

PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA TUNELU HOSÍN

HOSÍN TUNNEL DESIGN PREPARATION

LENKA PIKHARTOVÁ, MICHAL GRAMBLIČKA

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

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

ÚVOD

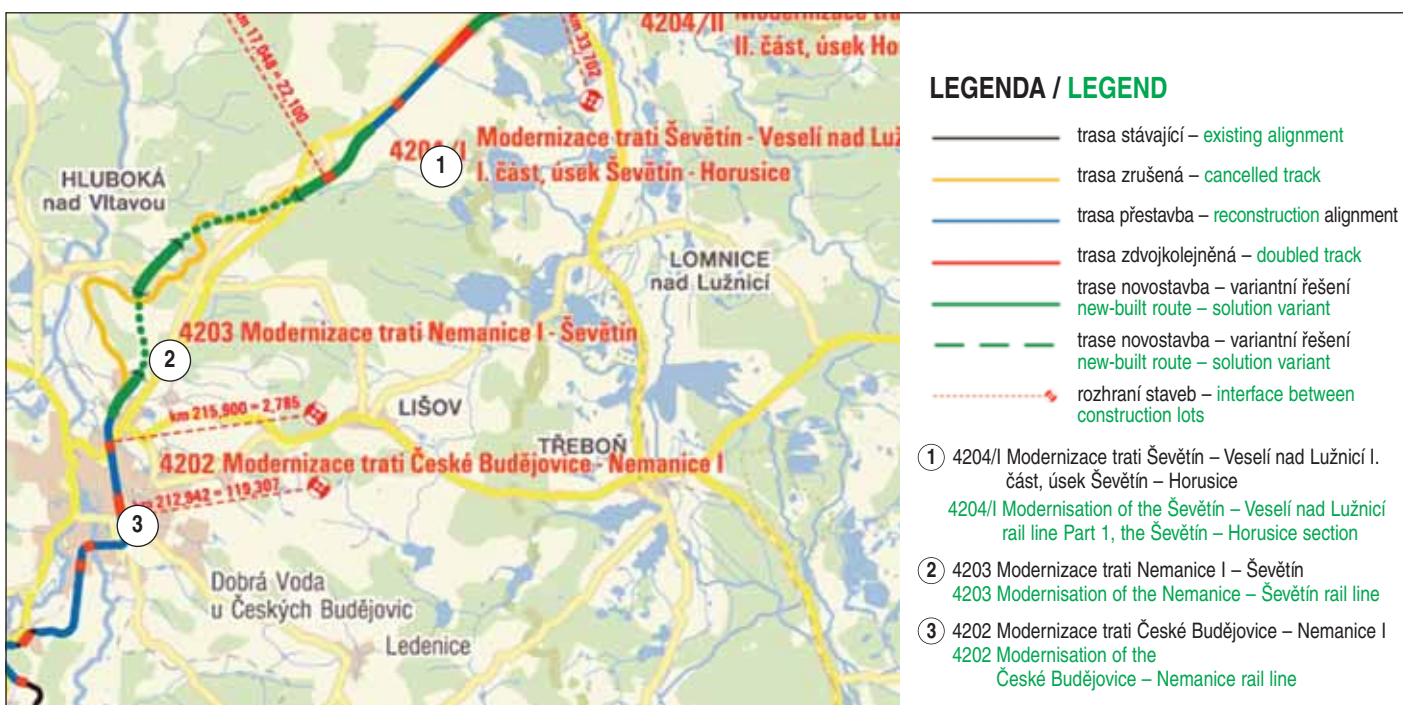
Článek doplňuje příspěvek kolegů Petra Lapiše a Libora Maříka z IKP CE, s. r. o. uveřejněný v čísle 4/2011 časopisu Tunel, o pohled na přípravu stavby tunelu Hosín, který je součástí projektové dokumentace úseku 4. železničního koridoru v úseku Nemanice – Ševětín. Záměrem není podrobněji popsat výběr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

