

# RAŽENÉ TUNELY TRASY METRA V A V PRAZE

## MINED TUNNELS ON PRAGUE METRO LINE V A

MIROSLAV KOCHÁNEK, JAN KOREJČÍK

### ÚVOD

Prodloužení trasy A metra ze stanice Dejvická na Letiště Ruzyně má celkově zlepšit kvalitu dopravní služby severozápadního sektoru města kapacitní kolejovou dopravou, která se projeví mimo jiné redukcí autobusových a tramvajových linek v této oblasti Prahy. V koordinaci s přípravnou dokumentací Modernizace trati Praha–Kladno je uvažováno také s přestupy mezi metrem a železničním spojením do centra města ve stanicích Veveřslavín, Dlouhá míle a Letiště Ruzyně. Stanice Dlouhá míle je navíc navržena jako univerzální kapacitní přestupní uzel mezi železnicí, regionální i městskou hromadnou dopravou a záchytným parkovištěm.

Pokračování trasy metra A ze stanice Dejvická k Letišti Ruzyně je etapovitě rozděleno na tři provozní úseky VA, VIA a VIIA. Navržená trasa navazuje na současnou konečnou stanici metra Dejvická, pod Evropskou ulicí stoupá západním směrem údolím bývalého Dejvického potoka až do oblasti Vokovic a Veveřslavína, kde se stáčí k jihu a postupuje vyvýšeninou Břevnova, pod severními svahy motolského údolí se obrací znovu k severozápadu a dále pokračuje až k Letišti Praha Ruzyně.

První část prodloužení, tj. provozní úsek VA, navazuje na současnou stanici Dejvická a končí odstavnými a obrátovými kolejemi dočasně konečné stanice Motol. Trasa propojí hustě obydlené oblasti podél Evropské a Kladenské ulice, sídliště Červený vrch a sídliště Petřiny. Navíc umožní snadný přístup do Fakultní nemocnice Motol, která je jednou z největších nemocnic v ČR i v Evropě.

### ZÁSADY ŘEŠENÍ

Provozní úsek trasy metra VA je dlouhý 6,12 km a jsou na něm navrženy tři ražené stanice Červený vrch, Veveřslavín a Petřiny a jedna hloubená stanice Motol. Mezistaniční úseky jsou téměř celé ražené. Traťové tunely jsou v převážném rozsahu navrženy jako jednokolejné, pouze v okolí stanice Motol budou dvukolejné.

Dokumentace pro výběr zhotovitele byla dokončena v lednu letošního roku. V současné době probíhá veřejná soutěž na zhotovitele

### INTRODUCTION

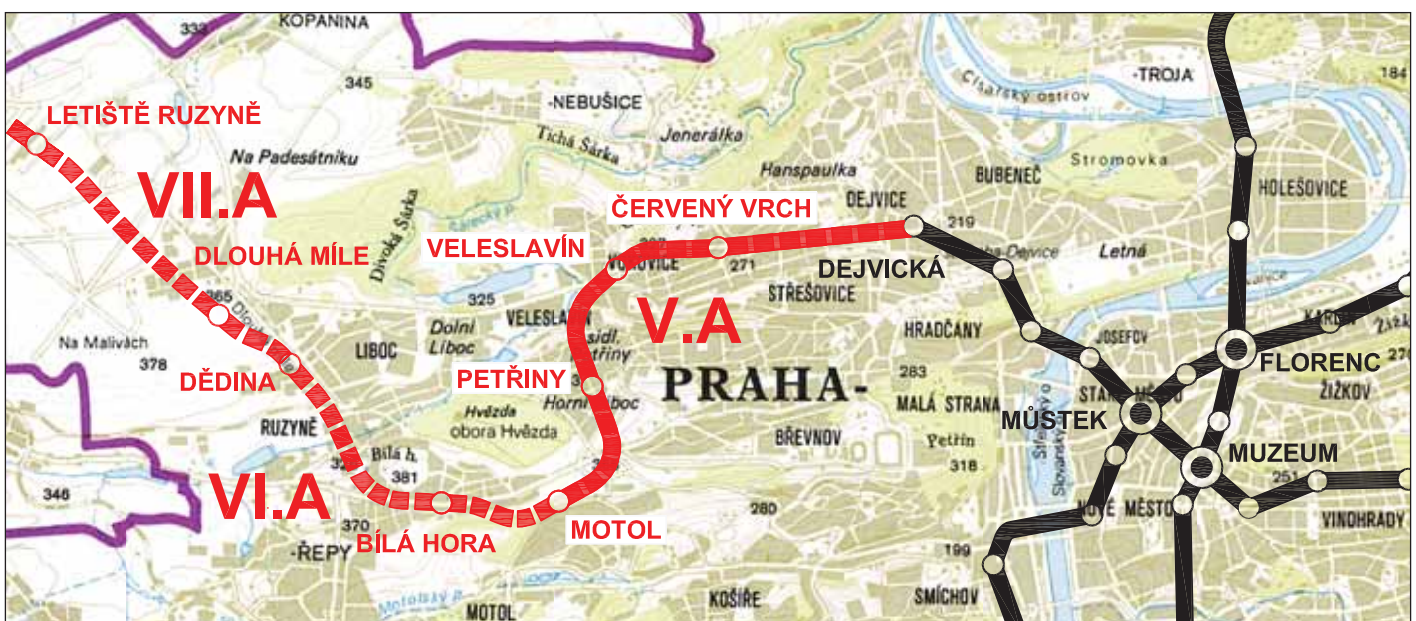
The metro Line A extension from Dejvická station to the Ruzyně Airport is to improve quality of overall traffic services within the north-western sector of the city by adding high-capacity rail-bound traffic, which will result, among others, in reducing the numbers of bus and tram lines in this area of Prague. The coordination with the design documentation for issuance of zoning and planning decision for the Upgrade to Prague – Kladno railway line results, among others, in the possibility of transferring between metro and the rail line leading to the centre of the city, at Veveřslavín, Dlouhá Míle and Letiště Ruzyně stations. In addition, Dlouhá Míle station is designed as a universal, high-capacity intersection for transferring between the railway, regional and urban mass transit and a park-and-ride yard.

The continuation of the metro Line A from Dejvická Station toward the Ruzyně Airport is divided into stages during which three operating sections will be constructed: V A, VI A and VII A. The proposed alignment starts from the current terminal metro station, Dejvická, under Evropská Street. It ascends westward along the valley of the former Dejvický Brook up to the area of Vokovice and Veveřslavín, where it turns south and passes through Břevnov mound; it again turns north-west under southern slopes of the Motol valley and continues further up to the Prague Airport.

The initial section of the extension, operating section V A, starts from Dejvická Station and ends by dead-end and head-shunt tracks behind a temporarily terminal station, Motol. The route will connect the densely populated areas along Evropská and Kladenská Streets and the residential areas of Červený vrch and Petřiny. In addition, it will provide easy access to the Faculty Hospital Motol, which is one of the largest hospitals in the Czech Republic and even in Europe.

