

NAJDLHŠÍ SLOVENSKÝ TUNEL VIŠŇOVÉ VO VÝSTAVBE

THE LONGEST SLOVAK TUNNEL, VIŠŇOVÉ, UNDER CONSTRUCTION

MILOSLAV FRANKOVSKÝ, PETR MITRENGA

ABSTRAKT

Tunel Višňové je súčasťou diaľničného úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala s celkovou dĺžkou 13,5 km, vedeného južne od krajského mesta Žilina. Tunel dĺžky približne 7,5 km je budovaný v plnom profile s dvomi tunelovými rúrami. Práce na jeho výstavbe začali v roku 2014, pričom sa ich ukončenie predpokladá na konci roku 2019. V súčasnosti prebiehajú práce na razení tunela v oboch tunelových rúrach od oboch portálov. Ak všetko pôjde podľa predpokladov, v roku 2020 sa tunel Višňové stane najdlhším slovenským diaľničným tunelom v prevádzke, čím prevezme tento primát od tunela Branisko.

ABSTRACT

The Višňové tunnel is part of the 13.5km long Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, running in the south of the seat of the region Žilina. The approximately 7.5km long tunnel is being excavated full-face with two tunnel tubes. The construction work commenced in 2014 and the completion is expected at the end of 2019. Currently the work on the tunnel excavation proceeds from both portals in both tunnel tubes. If all goes according to assumptions in 2020, the Višňové tunnel will become the longest Slovak motorway tunnel in operation. It will take over this primacy from the Branisko tunnel.

ÚVOD

História projektovej prípravy a výstavby diaľničného tunela Višňové začala pred približne dvomi dekadami. Podľa záverečného stanoviska Ministerstva životného prostredia SR vydaného v roku 1997 v rámci procesu EIA bol pre ďalšiu prípravu diaľnice D1 v úseku Višňové – Martin odporučený tunelový subvariant T1 s tunelom Višňové dĺžky 7,7 km. V nasledovnom období bola spracovaná dokumentácia pre územné rozhodnutie a v rokoch 1998 až 2002 sa vykonal podrobný inžinierskogeologický prieskum pomocou razenia prieskumnej štôlne v celej dĺžke tunela. Podľa dokumentácie na územné rozhodnutie mal mať tunel jednu tunelovú rúru slúžiacu obojsmernej premávke a prieskumná štôlna mala byť využitá ako úniková, podobne ako to bolo realizované v prvom slovenskom diaľničnom tuneli Branisko. Po prehodnotení dopravných prognóz bolo riešenie zmenené na tunel s dvomi rúrami s jednosmernou premávkou, čím boli splnené požiadavky európskej smernice č. 2004/54 o minimálnych požiadavkách na bezpečnosť cestných tunelov. Na toto riešenie bolo v roku 2009 vydané stavebné povolenie. Diaľničný úsek s tunelom bol v tomto období súčasťou tzv. 3. balíka projektov verejno-súkromného partnerstva (PPP projektov). Po predčasnom ukončení PPP projektov v roku 2010 bolo už v nasledujúcom roku 2011 začaté verejné obstarávanie na výstavbu tohto diaľničného úseku, ktoré bolo po veľmi komplikovanom priebehu ukončené podpísaním zmluvy s vybraným uchádzačom v roku 2014.

ZÁKLADNÉ ÚDAJE

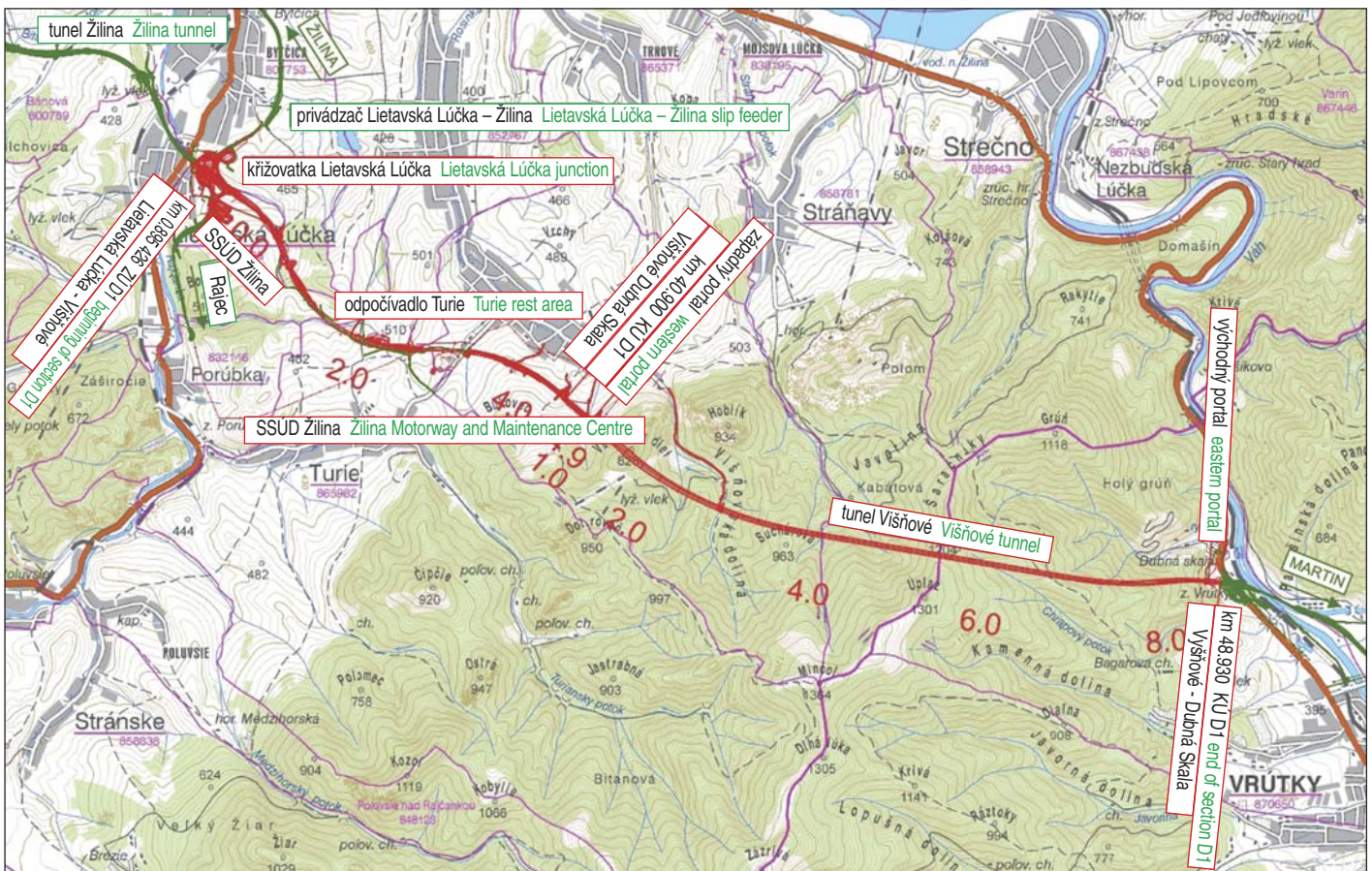
Tunel Višňové je súčasťou diaľničného úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala s celkovou dĺžkou 13,5 km, vedeného južne od krajského mesta Žilina (obr. 1). Tunel dĺžky približne 7,5 km je budovaný v plnom profile s dvomi tunelovými rúrami. Investorom stavby je Národná diaľničná spoločnosť, zhotoviteľom stavby je taliansko-slovenské združenie Salini Impregilo – Dúha. Financovanie stavby je zabezpečené kombináciou fondov Európskej únie a štátneho rozpočtu Slovenskej republiky. Ako zmluvné podmienky na výstavbu boli použité podmienky tzv. žltej knihy medzinárodnej federácie konzultačných inžinierov FIDIC, kde je