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

INTRODUCTION

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

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



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



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

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

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

ÚVAHY

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

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

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

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

DELIBERATIONS

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

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

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

Při projektové přípravě je jedním z nejtěžších úkolů projektantů najít vhodné místo pro uložení neupotřebitelných zemín a hornin z výkopů, při ražených tunelech samozřejmě včetně rubaniny. Ideální je mít rovnítko mezi plusy a minusy a kromě samotné trasy nové železniční linie nic nikde „vedle“ neukládat anebo zisk „dobré skály“ hospodárně zpracovat a prodat. Jenže to je ideál a ten, jak víme, se nedá dosáhnout, protože neexistuje. Při vyhodnocování možné kubatury rubaniny z tunelů Hosín a Chotýčany se objemy pohybovaly v intervalu od 826 000 až po 1 355 000 m³, a to převážilo celkovou bilanci „velké“ stavby na výrazný přebytek. Proto rozhodnutí o jeho hospodárném uložení bylo jedním z nejdůležitějších počínů této části projektové dokumentace, když vhodně zvolená technologie výstavby ražených tunelů, v tomto případě variabilnější NRTM, umožnila zásadním způsobem omezit narušování životního prostředí nejenom v bezprostředním okolí stavby, ale dovolujeme si tvrdit, že i v rámci Jihočeského kraje. Vhodným výškovým vedením trasy se mezi oba tunely umístil dva tisíce pět set metrů dlouhý a až deset metrů vysoký násep pro dvoukolejnou železniční trať, do kterého je možné uložit až 75 % celkového výrubu z obou tunelů. Přebytečný objem se uloží na dočasnou meziskládku mezi Hosínem a Dobřejovicemi a po opuštění železniční tratě se zářezy zasypou vytěženou horninou a prostor se rekultivuje například zalesněním. Tím, že vyrubanou horninu není nutné převážet na vzdálenosti desítek kilometrů, třeba nákladními auty nebo železnicí a případně dopravníkovými pásy a přitom ji několikrát nakládat, překládat, urovnávat, ale je možné ji prakticky před nosem (tedy před portály) uložit trvale i dočasně, se ušetřilo nejenom významné procento investičních nákladů, ale i hodně nervů nejen obyvatel, ale i stavitelů a nepochybně i investora.

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

VEDENÍ TRASY

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

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



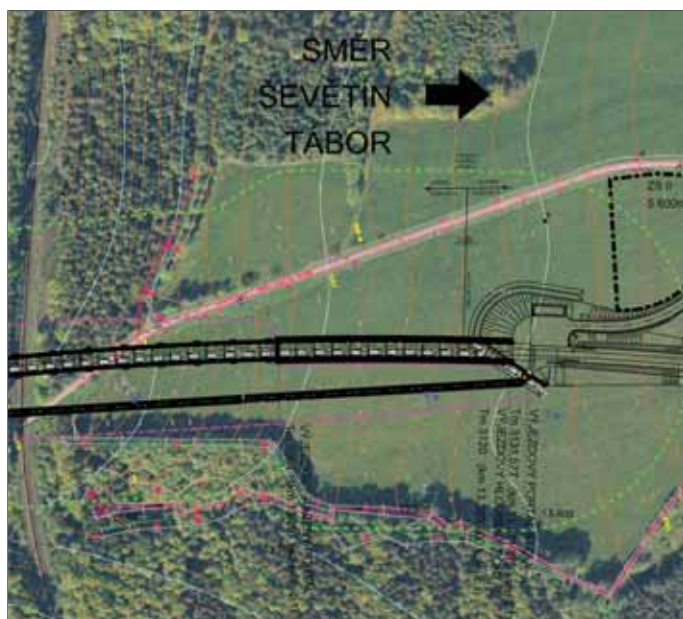
Obr. 3 Situace vjezdového portálu
Fig. 3 Entrance portal layout