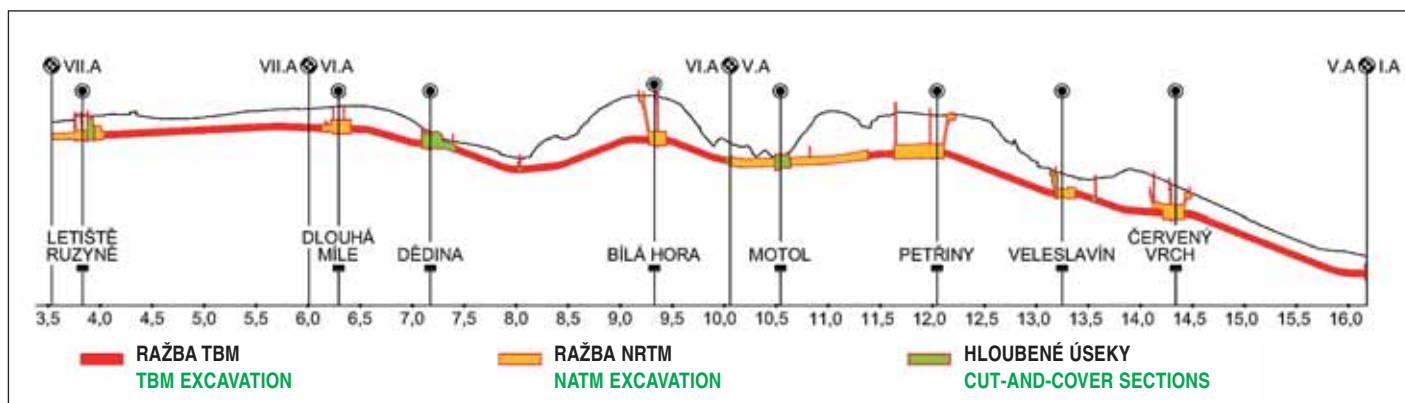
### DESIGN FUNDAMENTALS

The metro operating section V A is 6.12km long and contains 3 mined stations, Červený Vrch, Veveřslavín and Petřiny, and 1



Obr. 1 Situace trasy

Fig. 1 Layout of the route



Obr. 2 Převýšený podélný profil, technologie výstavby  
Fig. 2 Exaggerated longitudinal section – construction techniques

stavby. Stavební práce by měly začít do konce tohoto roku a celý úsek VA má být předán do provozu v roce 2014.

Předpokládá se, že ihned po dokončení úseku VA bude zahájena výstavba navazujících úseků VIA a VIIA, které jsou vedeny až na Letiště Ruzyně. Úsek VIA má délku 4,08 km a jsou na něm tři stanice, zatímco úsek VIIA má délku 2,47 km a pouze jednu stanici. Traťové tunely budou v převážné délce ražené, jednokolejné.

## POPIS TRASY

Následující základní popis trasy výsledného řešení je dle zvyklostí zpracován ve směru staničení, to je od stanice Motol do stanice Dejvická.

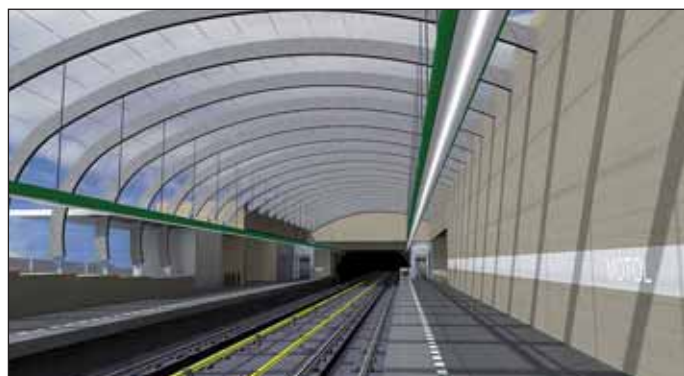
### Stanice Motol

Stanice metra Motol je situována proti hlavnímu vstupu do areálu nemocnice Motol, severně od ulice Kukulovy. Je to mělká hloubená stanice s bočními nástupišti. Osová vzdálenost kolejí ve stanici je 4,5 m. Prosklená střešní konstrukce stanice umožňuje prosvětlení nástupiště denním světlem. Projekt minimalizuje zábor přilehlého svahu s vegetací a zajišťuje nepřerušovaný provoz na Kukulově ulici po celou dobu výstavby. V odřezu zajištěném pilotovou stěnou s trvalými kotvami bude vybudována hloubená stanice.

Konstrukce stanice je navržena z monolitického železobetonu. Objekt je dvoupodlažní. Na vestibul v úrovni pod nástupištěm navazuje podchod pod ulicí Kukulova, s výstupními rampami k oběma protisměrným autobusovým zastávkám a do areálu nemocnice.

Součástí stanice je také ražený tunel pro obrátové koleje. Jedná se vlastně o ražený dvoukolejný tunel, v němž jsou dočasně umístěny dvě koleje délky 410 m pro obrát a odstav vlaků. Na konci tunelu je umístěna stavební jáma, ve které se u portálu vybuduje hloubený železobetonový objekt strojovny hlavního větrání s větracím objektem na povrchu. Zde bude dočasně ukončen provozní úsek trasy metra VA. Navržená stavební jáma umožní ražbu dvoukolejného tunelu obrátových kolejí, která se bude provádět podle zásad technologie NRTM, a dále umožní v budoucnu montáž razicích mechanismů TBM a ražbu dvou jednokolejných tunelů metra na trase metra VIA.

Dalším důležitým objektem stavebního oddílu jsou odvodňovací šachta a štola, které jsou umístěny v nejnižším místě dvoukolejného



Obr. 3 Stanice Motol  
Fig. 3 Motol Station

cut-and-cover station, Motol. Nearly all interstation tunnel stretches will be mined. Running tunnels are designed in the prevailing extent as single-track structures; double-track tunnels will be only in the vicinity of Motol Station.

The tender documents were completed in January 2009. The public tendering is currently underway. Construction works should commence by the end of 2009; the entire section V A is to be opened to traffic in 2014.

The construction of the following sections, VI A and VI A, which lead up to the Ruzyně Airport, is expected to start immediately after the completion of section V A. Section VI A is 4.08km long and contains 3 stations, while the 2.47km long section VII A has only 1 station. Major part of running tunnels will be single-track structures, built by mining.

## DESCRIPTION OF THE ALIGNMENT

The following basic description of the resultant alignment design is, as usual, processed in the direction of chainage, i.e. from Motol Station toward Dejvická Station.

### Motol Station

Metro station Motol is located in front of the main entrance to the grounds of the Motol hospital, north of Kukulova Street. It is a near surface cut-and-cover station with side platforms. The track centre distance in the station is 4.5m. A glazed station roof structure makes the illumination of platforms by daylight possible. The design minimises the use of land on the adjacent slope with vegetation and secures uninterrupted traffic in Kukulova Street throughout the construction period. The cut and cover station will be constructed in a shelf, which will be stabilised by a pile wall with permanent anchors.

The two-level station structure is designed in cast-in-situ reinforced concrete. The concourse at the level under the platform links a pedestrian subway under Kukulova Street, with exit ramps leading to two bus stops (for both directions) and the hospital area.

Part of the station is also a mined tunnel for the headshunt. It is a mined double-track tunnel temporarily housing two 410m long rails for turning back and shunting of trains. There will be a construction trench at the end of the tunnel, in which the main ventilation plant cut and cover structure will be built, with a ventilation structure at the surface level. The operating metro section V A will be temporarily terminated here. The above-mentioned construction trench will make the NATM excavation of the double-rail headshunt tunnel possible; in the future it will make the assembly of TBMs and driving of two single-rail tunnels on VI A metro line possible.

Another important structure within the construction lot is a drainage shaft and adit, which is located in the lowest point of the double-rail headshunt tunnel. The structure will be used for gravity evacuation of seepage water, tunnel rinsing water and also water originating during a possible defect on the tunnel hydrant line to a storm sewer in Kukulova Street.

The alignment turns north from Motol Station toward Petřiny Station through a left-hand curve to enter the space of Petřiny Station. At the beginning it passes through an about 770m long, mined double-rail tunnel, which will be driven by the NATM. Then two about 550m long single-rail tunnels follow, from an excavation

obratového tunelu. Objekt bude sloužit pro odvádění průsakových vod, vod z omývání tunelu, jakož i vod vzniklých při možné havárii tunelového vodovodu gravitačním způsobem do dešťové kanalizace v ulici Kukulově.

Od stanice Motol směrem ke stanici Petřiny se trasa levostrannými obloukem stáčí na sever a je přivedena do prostoru stanice Petřiny. Nejprve se jedná o ražený dvoukolejný tunel délky cca 770 m prováděný podle NRTM. Od místa šachty pro montáž razicích mechanismů pokračují dva jednokolejné tunely délky cca 500 m ražené pomocí technologie TBM. Mezistaniční úsek obsahuje ještě raženou štolu se strojovnou vzduchotechniky a větrací šachtu, které se budou provádět podle NRTM.