INTRODUCTION

The history of the design preparation and construction of the Višňové motorway tunnel commenced approximately two decades ago. According to the final opinion of the Ministry of Environment of the SR issued in 1997 within the EIA process, the sub-variant T1 with the 7.7km long Višňové tunnel was recommended for the subsequent preparation of the motorway in the Višňové – Martin section. In the following period the design documentation for issuance of zoning and planning decision was carried out and, in 1998 through to 2002, the detailed engineering geological survey was carried out using an exploratory gallery driven throughout the tunnel length. According to the design documentation for issuance of zoning and planning decision, the tunnel was to have one tunnel tube to be used for unidirectional traffic, and the exploration gallery was to be used as an escape gallery, similarly to the solution realised on the first Slovak motorway tunnel Branisko. After reassessing the traffic prognoses, the solution was changed to the tunnel with two tubes carrying unidirectional traffic. In this way, requirements of the European Directive No. 2004/54 on minimum safety requirements for road tunnels were met. The construction permit for this solution was issued in 2009. The motorway section containing the tunnel was at that time part of the so-called 3rd package of the Public – Private Partnership projects (PPP projects). After the premature termination of the PPP projects in 2010, the public procurement proceeding commenced just in the next year 2011. It was completed in 2014, after a very complicated course, by signing the contract with the winning bidder.

BASIC DATA

The Višňové tunnel is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway with the total length of 13.5km, running in the south of the regional seat of Žilina (see Fig. 1). The approximately 7.5km long tunnel is being built full-face, with two tunnel tubes. The project owner is Národná diaľničná spoločnosť (the National Motorway Company), the contractor is a consortium formed by companies Salini Impregilo and Dúha a. s. Project funding is ensured by a combination of European Union funds and the budget of the Slovak Republic. The contract conditions of the Yellow Book of the FIDIC, the



Obr. 1 Situácia úseku diaľnice s tunelom Višňové, v pravej časti cesta I/18 cez Strečniansku tiesňavu

Fig. 1 Layout of the motorway section containing the Višňové tunnel; the I/18 road through the Strečno Gorge on the right side

použitou metóda „Naprotjektuj a postav“, pri ktorej je zhotoviteľ zodpovedný aj za projektové práce a technické riešenie. Zmluvným partnerom zhotoviteľa pre projektovú dokumentáciu tunela je združenie tvorené slovenským Terraprojektom a talianskymi spoločnosťami Rocksoil a Ferro Ingegneria.

Základné parametre tunela:

šírková kategória tunela podľa STN 73 7507:	2T 7,5/100
druh tunela podľa dĺžky:	dĺhý tunel
dĺžka tunela:	7 503,1 m (severná tunelová rúra) 7 537,1 m (južná tunelová rúra)
šírka vozovky medzi obrubníkmi:	7,5 m
výška prejazdneho prierezu:	4,80 m
pozdĺžny sklon:	2,29 % (vo väčšine dĺžky tunela)
spôsob prevádzky:	jednosmerná
vetranie:	pozdĺžne s bodovým odsávaním
návrhová rýchlosť:	100 km/h
najvyššia dovolená rýchlosť:	100 km/h
dopravná prognóza 2025:	37 949 voz/24 h
dopravná prognóza 2035:	47 973 voz/24 h

GEOLOGICKÉ POMERY

Tunel Višňové sa nachádza na území pohoria Malá Fatra. Malá Fatra je 55 km dlhé horské pásmo v severozápadnej časti Slovenska, rozprestierajúce sa na juhovýchod od Žiliny v línii hlavného oblúka Západných Karpát. Hlavný hrebeň smeruje od juhozápadu na severovýchod. Stred horského pásma je rozdelený korytom rieky Váh. Na tomto mieste vytvorila rieka 12 km dlhé úzke údolie známe pod menom Strečnianska tiesňava. Nadmorská výška horského pásma na projektovanej trase tunela sa pohybuje v rozmedzí od 800 do 1300 m.

international federation of consultation engineers, were used, where the “Design and Build method was applied, where the contractor is responsible also for designing and the technical solution. Contractor’s contract partner for the tunnel design is a consortium consisting of Slovak Terraprojekt and Italian companies Rocksoil and Ferro Ingegneria.

Basic tunnel parameters:

tunnel width category according to STN 73 7507:	2T 7.5/100
tunnel type by length:	long tunnel
tunnel length:	7,503.1m (northern tunnel tube) 7,537.1m (southern tunnel tube)
kerb-to-kerb roadway width:	7.5m
clearance profile height:	4.80m
longitudinal gradient:	2.29% (along the majority of the tunnel length)
traffic system:	unidirectional
ventilation:	longitudinal with point extraction
design speed:	100km/h
maximum permissible speed:	100km/h
traffic volume prognosis 2025:	37,949 vehicles per 24h
traffic volume prognosis 2035:	47,973 vehicles per 24h

GEOLOGICAL CONDITIONS

The Višňové tunnel is located in the area of the Little Fatra. The Little Fatra is a 55km long mountain range in the north-western part of Slovakia, spreading southeast of Žilina in the line of the main Western Carpathian arc. The main crest heads from the southwest to the northeast. In the middle, the mountain range is divided by the Váh river bed. In this location the river created a 12km long valley known under the name of Strečno Gorge. The altitude of the mountain range on the tunnel design alignment varies from 800m to 1300m a.s.l.

Geologické podmienky na trase tunela boli overené prieskumnou štôľňou razenou v rokoch 1998 až 2002 v celej dĺžke tunela. Štôľňa sa razila dvomi rozdielnymi metódami, pričom razenie prebiehalo súčasne od oboch portálov. Od západného portálu v dĺžke 3,12 km konvenčnou metódou vrtno-trhacím prácami a vystrojovaním podľa princípov Novej rakúskej tunelovacej metódy, kým od východného portálu v dĺžke 4,36 km v kruhovom profile metódou strojného razenia s použitím plnoprofilového tunelovacieho stroja s priemerom vrtnej hlavy 3,5 m.

Na základe vykonaných prieskumných prác bolo konštatované, že horninový masív je budovaný týmito formáciami:

- flyšovou formáciou zastúpenou ílovcovým komplexom centrálno-karpatského paleogénu;
- pieskovcovo-slieňovcovo-vápencovou formáciou komplexu vrchného triasu a spodnej jury;
- vápencovo-dolomitickou formáciou, zastúpenou komplexom triasových karbonatických hornín križňanského príkrovu Malej Fatry v západnej časti trasy tunela;
- spodnou terigénnou formáciou spodného triasu obalovej, malofatranskej jednotky;
- formáciou variských granitoidov, ktorá je reprezentovaná jadrom Malej Fatry.

Výrazným prvkom pri razení štôľne bola prítomnosť podzemnej vody v pomerne značných množstvách. Po prerážke štôľne celkové množstvo vytekajúcej vody na východnom portáli predstavovalo 150–220 l/s.

Očakávalo sa, že podmienky pri razení tunelovej rúry budú ovplyvnené zmenami hydrogeologických podmienok. Najsilnejšie prítoky vody v tunelovej rúre sa predpokladajú v zóne karbonátových hornín. Trvalý prítok vody sa tiež predpokladá na kontakte mezozoika a poruchového pásma medzi mezozoikom a kryštalinikom. Počíta sa, že v závislosti od intenzity atmosférických zrážok pôjde o prítok v rozsahu 20 až 100 l/s. V úseku kryštalinika sa očakávajú výdatné prítoky v tunelovej rúre v jednotlivých úsekoch v rozsahu nad 10 až 20 l/s.

