

PŘÍPRAVA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNIČNÍ TRATĚ PODŘIPSKO PREPARATION OF THE PODŘIPSKO HIGH-SPEED RAILWAY LINE

ZDENĚK ŽIŽKA, PETR HOFMAN

ABSTRAKT

Článek se zabývá přípravou úseku vysokorychlostní trati Praha–Lovosice, která je nazývána VRT Podřipsko. V první části se článek zaměřuje na popis celé trati Podřipsko. Ve své druhé části podrobně představuje koncepci Střížkovského tunelu, který je součástí zmiňovaného úseku vysokorychlostní trati.

ABSTRACT

The article addresses the preliminary design of a section of the Prague–Lovosice high-speed line, which is called VRT Podřipsko. In the first part, the article focuses on the description of the entire Podřipsko line. In its second part, it thoroughly introduces the concept of the Střížkov tunnel, which is a part of the mentioned section of the high-speed line.

1. ÚVOD

Příprava vysokorychlostních tratí (VRT) v naší republice značně pokročila. Vysokorychlostní tratě se stanou součástí sítě tzv. Rychlých spojení (RS). Ta jsou definována jako provozně-infrastrukturní systém rychlé železnice na území ČR. Zahrnovat budou nejen VRT, ale i některé tratě upravené pro rychlost do 200 km/h. V současné době se nacházejí v různých stádiích projektové přípravy následující úseky VRT:

1. INTRODUCTION

The design stage of high-speed lines (VRT) in our Republic has advanced significantly. High-speed lines will become a part of a network of so-called Fast Connections (RS). Those are defined as an operational-infrastructural fast railway system in Czech territory. They will not only include VRT, but even some lines modified for a speed of up to 200km/h. In the present time, the following VRT sections find themselves in various stages of design preparation:

- RS 1 Prague–Brno–Ostrava VRT (length 385km);
- RS 2 Brno–Břeclav VRT (length 44km);
- RS 4 Prague – Ústí nad Labem – Dresden VRT (length 137km);
- RS 5 Prague – Hradec Králové/Pardubice – Vratislav VRT (length 273km).

RS 4 route connects Prague and Dresden, while it passes under Krušné hory via a long base tunnel. The company METROPROJEKT Praha a.s is the leader of 22 design companies that are currently preparing design documents for the RS 4 and specifically its Podřipsko section at the DÚR level (Fig. 1). The name Podřipsko VRT hides the marking of a track section between the Balabenka hub in Prague and the current IV. railway corridor to which it connects between Roudnice nad Labem, Litoměřice, and Lovosice [5]. On the RS 4 line yet another long base tunnel is planned, passing under České středohoří and exiting in Ústí nad Labem.

2. PODŘIPSKO VRT

The mentioned VRT section is named after Říp Mountain, which is a fundamental landmark in the vicinity of the line that goes beyond borders of the region by significance.

The section of this new twin-rail line starts in Prague and ends at an exit of the No. 090 conventional line (so-called „levobřežka“) behind Roudnice nad Labem City. The route of this VRT still begins in the wider centre of Prague. A part of the project is a proposal for the Balabenka turnout (Fig. 2), which represents one of the most complex railway hubs in Prague. It connects five large Prague stations, and whilst many rails intertwine here in two vertical levels today, after reconstruction their number will approximately double and even a third vertical level will be added. All of that in very thorough coordination with the city ring road, which will be channelled in tunnels underneath the rails. The reason for such



Obr. 1 Přehledná situace VRT Podřipsko
Fig. 1 Clear layout of the Podřipsko VRT

- RS 1 VRT Praha–Brno–Ostrava (délka 385 km);
- RS 2 VRT Brno–Břeclav (délka 44 km);
- RS 4 VRT Praha – Ústí nad Labem – Dráždany (délka 137 km);
- RS 5 VRT Praha – Hradec Králové/Pardubice – Vratislav (délka 273 km).

Trasa RS 4 spojuje Prahu a Dráždany, přičemž Krušné hory podchází velmi dlouhým bázovým tunelem. Společnost METROPROJEKT Praha a.s. stojí v čele 22 projekčních firem, které aktuálně zpracovávají projektovou dokumentaci pro RS 4 a konkrétně její část Podřipsko ve stupni DÚR (obr. 1). Pod názvem VRT Podřipsko se skrývá označení úseku trati mezi pražským uzlem Balaběnka a stávajícím IV. železničním koridorem, na který se napojuje mezi Roudnicí nad Labem, Litoměřicemi a Lovosicemi [5]. Na trase RS 4 je plánován ještě další dlouhý bázový tunel podcházející České středohoří a vyústující v Ústí nad Labem.

2. VRT PODŘIPSKO

Zmíněný úsek VRT je pojmenován podle hory Říp, která je zásadní krajinnou dominantou v okolí tratě, která významem přesahuje hranice regionu.

Úsek této nové dvojkolejné trati začíná v Praze a končí sjezdem na konvenční trať č. 090 (takzvanou „levobřežku“) za městem Roudnice nad Labem. Trasa této VRT začíná ještě v širším centru Prahy. Součástí projektu je i návrh odbočky Balaběnka (obr. 2), který představuje jeden ze složitých pražských železničních uzlů. Ten propojuje pět velkých pražských nádraží, a zatímco dnes se tu několik kolejí proplétá ve dvou výškových úrovních, po přestavbě se jejich počet přibližně zdvojnásobí a přibude ještě třetí výšková

a generous solution is not the VRT itself and its integration into Prague, but in particular the need to accommodate traffic capacity-wise, which is expected by the feasibility study Prague railway hub (in Czech) [1]. This hub is for the most part supposed to be finished by the half of the 21st century and the Balaběnka turnout will therefore be one of the first structures directly connected to it. RS 4 tracks are routed through this haulage from the railway station (ŽST) Railway station Praha hl. n., where this VRT will be embedded, and on the northern end of the turnout they embed into the slope underneath Prague districts Prosek and Střížkov. Also the ca. 3160m long Střížkov tunnel is named after the second one.

After the exit from the tunnel, the line finds itself in the fields between city districts Letňany and Ďáblice, which have a high potential for future development and The Prague Institute of Planning and Development (IPR) plans a completely new city district here. For this reason, the IPR also requires establishing a railway station in this place. The planned station is supposed to emerge parallel to Činovecká Street (the continuation of the D8 motorway on the territory of Prague), and because its full potential will be utilised only with the potential new development in the vicinity of the station, it is designed in multiple stages. The expansion and reconstruction of the provisional (temporary) Prague North station into its fully-fledged shape is expected during the full operation of the line.

In the section following the Prague North station, the trains will already surpass the speed of conventional railway. Up to the area to the north of the Líbeznice municipality, the design speed is



Obr. 2 Nové kolejové řešení uzlu Balaběnka
Fig. 2 New rail solution of the Balaběnka hub

úroveň. To vše za velmi podrobné koordinace s městským silničním okruhem, který povede v tunelech těsně vedle kolejí. Důvodem takto velkorysého řešení není samotná VRT a její zapojení do Prahy, ale zejména potřeba kapacitně vyhovět provozu, který předpokládá Studie proveditelnosti Železniční uzel Praha [1]. Tento uzel by měl být z velké části dokončen až v polovině 21. století a odbočka Balabenka tak bude jedna z prvních staveb s ním přímo spojených. Koleje RS 4 probíhají touto dopravnou od ŽST Praha hlavní nádraží, kam bude tato VRT zaústěna, a na severním konci odbočky se zanořují do svahu pod pražskými čtvrtěmi Prosek a Střížkov. Podle druhé z nich jsou tunely délky ca 3 160 m také pojmenované.

Po výjezdu z tunelů se trať ocitá v polích mezi městskými částmi Letňany a Ďáblice, které mají velký potenciál v budoucí zastavbě a pražský Institut plánování a rozvoje (IPR) zde plánuje zcela novou městskou čtvrť. Z toho důvodu zde IPR požaduje rovněž zřízení železniční stanice. Plánovaná stanice má vzniknout paralelně s ulicí Cínovecká (pokračování dálnice D8 na území Prahy), a protože její plný potenciál bude využit až s případnou novou zastavbou v okolí stanice, je navržena v několika etapách. Rozšíření a přestavba zprvu nouzové (provizorní) stanice Praha Sever do plnohodnotné podoby je předpokládáno za plného provozu tratě.

V úseku za stanicí Praha Sever budou již vlaky překračovat rychlost konvenční železnice. Až do oblasti severně od obce Líbeznice je návrhová rychlost 250 km/h a trať zde nejprve mostem o délce 90 m překonává plánovaný vnější dálniční okruh Prahy (D0, konkrétně úsek 520), aby se následně opět zanořila pod zem. Dvojkolejný Líbeznický tunel o délce 3 400 m provede VRT ještě relativně hustě zastavěným územím severně od Prahy. Za jeho severním portálem již mohou vlaky zrychlovat na plánovaných 320 km/h, respektive výhledových 350 km/h. V rámci Středočeského kraje pak trasa postupuje těsně podél dálnice D8 až do kraje Ústeckého. Na rozhraní Středočeského a Ústeckého kraje se nachází poslední velká doprava tohoto úseku s pracovním názvem Terminál Roudnice nad Labem VRT.