### Stanice Petřiny

Stanice Petřiny je situována pod ulicí Brunclíkovou. Vlastní stanice je navržena jako jednolodní ražená, s ostrovním nástupištěm 37 m pod úrovní terénu. Osová vzdálenost kolejí ve stanici je 14,7 m. Na stanici ve směru ke stanici Motol navazuje jedna obrátová kolej umístěná v jednokolejném tunelu mezi oběma tratovými tunely. V místě, kde končí, jsou všechny tři tunely propojeny a do strany je vyražena štolu se strojovnou hlavního větrání zakončená větrací šachtou. Jižní část nástupiště je bezbariérově propojena s povrchem dvěma výtahy a únikovým schodištěm umístěným ve společné svislé šachtě s povrchovým vstupním objektem. Výstup ze severního konce stanice do vestibulu je navržen pomocí trojice eskalátorů v raženém eskalátorovém tunelu. Na vestibul navazuje podchod v prostoru křižovatky ulic Na Petřinách a Brunclíkova.

Za stanicí se trasa obloukem stáčí k severovýchodu a současně klesá do stanice Veleslavín. Maximální podélný spád v úseku je 38,7 ‰. Ražené jednokolejné tunely s propojkami mají délku cca 1070 m a budou ražené razicími mechanismy.

### Stanice Veleslavín

Stanice Veleslavín se středem přibližně pod ulicí Evropskou je situována v prostoru mezi nynější tratí ČD a východním úsekem ulice K Červenému vrchu. Stanice je navržena jako mělce ražená trojlodní, s ostrovním nástupištěm 19 m pod terénem. Osová vzdálenost kolejí je 15 m. Západní čelo nástupiště sousedí s hloubeným objektem, kterým je vedena trojice eskalátorů a výtah do podpovrchového vestibulu. Poloha stanice, vestibulu a jednotlivých výstupů je navržena tak, aby umožňovala přímé vazby na dočasný autobusový terminál, k tramvajovým zastávkám na ulici Evropská a zároveň bez nutnosti přestavby v předstihu reagovala na předpokládanou modernizaci tratě ČD včetně stanice rychlodráhy. Na východní konec nástupiště navazuje technologická část stanice. Zde je také umístěno únikové schodiště ze stanice, které ústí do únikové štolu ležící nad stanicí. Na tuto štolu navazuje šachta s pevným schodištěm až na terén.

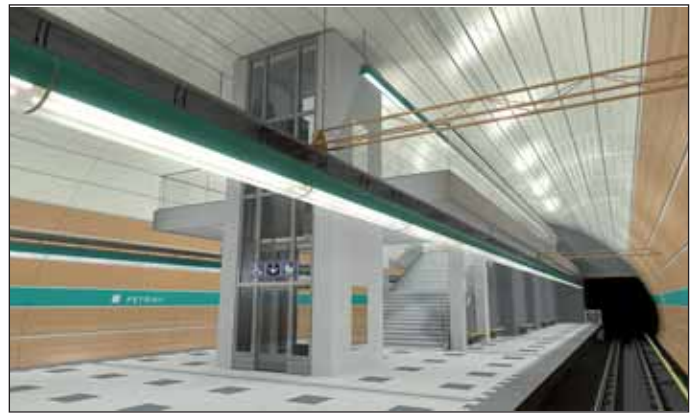
Dále pokračuje trasa dvěma raženými jednokolejnými tunely délky cca 800 m do stanice Červený vrch, prováděnými pomocí razicích mechanismů. Asi 150 m za stanicí jsou ražené tratové tunely přerušeny cca 50 m dlouhým hloubeným objektem, který obsahuje strojovnu vzduchotechniky s větrací šachtou umístěnou mezi dva jednokolejné tratové tunely. V úseku jsou opět navrženy vzduchotechnické propojky. Maximální spád v úseku je 35 ‰.

### Stanice Červený vrch

Stanice Červený vrch je situována pod ulicí Evropskou a je navržena jako ražená jednolodní, s jedním hloubeným vestibulem. Hloubka



Obr. 5 Stanice Veleslavín  
Fig. 5 Veleslavín Station



Obr. 4 Stanice Petřiny  
Fig. 4 Petřiny Station

equipment assembly shaft (TBMs). In addition, the interstation section contains a mined gallery, housing the ventilation plant and a ventilation shaft; these structures will be constructed by the NATM.

### Petřiny Station

Petřiny Station is located under Brunclíkova Street. The station itself is designed as a single-span mined structure with an intermediate platform found 37m under the surface level. The track centre distance in the station is 14.7 m. There is a single-rail tunnel between the running tunnels containing one headshunt track, which leads from beyond the Petřiny Station toward Motol Station. All of the three tunnels are interconnected at the point in which they terminate and a gallery housing the main ventilation plant is driven to a side. The gallery is terminated by a ventilation shaft. The southern part of the platform is connected with a surface entrance structure in a barrier-free way, by two lifts and via an escape staircase, which are located in a common vertical shaft. The exit from the northern end of the station to the concourse is designed to comprise a bank of three escalators installed in a mined escalator tunnel. A pedestrian subway is connected to the concourse in the area of the intersection between Na Petřinách and Brunclíkova Streets.

Beyond the station the alignment turns north-east and descends to Veleslavín Station, at the maximum gradient of 38.7 ‰ in this section. The length of the mined single-rail tunnels with cross passages is about 1070m; they will be driven by tunnel boring machines.

### Veleslavín Station

Veleslavín Station, with its centre roughly under Evropská Street, is located in the space between an existing Czech Railways' track and the eastern section of K Červenému Vrchu Street. The station is designed as a near surface, three-span mined structure with an intermediate platform found at the depth of 19m under the surface. The track centre distance is 15.0m. The western end of the platform neighbours with a cut and cover structure housing a bank of three escalators and a lift to the underground concourse. The locations of the station, concourse and individual exits are designed in a way making direct connection to a temporary bus terminal and tram stops in Evropská Street possible. At the same time, the design responded in advance to the expected upgrading of the existing Czech Railways' line and a high-speed railway station, requiring no subsequent reconstruction. There is the services part of the station at the eastern end of the platform. The staircase for escaping from the station is also in this location. It leads to an escape gallery found above the station. This gallery is connected to a shaft by a fixed staircase leading to the surface.

Further on the route continues through two about 800m long single-rail tunnels to Červený Vrch Station, which will be driven by TBMs. Approximately 150m beyond the station, the mined running tunnels are interrupted by a ca 50m long cut and cover structure, which houses the ventilation plant with a ventilation shaft, which is located between two single-rail running tunnels. Again, ventilation cross passages are designed for the section. The maximum gradient within the section amounts to 35 ‰.



Obr. 6 Stanice Červený vrch  
Fig. 6 Červený Vrch Station

ostrovního nástupiště pod terénem ve středu stanice je 27 m. Osová vzdálenost kolejí je 13 m. Západní strana stanice bude vyhrazena pro technologickou část a z této strany je napojena přístupová štola, která bude v definitivu částečně využita pro strojovnu vzduchotechniky doplněnou větrací šachtou.

Vestibul, přístupný z východního čela stanice pomocí trojice eskalátorů, je situován do křižovatky s Horoměřickou ulicí, s vazbou na uvažovaný malý terminál městských a příměstských linek autobusové dopravy. Na vestibul navazuje podchod pod ulicí Evropskou, který umožňuje také přímý přestup na tramvajovou trať vedenou touto ulicí.

Západní část nástupiště je bezbariérově propojena s povrchem dvojitých osobních výtahů s únikovým schodištěm, které jsou umístěny ve společné svislé šachtě. Výtahy jsou zaústěny do podchodu pod Evropskou ulicí v blízkosti ulic Arabská a Kamerunská.