TECHNICKÉ RIEŠENIE TUNELA

Dokumentácia na stavebné povolenie pre tunel spracovaná v roku 2008 nebola pre uchádzačov vo verejnej súťaži záväzná. Vzhľadom na vývoj technických predpisov, ale aj názorov na jednotlivé prvky technického riešenia tunela, boli požiadavky objednávateľa formulované pomerne voľne a poskytovali uchádzačom priestor na optimalizáciu návrhov a hľadanie technicky aj ekonomicky vyvážených riešení. Takzvané predbežné technické riešenie tunela bolo spracované a predkladané uchádzačmi v súťaži, pričom muselo spĺňať požiadavky objednávateľa formulované v súťažných podkladoch. Nesplnenie požiadaviek objednávateľa mohlo mať za následok vylúčenie uchádzača zo súťaže.

Po podpísaní zmluvy projektant zhotoviteľa rozpracovával predbežné technické riešenie do jednotlivých stupňov projektovej dokumentácie, ktorými sú formulár technického posúdenia, dokumentácia na zmenu stavby pred dokončením (zmena stavebného povolenia) a dokumentácia na realizáciu stavby. Medzi zmluvné povinnosti zhotoviteľa a jeho projektanta patrí aj zabezpečenie zmien príslušných stavebných povolení.

Prieskumná štôľňa, smerové a výškové vedenie tunelových rúr

Ako už bolo uvedené, v profile južnej tunelovej rúry bola vybudovaná prieskumná štôľňa, ktorá mala neskôr slúžiť ako

Geological conditions along the tunnel alignment were verified by an exploratory gallery driven throughout the length from 1998 to 2002. The gallery was driven from both portals, using two different methods. From the western portal it was driven at the length of 3.12km using the drill-and-blast conventional method and the excavation support according to the New Austrian Tunnelling Method principles, whilst from the eastern portal it was driven at the length of 4.36km full-face. The circular cross-section was driven using a TBM with the cutterhead diameter of 3.5m.

It was stated on the basis of the completed survey that the rock massif is formed by the following formations:

- a flysh formation represented by a Central Palaeogene claystone complex;
- a sand-marlite-limestone formation of the Upper Triassic and Lower Jurassic period;
- a limestone-dolomite formation represented by a complex of Triassic carbonate rock types of the Križňany overthrust sheet of the Little Fatra range in the western part of the tunnel alignment;
- a lower terrigenous formation of the Lower Triassic period of the Little Fatra envelope unit;
- a formation of Variscan granitoids, which is represented by the Little Fatra core.

The presence of groundwater in relatively large amounts was a distinct element encountered during the work on the gallery. After the gallery breakthrough the total amount of water flowing from the eastern portal reached 150-220L/s.

It was expected that the conditions during the excavation of the tunnel tube would be influenced by changes in the hydrogeological conditions. The strongest water inflows in the tunnel tube are anticipated to be in the carbonate rock zone. A permanent water inflow is in addition expected on contact between the Mesozoic formation and the fault zone between the Mesozoic and crystalline complexes. It is expected that the inflow rate will range from 20 to 100L/s, depending on the intensity of precipitation. Plentiful inflows are expected in the crystalline complex section in individual sections of the tunnel tube, ranging over 10 to 20L/s.

TECHNICAL SOLUTION TO THE TUNNEL

The documentation for building permit for the tunnel prepared in 2008 were not binding for bidders in the public procurement proceedings. With respect to the development of technical regulations, but also opinions on particular elements of the technical solution to the tunnel, project owner's requirements were formulated relatively freely and gave the bidders a space for optimising their proposals and seeking technically and an economically balanced solution. The so-called preliminary technical solution to the tunnel was prepared and submitted by the bidders in the competition, whilst it had to meet the project owner's requirements formulated in the tender documents. A failure in meeting project owner's requirements could have resulted into the exclusion of the bidder from the competition.

After signing the contract, the contractor's designer processed the preliminary technical solution into particular design stages, namely the technical approval form, documents for changes in the project prior to the completion (change of the building permit) and the detailed design. The contractual obligations of the contractor and his designer even contain securing relevant construction permits.



Obr. 2 Západný portál tunela
Fig. 2 Western portal of the tunnel

úniková chodba. Prehodnotenie dopravnej prognózy zmenilo koncepciu výstavby tunela na tunel s dvomi rúrami s jednosmernou premávkou. V dokumentácii na stavebné povolenie z roku 2008 sa predpokladalo, že južná tunelová rúra bude razená v profile existujúcej prieskumnej štôľne a táto bude výstavbou tunela zlikvidovaná v celom rozsahu.

Počas prípravných prác PPP projektu bol vybudovaný západný portál tunela Višňové (obr. 2). V rámci prípravy na razenie bola koncesionárom preštudovaná a potvrdená možnosť zachovania štôľne a jej využitia na účely odvodnenia masívu. S touto myšlienkou sa neskôr stotožnila aj Národná diaľničná spoločnosť. V požiadavkách objednávateľa ako súčasť súťažných podkladov z roku 2011 bola uvedená formulácia o zachovaní prieskumnej štôľne a jej využití na účely odvodnenia horninového masívu počas razenia tunelových rúr ako aj počas prevádzky tunela.

Vzhľadom na túto požiadavku bolo nevyhnutné upraviť smerové aj výškové vedenie oboch tunelových rúr v úseku medzi portálmi tunela tak, aby v prevažnej časti dĺžky tunela bola štôľňa situovaná približne v strede medzi rúrami a zároveň výškovo pod úrovňou tunelových rúr (obr. 3). V oboch priortálových úsekoch bolo potrebné vybudovať nové krátke úseky štôľne, nakoľko táto je čiastočne zlikvidovaná razením južnej tunelovej rúry (obr. 4).

Vetranie

Vzhľadom na dĺžku tunela je hlavným prvkom určujúcim stavebné usporiadanie tunela koncepcia jeho prevádzkového aj núdzového vetrania. V dokumentácii pre stavebné povolenie bolo predpokladané priečne vetranie tunelových rúr so

Exploratory gallery, horizontal and vertical alignments of tunnel tubes

As we have already mentioned, an exploratory gallery planned to be later used as an escape gallery was carried out within the southern tunnel tube profile. The fact of reconsidering the traffic prognosis changed the tunnel construction concept to a twin-tube tunnel carrying unidirectional traffic. It was assumed in the final design from 2008 that the southern tunnel tube would be driven by expanding the profile of the existing exploratory gallery and the gallery would be completely liquidated by the tunnel construction.

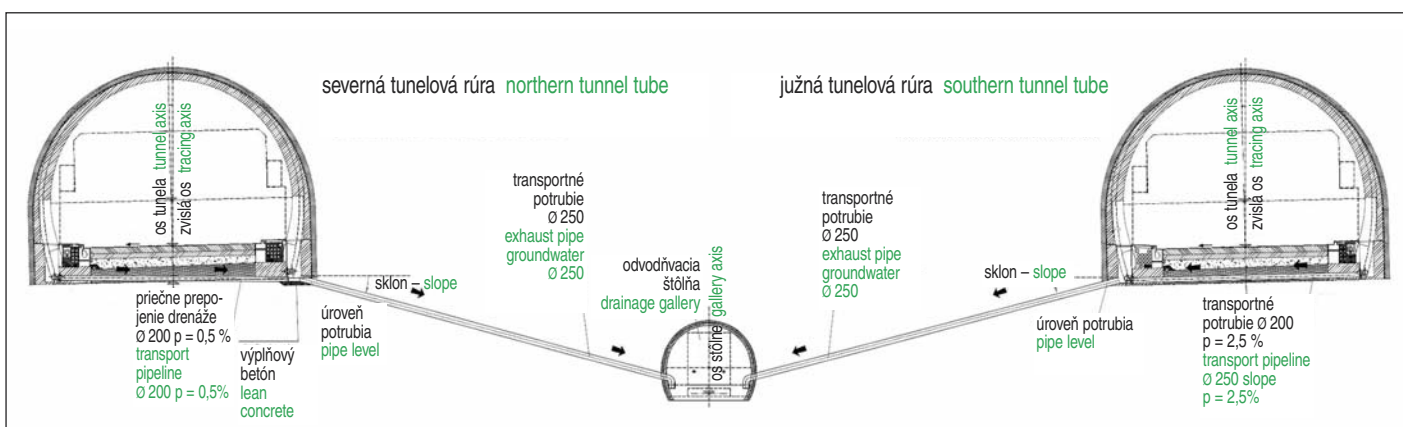
The western portal of the Višňové tunnel was constructed during the course of the preparatory work operations on the PPP project (see Fig. 2). During the preparation for the tunnel excavation, the concessionaire studied and confirmed the possibility of preserving the gallery and using it for the purposes of draining the rock mass. The National Motorway Company later identified itself with this idea. A formulation about preserving the exploratory gallery and using it for draining the rock mass during the course of the excavation of the tunnel tubes and in the course of the tunnel operation was contained in project owner's requirements, which were part of the tender documents from 2011.