Před popisem samotného terminálu je třeba zmínit ještě několik umělých staveb, které jí předcházejí. První z nich je stavební objekt – nadjezd šířky 99 m. Jde o ekodukt, avšak jeho účelem není vytvoření migrační trasy pro zvěř, ale propojení dvou blízkých částí přírodní rezervace (PR Vršky pod Špičákem). Další stavbou je Úžická estakáda délky 900 m, pod níž prochází pozemní komunikace a železniční trať č. 092. Za obcí Zlosyň je trať navrhována v úzké koordinaci s rozsáhlou těžebnou šterkopísku plánovanou v této lokalitě. Hned za ní následuje nejdelší estakáda na VRT Podřipsko, 1 600 m dlouhá Vltavská estakáda. Její délka je dána hlavně širokým pásem aktivní záplavové oblasti Vltavy v tomto místě. Samotnou řeku překonává 25 m vysokým mostem o rozpětí 80 m. Hned za ní je navržena prostorová rezerva pro možnou odbočku, ve které se bude odpojovat budoucí VRT Poohří ve směru na město Most. Ta je v tuto chvíli prověřována samostatnou studií a není jisté, zda pokročí do další fáze přípravy. Poslední větší umělou stavbou ve Středočeském kraji je tunel Ledčice, nazvaný podle obce, kterou podchází. Je až s podivem, že se povedlo bezmála 50 km novostavby železniční tratě naplánovat už ve studii tak, aby k jediným demoliciím obytné zastavby došlo v této obci. Vysokorychlostní trať zde povede 1 450 m dlouhým hloubeným dvoukolejným tunelem.

Terminál Roudnice nad Labem VRT bude tvořit kapacitní přepravní uzel. Do čtyřkolejné stanice bude zapojena trať č. 096, která bude tvořit dopravní spojení s městem Roudnice nad Labem. Tato jednokolejná trať bude do stanice zaústěna přes „triangle“ (trať ve tvaru trojúhelníku), který má mimo jiné sloužit k otáčení některých pracovních vlaků před vjezdem do údržbové základny. Z tohoto servisního střediska, pro které jsou projektovány vlastní kolejíště

250km/h and here the line firstly overcomes via a 90m long bridge a planned Prague outer motorway ring road (D0, specifically section 50), so that it subsequently once again submerges underneath the ground. The double-track Líbeznice tunnel at a length of 3400m will guide the VRT through still a relatively densely built-up area at the north outskirts of Prague. After its northern portal, trains can accelerate up to the planned 320km/h, or as the case may be the prospective 350km/h. The route advances within the Středočeský kraj narrowly alongside the D8 motorway to Ústecký kraj. On the boundary of Středočeský and Ústecký kraj the last large haulage of this section is located with a working designation Roudnice nad Labem VRT Terminal.

Prior to describing the terminal itself, it is necessary to mention a few artificial structures that precede it. The first of them is a 99m wide flyover. It is an ecoduct, however its purpose is not to create a migratory route for wildlife but rather to connect two nearby parts of a natural reserve (Vršky pod Špičákem PR). The next structure is the 900m long Úžice railway bridge, underneath which a road and the No. 092 railway line are located. After the Zlosyň municipality, the line is designed in close coordination with an extensive sandy-gravel quarry planned at this location. Right beyond it the railway bridge on the VRT Podřipsko follows, the 1600m long Vltava elevated railway. Its length is given mainly by the wide strip of the Vltava active flood plains in this area. The river itself is overcome by a 25m tall bridge with a span of 80m. Right after it, a spatial reserve for a possible turnout is proposed, in which the future Poohří VRT will disconnect in the direction of Most City. It is being verified at this moment by a standalone study and it is not certain, whether it will advance to the next phase of design. The last larger artificial structure in Středočeský kraj is the Ledčice tunnel, named after the municipality which it passes under. It is astonishing that nearly 50km of the new-build railway line was successfully planned already in the study phase such that the demolition of a housing development occurred only in this municipality. The high-speed railway line here will run through a 1450m long cut-and-cover double-track tunnel.

The Roudnice nad Labem VRT terminal will form a capacity transportation hub. Into the four-track station the nr. 096 line will be connected, which will form a transport connection with Roudnice nad Labem City. This single-track line will be embedded into the station via a „triangle“ (line in the shape of a triangle), which should serve among other things to rotate some work trains before entering the maintenance base. From this service centre, for which the rails and the halls themselves are designed, a significant part of the maintenance of the whole future RS 4 will be carried out. The maintenance will be performed regularly during the night hours when the operation on the high-speed line will be suspended.

The remaining ca. 10km route section is approximately one-third designed within VRT speed parameters. The line here is routed on two couple hundred metre-long viaducts (Čepelské and Chvalínské). In the Kněždol turnout, the No. 090 conventional line will disconnect from the VRT, a line that will for one or two decades account for the only continuation of this line in the direction of the northern border of the Czech Republic. The section of the high-speed line across Středohoří actually represents not only a technical, but also a political challenge, and for that reason its realization is expected with a certain delay.

It is necessary to mention that for the whole route alongside classic 2D documentation, a BIM model in 3D is also being created, containing non-graphical information according to the requirements of Správa železnic at the DÚR level. The broad public

a haly, bude probíhat značná část údržby celé budoucí RS 4. Údržba bude probíhat pravidelně v nočních hodinách, kdy bude provoz na vysokorychlostní trati přerušen.

Zbývajících cca 10 km části trasy je asi z jedné třetiny navrženo v rychlostních parametrech VRT. Trať je zde vedena po dvou několikasetmetrových estakádách (Čepelské a Chvalínské). V odbočce Kněždol se bude od VRT odpojovat sjezd na konvenční trať č. 090, který bude na jednu až dvě dekády představovat jediné pokračování této tratě směrem k severní hranici ČR. Úsek vysokorychlostní trati přes Středohoří totiž představuje nejen technický, ale i politický oříšek, a proto se jeho realizace předpokládá s určitým zpožděním.

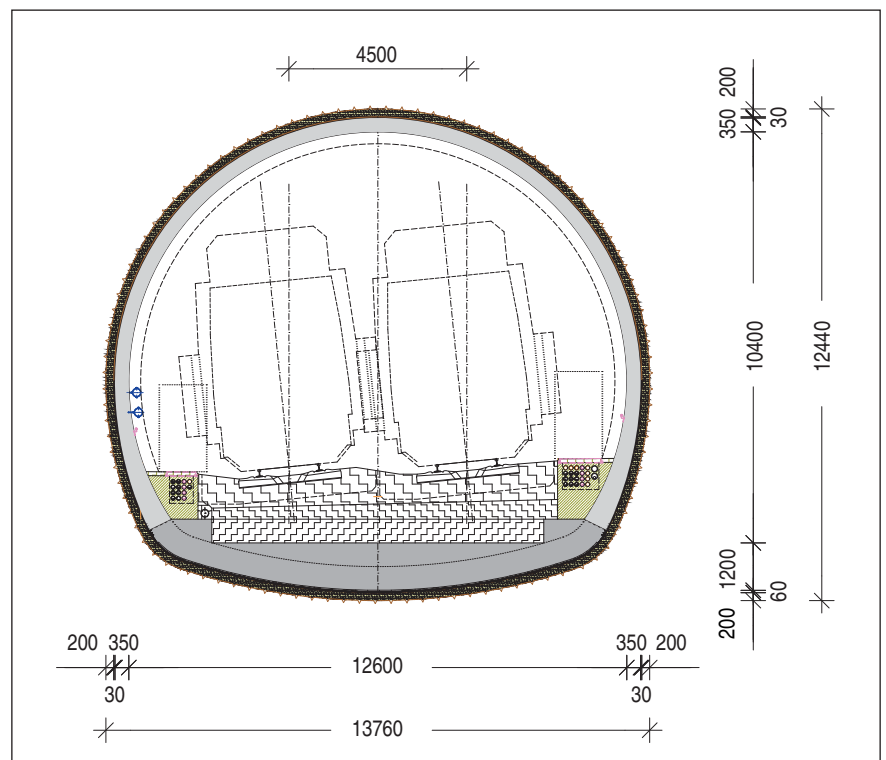
Je třeba zmínit, že pro celou trasu je vytvářen vedle klasické 2D dokumentace i model BIM ve 3D, obsahující i negrafické informace dle požadavků Správy železnic ve stupni DÚR. Veřejnost se s postupem přípravy může seznámit na gis portálu <https://www.gobec.cz/vrt-balalo>.

2.1 Tunely na VRT Podřipsko

Na trase VRT Podřipsko se vedle již zmíněného Střížkovského tunelu nacházejí i další dva tunely. Konkrétně se jedná o Ledčický a Líbeznický. Ledčický tunel je celý hloubený a pro Líbeznický tunel je částečně navržena metoda výstavby ražením a částečně hloubením. Zatímco projekce Střížkovského tunelu se odehrává v režii METROPROJEKTU Praha a.s., zbylé dva jsou projektovány kolegy z firmy SAGASTA s.r.o. [6]. Všechny tunely jsou primárně navrhovány podle tzv. „Manuálu pro projektování VRT ve stupni DÚR“ [2] vydaného Správou železnic na základě sdíleného know-how s francouzskými železnicemi (SNCF).