Za stanicí Červený vrch pokračuje trasa metra pod Evropskou ulicí dvěma jednokolejnými raženými traťovými tunely délky 1760 m ústícími do prostoru odstavných kolejí současné koncové stanice Dejvická. Traťové tunely jsou opatřeny vzduchotechnickými propojkami a klesají v maximálním sklonu 39,5 ‰ směrem ke stanici Dejvická. V úseku je navržen společný hloubený objekt pro měřírnu a pro strojovnu vzduchotechniky s větrací šachtou. Objekt je umístěn na okraji parku a s trasou je propojen dvěma raženými štolami.

## VÝBĚR TECHNOLOGIE RAŽBY TRÁŤOVÝCH TUNELŮ

V posledních letech byla při výstavbě nových ražených úseků pražského metra používána téměř výhradně Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM) s využitím trhacích prací nebo s mechanizovaným rozpojováním horniny.

S ohledem na relativně velkou celkovou délku nového úseku 6,12 km a další faktory popsané níže, byla pro ražbu jednokolejných traťových tunelů v souladu s celosvětovým trendem navržena v převážném rozsahu ražba pomocí moderních tunelovacích strojů. Staniční tunely, dvoukolejné traťové tunely a ostatní ražené objekty budou realizovány technologií NRTM.

Hlavním kritériem pro výběr technologie ražby traťových úseků byla snaha o minimalizaci poklesů terénu nad raženými tunely. Ražba v daných geologických podmínkách pod povrchovou zástavbou, frekventovanými komunikacemi s řadou inženýrských sítí a v některých úsecích i tramvajovými tratěmi by byla technologií NRTM možná jen s obtížemi. Pro omezení deformací nadloží by bylo třeba provádět doplňující opatření, jako je například vertikální členění výrubu, kotvení čelby apod. Tato opatření výrazně zpomalují stavební postupy, zvyšují náklady, a přesto nelze dosáhnout poklesů dosahovaných při ražbě tunelovacími stroji v obdobných podmínkách. Proto je ražba pomocí NRTM navržena jen v místech, kde je to nezbytně nutné. Jedná se o části traťových úseků u stanice Motol, která má boční nástupiště. Zde budou realizovány dvoukolejné traťové tunely. Při etapovité výstavbě této trasy metra bude dvoukolejný traťový úsek za stanicí Motol využíván dočasně pro obraty vlaků metra.

## GEOLOGICKÉ POMĚRY

Předkvartérní podklad zájmového území budují horniny barrandienského staršího paleozoika (ordovik – silur), zastoupené převážně břidlicemi, pískovci, prachovci a drobnými, místy s polohami křemenců. Minoritně jsou také zastoupeny horniny ordovického vulkanismu, tvořené převážně bazalťovými tufy a tufity a bazalťovými aglomeráty.

## Červený Vrch Station

Červený Vrch Station is located under Evropská Street. It is designed as a mined, single-span structure with one cut and cover concourse. The depth of the intermediate platform under the surface, at its centre, is 27m. The track centre distance is 13.0 m. The western side of the station will be assigned for services. An access gallery, which will be in the final state partially used for the ventilation plant with a ventilation shaft, will be connected from the western side.

The concourse, which is accessible from the eastern end of the station via a bank of three escalators, is located in the intersection with Horoměřická Street, with a connection to a small terminal for city bus and suburban bus lines, which is under planning. A pedestrian subway under Evropská Street is connected to the concourse. It allows even direct transfer to the existing tram line running along this street.

The western part of the platform is connected in a barrier-free way with the surface by a pair of passenger lifts and an escape staircase, which are installed in a common vertical shaft. The lifts lead to a pedestrian subway under Evropská Street in the proximity of Arabská and Kamerunská Streets.

Behind Červený Vrch Station the metro route continues under Evropská Street via two 1760m long, mined single-rail running tunnels, ending in the space of the stabling tracks which are part of the current Dejvická terminal station. The running tunnels are provided with ventilation cross passages; they descend at the maximum gradient of 39,5 ‰ toward Dejvická Station. A common cut and cover structure for a converter station and the ventilation plant with a ventilation shaft is designed to be built in this section. The structure is located at the edge of a park; it is connected to the route by two mined galleries.

## SELECTION OF TUNNELLING TECHNIQUE FOR RUNNING TUNNELS

In recent years the New Austrian Tunnelling Method (NATM) with the ground disintegration by drill and blast or mechanically has been nearly the only method used during the construction of new sections of Prague metro.

With respect to the relatively great overall length of the new section (6.12km) and other below-mentioned factors, the excavation by modern tunnelling machines (TMs) has been designed for major part of single-rail running tunnels, in line with the worldwide trend. The station tunnels, double-rail running tunnels and the other mined structures will be constructed by the NATM technique.

The main criterion for the selection of the technique for driving running tunnels was the effort to minimise settlement of the surface above the mined tunnels. Driving tunnels by the NATM through the given geology, under existing buildings, busy roads with numerous utility services buried under their surface and even tram lines within some route sections, would be possible only with difficulties. Reducing deformations of the overburden would require implementation of additional measures, for example dividing the excavation face into side drifts and a central pillar and anchoring of the face. However, even these measures significantly reduce advance rates and increase costs. In addition, despite the measures, the settlement values achievable when TMs are used in similar conditions cannot be achieved. This is why the NATM excavation is designed only for locations where it is necessary, i.e. in parts of running tunnel section at Motol Station, which has side platforms. There will be double-rail tunnels there. During the construction of this metro line, which is divided into stages, the double-rail section behind Motol Station will be temporarily used for turning back metro trains.

## GEOLOGICAL CONDITIONS

The Pre-Quaternary bedrock within the area of operations consists of Early Palaeozoic rocks of the Barrandian unit, which are first of all represented by shales, sandstone, siltstone and greywacke, locally with the occurrence of quartzite layers. There is also a minor proportion of rocks resulting from Ordovician volcanism, comprising mostly basalt tuffs, tuffites and basaltic agglomerates. The Palaeozoic rocks are folded, generally dipping SE at 30-60°. The Ordovician period is represented by series of layers which are

Paleozoické horniny jsou zvrásněné, s generelním úklonem vrstev mezi 30–60° směrem k JV. Ordovik je zastoupen souvrstvími charakteristickými pro pražskou geologii – souvrství šárecké, dobrotivské, libeňské, letenské, vinické, záhořanské, bohdalecké, královské a kosovské. V okolí stanice Motol vystupuje zpod křídly liteňské souvrství siluru.

Další horniny předkvartérního podkladu jsou mesozoického stáří a náleží k svrchní křídě, konkrétně se jedná o souvrství perucké, korycanské a bělohorské. Tyto horniny jsou zastoupeny jíly a jílovci s uhelným pigmentem, pískovci, slepenci a ve svrchních partiích slínovci. Křídové horniny jsou generelně subhorizontálně uloženy a spočívají diskordantně na podložních paleozoických horninách.

Kvartérní pokryv představují zejména deluvialní, deluviofluvialní, eolické a fluvialní terasové sedimenty. V trase stavby byly zjištěny rovněž uloženiny antropogenního původu.

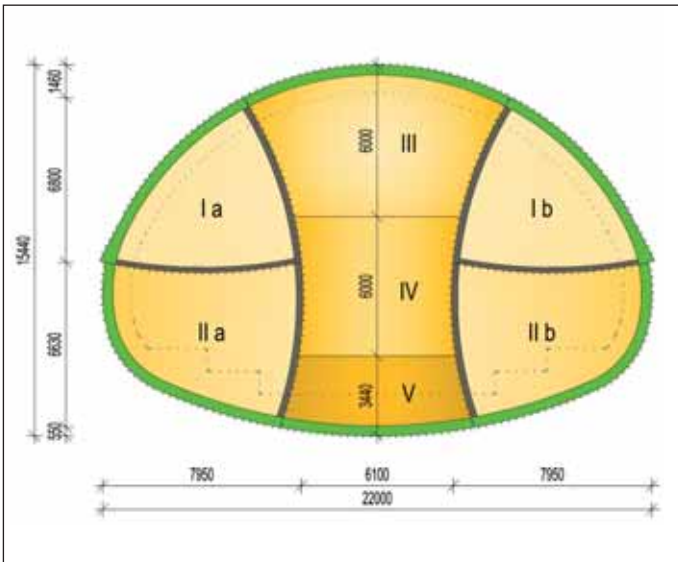
Z hlavních tektonických linií se v horninách ordoviku a siluru uplatňuje okrajový podélný zlom, který patří k pražskému zlomovému pásmu a objevuje se v blízkosti trasy ve svahu v prostoru stanice Motol. Druhou významnou tektonickou linií je šárecký zlom, který prochází severně od stanice Veleslavín, cca 150 metrů od trasy.

