

# DIAĽNICA D1 JÁNOVCE – JABLONOV – TUNEL ŠIBENIK

## ŠIBENIK TUNNEL ON JÁNOVCE – JABLONOV SECTION OF D1 MOTORWAY

MARTIN BAKOŠ

### ÚVOD

Navrhovaná diaľnica D1 v úseku Jánovce – Jablonov je v súlade s „Programom rozvoja diaľničnej siete Slovenskej republiky“, ako aj s uznesením vlády SR č. 523 z 26. 6. 2003 k aktualizácii nového projektu výstavby diaľnic a rýchlostných ciest. Predmetný úsek diaľnice bude súčasťou multimodálneho dopravného koridoru č. V, vetva a) modifikovaného na území Slovenska trasou diaľnice D1 Bratislava – Žilina – Košice – št. hr. SR/Ukrajina. Je v súlade so smerovaním medzinárodnej cestnej dopravy cez územie Slovenska trasami dopravných koridorov definovaných na Paneurópskej konferencii o doprave na Kréte v roku 1994. Zároveň je tento úsek súčasťou hlavného diaľničného ťahu na Slovensku. Účelom a cieľom stavby je postupne dobudovať základný diaľničný ťah, skvalitniť podmienky pre medzinárodnú a vnútroštátnu dopravu a zvýšiť plynulosť, rýchlosť a zároveň bezpečnosť cestnej premávky. Výstavbou diaľnice dôjde k výraznému zlepšeniu dopravných podmienok pre tranzitnú dopravu. Po ukončení výstavby predmetného úseku diaľnice D1 sa vytvoria podmienky k podstatnému odľahčeniu dopravy na ceste I/18, ako aj ostatných priľahlých cestách.

Generálnym projektantom uvedenej stavby je Združenie Jánovce – Jablonov, ktoré tvoria spoločnosti Geoconsult, spol. s r. o., Bratislava, HBH Projekt spol. s r. o. Brno, Valbek spol. s r. o. Liberec. Projektantom tunela Šibenik je spoločnosť Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., Bratislava.

### ZÁKLADNÉ ÚDAJE O TUNELI

Tunelom Šibenik prechádza diaľnica D1 pod úpäťm vrchu Šibenik, juho-východne od mesta Levoča. Vrch Šibenik má nadmorskú výšku 652,7 m a patrí do geomorfologického celku Hornádska kotlina, podcelku Medvedie chrby. Západné portály tunelových rúr sú v nadmorskej výške 569,4 m (STR) a 570,1 m (JTR). Východné portály tunelových rúr sú v nadmorskej výške 570,3 m (STR) a 568,9 m (JTR). Územie pred portálmi, ako aj nad tunelom má charakter lúk, rolí, resp. pasienkov. Nad tunelom ani v blízkosti portálov sa nenachádza žiadna povrchová zástavba. Najbližším objektom je nadzemné VN vedenie č. 202 vo vzdialenosti cca 170 m od východného portálu.

Tunel je navrhnutý ako diaľničný dvojrúrový tunel v extraviláne s jednosmernou premávkou s maximálnou dovolenou rýchlosťou 80 km/h, resp. obojsmernou premávkou v prípade uzavretia jednej z tunelových rúr s maximálnou dovolenou rýchlosťou 60 km/h. Predpokladaná skladba dopravného prúdu v tuneli je 77 % osobných vozidiel, z toho 85 % vozidiel s benzínovým motorom, 15 % s naftovým motorom a 23 % nákladných vozidiel. Celková premávka v tuneli je rozdelená na dve tunelové rúry v pomere 1:1. Predpokladaný počet vozidiel v roku 2012 v oboch smeroch na jednu tunelovú rúru za 24 h je 12 266 a 18 801 vozidiel v roku 2027.

Orientácia trasy tunela podľa svetových strán je v osi západ–východ. Dĺžka severnej tunelovej rúry je 632,523 m, dĺžka južnej tunelovej rúry je 635,453 m. Severná hĺbená tunelová rúra má dĺžku 54,715 m pri západnom portáli a 47,086 m pri východnom portáli. Južná hĺbená tunelová rúra má dĺžku 27,517 m pri západnom portáli a 82,622 m pri východnom portáli.