2.1.2 Tunel Líbeznice

Novostavba dvoukolejného tunelu je navržena v délce 3 400 m. Návrhová rychlost je 250 km/h. Od vjezdového portálu je prvních



zdroj SAGASTA s.r.o. [6] source SAGASTA s.r.o. [6]

Obr. 3 Příčný řez ražené části Líbeznického tunelu

Fig. 3 Cross-section of the excavated part of the Líbeznice tunnel

can familiarize with the course of design on the GIS portal <https://www.gobec.cz/vrt-balalo>.

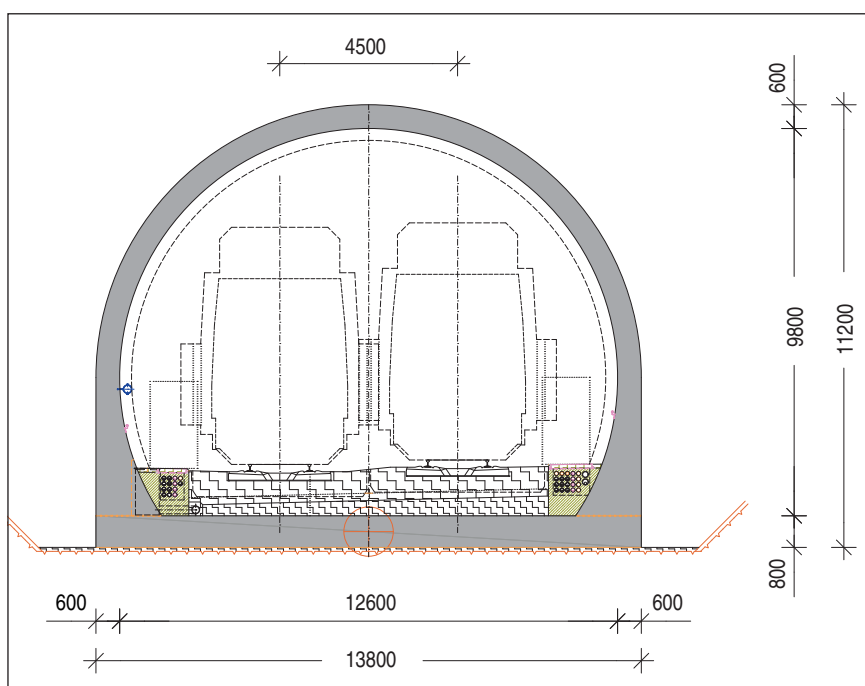
2.1 Tunnels on the Podřipsko VRT

On the Podřipsko VRT route even two other tunnels besides the aforementioned Střížkov tunnel are located. More specifically Ledčice and Líbeznice. The Ledčice tunnel is entirely cut-and-cover and for the Líbeznice tunnel a construction method of a combination of excavating and cut-and-cover is partially designed. Whereas the design of the Střížkov tunnel takes place under the direction of METROPROJEKT Praha a.s., the remaining two are being designed by our colleagues from the company SAGASTA s.r.o. [6]. All the tunnels are mainly designed according to the so-called „Manual for VRT designing at the DÚR level“ [2] released by Správa železnic on the basis of shared know-how with the French railway (SNCF).

2.1.2 The Líbeznice Tunnel

The new-built double-track tunnel is designed at a length of 3400m. The design speed is 250km/h. From the entrance portal, the first 2110m of the tunnel are built in an open construction pit. The next 600m of length are excavated (Fig. 3). The remaining 690m are again built in an open excavation pit. In relation to the placement of the tunnel in the external area and mostly with a small depth below terrain, a sloped excavation pit is designed. The structure of the tunnel will be covered up to the level of current terrain with a layer at least 1m in thickness.

The grade line of the tunnel is routed in a valley line arc, which necessitated an essential design of a drain pit. The lining of the tunnel is from waterproof reinforced concrete with joints secured thanks to inner sealing strips. The dimensions of



zdroj SAGASTA s.r.o. [6] source SAGASTA s.r.o. [6]

Obr. 4 Příčný řez Ledčického tunelu

Fig. 4 Cross-section of the Ledčice tunnel

2110 m tunelu budováno v otevřené stavební jámě. Dalších 600 m délky je ražených (obr. 3). Zbýlých 690 m je budovaných opět v otevřené stavební jámě. Vzhledem k umístění tunelu v extravilánu, a většinou v malé hloubce pod povrchem, je navržena svahovaná stavební jáma. Konstrukce tunelu bude přesypaná do úrovně současného terénu vrstvou mocnosti alespoň 1 m.

Niveleta tunelu je vedena v údolnicovém oblouku, což si vyžádá nutný návrh čerpací jímky. Ostění tunelu je navrženo ze železobetonu jako voděodolné se spárami zajištěnými pomocí vnitřních těsnicích pásů. Rozměry světlého profilu tunelu odpovídají zmíněnému Manuálu pro projektování VRT [2]. Světlý profil tunelu je $91,8 \text{ m}^2$ (pro návrhovou rychlost 230 až 270 km/h je požadováno min. 90 m^2). Klenba je založena na základové desce, jejíž tloušťka

the clear tunnel section correlate to the mentioned Manual for VRT designing (in Czech) [2]. The clear section of the tunnel is $91,8 \text{ m}^2$ (for a design speed of 230 up to 270 km/h min. 90 m^2 is required). The vault is founded on a base slab, whose thickness will be dependent on the encountered geological conditions and the height of the cover. Slab thicknesses of 800 and 1200 mm are designed.

The excavation will be carried out according to the principles of the New Austrian tunnelling method. In relation to the length of the tunnel three escape structures are designed here (max. distance is 1000 m). Besides them, on the surface emergency service spaces and technological structures are designed. The tunnel passes underneath eight communications, from second-class roads up to communications for pedestrians.

2.1.2 The Ledčice Tunnel

The new-built double-track tunnel has a design length of 1450 m. The design speed is 320 km/h. The tunnel will be cut-and-cover in its entire length (Fig. 4). In regards to the location of the tunnel being mainly in the external area and a small depth below terrain, a sloped construction pit is designed with a maximum of three elevation levels of slopes that are divided by benches.

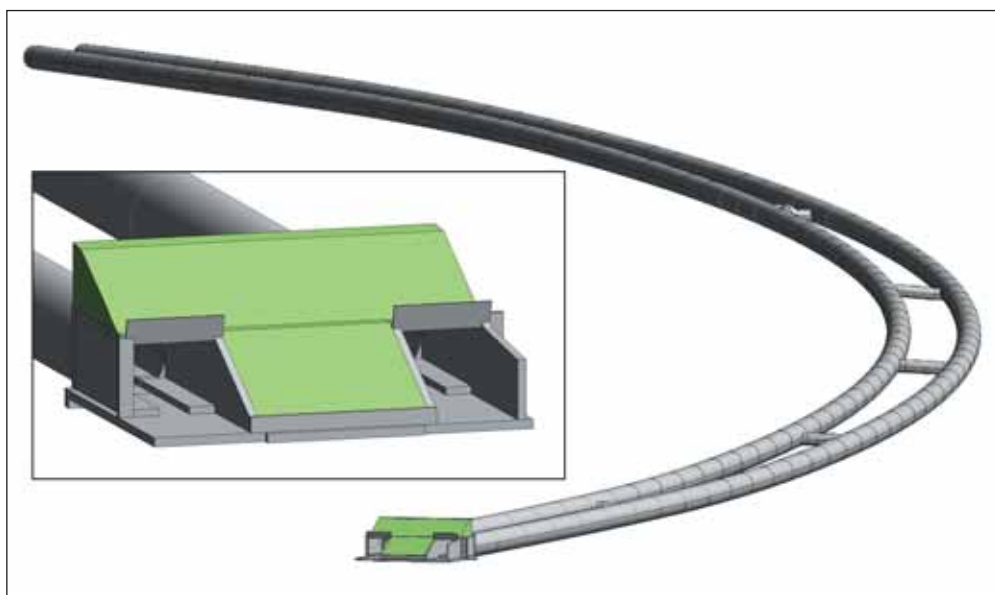
The tunnel axis in its entire length is lead in a horizontal arc with a maximum track cross slope of 150 mm. The tunnel has a roof-shaped longitudinal incline, where the grade line from the entrance portal first ascends and then descends. Dimensions of the clear tunnel section also correspond to the Manual for VRT designing (in Czech) [2], (inside the obverse of the

lining is a circle with a radius of 6.5 m). The clear tunnel section will be $99,6 \text{ m}^2$ (for a design speed of 270 up to 350 km/h a min. of 100 m^2 is recommended). The level of the edge of the pavement is again designed always at the height of the crown of the adjacent rail. The tunnel passes under many access roads and third-class roads.