Z hydrogeologického hlediska je proterozoikum a paleozoikum prostředím s omezenou puklinovou propustností a v rozloženém skalním masívu i omezenou průlinovou propustností, v obou případech s velmi nízkou vydatností podzemních vod. Ve svrchní křídě je nutné počítat s oddělenými zvodněmi jednotlivých souvrství s převážně puklinovou až průlino-puklinovou propustností. Zvodnění kvartérních pokryvu je vázáno především na údolní fluvialní sedimenty, kde hladina podzemní vody komunikuje s vodami ve vodotečích. Periodické zvodnění lze očekávat i v deluviofluvialních sedimentech.

## TECHNICKÉ ŘEŠENÍ RAŽENÝCH STANIC

Ze tří navrhovaných ražených stanic jsou dvě stanice (Červený vrch a Petřiny) hluboko uložené ražené jednodlné stanice. Výška nadloží nad klenbou staničních tunelů se pohybuje od 15 m do 29 m. Zbývající stanice Veleslavín je navržena jako trojlodní ražená stanice s relativně malým nadložím.

Kaverny jednodlných staničních tunelů s šířkou 22 m u stanice Petřiny, 20,3 m u stanice Červený vrch a s výškou 15,4 m budou raženy technologií NRTM za použití trhacích prací. Předpokládá se jak horizontální, tak i vertikální členění výrubu s primárním zajištěním stříkaným betonem v kombinaci s kotvením. V první fázi budou vyraženy a primárně zajištěny oba boční výrubu, které budou ještě horizontálně členěny. Dále bude vyražena a primárně zajištěna střední část výrubu, která bude opět horizontálně členěna a její klenba bude opřena o klenbu bočních výrubů. Velikosti jednotlivých dílčích výrubů budou přizpůsobeny nasazené mechanizaci tak, aby byla zajištěna maximální možná rychlost výstavby. Po primárním zajištění celého staničního profilu bude provedena mezilehlá fóliová hydroizolace a nakonec bude provedeno sekundární železobetonové ostění. Navržená třída betonu definitivního ostění je C 30/37.



Obr. 7 Ražba jednodlné stanice

Fig. 7 The single-span station tunnel excavation sequence

distinctive of Prague geology, namely the Šárka, Dobrotiv, Libeň, Letná, Vinice, Záhořany, Bohdalec, Králův Dvůr and Kosov Members. The Silurian Liteň Member rises up from under the Cretaceous mass.

Other Pre-Quaternary rocks forming the bedrock are of the Mesozoic age. They belong to the Upper Cretaceous formation, namely the Peruc, Korycany and Bílá Hora Members. These rocks are represented by clays and claystone pigmented by coal, sandstone, agglomerates and, in the upper parts, marlstone. The Cretaceous rocks are in general deposited sub-horizontally, resting discordantly on the underlying Palaeozoic rocks.

The Quaternary cover is represented, above all, by deluvial, deluviofluvial, Aeolian and fluvial terrace sediments. Anthropogenic fills were also identified along the metro extension route.

A boundary strike slip fault belonging to the Prague Fault Zone is the principal tectonic line which exists within the Ordovician and Silurian rock formations, in the vicinity of the route, in a slope in the Motol Station area. The other significant tectonic line is the Šárka Fault, which runs north of Veleslavín Station, at the distance of about 150m from the route.

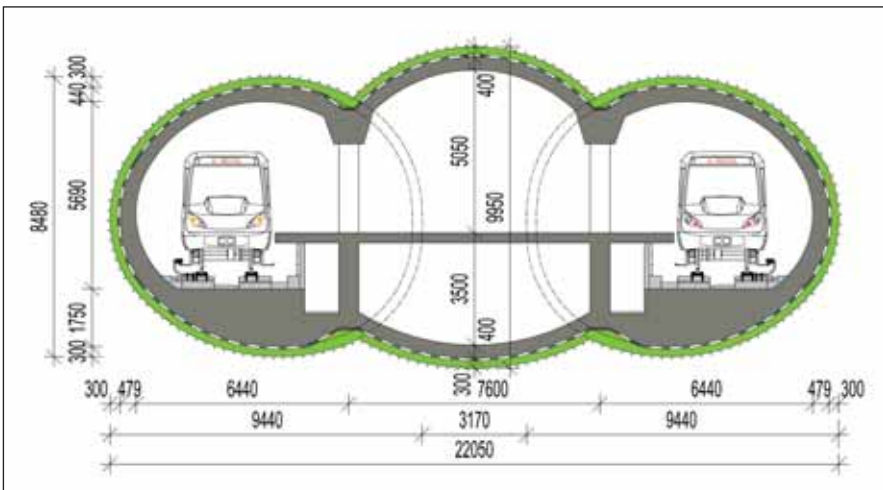
From the hydrogeological point of view, the Proterozoic and Palaeozoic formations provide an environment with limited fissure permeability and, in decomposed rock mass, even limited interstitial permeability. In both cases the groundwater discharge is very low. In the Upper Cretaceous formation it will be necessary to take into account the isolated aquifers existing in individual geological members, featuring mainly fissure to interstitial-fissure permeability. The saturation of the Quaternary cover is bound above all to valley fills (fluvial), where the water table communicates with water in streams. Periodical saturation with water can be expected even in deluviofluvial sediments.

## TECHNICAL SOLUTION FOR MINED STATIONS

Of the three mined stations being designed, 2 stations (Červený Vrch and Petřiny) are deep seated, mined, single-span structures. The height of overburden above the vaults of the station tunnels vary from 15m to 29m. The remaining station, Veleslavín, is designed as a three-span structure, with relatively shallow overburden.

The 15.4m high caverns for the single-span Petřiny and Červený Vrch stations will be 22.0 and 20.3m wide, respectively. They will be driven by the NATM, using the drill and blast. It is expected that the excavation sequence will be combined, using both the sidewall drifts with a central pillar system (the so-called vertical sequence) and top heading, bench and invert system (the so-called horizontal sequence). The primary support will consist of shotcrete combined with anchoring. In the initial phase, both sidewall drifts will be excavated and provided with the primary support (the drifts will be horizontally sub-divided). Then the middle part of the tunnel will be excavated and provided with the primary support (again, the excavation will be divided horizontally). The vault over this excavation will be supported by vaults of the sidewall drifts. Dimensions of the individual partial headings will be accommodated to the equipment used so that the maximum possible construction advance rate is secured. When the whole profile of the station tunnel is provided with the primary lining, the intermediate waterproofing membrane will be installed and, finally, the secondary reinforced concrete lining will be erected using C 30/37 grade concrete.

