice a geofyzice jako základní prezentační platforma spolupráce vědy a výzkumu s praxí. Cílem kolokvia je výměna profesních informací a znalostí z pohledu různých zkušeností, odborností a rozdílných generací nejen v oblasti hornické geomechaniky a geofyziky, ale i v řadě příbuzných odborných oblastí. Hlavními tématy kolokvia jsou vyztužování důlních děl, dynamické účinky trhací práce, geomechanické experimenty v laboratoři a in-situ a nebezpečí otřesů a indukovaná seismicita. Hlavními pořadateli jsou Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Green Gas DPB, a. s., a Česká národní skupina ISRM. Pořadatelé předpokládají účast odborníků z České republiky, Polska, Slovenska, Maďarska, Německa, Austrálie, Japonska, Indie a Turecka.

*DOC. ING. RICHARD ŠŇUPÁREK, snuparek@ugn.cas.cz, ÚSTAV GEONIKY AV ČR*

# GEOTECHNIKA - 2012 - GEOTECHNICS

## KONŠTRUKCIE, TECHNOLÓGIE A RIZIKÁ
## CONSTRUCTIONS, TECHNOLOGIES AND RISK

SLOVENSKÁ REPUBLIKA - SLOVAKIA
VYSOKÉ TATRY - THE HIGH TATRAS
26. - 28. 09. 2012

The Faculty of Civil Engineering of the VSB - Technical University of Ostrava in collaboration with ORGWARE agency take pleasure in inviting you to the international conference Geotechnics 2012, which is focused on geotechnical problems in the planning and construction of underground structures and buildings. The technical guarantor of the conference is Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.

Main conference topics:

1. New technologies and materials in geotechnical and mine engineering
2. Advanced foundation engineering methods and progressive foundation structures
3. Topical problems of underground engineering
4. Slope failures and their stabilisation
5. Geotechnical problems of flood plains
6. Risk analysis in geotechnics
7. Geotechnickal monitoring
8. Selected problems of geomechanics and geophysics in underground engineering and mining
9. Teaching geotechnics at universities

Conference secretariat: ORGWARE, Ing. Nora Badíková, Továrenská 12, P.O.Box 52, 900 31 STUPAVA, Slovak Republic.
Telephone /Fax: +421-(0)2-502 44 475,
e-mail:orgware@mail.t-com.sk or badikova@arcadisgt.sk.

Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava ve spolupráci s agenturou ORGWARE si vás dovolují pozvat na mezinárodní konferenci Geotechnika 2012, zaměřenou na geotechnické otázky při přípravě a výstavbě podzemních a pozemních staveb. Odborným garantem konference je prof. ing. Josef Aldorf, DrSc.

Hlavní témata konference:

10. Nové technologie a materiály v geotechnickém a hornickém stavitelství
11. Pokrokové metody zakládání staveb a progresivní základové konstrukce
12. Aktuální problémy podzemního stavitelství
13. Svahové poruchy a jejich sanace
14. Geotechnické problémy zaplavovaných území
15. Riziková analýza v geotechnice
16. Geotechnický monitoring
17. Vybrané problémy geomechaniky a geofyziky v podzemním stavitelství a hornictví
18. Výuka geotechniky na vysokých školách

Sekretariát konference: ORGWARE, ing. Nora Badíková, Továrenská 12, P. O. Box 52, 900 31 STUPAVA, Slovenská republika.
Tel./fax: +421-(0)2-502 44 475,
e-mail: orgware@mail.t-com.sk nebo badikova@arcadisgt.sk.