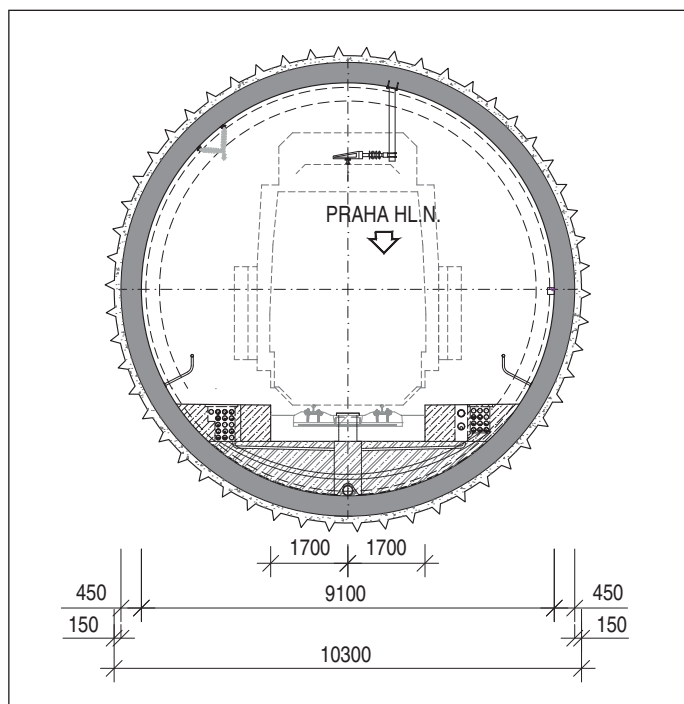
3. THE STŘÍŽKOV TUNNEL

The Střížkov tunnel complex (Fig. 5) consists of two single-track excavated line tubes (Fig. 6), a cut-and-cover portal section on Balabenka, a cut-and-cover portal section in Letňany (Fig. 7), and excavated tunnel cross passages. Single-track track tunnels have a length of 3155 m (chainage km 5.723–8.878), from which ca. 3000 m will be excavated with a full-profile EPB (earth pressure balanced shield) tunnelling machine. The tunnel grade line from the entrance portal rises at an incline of up to 16.5%. For the reason of limitations on the maximal longitudinal inclination of rails, within the horizontal arc, the tubes are delineated at different elevations. The different vertical levels of entrances from the main track tunnels into single-track cross passages then result in the need to place a staircase into some of the cross passages.

The design speed of the tunnel is considered to be below 200 km/h. Construction-wise it is not a VRT tunnel, yet its technological equipment matches it. The cross-section of the tunnel therefore was not designed according to the Manual for VRT designing (in



Obr. 5 Tubusy Střížkovského tunelu s přibližným pohledem na jižní portál na Balabence (výřez z BIM modelu)
Fig. 5 Tubes of the Střížkov tunnel with a zoomed in view of the southern portal on Balabenka (cut out from a BIM model)



Obr. 6 Příčný řez raženou částí Střížkovského tunelu s průměrem výrubu 10,3 m a zajištěným segmentovým ostěním
Fig. 6 Cross-section of the excavated part of the Střížkov tunnel with an excavation diameter of 10.3 m and segment lining securing

bude závislá na zastižených geologických podmínkách a výšce zá-syvu. Navržené jsou tloušťky desek 800 a 1 200 mm.

Ražba ražené části bude prováděna dle principů Nové rakouské tunelovací metody. Vzhledem k délce tunelu jsou zde navržené tři únikové objekty (max. vzdálenost je 1 000 m). Při nich jsou na povrchu projektovány plochy IZS a technologické objekty. Tunel podchází osm komunikací, od silnic druhé třídy až po komunikace pro pěší.

2.1.2 Tunel Ledčice

Novostavba dvoukolejného hloubeného tunelu má navrhovanou délku 1 450 m. Návrhová rychlost je 320 km/h. Tunel bude v celé délce hloubený (obr. 4). Vzhledem k umístění tunelu z větší části v extravilánu a v malé hloubce pod terénem, je navržena svahovaná stavební jáma s max. třemi výškovými úrovněmi svahů, které jsou odděleny lavicemi.

Osa tunelu je v celé délce vedena ve směrovém oblouku s maximálním převýšením kolejí 150 mm. Tunel má střechovitý podélný sklon, kdy niveleta od vjezdového portálu nejprve stoupá a pak klesá. Rozměry světlého profilu tunelu rovněž odpovídají Manuálu pro projektování VRT [2] (vnitřní líc ostění je kružnice o poloměru 6,5 m). Světlý profil tunelu bude 99,6 m² (pro návrhovou rychlost 270 až 350 km/h je doporučení min. 100 m²). Úroveň hrany chodníku je opět navržena vždy ve výšce temene přílehlé kolejnice. Tunel podchází několik polních cest a silnic třetí třídy.

3. STŘÍŽKOVSKÝ TUNEL

Komplex Střížkovského tunelu (obr. 5) se skládá ze dvou jednokolejných ražených traťových tubusů (obr. 6), hloubeného portálového úseku na Balabence, hloubeného portálového úseku v Letňanech (obr. 7) a ražených tunelových propojek. Jednokolejné traťové tunely mají délku 3 155 m (staničení km 5,723–8,878), z čehož cca 3 000 m bude raženo plno-profilovým tunelovacím strojem EPB (Earth pressure balanced shield). Niveleta tunelu od vjezdového portálu stoupá ve sklonu až 16,5 ‰. Z důvodu omezení maximálního podélného sklonu kolejí jsou v rámci směrových oblouků trasovány tubusy v rozdílných výškách. Rozdílné výškové úrovně vstupů z hlavních traťových tunelů do jednokolejných propojek pak vedou k nutnosti umístění schodiště do některých propojek.

Návrhová rychlost v tunelu je uvažována do 200 km/h. Stavebně se nejedná o tunel VRT, avšak jeho technologické vybavení tomu odpovídá. Příčný řez tunelu proto nebyl navržen podle Manuálu pro projektování VRT [2], nýbrž podle vzorových listů Správy železnic pro tunely s rychlostí do 200 km/h [7]. Zmenšení příčného řezu oproti zmíněnému manuálu si ovšem vyžádalo z aerodynamických důvodů nutnost instalaci pevné troleje.

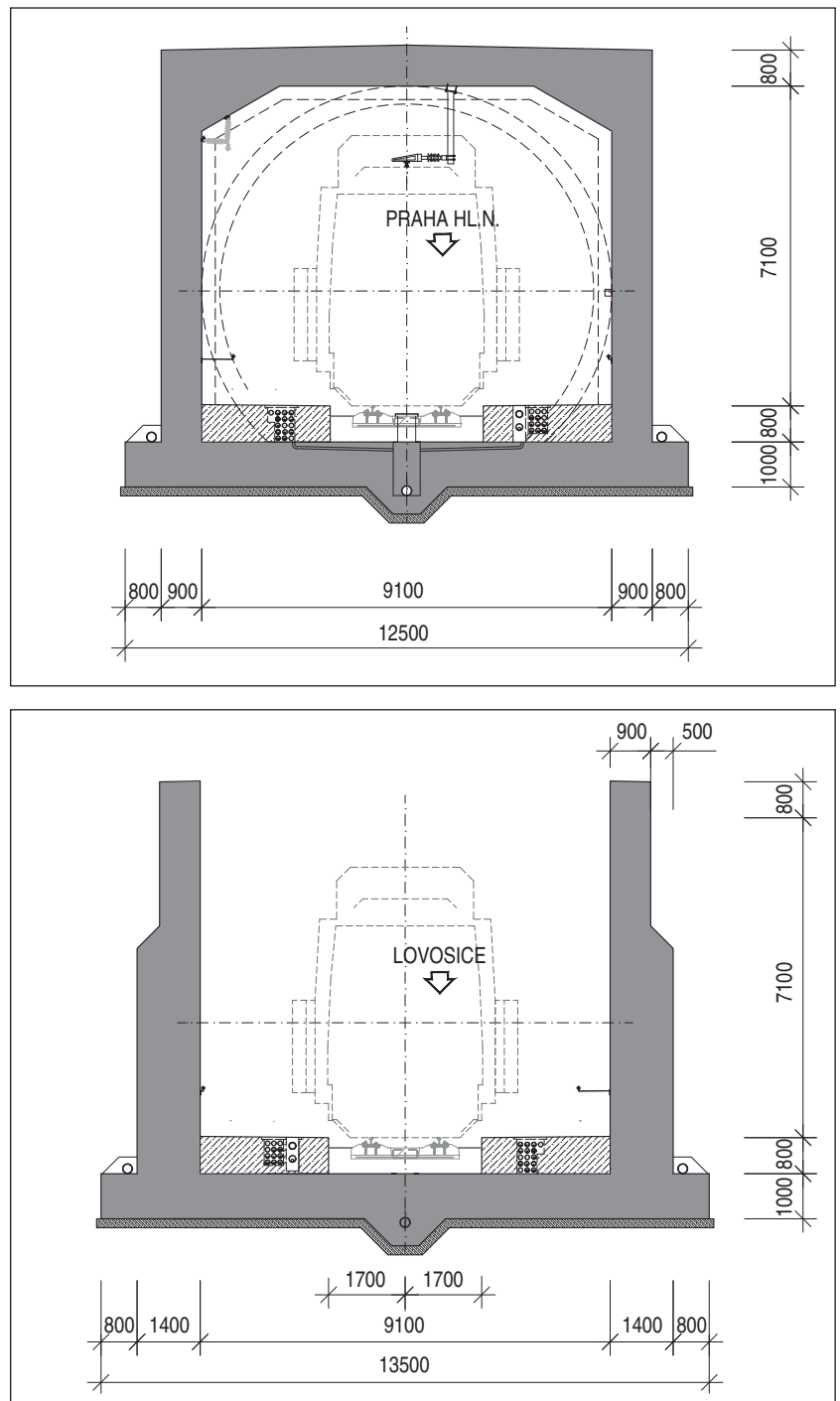
3.1 Inženýrskogeologické a hydrogeologické podmínky

Úsekem km 5,723–6,170 prochází tunel ordovickými horninami letenského souvrství (Barrandián) a obdobné podmínky jsou i v místě vjezdového portálu.