As far as the three-span station, with the width of 22.1m and the height of the highest middle tunnel of 10m, is concerned, the NATM technique with the drill and blast is again designed. Taking into consideration the small height of the overburden, it is conceptually assumed that first the 9.5m wide by 8.5m high sidewall drifts will be driven and provided with primary support. The horizontal excavation sequence (top heading, bench, invert) will be applied; the sequence will be switched to the vertical one (sidewall drifts and a central pillar) in the cases of deteriorated geology or existence of settlement-sensitive utility networks in the tunnel overburden. The intermediate waterproofing membrane and final cast-in-situ reinforced concrete lining of the station's side tunnels will be installed in these initial headings, including longitudinal rows of columns supporting the vaults of the tunnels, both the station's side tunnels and the central tunnel, which will be driven subsequently. Continuous, longitudinal structural dividing



Obr. 8 Trojlodní ražená stanice  
Fig. 8 The three-span mined station

U ražené trojlodní stanice celkové šířky 22,1 m a výšku nejvyššího středního tunelu 10 m je uvažována opět ražba technologií NRTM za použití trhacích prací. S ohledem na malou výšku nadloží se koncepčně předpokládá nejprve ražba bočních výrubů šířky 9,5 m a výšky 8,5 m, zajištěných primárním ostěním. Členění výrubu bude horizontální, v případě zhoršených geologických podmínek nebo výskytu inženýrských sítí v nadloží tunelu, citlivých na poklesy, se přejde na členění vertikální. V těchto prvotních výrubech se provede mezilehlá fóliová hydroizolace a definitivní monolitické železobetonové ostění bočních staničních tunelů včetně podélných řad sloupů, tvořících podpory kleneb bočních staničních i následně realizovaného středního staničního tunelu. V technologických částech stanic jsou místo řad sloupů navrženy průběžné podélné nosné dělicí stěny. Po dokončení definitivního železobetonového ostění bočních staničních tunelů bude prováděna ražba středního tunelu s horizontálním členěním výrubu. Poté bude provedena mezilehlá hydroizolace a vybetonováno definitivní železobetonové ostění střední části stanice. Navržená třída betonu definitivního ostění je C 30/37, pilíře a průvlaky jsou navrženy z betonu SCC 40/50.

Ostatní ražené části stanic, jako jsou eskalátorové tunely, výtahové šachty, větrací šachty a štolky, budou raženy pomocí NRTM s případným horizontálním členěním výrubu. Konstrukce ostění bude opět dvouplášťová s primárním ostěním ze stříkaného betonu, mezilehlou hydroizolací a železobetonovým sekundárním ostěním.

### TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TRATOVÝCH TUNELŮ

Převážná část ražených mezistaničních úseků je navržena jako jednokolejné tunely ražené pomocí tunelovacích strojů. V okolí stanice Motol budou vybudovány dvoukolejné tratě ražené technologií NRTM.

Ražba prováděná vhodným typem tunelovacího stroje zaručuje v proměnlivých geologických podmínkách a zejména v úsecích pod povrchovou zástavbou minimální deformace terénu a zároveň velkou rychlost ražby. Pro tento projekt je uvažováno nasazení zeminových štítů EPB (Earth Pressure Balance), které jsou schopny razit ve zcela porušených horninách a v měkkých horninách charakteru zemin v modu s plnou podporou čela. Současně lze stroje během krátkého času upravit pro ražbu v modu s částečnou podporou čela nebo ražbu bez podpory čela, které jsou vhodnější pro pevné skalní horniny a umožňuje rychlejší postupy ražby.

Jednokolejné tunel je navržen jako kruhový s vnitřním průměrem 5,3 m. Ostění je jednoplášťové z prefabrikovaných železobetonových dílců (tybinků) tloušťky 250 mm z vodotěsného betonu. Prstence šířky 1400 mm sestávají ze 6 dílců (5 + 1). Protože provádět při této technologii hydroizolaci na rubové straně není možné, což je u staveb metra požadováno jako ochrana proti bludným proudům, je tento požadavek splněn zvýšenou kvalitou betonu. Minimální třída betonu bude C 35/45 při dodržení maximálního průsaku do 30 mm. Jednotlivé segmenty budou po obvodu opatřeny těsněním, které zajistí vodonepropustnost spár. Montáž prstenců ostění se provádí pod ochranou štítu a při posunu se štít opírá o čelo předchozího již hotového prstence

walls are designed instead of the rows of columns for equipment sections of the stations. When the final reinforced concrete lining of the side station tunnels is complete, the central station tunnel will be driven using the top heading – bench – invert sequence. Then the intermediate waterproofing will be installed and the final reinforced concrete lining will be cast in the central part of the station. The concrete grade designed for the final lining and the columns and beams are C 30/37 and SCC 40/50, respectively.

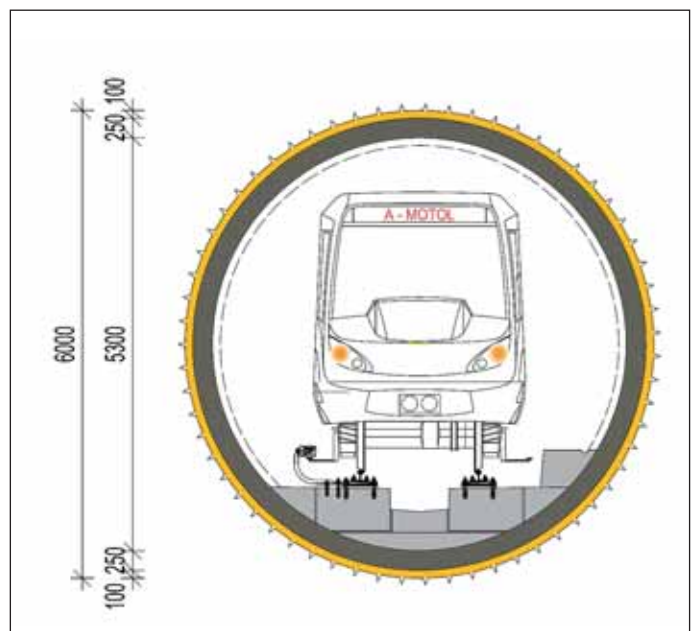
The other mined parts of the station, such as escalator tunnels, lift shafts, ventilation shafts and galleries, will be driven by the NATM, using the top heading-bench-invert sequence if necessary. Again, the lining will be a double-shell structure with the primary lining in shotcrete and secondary lining in reinforced concrete, with a waterproofing system between them.

### TECHNICAL SOLUTION FOR RUNNING TUNNELS

The major part of the mined running tunnels between stations is designed as TM driven, single-rail structures. Two double-rail tunnels in the vicinity of Motol Station will be driven by the NATM.

The tunnel excavation by a proper type of a TM guarantees minimum deformations of surface and high advance rates of excavation when driving through variable geological environment, especially within sections passing under existing buildings. The design assumes that Earth Pressure Balance Shield will be used for this project. They are capable of driving through totally broken rocks and soft ground characterised as soils when they are in the EPB mode. At the same time, the machines can be modified within a short time to the mode allowing driving with partial face support or even the open face mode, which is more suitable for hard rock and allows faster driving.

The single-rail running tunnel is designed as a circular cross section structure with the inner diameter of 5.3m. The lining has a single shell consisting of 250mm thick precast reinforced concrete segments (water retaining concrete). One lining ring is 1400mm wide and consists of 6 segments. Because this technique does not allow the installation of waterproofing on the external side of the lining, which is required as the protection of metro structures against stray currents, this requirement is coped with by increasing quality of concrete. Concrete grade C35/45 will be the minimum, with the maximum seeping depth of 30mm. Individual



Obr. 9 Jednokolejné tratě tunel  
Fig. 9 Single-rail running tunnel

ostění tunelu. Pro minimalizaci deformací v nadloží tunelu je nutné provádět okamžitě výplň prostoru mezi rubem nově smontovaného prstence ostění a lícem výrubu. Vhodně zvolená technologie výplňové injektáže je zárukou minimalizace poklesů zástavby.