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

The most difficult task for designers during the project engineering stage is to find a space suitable for the deposition of unusable soil and rock from the excavation, of course including the muck in the case of mined tunnels. It is ideal if plusses are equal to minuses, without the necessity for depositing anything along the sides of the route of the new railway line (with the exception of the route footprint itself) or if the gain of good quality rock is economically treated and sold. But this is an ideal which, as we know, can never be achieved because it does not exist. When the possible volumes of muck from the Hosín and Chotýčany tunnels were being assessed, they ranged within the interval from 826,000 to 1,355,000 m³, which meant that there was muck surplus in the overall balance of the “large” construction project. For that reason the decision on its economic disposal was one of the most important deeds in this part of the design documentation. The suitably selected tunnelling technique (the in this case more variable method, the NATM) made it possible to restrict disturbing of the environment not only in the immediate surroundings of the construction site but, we dare maintain, even within the South Bohemian region. Owing to the appropriate design of the vertical alignment it was possible to place a two thousand five hundred metres long and up to ten metres high embankment for the double-track rail line, capable of accommodating up to 75 per cent of the total volume of muck from both tunnels. The volume in excess will be disposed of to a temporary stockpile between Hosín and Dobřejovice. When the rail track is abandoned, cuttings will be backfilled with the excavated material and the space will be reclaimed, for example by foresting. Significant percentage of investment costs are saved and not only inhabitants but also contractors and, undoubtedly, the client are spared lots of stresses thanks to the fact that it is not necessary to transport the muck to distances of tens kilometres by lorries, by rail or on conveyor belts and load, reload and level it several times during the process and, instead of it, it is possible to deposit it permanently or temporarily virtually just on the spot (in front of portals).

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

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



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

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM

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

Stručný souhrn zjištěných poznatků:

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

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

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

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

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

Charakter hornin a jejich rozpuštění povede k tvorbě nadvylomů.

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

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

ROUTE LOCATION

The Hosín tunnel route is located under a flat elevation, east to north-east of the villages of Hodějovice and Hosín, in the foreland of the Hosín airfield found in the vicinity. The terrain elevation gradually rises from about 400 m a.s.l. at the entrance portal to the highest level of about 499 m a.s.l. at the Hosín airfield. Then it relatively steeply declines to the location of the northern portal, where the terrain surface is at the level of about 420 m a.s.l. (the overburden height above the rail top of 14 – 85–20 m). In this section, the rail track alignment is led on two reverse curves, the left-hand one (track #1) with the radius of 2000 m and the subsequent right-hand one with the radius of 2504 m (the superelevation of 90mm and 106 mm respectively). The vertical alignment rises at 4.6 ‰ along a 1100 m long section and 6.5 ‰ along a 1977m long section; in the last, 33 m long cut-and-cover section, it is on a 10 ‰ gradient. The difference between the entrance and exit portal levels is about 18.5 m.

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

ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ

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

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

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

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

Podélné sklony chodby korespondují s podélným sklonem tunelu. Příčný průřez souběžné záchranné chodby umožňuje průjezd záchranného vozidla – sanitky (světla šířka/výška je 2,25/2,25 m). Světlý tunelový průřez chodby je 7,5 m². Teoretický výrub záchranné chodby je cca 13,5 m². V polovině délky propojek jsou křížové rozrážky pro technologické místnosti. U 2. a 5. propojky jsou umístěny místnosti trafostanic. Veškeré profily, mimo trafostanice, s rozšířeným profilem 25 m² a prostor pro otáčení záchranných vozidel IZS na konci únikových štol jsou identických rozměrů.

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

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

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

PROPOSED SOLUTION

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

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

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

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

The longitudinal gradients of the gallery follow the longitudinal gradient of the tunnel. The cross-section of the parallel rescue gallery (net width of 2.25 m and net height of 2.25 m) allows a rescue vehicle (an ambulance car) to pass through. The net cross-sectional area is 7.5 m². The theoretical excavated cross-sectional area of the rescue adit is about 13.5 m². In the middle of the lengths of the cross passages there are cruciform side stubs for equipment rooms. Transformer stations are at the cross passages No. 2 and 5. The dimensions of all cross-sections, with the exception of cross-sections for transformer stations, cross-sections enlarged to 25 m² and cross-sections providing space for turning of the Integrated Rescue System vehicles at the ends of escape galleries, are identical.