(Czech) [2], but according to sample sheets of Správa železnic for tunnels with speeds of up to 200km/h [7]. However the shrinking of the cross section in comparison to the mentioned manual has necessitated the need to install fixed catenary lines for aerodynamic reasons.

3.1 The engineering geology and hydrogeology conditions

In section km 5.723–6.170 the tunnel passes through the Ordovician rock of the Letná complex of strata (Barrandien) and similar conditions are also in the area of the entrance portal. Clayey silty shales with layers of quartzite are also represented here. The rock strength rises with depth due to a lower intensity of weathering. In the profile of the tunnel primarily shales corresponding to the R4 class will be located, more weathered shales of the R5 class



Obr. 7 Příčné řezy hloubenou částí Střížkovského tunelu
Fig. 7 Cross-sections of the cut-and-cover part of the Střížkov tunnel

Zastoupeny jsou zde jílovitoprachovité břidlice s polohami křemenců. Pevnost horniny vlivem menší intenzity zvětrání do hloubky roste. V profilu tunelu se budou nacházet především břidlice odpovídající pevností třídě R4, více zvětralé břidlice třídy R5 se budou nacházet v úvodní části kolem portálu tunelu a v nadloží. Polohy křemenců představují velmi odolnou horninu, která bude způsobovat vyšší opotřebení řezných nástrojů tunelovacího stroje. Podle laboratorních rozborů je pevnost křemenců v prostém tlaku průměrně 40 MPa. V průběhu vrtných prací byly dokumentovány hodnoty RQD převážně 0 %, max. cca 50 %. Značí to vysoké až velmi vysoké rozpukání horninového masivu diskontinuitami.

V úseku km 6,170–6,280 překonává tunel zlomové pásmo u paty prosecké plošiny. Tektonická linie prochází územím ve směru ZZS–VVJ a zapříčinila vznik terénní deprese vyplněné kvartérními sedimenty, které nasedají na podložní ordovické horniny. U této terénní deprese lze jako její výplň předpokládat kvartérní deluviální a deluviofluviální sedimenty charakteru jílu a hlín písčitých, s proměnlivým podílem podložních úlomků hornin. Předkvartérní podklad tvoří ordovické horniny letenského souvrství v monotónním vývoji, charakteru jílovitoprachovitých břidlic černošedé barvy, které jsou prostřednictvím tektonických linií zvětralé do větších hloubek. V bezprostředním nadloží tunelu se budou nacházet zcela zvětralé břidlice charakteru jílovité hlíny pevné konzistence. V průběhu vrtných prací byly mimo tektonické poruchové zóny dokumentovány hodnoty RQD převážně 40–90 %.

V úseku km 6,280 až cca 7,660 prochází tunel jílovitoprachovítkými břidlicemi patřícími do jemnozrné (pelitické) facie monotónního vývoje letenského souvrství nebo do libeňského souvrství. Niveleta tunelu stoupá a mocnost nadloží se pohybuje v rozsahu max. 62 m v km 6,540 až 36 m v km 7,660. Tunel bude ražen především ve zdravých jílovitých a jílovitoprachovitých břidlicích. Horniny mají pevnost v prostém tlaku na dolní hranici třídy R3 odpovídající nejčastěji rozsahu cca 18–34 MPa. Přítomnost poloh křemenců u monotónního vývoje letenského souvrství je ojedinělá. Vzdálenost diskontinuit je malá až střední, v průzkumných vrtech bylo dokumentováno RQD v rozsahu nejčastěji 30–80 %.

V úseku km cca 7,660–7,900 prochází tunel na rozhraní dvou zcela rozdílných litologických celků hornin spodní křídly a ordoviku. Niveleta tunelu stoupá a mocnost nadloží se pohybuje v rozsahu 36–29 m. V horní části profilu tunelu začnou nastupovat pískovce korycanského souvrství, které jsou slabě diageneticky zpevněné a odpovídají pevnostní třídě R5–R4. Pískovce jsou jemně až hrubě zrnité a v průběhu průzkumných vrtných prací se rozpadaly na úlomky a písek, takže RQD téměř v celém profilu pískovců odpovídá hodnotě 0 %. V podloží pískovců bývá přítomná vrstva jílovců patřící již do peruckých vrstev. Jílovce mají šedou až černošedou barvu a obsahují zbytky organiky, popř. se jedná až o jílovce uhelné. Hornina je málo pevná a úlomky lze drtit v ruce, její přetváření je částečně plastické. Tato vrstva, pokud je přítomná, bývá obvykle mocná cca 0,5–1,5 m. Přejít do hornin ordoviku může být ostrý nebo může zahrnovat přechodnou vrstvu fosilně předkřídlově zvětralých hornin. Tmavošedé libeňské jílovité břidlice byly ve svrchní vrstvě cca 2,0 m lateriticky fosilně zvětralé.

V úseku km cca 7,900–8,878 prochází tunel v celém profilu křídovými pískovci korycanských vrstev. Mocnost nadloží postupně klesá z 29 m na 9 m v místě severního portálu ražené části. Pískovce jsou slabě diageneticky zpevněné a odpovídají pevnostní třídě R5–R4. Křídlové pískovce tvoří opět hlavní kolektor pro podzemní vodu v oblasti a vzhledem k nepropustnému podloží dochází

will be situated in the initial part around the tunnel portal and the overburden. The locations of quartzite represent a very resistant rock that will inflict higher wear on the cutting tools of the tunnelling machine. According to laboratory analysis the strength of the quartzite (UCS) is on average 40MPa. During drilling works RQD (rock quality designation) values were documented to be mostly 0%, max. ca. 50%. That signifies a high to very high rock segmentation due to discontinuities.

In section km 6.170–6.280, the tunnel overcomes a fault zone at the base of the Prosek platform. The tectonic line passes through the area in the direction WWN–EES and it caused the formation of a depression filled with Quaternary sediments settled on the subsoil of the Ordovician rock. With this terrain depression, as its fill, it is possible to expect Quaternary deluvial and deluvial-fluvial sediments with the characteristics of clays and sandy loams, with a variable ratio of subsoil rock fragments. The pre-Quaternary base is formed by Ordovician rocks of the Letná complex of strata, in character monotone clayey silty shales of black-gray colour, which are weathered up to higher depths due to tectonic lines. In the imminent overburden of the tunnel entirely weathered shales in character solid consistency clayey loams will be located. Over the course of drilling works apart from the tectonic fault zones, RQD values were documented mostly at 40–90%.

In section km 6.280 up to ca. 7.660, the tunnel passes through clayey silty shales belonging to finely grained (pelite) facies of monotone development of the Letná or the Libeň complex of strata. The grade line of the tunnel rises and the thickness of the overburden oscillates in a range of max. 62m in km 6.540 to 36m in km 7.660. The tunnel will be excavated mostly in healthy clayey and clayey silty shales. The rocks have strength in simple pressure on the lower boundary of the R3 class corresponding most commonly to a region of ca. 18–34MPa. The presence of quartzite layers at the monotone development of the Letná complex of strata is sporadic. The distance between discontinuities is small to medium, in exploratory bores the documented RQD was in the range of mostly 30–80%.

In the section km ca. 7.660–7.900 the tunnel passes through along a border between two entirely different lithological units of Lower Cretaceous and Ordovician rocks. The grade line of the tunnel rises and the thickness of the overburden fluctuates in a range of 36–29m. In the upper part of the profile of the tunnel the Korycany complex of strata starts to come in, which is weakly diagenetically strengthened and corresponds to the strength of the R5–R4 class. Sandstones are finely to coarsely grained and during exploratory drilling works they broke apart into fragments and sand, so the RQD corresponded to the value of 0% almost in the whole profile. A layer of claystone that already belongs to the Perucko layers tends to be present in the subsoil of sandstones. Claystones have a gray to black gray colour and contain remains of organic matter, eventually, they are even coal claystones. The rock is seldom sturdy and it is possible to crush the fragments by hand, its deformation is partially plastic. This layer, provided it is present, usually tends to be ca. 0.5–1.5m thick. The transition into Ordovician rock can be abrupt or it can include a transitional layer of fossil pre-Cretaceous weathered rock. Dark gray Libeň clayey shales were lateritic fossilily weathered in the upper layer of ca. 2.0m.