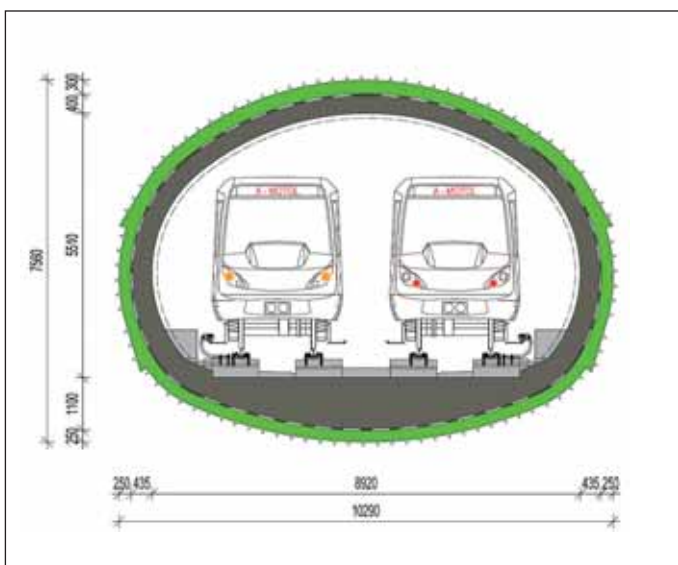
Jednokolejné traťové tunely budou po celé trase v intervalech maximálně 200 m propojeny vzduchotechnickými propojkami podkovovitého profilu šířky 4,7 m a výšky 5,4 m s délkou cca 12 m, které snižují píستový účinek projíždějících souprav metra. Současně slouží pro možnou evakuaci osob a zásah záchranných jednotek. V případě detekce požáru budou propojky automaticky uzavřeny pomocí protipožárních vrat, ve kterých je dvojice protipožárních dveří pro únik osob oběma směry. Propojky budou s dvouplášťovým ostěním a mezilehlou fóliovou hydroizolací.

Ražba dvoukolejných traťových tunelů tvaru plochého oválu je navržena podle zásad technologie NRTM, při použití trhacích prací. Předpokládá se horizontální členění výrubu. Podle geologických podkladů se očekává ražba v technologických třídách 3, 4, 5a, 5b a 5c. Těmito jednotlivými třídami odpovídají vystrojovací prostředky a tloušťky primárního ostění. Základní profil je navržen pro osovou vzdálenost kolejí (o. v.) 3,7 m a má šířku 10,3 m a výšku 7,6 m. Pro úseky, kde dochází k postupnému zvětšování osové vzdálenosti kolejí (přechod na dva jednokolejné tunely), byly navrženy další zvětšené profily dvoukolejného tunelu: o. v. 3,9 m, o. v. 4,5 m, o. v. 5,0 m o. v. 5,8 m a o. v. 6,5 m. V těchto úsecích potom dochází vždy ke zvětšení profilu tunelu skokem. Ostění tunelu je navrženo jako dvouplášťové s uzavřenou mezilehlou fóliovou hydroizolací. Vnější primární ostění je ze stříkaného betonu, vnitřní ostění je z monolitického železobetonu. Navržená třída betonu definitivního ostění je C 25/30.

Ostatní ražené části traťových úseků, jako jsou větrací šachty a štoly, strojovny větrání, odvodňovací štola a šachta, přístupové štoly a demontážní komory štítu s přístupovým tunelem u stanice Dejvická, budou raženy rovněž podle zásad NRTM s případným členěním výrubu a použitím dalších zajišťovacích prostředků. V místě zahájení ražeb bude přístropí zajišťováno mikropilotovými deštníky, při ražbě v zeminách pod hladinou podzemní vody se předpokládá zajištění pomocí překrývajících se vějířů tryskové injektáže. Ostění trvalých konstrukcí bude opět dvouplášťové s primárním ostěním ze stříkaného betonu, mezilehlou hydroizolací a železobetonovým sekundárním ostěním. U všech dočasných konstrukcí, jako jsou přístupové štoly, bude vybudováno pouze primární ostění a zbylý prostor bude po ukončení funkce díla zaplněn popílkobetonem.

## POSTUPY PROVÁDĚNÍ TRÁŤOVÝCH TUNELŮ

Výstavba dvoukolejných traťových tunelů v okolí stanice Motol, prováděných technologií NRTM, bude probíhat ze dvou rozsáhlých stavenišť směrem ke stanici. První staveniště poblíž ulice Kukulovy je na konci tunelu pro obrátové koleje a bude později využito pro ražbu navazujících provozních úseků trasy VIA a VIIA. Druhé staveniště se



Obr. 10 Dvoukolejný traťový tunel  
Fig. 10 Double-rail running tunnel

segments will be fully gasketed to provide waterproof joints. The lining rings are assembled under the protection of the shield. Propulsion of the TBM is by pushing from the front end of the previous completed tunnel lining ring. To minimise deformations in the tunnel overburden, it is necessary to immediately backfill the annulus between the external surface of the newly erected lining ring and the inner surface of the excavation. The properly chosen method of backgrouting guarantees that the settlement of existing buildings is minimised.

The single-rail running tunnels will be interconnected throughout the route length at maximum intervals of 200m by about 12m long ventilation cross passages (horseshoe shaped profiles, 4.7m wide, 5.4m high), which reduce the piston effect of passing metro trains. At the same time, they allow evacuation of people and intervention of rescue units. In the case of a fire, the cross passages will be automatically closed by fire protection gates with a fire-check door allowing escaping of persons in both directions. The cross passages will have a double-shell lining with intermediate waterproofing membranes.

The excavation of the horizontally elongated oval cross section double-rail running tunnels is designed according to the NATM principles, using the drill and blast. The top heading, bench and invert excavation sequence is expected. The excavation support classes 3, 4, 5a, 5b and 5c are anticipated on the basis of geological survey data. The means of support and thickness of the primary lining correspond to the support classes. The basic cross section is designed for the track centre distance (TCD) of 3.7m; it is 10.3m wide by 7.6m high. Other enlarged profiles were designed for the sections where the track centre distance increases (transition to two single-rail tunnels): 3.9m TCD, 4.5m TCD, 5.0m TCD, 5.8m TCD and 6.5m TCD. Enlarging of the tunnel profile within these sections is carried out by jump. The tunnel lining is designed as a double-shell structure with a closed intermediate waterproofing membrane system. The outer primary lining is in shotcrete, while the inner lining is in cast-in-situ reinforced concrete. The C 25/30 concrete grade is designed for the final lining.

The other mined parts of the track sections, such as ventilation shafts and galleries, ventilation plants, a drainage gallery and shaft, access adits and shield dismantling chambers with an access tunnel near Dejvická Station, will be driven by the NATM. The excavation face will be divided and means of support applied as required. At the beginning, the top heading will be protected by canopy tube pre-support; a support system comprising overlapping jet grouted fans is expected to be applied while driving through soils under the water table. The lining of the permanent structures will consist of two shells: a shotcrete primary lining, intermediate waterproofing membrane and a reinforced concrete secondary lining. All temporary structures, such as access adits, will be provided only with a primary lining; the remaining space will be back-filled with cinder concrete when the function of the working has been terminated.

## RUNNING TUNNELS – CONSTRUCTION PROCEDURES

The construction of double-rail running tunnels in the vicinity of Motol Station, which are to be excavated by the NATM, will proceed from two large construction sites, in the direction of the station. The first construction site, near Kukulova Street, is at the end of the tunnel for headhunt tracks; it will be later used for the excavation of adjacent operating sections, VI A and VII A. The other site is near Na Vypichu Street. It will be used also for the EPBS driving of the single-rail tunnels. The double-rail tunnel excavation will start before the deployment of EPBS; part of the completed double-rail tunnels will be used as an assembly chamber.

The construction procedure for single-rail running tunnels assumes that 2 tunnel boring machines will be deployed in the section between Motol and Petřiny Stations, in the vicinity of the Vypich road intersection. In this location the site facility allows high-capacity supplying with materials for the excavation of both tunnels, simultaneously with the mucking out. Both EPBS will be lowered one at a time down a circular construction pit (21.6m in diameter), which will be sunk up to the depth of 33.1m. The shaft will allow the tails of the EPBS to be shifted inside the assembly chamber pre-excavated in the double-rail tunnel. The chamber is connected with the surface via an access tunnel (7.1m wide and 6.6m high),

nachází poblíž ulice Na Vypichu a bude sloužit i pro ražbu jednokolejných tunelů pomocí štítů. Ražba dvoukolejného tunelu začne ještě před nasazením štítů a část hotových dvoukolejných tunelů bude využita jako montážní komora.