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

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

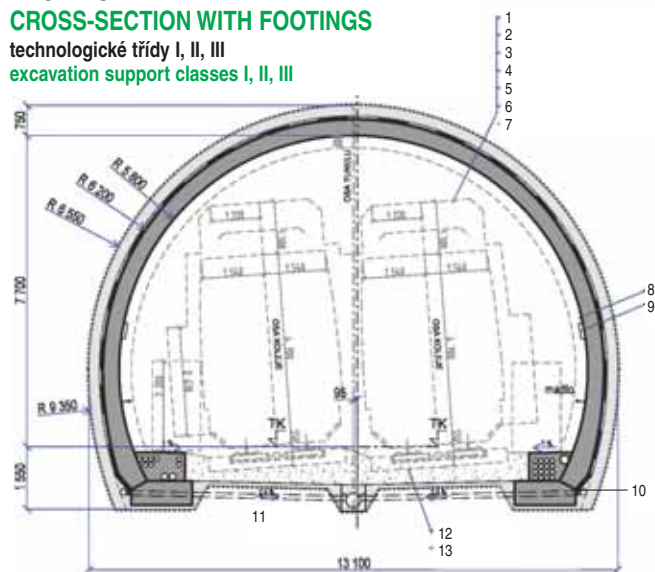
Access roads for fire fighters and hard-surfaced assembly and rescue areas are provided at the entrance and exit portals and a fire main is installed in compliance with requirements of ČSN 73 7508 *Rail Tunnels standard and the decision of the Commission of the European Communities* dated 20 December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

CROSS SECTIONS

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

PROFIL S PATKAMI CROSS-SECTION WITH FOOTINGS

technologické třídy I, II, III
excavation support classes I, II, III



ZÁKLADNÍ VÝMĚRY KONSTRUKCÍ BASIC QUANTITIES OF STRUCTURES

výrub 107,47 m² – excavated cross-sectional area 107.47 m²

dočasné ostění 6,81 m² – temporary lining 6.81 m²

trvalé ŽLB ostění 12,02 m² – permanent RC lining 12.02 m²

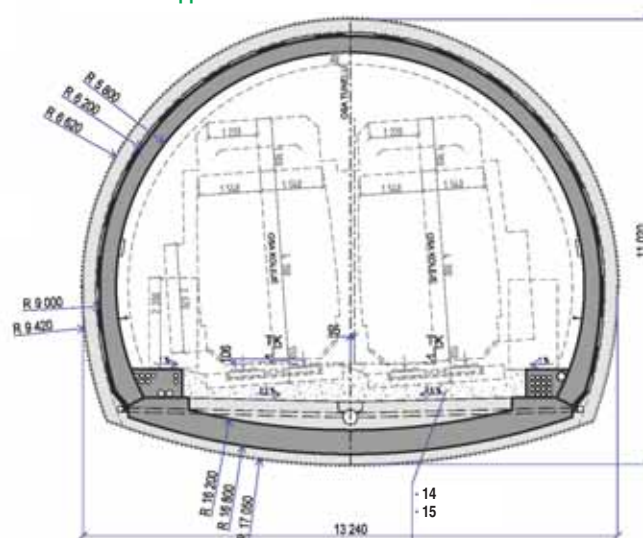
světlý tun. prostor 76,10 m² – net tunnel space 76.10 m²

LEGENDA / LEGEND

- 1 obrys výrubu – excavation contour line
- 2 dočasné ostění SB25 tl. 0,25 m – temporary lining
- 3 prostor pro dotvarování kce max. 0,10 m
space for max. creeping of up to 0.10 m
- 4 foliová izolace tl. 0,003 m – waterproofing membrane 0.003 m
- 5 trvalé ostění beton C25/30 XC1 XF1 tl. 0,40 m
permanent lining concrete C25/30 XC1 XF1 0.40 m thick
- 6 pojistný prostor tl. 0,30 m – safety margin space 0.30 m thick
- 7 hraniční obrys průjezdného profilu – boundary contour of clearance profile
- 8 vyzářovací kabel – radiating cable