With respect to this requirement it was unavoidable to modify the horizontal and vertical alignments of both tunnel tubes in the section between the tunnel portals so that the gallery was situated approximately in the middle between the tunnel tubes and, at the same time, was under the level of the tubes in the major part of the tunnel length (see Fig. 3). It was necessary to excavate new short sections of the gallery in both portal sections because the gallery was partly liquidated by the excavation of the southern tunnel tube (see Fig. 4).

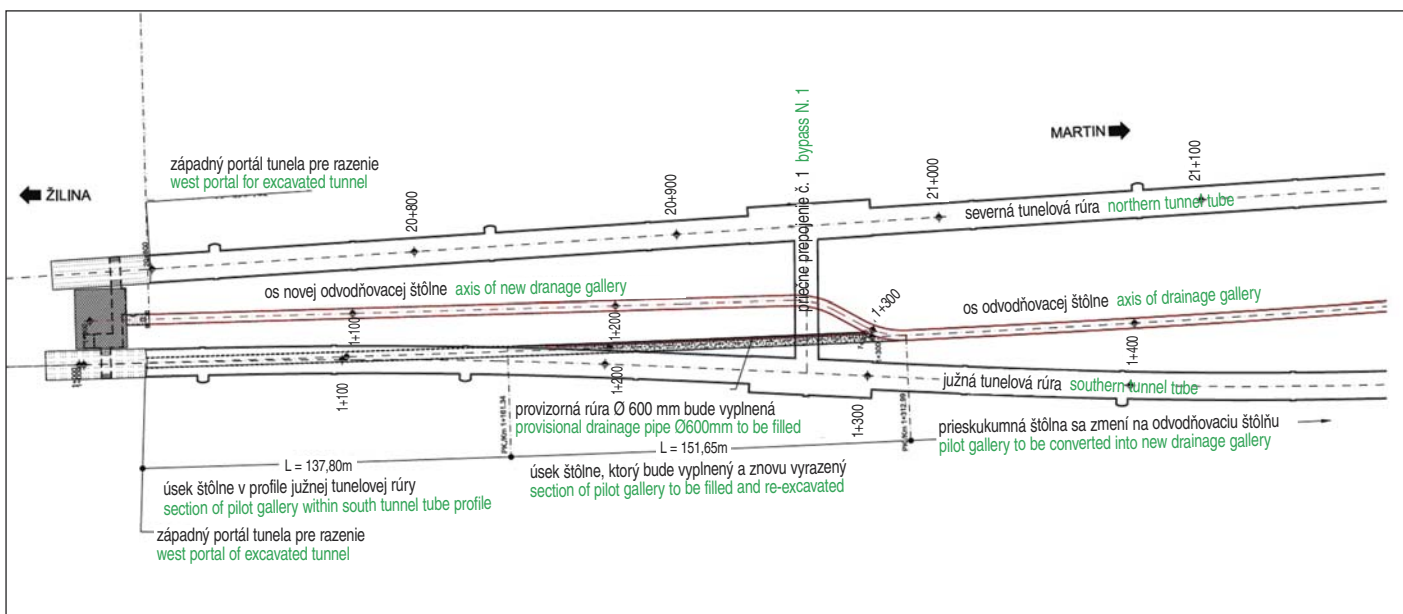
Ventilation

With respect to the tunnel length, the main element determining the structural arrangements of the tunnel is the concept of its operating and emergency ventilation. A transverse ventilation system with ventilation ducts for both the supply and extraction of air above the road space was assumed in the final design.

The valid version of the TP 12/2011 specifications applicable to the ventilation design allows taking into account the concept of longitudinal ventilation or longitudinal ventilation with point extraction of smoke and combustion products even for tunnels longer than 3km with small risk of congestion. A proposal for the ventilation had to be prepared and submitted by each competitor as a part of the preliminary technical solution to the tunnel which was part of their competition tenders.



Obr. 3 Upravená poloha štôľne voči tunelovým rúram spolu s riešením odvádzania horninových vôd
Fig. 3 Modified location of the gallery relative to the tunnel tubes together with the solution to the evacuation of groundwater



Obr. 4 Nový úsek odvodňovacej štólne pri západnom portáli tunela
Fig. 4 The new section of the drainage gallery at the western portal of the tunnel

vzduchotechnickými kanálmi na prívod aj odvod vzduchu nad dopravným priestorom.

Platné znenie predpisu pre návrh vetrania TP 12/2011 umožňuje aj pre tunely dĺžky nad 3 km s malým rizikom kongescie uvažovať koncept pozdĺžneho vetrania, prípadne pozdĺžneho vetrania s bodovým odsávaním dymu a spodín požiaru. V súťažných podkladoch bola objednávatelom predpísaná koncepcia pozdĺžneho vetrania s bodovým odsávaním so vzdialenosťou bodov odsávania maximálne 3 km. Návrh vetrania musel každý uchádzač spracovať a predložiť ako súčasť predbežného technického riešenia tunela, ktoré bolo súčasťou ponuky uchádzačov.

Navrhnutá koncepcia vetrania tunela Višňové v plnej miere dodržiava uvedené požiadavky. Prvý odsávací bod je tvorený vetracou šachtou umiestnenou vo vzdialenosti cca 1,8 km od západného portálu. Odsávacie ventilátory pre tento bod budú umiestnené v budove nad šachtou. Druhý odsávací úsek dĺžky cca 2,8 km je situovaný pri východnom portáli tunela a je tvorený vetracím kanálom v hornej časti prierezu tunela s odsávacími klapkami v medzistrome každých 100 m. Odsávacie ventilátory pre tento úsek budú umiestnené v budove na východnom portáli. Okrem odsávacích axiálnych ventilátorov budú v tuneli inštalované aj prúdové ventilátory, ktoré budú zabezpečovať pozdĺžne vetranie počas normálnej prevádzky a okrem toho budú využité pri riadení pozdĺžneho prúdenia v tuneli počas núdzovej situácie.

Razeanie a vystrojenie tunela

Pre tunel Višňové nebola v súťažných podkladoch definovaná záväzná technológia razeania. Okrem konvenčného razeania s vrtno-trhacím rozpojovaním bola v súťažných podkladoch explicitne uvedená aj možnosť výstavby kontinuálnou metódou za použitia tunelovacieho stroja TBM. Vzhľadom na prevádzkové podmienky a špecifiká diaľničného tunela bolo požadované aj pre túto metódu dvojvrstvé ostrenie s medzifahlou izoláciou. Túto možnosť nevyužil ani jeden z uchádzačov v súťaži.

Na rozdiel od obvykle využívanej Novej rakúskej tunelovacej metódy, ktorá bola predpokladaná v dokumentácii na stavebné povolenie, zhotoviteľ stavby navrhol využitie konvenčnej metódy výstavby podľa princípov ADECO-RS.