Dokumentácia na stavebné povolenie rieši predmetnú komunikáciu v šírkovom usporiadaní podľa kategórie D 26,5/100. Šírkové usporiadanie tunela je predpísané kategóriou T1 = 9,0 v zmysle STN 73 7507 Projektovanie tunelov na pozemných komunikáciách z roku 2001, tj. každá tunelová rúra s dvomi jazdnými pruhmi šírky 3,5 m, núdzovým pruhom šírky 1,25 m a núdzovými chodníkmi šírky 1 m po oboch stranách.

Základná výška priečného prierezu je 4,8 m, v osi jazdného pásu je výška priečného prierezu zvýšená na 5,2 m v šírke 3,5 m pre nadrozmerne vozidlá. Výška priečného priestoru nad núdzovými chodníkmi je 2,2 m. V tunelových rúrach je teoretická plocha užitočného priestoru tunela 72,06 m<sup>2</sup> (bez zohľadnenia prípustných medzných odchýlok).

Obe razené tunelové rúry sú v ľavotočivom smerovom oblúku s polomerom 1700,00 a 2693,75 m. Niveleta oboch tunelových rúr je vedená vypuklým vrcholovým oblúkom s polomerom 10 000 m. V trase severnej tunelovej rúry začína vrcholový oblúk v km 0,302 663 so stúpaním 3,5 %. Vrchol dosahuje v km 0,702 656 a následne klesá do staničenia konca oblúka v km 1,102 649 pri klesaní 4,5 %. V trase južnej tunelovej rúry začína vrcholový oblúk v km 0,299 466 so stúpaním 3,5 %. Vrchol dosahuje v km

### INTRODUCTION

The Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway, which is being planned, is in line with the „Motorway Network Development Program for the Slovak Republic“ and the Decree No. 523 of the Government of the Slovak Republic, dated 26.6.2003, on the updating of the new development project for motorways and fast highways. The motorway section in question will become part of the multimodal transit corridor No.V, branch a), modified in Slovakia through the D1 motorway route between Bratislava – Žilina – Košice – the SR/Ukraine border. It is in conformity with the routing of international road transport across Slovakia along the routes of the traffic corridors which were defined in 1994 at the Pan-European Transport Conference on Crete. At the same time, this stretch is part of the main motorway route in Slovakia. The purpose and objective of this project is to gradually develop the basic motorway route, improve the quality of international and domestic traffic, fluency and, at the same time, safety of road traffic. The construction of the motorway will significantly improve the traffic-operating conditions for transit transportation. When the construction of the D1 motorway section in question is completed, the conditions for substantial decongestion of traffic along the I/18 road and other adjacent roads will be met.

The main designer for the above-mentioned project is Združenie Jánovce – Jablonov, a group of companies consisting of Geoconsult, spol. s r.o. Bratislava, HBH Projekt spol. s r.o. Brno and Valbek spol. s r.o. Liberec. The designer for the Šibenik tunnel is Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. Bratislava.

### BASIC DATA ON THE TUNNEL

The Šibenik tunnel allows the D1 motorway to pass under the bottom of Šibenik Hill, south-east of the town of Levoča. Šibenik Hill altitude is 652.7m a.s.l. It is part of the geomorphological unit of Hornád Basin, sub-unit Medvedie Chrby. Western portals of the tunnel tubes are at the altitudes of 569.4m a.s.l. (the NTT) and 570.1m a.s.l. (the STT). Eastern portals of the tunnel tubes are at the altitudes of 570.3m a.s.l. (the NTT) and 568.9m a.s.l. (the STT). The areas in front of the portals as well as the area above the tunnel have the character of meadows, fields or pastures. No buildings or structures are found above the tunnel or in the vicinity of the portals. The closest structure is the overhead line No. 202, which is found at a distance of about 170m from the eastern portal.