Postup výstavby jednokolejných tratových tunelů předpokládá nasazení dvou razicích strojů v tratovém úseku mezi stanicemi Motol a Petřiny v blízkosti křižovatky Vypich. Zařízení staveniště zde umožňuje kapacitní zásobování materiálem pro ražbu obou tunelů a současně odtěžování vyrubané horniny. Oba štíty budou postupně spouštěny v hloubené kruhové stavební jámě průměru 21,6 m a hloubky 33,1 m, s možností zasunutí zadní části strojů do předem vyražené montážní komory v místech dvoukolejného tunelu. Komora je spojená s povrchem přístupovou štolou (šířka 7,1 m a výška 6,6 m) s navazující sjezdovou rampou. Ražba pomocí štítů bude prováděna ve směru ke stávající stanicí metra Dejvická. Po projetí strojů prostorem stanice Petřiny, kde se později oba tunely postupně přebudují na jednolodní stanici, bude pokračovat úpadní ražba tratových tunelů ke stanicí Veleslavín. V této třílodní stanici se předpokládá v předstihu vyražení obou bočních výrubů zajištěných primárním ostěním tak, aby mohly být stroje stanicí protaženy a dále pokračovaly ke stanicí Červený vrch.

Přibližně 150 m za stanicí Veleslavín vjedou stroje do předem vyhloubené stavební jámy půdorysných rozměrů 51x31 m. Po projetí obou razicích mechanismů touto jámou bude celý komplex obsluhy stroje (odtěžování rubaniny, skládka železobetonových dílců, napojení na média atd.) přenesen k této stavební jámě a další ražba tratových tunelů bude zajištěna z tohoto místa. To umožní v průběhu další ražby tratových tunelů zároveň pokračovat v ražbě stanic Petřiny a Veleslavín. Po protažení razicích strojů stanicí Červený vrch, která bude budována v předstihu z raženého přístupového tunelu s portálem u ulice Kladenské, bude pokračovat ražba tratových tunelů až k provozované stanicí metra Dejvická.

Oba štíty budou postupně rozebrány v ražených kruhových demontážních komorách průměru 9,4 m, které budou předem vyrazeny cca 50 m od konce odstavných a obratových kolejí provozované stanice Dejvická. Demontážní komory budou se stanicí propojeny dvěma jednokolejnými tratovými tunely, které budou budovány pomocí NRTM. Jednotlivé díly strojů budou přemístěny přístupovým tunelem do 23 m hluboké demontážní šachty půdorysných rozměrů 10 x 15 m, odkud budou vytaženy na povrch. Navržený profil přístupového tunel o šířce 12,2 m a výšce 11,3 m umožní přesunutí celého štítu (bez závěsu) do šachty bez potřeby otáčení. Po ukončení ražeb se předpokládá další nasazení razicích mechanismů na provozním úseku trasy VIA ve stavební jámě za stanicí Motol.

## ZÁVĚR

Prodloužení trasy A metra je rozsáhlá komplexní liniová stavba v hustě obydlené části hlavního města Prahy, při jejíž výstavbě bude použita řada různých technologií. Razit se bude jak NRTM, tak pomocí zeminových štítů, což představuje první použití tohoto typu tunelovacích strojů pro dopravní tunely v České republice. Ražby budou probíhat často v obtížných geologických podmínkách, pod povrchovou zástavbou, frekventovanými komunikacemi s řadou inženýrských sítí a v některých úsecích i přímo pod tramvajovými tratěmi. Stavba zahrnuje prostorné stanice, dlouhé tratové tunely i na ně napojené provozní podzemní objekty.

Návrh technického řešení nebyl jednoduchý. Hlavním kritériem byla snaha o minimalizaci poklesů terénu nad raženými tunely a zároveň snaha o co nejkratší dobu výstavby. Z tohoto důvodu byla pro převážnou část tratových tunelů zvolena technologie ražby pomocí štítů. Celková koncepce ražeb byla dále ovlivněna nutnou koordinací výstavby tratových úseků s výstavbou jednotlivých stanic a v neposlední řadě též polohami volných ploch pro zařízení staveniště, jejichž výběr byl značně omezený.

Výstavba úseku VA bude jistě velkou výzvou pro všechny, kteří se na realizaci této stavby budou podílet. Věříme, že všechny problémy, které nastanou, budou úspěšně vyřešeny a v roce 2014 bude nový úsek předán do užívání všem obyvatelům i návštěvníkům Prahy.

*ING. MIROSLAV KOCHÁNEK, kochanek@metroprojekt.cz,  
ING. JAN KOREJČÍK, korejcik@metroprojekt.cz,  
METROPROJEKT Praha, a. s.*

*Recenzoval: Ing. Karel Rössler, Ph.D.*

which is connected to an access ramp. The EPBS driving will be carried out in the direction of the existing metro station, Dejvická. When the EPBS pass through the space of Petřiny Station, in which the two tunnels will be later rebuilt to the single-span station, they will proceed to drive running tunnels, downhill toward Veleslavín Station. It is assumed that both sidewall drifts in this three-span station will be excavated and provided with a primary lining in advance so that the EPBS can be pulled through the station to proceed further toward Červený Vrch Station.

Approximately 150m beyond Veleslavín Station, the TBMs will arrive at a pre-excavated construction pit with ground plan dimensions of 51 x 31m. After both EPBS pass through this pit, the whole TBM servicing complex (mucking out, storage of reinforced concrete segments, utility services etc.) will be moved to the edge of this construction pit; the further driving of running tunnels will proceed from this location. Owing to this system it will be possible during the course of further driving to continue at the same time to excavate Petřiny and Veleslavín Stations. When the EPBS have been pulled through Červený Vrch Station, which will be built in advance from a mined access tunnel having its the portal near Kladenská Street, the running tunnels will be driven further up to the Dejvická operating metro station.

Both EPBS will be gradually dismantled in mined, circular, 9.4m diameter dismantling chambers, which will be excavated at the distance of about 50m from the end of the headshunt tracks in the operating station Dejvická. The dismantling chambers will be connected with the station via two single-rail running tunnels, which will be excavated by the NATM. Individual components of the EPBS will be moved through the access tunnel to a 23m deep dismantling shaft with ground plan dimensions of 10 x 15m, from which they will be lifted to the surface. The 12.2m wide and 11.3m high cross section which is designed for the access tunnel will make shifting of the whole EPBS (without the trailing backup) to the shaft without a need for turning it. It is expected that, when the drives are finished, the EPBS will be further deployed on operating section VI of the Line A, in the construction pit behind Motol Station.

## CONCLUSION

The metro Line A extension is a large, complex linear construction to be carried out within a densely populated part of the capital, Prague, during which many various technologies will be used. The excavation will be performed by both the NATM and EPBS. It will be the first use of this shield type for transport tunnels in the Czech Republic. The excavation will often pass through difficult geology, under existing buildings, busy roads with lots of utility networks and, in some sections, even under tram lines. The project comprises spacious stations, long running tunnels and operating underground structures connecting to them.

The work on the design of means and methods was not simple. The main criterion was the capability of minimising subsidence of the surface above the mined tunnels and, at the same time, reducing the construction time as much as possible. This is the reason why EPBS excavation technique was chosen for the major part of running tunnels. The overall concept of excavation was further affected by the necessity for coordinating the construction of running tunnels with the construction of individual stations and, at last but not least, even by the locations of free areas for site facilities. The selection of the areas was very limited.

The construction of section V A will certainly be a great challenge for all of those who will participate in the implementation of this project. We believe that all problems which will be encountered will be successfully solved and, in 2014, the new section will go into passenger service to satisfy all Prague residents and visitors.

*ING. MIROSLAV KOCHÁNEK, kochanek@metroprojekt.cz,  
ING. JAN KOREJČÍK, korejcik@metroprojekt.cz,  
METROPROJEKT Praha, a. s.*