The concept proposed for the Višňové tunnel ventilation system fully complies with the above-mentioned requirements. The first extraction point is formed by a ventilation shaft located at the distance of 1.8 km from the western portal. The exhaust fans designed for this point will be located in a building above the shaft. The second extraction section, about 2.8 km long, is located at the eastern portal of the tunnel. It is formed by a ventilation duct in the upper part of the tunnel cross-section, with suction outlets (dampers) installed in the intermediate deck every 100 m. The suction fans designed for this section will be located in a building at the eastern portal. In addition to the suction fans, there will also be jet fans installed in the tunnel. They will provide longitudinal ventilation during normal tunnel operation and, in addition, will be used in controlling the longitudinal flow of air during emergency situations.

Tunnel excavation and excavation support

The binding excavation technology for the Višňové tunnel excavation was not defined in the competition documents. Apart from a conventional method with the application of the drill-and-blast technique, even the possibility of the application of a continual construction method using a tunnel boring machine, TBM, was permitted. With respect to the operating conditions and specifics of a motorway tunnel, a double-shell lining with an intermediate waterproofing layer was required even for this method. This possibility was not used by either of the candidates in the tender.

In contrast with the usually used New Austrian Tunnelling Method which was expected in the building permit design, the contractor proposed the use of the conventional method according to the ADECO-RS principles. Salini Impregilo, the largest Italian construction company, is the leader of the consortium. It has had long and large experience with the application of this tunnelling method.

When we speak about the basic concept of the ADECO-RS design approach, we mean full-face conventional tunnelling where the main feature of the design is focusing mainly on the deformational response of the ground mass in relation to the effects of the tunnel excavation activities. The deformational response is analysed and predicted using various tools (in-situ



Obr. 5 Konsolidačné opatrenia v čelbe tunela vo vstrojovacej triede B0/3
Fig. 5 Consolidation measures at the tunnel heading through excavation support class B0/3

Vedúcim členom združenia je najväčšia talianska stavebná spoločnosť Salini Impregilo, ktorá má s aplikáciou tejto tunelárskej metódy bohaté a dlhoročné skúsenosti.

Ak hovoríme o základnej koncepcii návrhového prístupu ADECO-RS, máme na mysli plnoprofilové konvenčné razeň, kde hlavnou črtou návrhu je zameranie predovšetkým na deformačnú odozvu masívu vo vzťahu k účinkom raziacich prác. Deformačná odozva je analyzovaná a prognózovaná za použitia rôznych nástrojov (testov in situ, laboratórnych skúšok, matematických modelov a pod.) a potom je riadená pomocou vhodných stabilizačných opatrení. Na rozdiel od tradičných prístupov, ktoré berú do úvahy prevažne deformáciu za čelbou, pri prístupe ADECO-RS sa veľmi starostlivo skúma deformačná odozva masívu už od jej vzniku pred čelbou. V dôsledku tohto sa riadi odozva deformácie predovšetkým pred čelbou, za použitia rôznych zaistovacích opatrení aplikovaných v predstihu z čelby tunela (obr. 5).

Sekundárne ostenie a stavebné bezpečnostné prvky

V nadväznosti na riešenie vetrania uvedené v predošlom odstavci je navrhnutý priečny rez tunela odlišný v úseku dĺžky cca 4,7 km od západného portálu, kde je tunel bez medzistropu a v úseku cca 2,8 km od východného portálu, kde je vytvorený vetrací kanál nad medzistropom (obr. 6). Sekundárne ostenie tunela je navrhnuté v prevažnej dĺžke ako nevystužené, resp. len s lokálnou výstužou, napr. so sieťovou výstužou v strope tunela ako opatrením voči pozdĺžnym trhlinám. Vystužené sekundárne ostenie je navrhnuté v úsekoch s horšími geotechnickými podmienkami, a tiež v miestach napojenia priečných prepojení. Bloky sekundárneho ostena majú pravidelnú dĺžku 12 m. Hrúbka hornej klenby ostena je 30 cm, okrem vstrojovacích tried B2, kde je navrhnutá zväčšená hrúbka 50 cm a B2V, kde je hrúbka premenlivá vzhľadom na razeň tunelovej rúry pod ochranou mikropilótového dáždника s kónicky rozšíreným tvarom výrubu.

V každej tunelovej rúre bude situovaných 10 núdzových zálivov so vzájomnou vzdialenosťou max. 750 m (obr. 7). V mieste zálivov ako aj medzi nimi bude umiestnených 29 priečných prepojení vo vzájomnej vzdialenosti spravidla 250 m. Okrem funkcie priechodných prepojení a prepojení pre zásahové jednotky bude časť prepojení slúžiť aj na umiestnenie technologických zariadení. Po pravej strane v smere

and laboratory tests, mathematical models etc.) and subsequently is controlled by means of appropriate stabilisation measures. In contrast with traditional approaches, taking into consideration mainly the deformation behind the excavation face, the ground mass deformational response is carefully examined as early as its origination ahead of the excavation face in the case of the ADECO-RS approach. As a result, the deformational response is controlled first of all in advance of the tunnel face, using various stabilisation measures applied in advance of the tunnel excavation face (see Fig. 5).

Secondary lining and structural safety elements

Following the solution to the ventilation described in the preceding paragraph, the proposed tunnel cross-section design is completely different in a approximately 4.7km long section behind the western portal, where the tunnel without the intermediate deck is designed, and a section stretching approximately 2.8km from the eastern portal, where the ventilation duct is created above the intermediate deck (see Fig. 6). The major part of the secondary lining length is designed as an unreinforced concrete structure, only with local reinforcement, for example welded mesh in the tunnel roof as a measure against longitudinal cracking. Reinforced concrete secondary lining is designed for sections with worse geotechnical conditions and for locations of the connections of cross passages. The secondary lining blocks are regularly 12m long. The upper vault of the lining is 30cm thick, with the exception of excavation support classes B2, where increased thickness of 50cm is designed, and B2V, where the thickness is variable with respect to the tunnel tube excavation under the protection of micropilote umbrella with conically expanded excavation geometry.

