

NOVÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY NA TRAŤOVÉM ÚSEKU VOTICE – BENEŠOV

NEW RAILWAY TUNNELS ON VOTICE – BENEŠOV TRACK SECTION

MICHAL GRAMBLIČKA, JIŘÍ MÁRA, LIBOR MAŘÍK

ÚVOD

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

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

GEOTECHNICKÉ POMĚRY – SPOLEČNÉ ZNAKY ÚZEMÍ

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

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

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

INTRODUCTION

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

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

GEOTECHNICAL CONDITIONS – COMMON FEATURES OF THE AREA

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

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

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

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

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

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

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

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TUNELŮ

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

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

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

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

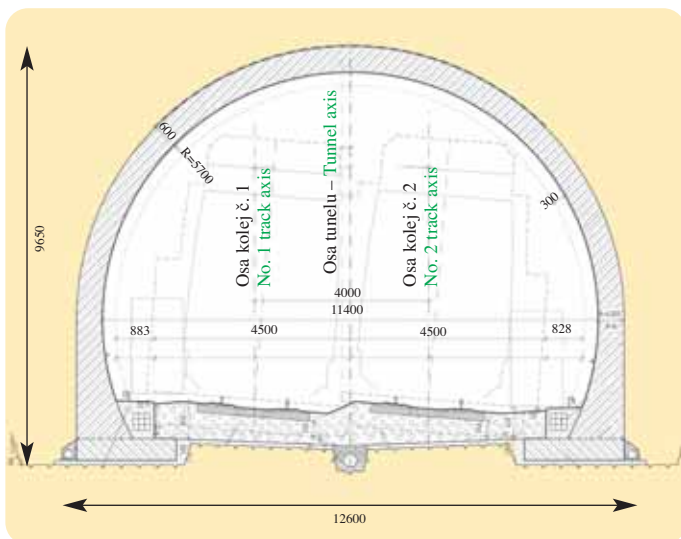
From a hydrological point of view, granitic rocks are, as a whole, relatively little permeable and display only limited degree of fissure permeability. The degree of permeability mostly diminishes with depth, being the highest in the zone of the surface disintegration of rock mass, i.e. at the future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

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

ENGINEERING SOLUTION OF TUNNELS

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

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



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

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

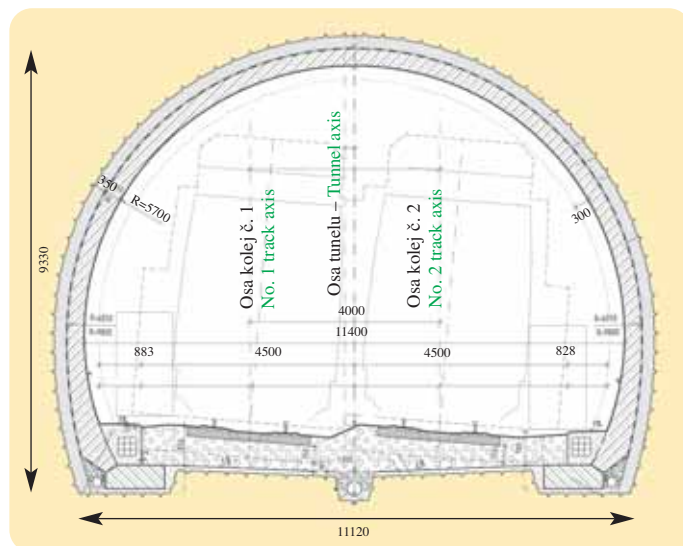
Systém odvodnění a drenáží tunelů se skládá z kombinace deštníkové fóliové izolace v ražených úsecích tunelů a vodonepropustného ostění hloubených úseků tunelů. V celé délce je navržena podélná boční a střední tunelová drenáž, která vodu stékající po izolaci nebo ostění sbírá a gravitačně odvádí směrem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

TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ

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

VOTICKÝ TUNEL

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



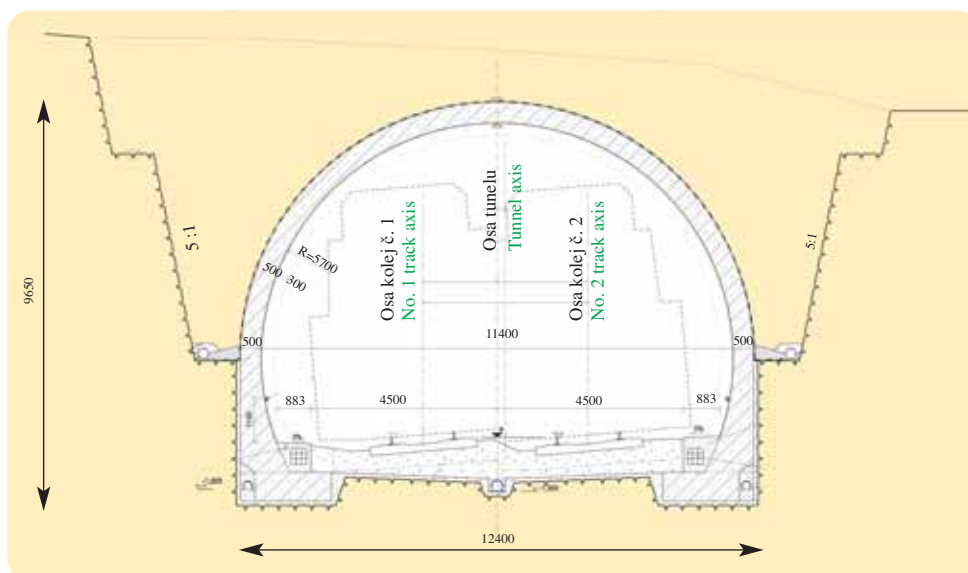
Obr. 2 Vzorový příčný řez raženého tunelu
Fig. 2 Typical cross section for a mined tunnel

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

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

TUNNEL EQUIPMENT

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



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

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

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

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

VOTICE TUNNEL

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

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

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

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

OLBRAMOVICE TUNNEL

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

OLBRAMOVICKÝ TUNEL

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

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

Jedná se zejména o:

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

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

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

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

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

ZAHRADNICKÝ TUNEL

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

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

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

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

The following measures belong among them:

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

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

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

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

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

ZAHRADNICE TUNNEL

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

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

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

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

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

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

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

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

TUNEL TOMICKÝ I.

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

TUNEL TOMICKÝ II.

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

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

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

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

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

TOMICE I TUNNEL

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

TOMICE II TUNNEL

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

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

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

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

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

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

ZÁVĚR

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

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

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

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

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

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

CONCLUSION

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

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