PROFIL SE SPODNÍ KLENBOU CROSS-SECTION WITH INVERT

technologické třídy IV, V
excavation support classes IV and V



9 nouzové osvětlení – emergency lighting

10 boční tunelová drenáž DN 150 – side tunnel drainage DN 150

11 střední tunelová drenáž DN 350 – central tunnel drainage DN 350

12 trvalé ostění – patky beton C25/30 XA1 XC1 XF1 tl. 0,40 m

permanent lining – footings concrete C25/30 XA1 XC1 XF1 0.40 m thick

13 podkladní beton C12/15 XO tl. 0,10 m

blinding concrete C12/15 XO 0.10 m thick

ZÁKLADNÍ VÝMĚRY KONSTRUKCÍ BASIC QUANTITIES OF STRUCTURES

výrub 120,13 m² – excavated cross-sectional area 120.13 m²

dočasné ostění 11,39 m² – temporary lining 11.39 m²

trvalé ŽLB ostění 17,20 m² – permanent RC lining 17.20 m²

světlý tun. prostor 76,10 m² – net tunnel space 76.10 m²

14 trvalé ostění – protiklenba beton C25/30 XA1 XC1 XF1 tl. 0,40 m

permanent lining – invert – concrete C25/30 XA1 XC1 XF1 0.40 m thick

15 podkladní beton C12/15 XO tl. 0,10 m

2 blinding concrete C12/15 XO

Obr. 6 Vzorové příčné řezy tunelem

Fig. 6 Typical tunnel cross-sections

PRÍČNÉ ŘEZY

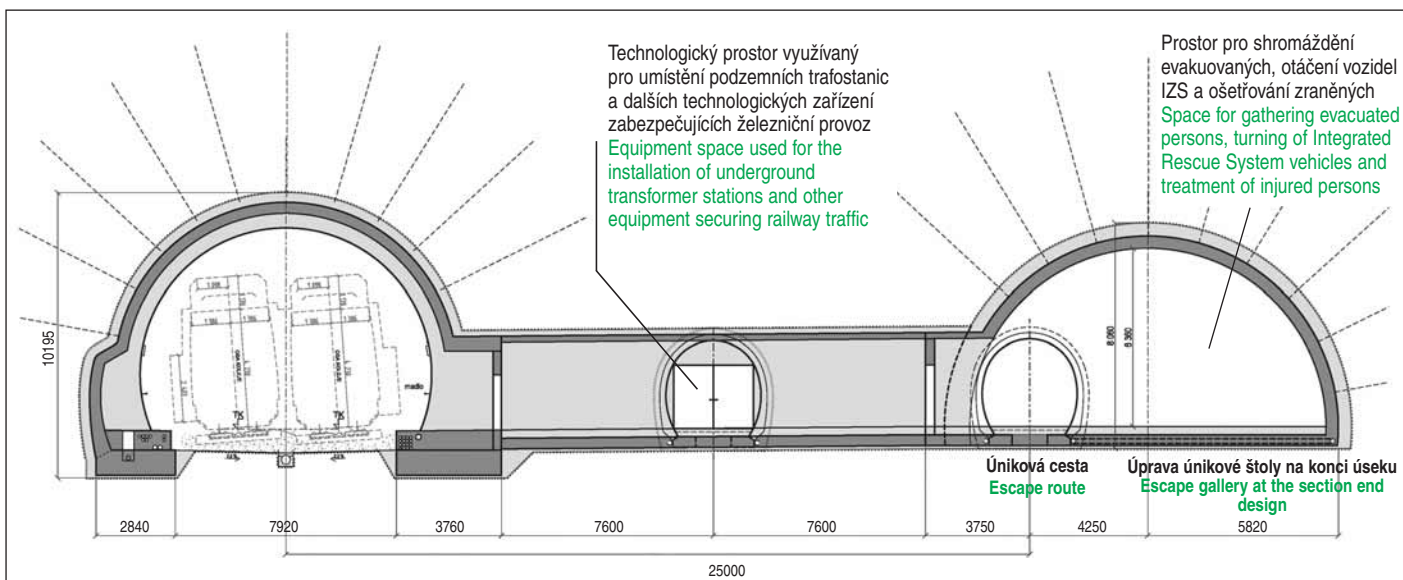
Návrh světlého profilu dvoukolejného tunelu je pro oba tunely stejný. Vyšel z nově platného vzorového listu SŽDC *Světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu* (2010) a byl aplikován na dvoukolejný tunel (obr. 6, 7).