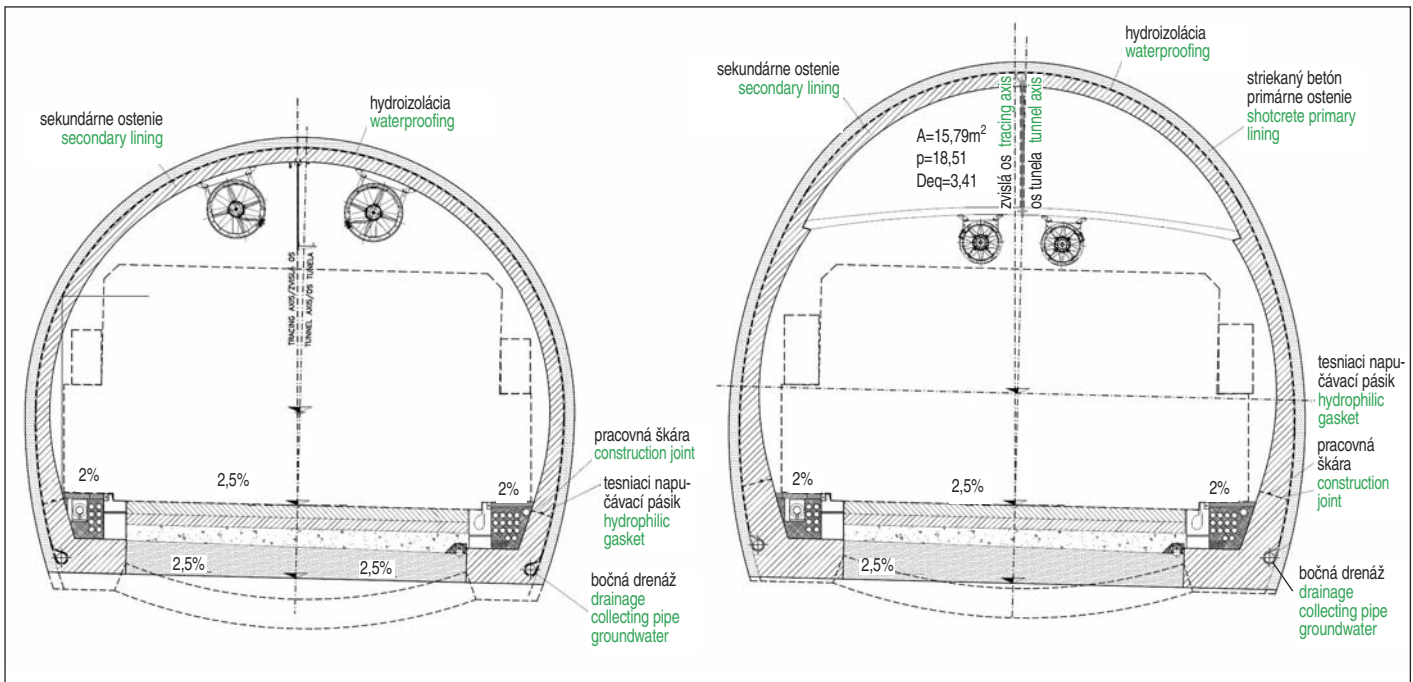
Each tunnel tube will have 10 emergency lay-bys spaced at 750m as the maximum (see Fig. 7). There will be 29 cross passages in the locations of the emergency lay-bys and between them. Their spacing will usually be 250m. In addition to the function of connections passable for pedestrians and connections for emergency services, a part of the cross passages will be even used for the installation of technological equipment. Combined niches for emergency call stations, SOS cabins and fire hydrants are designed to be on the right-hand side in the direction of travel.

The drainage gallery will not be used as an escape route; the vertical connection with the cross passages will be realised only in selected locations to allow for quick access to the gallery for the needs of operating and maintenance teams.

CURRENT CONSTRUCTION CONDITION

Driving the tunnel tubes

The tunnel excavation operations commenced in April 2015 by driving the northern tunnel tube from the western portal. The work on the initial sections of the northern tunnel tube continued to be carried out using the New Austrian Tunnelling Method, whilst the material and mechanical resources allowed the contractor to switch to the ADECO-RS tunnelling method. The work using the ADECO-RS method started in August 2015. It gradually started in the following four months from both portals at four faces in the tunnel tubes and at two faces in the drainage gallery, which means 6 working places in total. As of the end of August 2016, the excavation of over 5km of tunnel tubes had been finished, with ca 2.4km completed from the western portal (1284m and 1142m respectively in the northern and southern tunnel tube) and ca 2.6km from the eastern portal (1432m and 1201m respectively in the northern and southern tunnel



Obr. 6 Vzorové priečne rezy tunela Višňové, vľavo v úseku bez medzistropu, vpravo úsek s medzistropom

Fig. 6 Standard cross-sections through the Višňové tunnel, without the intermediate deck on the left side, with the intermediate deck on the right side

jazdy sú navrhnuté združené výklenky núdzového volania s SOS kabínami a hydrantmi požiarneho vodovodu.

Odvodňovacia štôlna nebude využívaná ako úniková cesta, vertikálne spojenie s priečnymi prepojeniami bude realizované len vo vybraných miestach z dôvodu umožnenia rýchleho prístupu do štôlny pre potreby prevádzky a údržby.

SÚČASNÝ STAV VÝSTAVBY

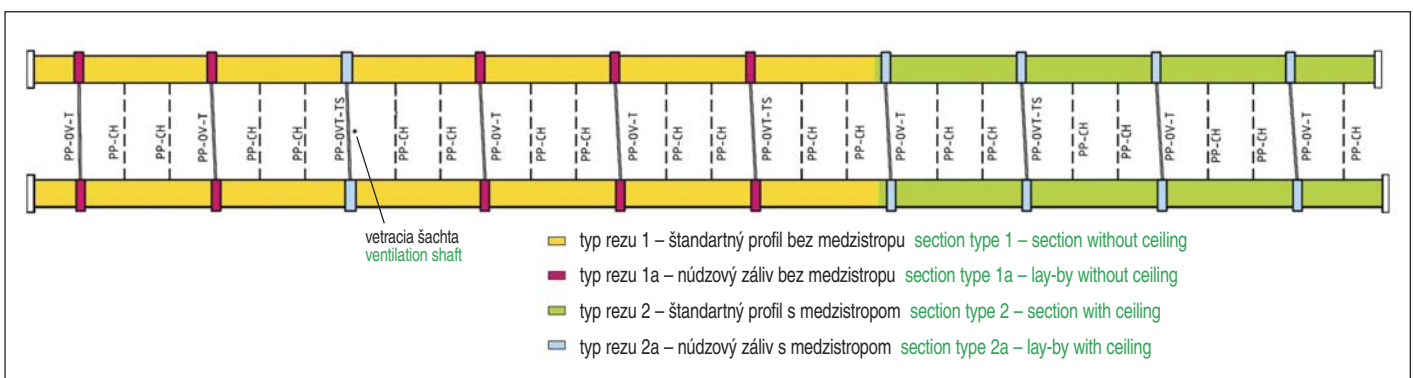
Razenie tunelových rúr

Raziace práce začali v apríli 2015 razením severnej tunelovej rúry od západného portálu. Práce na prvých úsekoch severnej tunelovej rúry boli ešte vykonávané Novou rakúskou tunelovacou metódou, kým materiálové a strojné zabezpečenie umožnilo zhotoviteľovi prejsť na metódu razenia ADECO-RS. Od augusta 2015 už začali práce metódou ADECO-RS a v nasledovných mesiacoch postupne nabiehal na štyroch čelbách tunelových rúr od oboch portálov ako aj na dvoch čelbách odvodňovacej štôlny, spolu teda na 6 pracoviskách. Na konci augusta 2016 je spolu vyrazených viac ako 5 km tunelových rúr, pričom cca 2,4 km je vyrazených od západného portálu (1284 m v severnej a 1142 m v južnej tunelovej rúre) a cca 2,6 km od východného portálu (1432 m

tube). It means that nearly 10km of tunnel tubes in total still remain to be driven.

The so far encountered geological conditions can be included in several units or formations. In the initial part 105m long from the western portal, where the excavation still proceeded according to the New Austrian Tunnelling Method principles, there were conditions formed by Palaeogene rock types of the flysch zone. In the following section between chainages m 105 and 240, it was a Mesozoic complex formed by dark-grey clayey limestone and marly shales. From the chainage m of approximately 240 the massif is formed by the Križňany overthrust rock types, dolomitic limestone, quartzose sandstone, claystone and marlite. Similar conditions are expected up to chainage m approximately 1350, where the transition to a crystalline complex formed by granitoids and mylonites is anticipated. As expected, mostly biotite granitoids (Fig. 9) were encountered from the eastern portal (Fig. 8).

The application of excavation support classes proceeds in compliance with the rules contained in the manual which is part of the means and methods design. The ground mass along the route of the tunnel tubes is divided into 7 geotechnical types, which were assigned characteristic properties (see Fig. 10).



Obr. 7 Schéma tunela Višňové s rôznymi typmi priečných rezov

Fig. 7 Višňové tunnel schema with various types of cross-sections



Obr. 8 Východný portál tunela
Fig. 8 Eastern portal of the tunnel

v severnej a 1201 m v južnej tunelovej rúre). Znamená to, že zostáva ešte vyraziť v súčte takmer 10 km tunelových rúr.