In section km ca. 7.900–8.878 the tunnel in its entire profile passes through Cretaceous sandstones of the Korycany layers. The thickness of the overburden gradually decreases from 29m to 9m in the location of the northern portal of the excavated section. Claystones are weakly diagenetically strengthened and correlate to

k hromadění vody na bázi křídly. Horniny jsou slabě až středně rozpukané a vytváří středně až silně propustný kolektor.

Podzemní voda se nachází především v křídových pískovcích, které tvoří výrazný kolektor, jílovce na rozhraní vrstev a podložní břidlice jsou prakticky nepropustné.

3.2 Výběr technického řešení tunelu

Nejprve bylo třeba vybrat nejvhodnější technologii ražby a s tím související kolejové řešení. Do úvahy přicházela možnost řešení tunelu jako dvoukolejného raženého konvenčně (NRTM) nebo dvou jednokolejných tubusů ražených strojně. Jako prvotní kritérium byla zhodnocena u těchto dvou variant rychlost výstavby, kdy varianta dvou jednokolejných tunelů ražených strojně jasně dominuje. Varianta dvou jednokolejných tunelů dále nabízí vyšší úroveň bezpečnosti provozu a v neposlední řadě vhodné umístění technologického vybavení tunelu do tunelových propojek. Volbu varianty strojní ražby podporuje možnost zřízení kvalitní logistické základny pro obsluhu ražeb v Letňanech.

Statický výpočet prokázal, s ohledem na zastižené geologické podmínky, nutnost nasazení stroje s možností aktivní tlakové podpory čelby. Požadavky na razicí techniku je možné na základě předběžného geotechnického průzkumu stanovit pouze orientačně. V rámci plnoprofilových strojních ražeb existují tři varianty strojů s aktivní tlakovou podporou čelby. Vedle zeminového štítu (EPB) je to bentonitový štít (SPB) a štít s variabilní hustotou podpůrného média (variable density shield). Vzhledem k tomu, že v trase nebyly zastiženy rozsáhlé oblasti hrubozrnných zemin, je pro ražbu navrhován zeminový štít EPB. Výhodou tohoto typu stroje oproti zbylým dvěma typům je jeho nižší cena i provozní náklady. Tunelovací stroj EPB dále umožňuje ražbu ve třech módech v závislosti na aktuálně zastižených geologických podmínkách (v uzavřeném, otevřeném a polouzavřeném či smíšeném). Všechny tyto tři módy budou s vysokou pravděpodobností při ražbě Střížkovského tunelu také využity.

Vzhledem k poměrně nepříznivým inženýrskogeologickým a hydrogeologickým podmínkám z hlediska stability výrubu bude nutné významnou část tunelu razit v uzavřeném módu. Při použití tohoto módu dojde k minimalizaci sedání povrchu a minimálnímu ovlivnění hydrogeologické situace zájmového území. V otevřeném módu se bude razit pouze ve zdravých skalních horninách s minimální puklinovou propustností podzemní vody. Na přechodu mezi oblastmi ražby v uzavřeném módu a otevřeném módu je navrhováno nasazení polouzavřeného módu. Přítoky podzemní vody do výrubu budou v místech s vysokými přítoky minimalizovány ražbou v uzavřeném módu.

Při určování potřebného průřezu tunelu se vycházelo z návrhové rychlosti do 200 km/h z literatury [7], Přílohy 12 Mechanizovaná ražba – Geometrie – od 161 km/h do 230 km/h pevná jízdní dráha, převýšení 0–160 mm (bez odsazení). Jako výztuž tunelu je navrženo prefabrikované betonové ostění Ø 9,1/10,0 m tl. 450 mm z drátkobetonu nebo s klasickou ocelovou armaturou. Pevnostní třída betonu musí být minimálně C35/45 a nemá překročit C50/60 z důvodu křehkosti betonu. Podrobnější požadavky na kvalitu betonu nejsou v rámci současného stupně projektové dokumentace stanoveny.

Pro účely projektové přípravy je uvažován výsledný průměr výrubu Ø 10,3 m. Uvažovaný výrub je o 150 mm větší na každé straně než vnější hrana segmentového ostění. Velikost 150 mm je v současném stupni dokumentace uváděna jako orientační. Tento prostor je technologicky nutný, mimo jiné, pro řízení tunelovacího stroje.

the R5–R4 strength class. Cretaceous sandstones again form the main collector for groundwater in the region and in regards to the impermeable subsoil the accumulation of water occurs at the base of the sandstones. The rock is low to medium jointing and forms a medium to intensely permeable collector. Groundwater is located primarily in Cretaceous sandstones, which form a distinctive collector, claystones on the boundary of the layers and subsoil slates are practically impermeable.

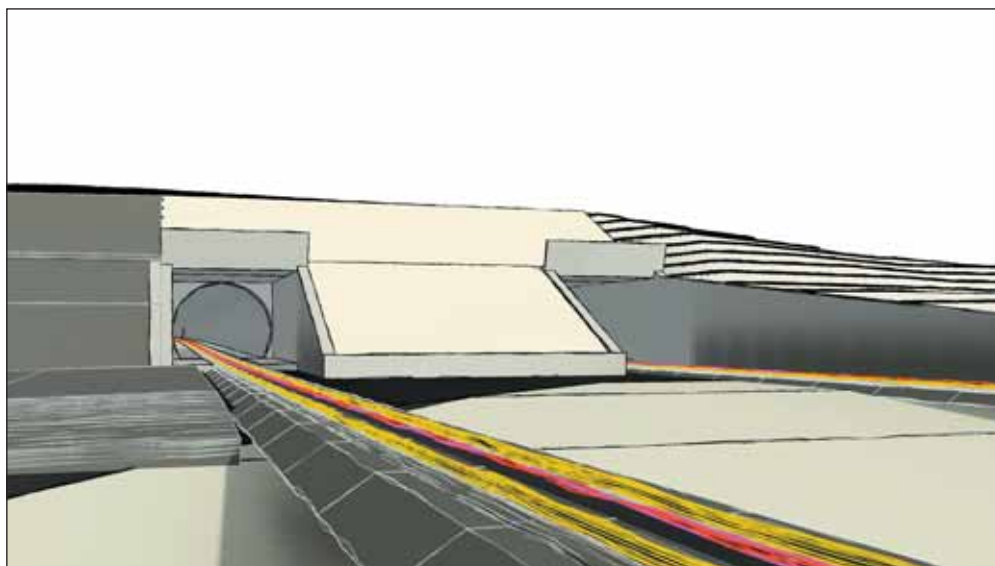
3.2 The choice of the technical solution of the tunnel

Firstly it was needed to choose the most suitable excavation technology and with it the associated railway solution. Into consideration came the possibility of the solution of the tunnel as double-track conventionally excavated (NATM) or two single-track tubes excavated by a tunnel boring machine. As the primary evaluated criteria with these two variants was the speed of construction, where the variant of two single-track tunnels excavated by a machine clearly dominates. The variant of two single-track tunnels then offers a higher level of operational safety and last but not least the convenient placement of tunnel equipment of the tunnel into tunnel cross passages. The choice of the machine excavation variant is backed by the option to establish a quality logistical base for excavation support in Letňany.

The structural analysis proved with regard to the encountered geological conditions the need for the deployment of a machine with the option of active pressure face support. It is possible to specify the requirements for excavation machinery only indicatively on the basis of the preliminary geotechnical survey. Within full-face machine excavation exist three variants of machines with active pressure face support. Besides the mentioned shield (EPB) that is the bentonite shield (SPB), and the shield with a variable density of support medium (variable density shield). Taking into consideration that along the route there were no extensive areas of coarsely grained soils encountered, the proposed shield for the excavation is the EPB shield. The advantage of this type of machine in comparison with the remaining two types is its lower cost and also operational expenses. The EPB tunnelling machine then allows excavation in three modes in relation to the currently encountered geological conditions (in an close, open and partially closed or mixed). All three of these modes will be used with a high likelihood during the excavation of the Střížkov tunnel.

In regards to the comparatively unfavourable engineering geology and hydrogeology conditions from the point of stability of the excavation, it will be necessary to excavate a significant part of the tunnel in the close mode. Whilst using this mode the minimisation of surface subsiding will happen and a minimal impact on the hydro-geological situation of the area of interest will occur. In the open mode excavation will be carried out only in sound rock with minimal joint groundwater permeability. On the transition between areas of excavation in the close and open modes, the deployment of the partially closed mode is proposed. The influx of groundwater into the excavation will be minimised in areas of high influx by excavating in the close mode.