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

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

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

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



Obr. 7 Příčný řez tunelem, spojovací a únikovou štolou

Fig. 7 Cross sections through the tunnel, the connecting adit and the escape gallery

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

DÉLKA DOBY REALIZACE

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

Pro celkovou dobu stavby je rozhodující trvání realizace delšího Chotýčanského tunelu (3 roky za předpokladu ražby od obou portálů). Jedním z rozhodujících objektů stavby jak z hlediska celkového objemu prací, tak vlivu na hmotnici (kubatury), na rozvozy vytěžených zemin a hornin s ekonomickým dopadem na ražby a také na potřebný čas pro realizaci, je až 10 m vysoký násyp mezi severním portálem tunelu Hosín (obr. 8) a jižním portálem tunelu Chotýčany v délce cca 2,50 km. Celkový objem násypu je 635 882 m³ a za předpokladu, že minimálně z poloviny obou tunelů může být výkop v objemu 519 750 m³ (447.700/2+591.800/2) uložen prakticky přímo před portál, se doporučené technické řešení ražených tunelů stává nespornou výhodou. Řešení nevyvolává nutné projednávání dlouhých odvozních tras se zasaženými obcemi a prakticky bezpodmínečnou úpravu užívané silniční sítě, když se dá oprávněně předpokládat, že frekvence průjezdů dopravních prostředků obcemi by byla v intervalu několika málo minut.

VARIANTNÍ NÁVRHY

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

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

Jako základní byly navrženy dvě varianty:

- dvojice souběžných jednokolejných tunelů,
- dvoukolejný tunel.

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

excavated cross-sectional area ranges from 105 to 120 m², depending on the NATM excavation support classes.

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

CONSTRUCTION WORK DURATION

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

The construction of the longer of the tunnels, the Chotýčany tunnel, is the deciding factor in terms of the total construction time (3 years under the assumption that the tunnel is excavated simultaneously from both portals). One of crucial structures of the project, both from the aspect of the total volume of the work and the aspect of the influence on the cut and fill volumes (the mass haul diagram) on the distribution of excavated soils and rocks with the economic impact on underground excavations and also on the time required for the construction, is the up to 10 m high and about 2.5 km long embankment between the northern portal of the Hosín tunnel (see Fig. 8) and the southern portal of the Chotýčany tunnel. The total volume of the embankment reaches 635,882 m³ and, assuming that the volume obtained minimally from a half of the length of both tunnels, reaching 519,750 m³ (447,700/2 + 591,800/2) can be disposed off virtually in front of the portals, the technical solution recommended for the mined tunnels becomes an undisputable advantage. The solution requires no negotiations over long haul routes with affected municipalities and virtually no improvement of the existing road network because it is reasonable to expect that the frequency of the passage of vehicles through villages would be within the interval of several few minutes.

DESIGN DRAFT VARIANTS

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



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

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

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

ZÁVĚR

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

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

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

Recenzoval: doc. Ing. Karel Vojtášik, CSc.

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

Two variants were selected as basic solutions:

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

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

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

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

CONCLUSION

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

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

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

LITERATURA / REFERENCES

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