Doposiaľ zastihnuté geotechnické podmienky je možné zahrnúť do niekoľkých celkov, resp. formácií. V úvodnej časti dĺžky 105 m od západného portálu, kde razenie ešte prebiehalo podľa zásad Novej rakúskej tunelovacej metódy, to boli podmienky paleogénnych hornín flyšového pásma. V ďalšom úseku medzi staničením 105 až 240 m to bol komplex mezozoika tvorený tmavošedými ílovitými vápencami a slieňitými bridlicami. Od staničenia približne 240 m je masív tvorený horninami križňanského príkrovu, dolomitickými vápencami, kemitými pieskovecami, ílovcami a slieňovcami. Obdobné podmienky sa očakávajú až do staničenia približne 1350 m, kde sa predpokladá prechod do kryštalínika tvoreného granitoidmi a mylonitmi. Od východného portálu (obr.8) boli v súlade s predpokladmi zastihnuté najmä biotitické granitoidy (obr.9).

Aplikácia vstrojovacích tried prebieha v súlade s pravidlami uvedenými v príručke, ktorá je súčasťou dokumentácie na realizáciu prác. Horninový masív v trase tunelových rúr je rozdelený do 7 geotechnických typov, ktorým boli priradené charakteristické vlastnosti (obr. 10).

Geologická dokumentácia a vyhodnocovanie horninových podmienok v každom zábere patria medzi hlavné podklady pre stanovenie stability čelby. Stabilita sa opisuje ako A – stabilná (lokálne štruktúrne opadávanie z čelby); B – dočasne



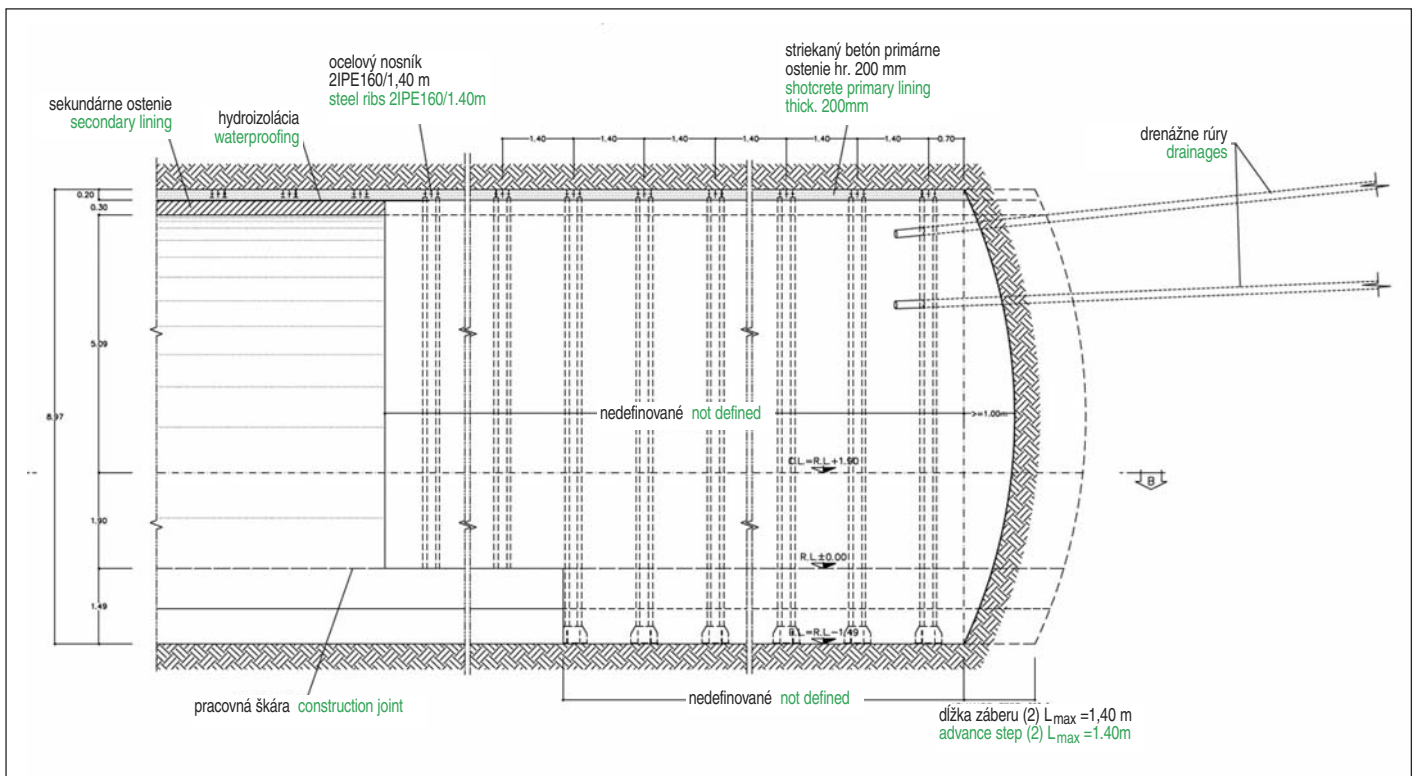
Obr. 9 Razenie profilu núdzového zálivu v horninách kryštalínika od východného portálu
Fig. 9 Excavation of the emergency lay-by profile through crystalline rock complex from the eastern portal

Geological documentation and assessment of ground conditions for each advance step belong among the main source documents for the determination of the excavation face stability. The stability is described as A – stable (local structural flaking from the face); B – temporarily stable (unfavourable dipping of layers, clay filling); C instable (weathered fragments in clay filling, excavation face extrusion). A condition for the face assessment is that the QTS and RMR values (Tesař, 1989; Bienawski, 1989) have to be determined following tunnel classification principles. The assessment and proposals for excavation support classes are further regularly presented at contractor's progress meetings and the next excavation progress is updated with respect to the results of geotechnical monitoring with an outlook for a ca 10m long front zone.

The excavation design divides the excavation support into three groups according to the excavation stability, namely the A-group of classes – (excavation support classes A0/1, A0/2, A1/1, A1/2) for geotechnical types G1-G4; the B-group of classes – (excavation support classes B0/1, B0/2, B0/3, B0V/1, B0V/2) for G4-G5 and the C-group of classes – (excavation support classes B2, B2/V) for G6a and G6b. Variability of the application (minimum and maximum) differing in the excavation round length and the quantity of the means of excavation support, e.g. rock bolts, is defined for each class. The extent of the elements for the excavation support class B02 is presented as an example in Table 1.

geotechnické úseky geotechnical section	QTS (Tesař, 1989)	RMR (Bienawski, 1989)	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	ν (/)	E (MPa)	E_{def} (MPa)	σ_c (MPa)	
1	> 84	81 ÷ 100	27,1	1000	60	0,13	10000	5000	120	
2	68 ÷ 84	61 ÷ 80	27,1	900	60	0,15	4400	2200	100	
3	54 ÷ 68	41 ÷ 60	27,1	800	54	0,17	2500	1200	80	
4	40 ÷ 54+	21 ÷ 40	26,9	600	45	0,19	1700	750	70	
5	≈ 40	≈ 20	26,8	400	40	0,21	1000	400	50	
6a	> 84	< 20	24	20	33	0,25	60	25	20	portálové úseky portal section
6b	< 40	< 20	26,8	100	30	0,25	500	200	40	poruchové zóny faulted zones

Obr. 10 Rozdelenie masívu do geotechnických typov
Fig. 10 Ground mass division into geotechnical types



Obr. 11 Vystrojovacia trieda B0/2

Fig. 11 Excavation support class B0/2

stabilná (nepriaznivé uklonenie vrstiev, fľové výplne); C – nestabilná (zvetrané fragmenty v fľovej výplni, extrúzie čelby). Podmienkou pre vyhodnotenie je stanovenie hodnoty QTS a RMR podľa zásad tunelových klasifikácií (Tesař, 1989; Bienawski, 1989). Hodnotenie a návrhy vystrojovacích tried sú ďalej pravidelne predkladané na výrobných poradách zhotoviteľa a s ohľadom na výsledky geotechnického monitoringu je aktualizovaný ďalší postup razenia s výhľadom na cca 10 m dlhé predpolie čelby.