During the determination of the required tunnel cross-section, the basis used in regards to the design speed below 200km/h was literature [7], Appendix 12 Mechanised excavation – Geometry – from 161km/h to 230km/h slab track, superelevation 0–160mm (without offset) (in Czech). The tunnel will be lined with segments with steel or steel-fibre reinforcement with thickness of 450mm and Ø9.1/10.0m. The strength class of concrete has to be at least C35/45 and it is not supposed to exceed C50/60 due to concrete brittleness. More thorough requirements on concrete quality have



autor: Ing. arch. Pavel Sýs author: Ing. arch. Pavel Sýs

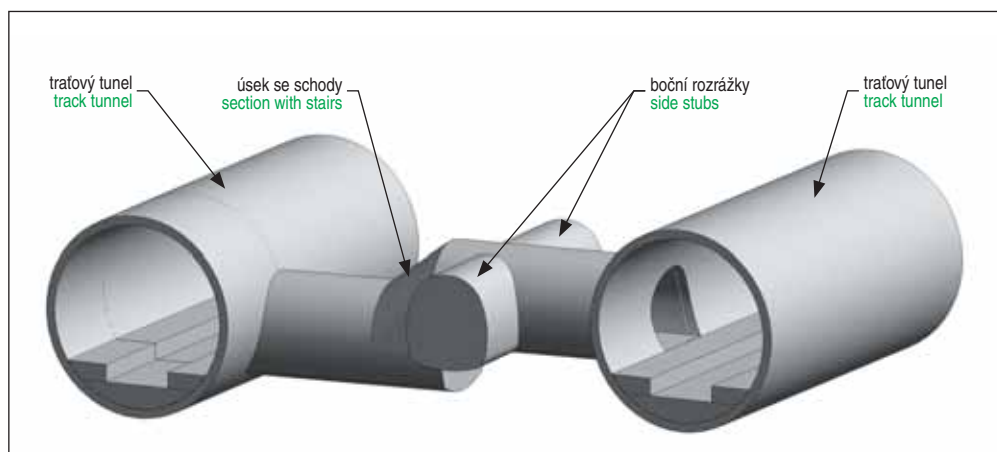
Obr. 8 Vizualizace portálu Střížkovského tunelu na Balabence
Fig. 8 Visualization of the Střížkov tunnel portal on Balabence

Na konci zadní obálky štítu je prostor následně vyinjektován např. tzv. dvoukomponentní injektáží. Tolerance směrového a výškového vedení ražby je uvažována 100 mm na každou stranu od osy tunelu. Těchto 100 mm pro toleranci ražby je uvažováno nad rámec pojistného prostoru 300 mm.

Segmentové ostění traťových tunelů je v příčných a podélných spárách uzavřeno proti vodě pomocí elastomerového těsnění. To může být vybaveno bentonitovými páskami, které v případě kontaktu s vodou nabobtnají a oblast dále dotěsní. U elastomerového těsnění je prokázáno, že vyhoví pro dvojnásobek požadovaného hydrostatického tlaku, a to se zohledněním degradace těsnění během návrhové životnosti ostění a vzájemného pootočení segmentů či vzájemného posunu prstenců. Požadavkem na vodotěsnost je odolat návrhové hodnotě výšky vodního sloupce i po 100 letech.

Kolejové řešení tunelu počítá s návrhem pevné jízdní dráhy (PJD) a s maximálním převýšením koleje 60 mm. Konkrétní typ PJD není v tomto stupni PD specifikován. Použití šterkového lože by si oproti PJD vyžádalo zvětšení průměru tunelu ze dvou důvodů:

1. O 0,2 m v průměru. Při zachování stávajícího průměru tunelu by se použitím šterkového kolejového lože totiž zmenšila šířka únikové cesty na 1 022 mm. Dle požárně bezpečnostního řešení (PBR) mají být chodníky široké minimálně 1,1 m. Zvětšení výrubu o 0,2 m by proto přineslo navýšení plochy teoretického výrubu z 83,3 m² na 86,6 m².



Obr. 9 Propojka Střížkovského tunelu s bočními rozrážkami a rozdílným výškovým uspořádáním traťových tunelů
Fig. 9 Cross passage of the Střížkov tunnel with side stubs and a different vertical arrangement of the track tunnels

not been defined within the current stage of the design.

For the purpose of project preparation, the considered final diameter of the excavation is Ø10.3m. The considered excavation is larger than the outer edge of the segment lining on both sides by 150mm. The 150mm size is stated as indicative in the current stage of design. This space is technologically necessary, besides other things for the operation of the tunnelling machine. At the end of the rear shield envelope, the space is subsequently injected with for example the so-called two-component injection resin. The tolerance of the directional and vertical course of excavation is considered to be 100mm on both sides of the tunnel axis. This 100mm

for excavation tolerance is taken into account beyond the 300mm safety space.

The segment lining of track tunnels is enclosed against water in the transverse and longitudinal slits thanks to elastomeric gaskets. That can be equipped with bentonite strips, which swell up upon contact with water and further gaskets the location. With elastomeric gaskets, it has been proved that they satisfy double the required hydrostatic pressure, and while considering the degradation of gaskets during the design lifespan of the lining and the mutual rotation of segments or the reciprocal shift of segmental rings. The requirement for water tightness is to withstand the design water column height even after 100 years.

The rail solution of the tunnel counts with the design of a slab-track (PJD) and with the maximal rail superelevation of 60mm. The particular PJD type is not specified at this stage of design. The use of a stone bed in contrast to the PJD would demand an enlargement of the diameter of the tunnel for two reasons:

1. By 0.2m in diameter. By keeping the current tunnel diameter due to the use of a stone bed the width of the escape route would in fact decrease to 1022mm. According to the fire safety solution (PBR), pavements have to be a minimum of 1.1m wide. Enlarging the excavation by 0.2m would therefore cause the increase of the theoretical excavation area from 83.3m² to 86.6m².
2. By 0.7m due to the placement of drainage cleaning shafts into pavements, for securing their accessibility and also preserving the option of rail bed machine cleaning.

The use of PJD in the single-track Střížkov tunnel is, therefore, more cost-saving not only from the viewpoint of the excavation area but also the area of segmental lining. This comparison emerges from the need to place the edge of the pavements as far as 2.26m from the rail axis according to the sample sheet. This distance enables machine cleaning of the rail bed and also its effective

2. O 0,7 m z důvodu umístění šachet čištění drenáže do chodníků, pro zajištění jejich přístupnosti a zároveň zachování možnosti strojního čištění kolejového lože.

Použití PJD v jednokolejném Střížkovském tunelu je tedy úspornější jak z hlediska plochy výrubu, tak i plochy segmentového ostění. Toto srovnání vychází z nutnosti umístění hrany chodníků až 2,26 m od osy koleje dle vzorových listů v případě šterkového lože. Tato vzdálenost umožňuje strojové čištění kolejového lože a rovněž jeho efektivní údržbu z hlediska rektifikace koleje vzhledem k použití stejných mechanismů jako na otevřené trati. V případě PJD je nutnost údržby minimalizována, ale je třeba oproti šterkovému loži počítat s většími investičními náklady na samotný železniční svršek. PJD dále umožňuje umístění tlumicího (tzv. mass-spring) systému zabraňujícímu šíření vibrací do okolí tunelu. Naproti tomu šterkové lože umožňuje pouze umístění tlumicích matrací mezi šterk a železobetonovou konstrukci tunelu, které jsou méně účinné. Poloha únikového chodníku nad temenem kolejnice (TK) je 0 mm na levé straně tunelu. Na pravé straně se chodník nachází v úrovni temene přilehlé převýšené kolejnice.

Záchranné výklenky v tomto typu ostění nebudou obecně zřizovány. Výjimkou, a zároveň zajímavostí Střížkovského tunelu, je výklenek pro filtr, který slouží k zahrazení stejnosměrných proudů (DC filtr). Důvodem umístění tohoto filtru je změna typu napájecí trakce před tunelem v blízkosti portálu na Balabence. Realizace tohoto výklenku je navržena obdobně jako provedení zárodku propojky.

Na strojně ražené úseky navazují úseky hloubené (obr. 8) v otevřené stavební jámě. Zatímco v oblasti Letňan je délka těchto úseků zhruba 140 m, na Balabence je uvažovaný hloubený úsek délky pouze cca 20 m. To z důvodu strmějšího sklonu svahu portálu, jelikož strojní ražba vyžaduje určitou minimální výšku nadloží.

V rámci porovnání variant bylo posuzováno nasazení jednoho či dvou tunelovacích strojů, které by razily oba tubusy Střížkovského tunelu současně. Projektant se vzhledem k délce tunelu přiklonil k nasazení pouze jednoho stroje, a to kvůli úspoře finančních prostředků, a především s ohledem na délky tunelů. V případě nasazení dvou tunelovacích strojů by se doba výstavby zkrátila pouze zhruba o 12 měsíců. To by z pohledu dokončení dalších úseků trati VRT nemělo praktický význam.

Z hlediska postupu provádění Střížkovského tunelu byly prověřovány dvě možnosti:

1. dovrchní ražba od portálu na Balabence směrem do Letňan;
2. úpadní ražba z Letňan směrem k portálu na Balabence.

Vzhledem k možnosti umístění staveniště, jeho zásobování a vlivu na okolí je jednoznačnou volbou varianta ražby z Letňan směrem na Balabenu. Oblast Letňan umožňuje i zřízení komfortního zařízení staveniště, spolu s výrobnou segmentů ostění a betonárkou. Betonárka pak bude sloužit i pro další objekty prováděné v rámci předmětné VRT.