Projekt razenia rozdeľuje vystrojenie do troch skupín tried podľa stability výrubu, ktorými sú skupina tried A (vystrojovacie triedy A0/1, A0/2, A1/1, A1/2) pre geotechnické typy G1-G4; skupina tried B (vystrojovacie triedy B0/1, B0/2,

Other work operations on the tunnel structures underway

Driving cross passages is underway in parallel with the excavation of tunnel tubes. There are 29 cross passages of various types in total designed for the tunnel. The smallest profile is designed for escaping persons, the medium size allows for the arrival of intervention units and at the same time for placing the rooms housing technical equipment, whilst transformer stations are designed to be installed in the largest profile. As of the end of August 2016, the excavation of the total of 9 cross passages had been either completed or underway. The work on the excavation of portal sections of the drainage gallery at the total length of ca 750m has also been finished. The realisation of the secondary lining commenced

Tab. 1 Vystrojovacia trieda B0/2 – rozsah opatrení

Table 1 Excavation support class B0/2 – the extent of measures

vystrojovacia trieda B0/2 excavation support class B0/2			
opatrenie measure	minimálny rozsah * minimum extent *	maximálny rozsah ** maximum extent **	
dĺžka záberu advance step	1,40 m 1.40m	1,20 m 1.20m	
striekaný betón na obvod výrubu shotcrete on the excavation surface circumference	20,0 cm 20.0cm	20,0 cm 20.0cm	
striekaný betón na čelbu shotcrete on face	– –	– –	
ocelové skruže steel ribs	pozdĺžne = 1,40 m longitudinally = 1.40m	pozdĺžne = 1,20 m longitudinally = 1.20m	
vzdialenosť základov od čelby distance of footings from the face	nedefinovaná undefined	nedefinovaná undefined	
vzdialenosť sekundárneho ostenia od čelby distance of secondary lining from the face	nedefinovaná undefined	nedefinovaná undefined	

* opatrenia pre najpriaznivejšie geotechnické podmienky v rámci vystrojovacej triedy

** opatrenia pre najnepriaznivejšie geotechnické podmienky v rámci vystrojovacej triedy

* measures for the most favourable geotechnical conditions within the excavation support class

** measures for the most adverse geotechnical conditions within the excavation support class

B0/3, B0V/1, B0V/2) pre G4-G5 a skupina tried C – (vystrojovacie triedy B2, B2/V) pre G6a, G6b. Pre každú triedu sú definované variability aplikácie (minimálna a maximálna), ktoré sa odlišujú v dĺžke záberu ako aj v množstve vystrojovacích prostriedkov, napr. svorníkov. V tab. 1 je ako príklad uvedený rozsah prvkov pre vystrojovaciu triedu B0/2.

Dalšie prebiehajúce práce na tunelových objektoch

Paralelne s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečných prepojení. V tuneli je navrhnutých celkom 29 prepojení troch rôznych typov, najmenší profil je určený pre unikajúce osoby, stredný umožňuje prjazd zásahových jednotiek a zároveň umiestnenie miestností s technologickým vybavením a v najväčšom profile je, okrem toho, navrhnuté umiestnenie trafostaníc. Na konci augusta 2016 bolo prerazených alebo v štádiu razenia celkom 9 priečných prepojení. Ukončené tiež boli práce na razení priportálových úsekov odvodňovacej štôlne v celkovej dĺžke cca 750 m. Realizácia sekundárneho ostenia sa začala v júli 2016 betonážou prvých blokov v južnej tunelovej rúre v úseku pri východnom portáli (obr. 12).

Výstavba vetracej šachty by sa mala začať v jesenných mesiacoch roku 2016 prípravnými prácami v mieste jej vyústenia, kde bude potrebné vybudovať svahovanú jamu a v dotknutom úseku preložiť potok. Následne by mali práce pokračovať hĺbením samotnej šachty, pričom na vertikálne premiestnenie rúbaniny bude využitý vetrací komín priemeru 1 m vybudovaný počas razenia prieskumnej štôlne, ktorý je umiestnený v profile budúcej vetracej šachty.

ZÁVER

Ak budú práce na razení tunelových rúr pokračovať podľa predpokladov, mali by byť ukončené v decembri 2017. V nasledovnom roku 2018 by mali byť ukončené definitívne stavebné konštrukcie vrátane vozovky ako aj vonkajšie objekty tunela tak, aby v ďalšom roku mohli byť realizované práce súvisiace s jeho technologickým vybavením. Zmluvné ukončenie prác je stanovené na december 2019, takže reálne uvedenie tunela Višňové do prevádzky sa dá očakávať začiatkom roku 2020. V tomto čase bude môcť užívateľ diaľnice D1 v smere na východ konečne nahradiť prejazd mestom Žilina a cestou I/18 cez Strečniansku tiesňavu jazdou cez ucelený úsek diaľnice od Hričovského Podhradia až po Turany s tunelmi Ovčiarsko, Žilina a Višňové. Pravdepodobne ale prejde ešte niekoľko ďalších rokov, kým bude ukončené pokračovanie diaľnice medzi Turanmi a Ivachnovou a až potom diaľničné spojenie Bratislava – Košice bude úplné.

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,*

*Ing. PETR MITRENGA, mitrenga@terraprojekt.sk,
Terraprojekt a.s.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Ing. Martin Srb*



*Obr. 12 Betonáž sekundárneho ostenia
Fig. 12 Casting of concrete secondary lining*

in July 2016 by casting first concrete blocks in the southern tunnel tube, in the section at the eastern portal (see Fig. 12).

The construction of the ventilation shaft should start in the autumn of 2016 by the enabling work operations in the location of the shaft outlet to the surface, where it will be necessary to build a sloped pit and to divert a stream. Subsequently the work should proceed by excavating the shaft. A 1m-diameter ventilation stack built during the course of the excavation of the exploratory gallery, which is located within the profile of the future ventilation shaft, will be used for the vertical transport of muck.

CONCLUSION

If the work on the excavation of the tunnel tubes proceeds according to assumptions, it should be finished in December 2017. In the next year 2018, the definite structures, including the roadway, and outer tunnel structures should be finished so that the work associated with the tunnel equipment could be performed during the next year. The contractual works completion deadline is set for December 2019, which means that the real opening of the Višňové tunnel to traffic can be expected at the beginning of 2020. At that time the user of the D1 motorway travelling eastward will finally be able to replace the passage through the town of Žilina and along the I/18 road through the Strečno Gorge by driving along a complete section of the motorway from Hričovské Podhradie up to Turany, containing the Ovčiarsko, Žilina and Višňové tunnels. Several additional years will probably pass before the continuation of the motorway between Turany and Ivachnová will be finished. Only then the Bratislava – Košice motorway connection will be complete.

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
Ing. PETR MITRENGA, mitrenga@terraprojekt.sk,
Terraprojekt a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- MATEJČEK, A., BOHYNÍK, J. Význam realizácie prieskumnej štôlne pre tunel Višňové. *Tunel*, 4/2006
- LUNARDI, P. et al. ADECO-RS prístup a plnoprofilové razenie tunela Višňové. In: *Zborník konferencie Tunely a podzemné stavby 2015*
- CASSANI, G. *Dokumentácia na realizáciu stavby V401-09 Razenie a vystrojenie tunela*. Združenie Terraprojekt, Rocksoil, Ferro Ingegneria, 2015
- FRANKOVSKÝ, M. Výstavba najdlhšieho slovenského tunela Višňové. *Silničný obzor*, 3/2016