3.3 Propojky

Potřeba tunelových propojek (obr. 9) vychází z TSI [3], na kterou se odkazuje požárně bezpečnostní řešení (PBŘ) tunelu [4]. Propojky jsou navrženy jako ražené NRTM. Návrh obecně počítá s maximální vzdáleností propojek 450 m. Ta je doložena v PBŘ na základě modelu evakuace osob a modelu zakouření jako dostatečná. Lokálně bývá tato vzdálenost zmenšována s ohledem na pozemní zástavbu tak, aby ražba propojky nebyla prováděna pod citlivou

maintenance in terms of rail rectification in regards to the use of the same mechanisms as on the open rail. In the case of PJD, the need for maintenance is minimised, but compared to a stone bed it is necessary to take into account the increased investment costs for the railway superstructure itself. The PJD then allows the placement of a dampening (ie. mass-spring) system preventing the spread of vibrations into the vicinity of the tunnel. In contrast, a ballast trackbed only allows the placement of dampening layer between the gravel and reinforced concrete structure of the tunnel, which are less effective. The location of the escape pavement is 0mm above the running surface of the rail on the left side of the tunnel. On the right side, the pavement is located at the level of the running surface of the adjacent superelevated rail.

Rescue recesses in this type of lining generally will not be established. The exception and also a curiosity is a recess for a filter that serves to obstruct direct currents (DC filter). The reason for the placement of this filter is the change of railway electric traction before the tunnel in the vicinity of the portal on Balabanka. The realisation of this recess is designed similarly to the execution of the cross-passage starter stub.

The cut-and-cover sections connect to the machine-excavated sections (Fig. 8) in an open excavation pit. Whilst the length of these sections in the region of Letňany is roughly 140m, on Balabanka the considered cut-and-cover section only has a length of ca. 20m. That is for the reason of a steeper slope incline at the portal since machine excavation requires a certain minimal overburden height.

Within the comparison of the variants the deployment of one or two tunnelling machines that would excavate both tubes of the Střížkov tunnel simultaneously was evaluated. The designer has sided with the deployment of only one tunnelling machine with regards to the length of the tunnels and the savings of financial resources. In the case of deploying two tunnelling machines the time of construction would shorten only by roughly 12 months. That would have no practical substance from the perspective of finishing further VRT line sections.

From the point of view of the conduction method of the Střížkov tunnel two options were assessed:

1. uphill drive from the portal on Balabanka in the direction towards Letňany;
2. downhill drive from Letňany in the direction of the portal on Balabanka.

In regards to the option of construction site placement, its supply, and the impact on the surroundings the unequivocal choice is the variant of excavation from Letňany in the direction towards Balabanka. The area of Letňany also allows the establishment of construction site facilities together with the manufacturing plant of lining segments, and a concrete plant. The concrete plant will then even serve for other structures carried out within the VRT in question.

3.3 Cross passages

The need for tunnel cross passages (Fig. 9) originates from TSI [3], to which the fire safety solution (PBŘ) of the tunnel refers [4]. The cross passages are designed as NATM-excavated. The design generally counts with a maximum distance of the cross passages of 450m. That is documented in PBŘ as satisfactory on the basis of a model of people evacuation and a model of smoke flow. Locally this distance tends to be reduced with regards to surface buildings such that the excavation of the cross passage would not be carried out underneath sensitive buildings. Seven cross passages are designed in the section with an overburden height from 15m to 59m.

zástavbou. V úseku je navrženo sedm propojek při výšce nadloží od 15 m do 59 m.

Jak již bylo zmíněno výše, vzájemné výškové řešení obou kolejí se po trase tunelu mění. V případě malého výškového rozdílu mezi traťovými tunely probíhají propojky s podélným sklonem do 1 : 8 = 12,5 %. Při vyšším sklonu je do propojky umístěno schodiště, které sklon vyrovnává.

Jsou navrženy dva typy propojek:

- Základní s bočními rozrážkami – v propojkách č. 2 a č. 4 bude vždy vybudována ještě kolmá rozrážka pro umístění přídatných technologických zařízení. V propojkách č. 5 a 6 budou vybudovány takové rozrážky dvě. Propojky č. 5 a 6 totiž budou obsahovat schody – viz výše. Za tlakotěsnými dveřmi propojky, v chráněném prostoru před schody, je umístěna vždy bezbariérová plocha o ploše min. 30 m².
- Zvětšená bez bočních rozrážek – propojky č. 1, č. 2, a č. 7 nemají boční rozrážku, avšak mají zvětšený základní příčný řez tak, aby úniková štola vedle technologických místností splňovala podmínky TSI (šířka 1,5 m × výška 2,25 m).

Propojky se budou razit až po vybudování traťových tunelů. Po zajištění stability hotového segmentového ostění v místě prostupů, a vyjmutí příslušných dílců z montovaného ostění, se vyrazí příslušné propojky technologií NRTM a opatří se primárním ostěním. Následně se položí hydroizolační souvrství a vybetonuje se sekundární ostění.

Monolitické železobetonové konstrukce v ražených propojkách jsou na rubu opatřeny fóliovou povlakovou izolací z měkčeného PVC, odolnou proti tlakové podzemní vodě. Vstupy do propojek budou opatřeny 2 ks tlakotěsných dveří. Vzduchotechnické vybavení bude umožňovat vyvodit v propojkách přetlak.

4. ZÁVĚR

Před realizací úseku RS 4 čeká projektanty ještě mnoho práce. Ať už je to provedení podrobného inženýrsko-geologického průzkumu a následné upřesnění potřebných technických parametrů razicího stroje a vyztužení tunelu, nebo dokončení projektů technologických profesí. Klíčovým úkolem pro projektanty je i vysvětlit vybrané řešení VRT veřejnosti a prokázat, že krajina i obyvatelstvo budou výstavbou VRT dotčeni v co nejmenší možné a zároveň akceptovatelné míře.

*Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
Ing. PETR HOFMAN, petr.hofman@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.*

*Recenzovali Reviewed by: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.,
Ing. Jiří Velebil*

As it was already mentioned above, the mutual vertical alignment of both the rails changes along the route of the tunnel. In the case of a small vertical difference between the track tunnels, the cross passages run with a longitudinal incline of up to 1:8 = 12.5%. With a higher incline, a staircase is placed into the cross passages, which equalizes the incline.

Two types of cross passages have been designed:

- A basic one with side stubs – in cross passages No. 2 and No. 4 a perpendicular stub will always be built for the placement of additional technological devices. Then in cross passages No. 5 and 6 two of such stubs will be built. Cross passages No. 5 and 6 will actually contain stairs – see above. Behind pressure-tight doors of a cross passage in a protected space before the stairs a barrier-free surface of an area min. 30m² is always placed.
- Enlarged without side stubs – cross passages No. 1, No. 2, and No. 7 do not have a side stub, however, they have an enlarged basic cross-section such that the escape shaft next to the technological room complies with TSI conditions (width 1.5m × height 2.25m).

The cross passages will be excavated only after constructing the track tunnels. After securing the stability of the finished segment lining at the locations of the cross passages and removing the relevant segments from the assembled lining, the corresponding cross passages will be excavated by NATM technology and provided with primary lining. Following a waterproofing layer will be laid and the secondary lining concreted.

Monolithic reinforced concrete structures in excavated cross passages are on the reverse provided with foil film waterproofing from softened PVC, resistant to pressurised groundwater. Entrances to the cross passages will be furnished with 2 pcs of pressure-tight doors. Ventilation equipment will enable the induction of overpressure.

4. CONCLUSION

Before the realisation of the RS 4 section, still, plenty of work awaits the designers. Whether it is conducting a detailed engineering geology survey and then specifying the required technical parameters of the boring machine and tunnel lining, or the completion of projects of technological professions. The key task for designers is also to explain the chosen VRT solution to the general public and to demonstrate that the landscape and residents will be affected in the least possible and acceptable amount.

*Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
Ing. PETR HOFMAN, petr.hofman@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Mott Macdonald CZ spol. s.r.o. *Studie proveditelnosti Železniční uzel Praha (ŽUP)*. 2020.
- [2] *Správa železnic Manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR*. Nepublikováno. 2021.
- [3] Nařízení Komise (EU) č. 1303/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu týkající se „bezpečnosti v železničních tunelech“ železničního systému Evropské unie (TSI).
- [4] KUČERA P. *Koncepce požárně bezpečnostního řešení, Strážkovský tunel*. 2024.
- [5] HOFMAN P. a kol. *RS 4 VRT Praha-Balabenka – sjezd Lovosice*. METROPROJEKT Praha a.s., 2024.
- [6] SVOBODA M., MAŘÍK L. *Projektová dokumentace Líbeznického a Ledčického tunelu ve stupni DÚR*. SAGASTA s.r.o., 2024.
- [7] SŽDC s.o. *Vzorový list světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu, Schváleno č.j. S 65027/09 – OTH ze dne 17. 2. 2010, Účinnost od 1. 3. 2010*. Praha, 2010.