The tunnel design comprises a twin-tube motorway tunnel, in a rural area, for unidirectional traffic and a maximum permissible speed of 80km/h or bi-directional traffic, in the case of a closure of one tunnel tube, with a maximum permissible speed of 60km/h. The anticipated composition of the flow of traffic is as follows: passenger cars 77 % (of that 85% petrol powered and 15% diesel powered) and 23% lorries. The total traffic through the tunnel is divided between two tunnel tubes at a 1 : 1 ratio. The anticipated numbers of vehicles in 2012 and 2027 in both directions per one tunnel tube per 24 hours are 12,266 and 18,801, respectively.

In terms of cardinal points, the tunnel route is oriented along the WE axis. The northern tunnel tube is 632.23m long, whilst the length of the southern tunnel tube is 635.453m. The northern cut-and-cover tunnel tube is 54.715m long at the western portal and 47.086m long at the eastern portal. The southern cut-and-cover tunnel tube is 27.517m long at the western portal and 82.622m long at the eastern portal.

According to the final design, the D 26.5/100 category of the width arrangement is applied to the road in question. The tunnel width arrangement is prescribed to be T1 = 9.0 category, in the meaning of STN 73 7507 Design of Road tunnels from 2001, which means two 3.5m wide traffic lanes, a 1.25m wide emergency lane and two emergency walkways on both sides in each tube.

The basic height clearance is 4.8m; the height clearance is increased to 5.2m on the centre line of the roadway, within the width of 3.5m, for oversized vehicles. The height clearance over the emergency walkways is 2.2m. The theoretical useful cross sectional area of one tunnel tube is 72.06 m<sup>2</sup> (without permissible limit deviations taken into account).



Obr. 1 Východný portál tunela Šibenik (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)  
Fig. 1 Eastern portal of the Šibenik tunnel (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

0,699 485 a následne klesá do staničenia konca oblúka v km 1,099 504 pri klesaní 4,5 %. Priečný sklon 2,5 % je jednotný v oboch tunelových rúrach po celej ich dĺžke.

Tunelové rúry sú navzájom prepojené dvomi priečnymi priečnymi prepojeniami. V každom priečnom prepojení je umiestnená samostatná miestnosť-rozvodňa NN. Súčasťou tunela je technologická centrála, navrhnutá ako podzemný objekt priliehajúci k hlbenej časti severnej tunelovej rúry, ktorá má samostatný vchod z voľného priestranstva pred východným portálom (obr. 1). Na prevedenie káblov z technologickej centrály do tunelových rúr je navrhnutý kolektor prechádzajúci popod obe tunelové rúry s vyústením do káblových šácht v núdzových chodníkoch v tunelových rúrach. Ďalšou časťou stavby súvisiacou s tunelom je dvojpodlažná budova s požiarou nádržou, umiestnená na odpočívadle Levoča.

## GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY

Na základe vykonaného prieskumu a v súlade s regionálnou inžiniersko-geologickou klasifikáciou hornín Slovenska sa v trase tunela nachádza formácia kvartérnych zemín a flyšová formácia (obr. 2). Kvartérne zeminy sú zastúpené komplexom deluviálnych sedimentov. V bezprostrednom okolí západného portálu, okrem vegetačnej vrstvy o hrúbke okolo 0,3 m pevnej konzistencie, prevláda do hĺbky 1,0–3,1 m íl piesčitý až piesok fľovitý. V obidvoch prípadoch s podielom úlomkov pieskovcov. V podloží sú silne zvetrané pieskovce. V priestore východného portálu, okrem vegetačnej vrstvy o hrúbke 0,2–0,4 m, sa do hĺbky 1,7–2 m nachádza íl strednej plasticity, zriedka íl piesčitý pevnej konzistencie. V podloží sú celkom až silno zvetrané rozpadavé ílovce. V predportálovom úseku dosahuje vegetačná vrstva a ornica hrúbku 0,2–0,6 m a je tuhej konzistencie. Bližšie k portálu do hĺbky 3,0–4,2 m zasahuje delúvium tvorené ílom a ílom piesčitým prevažne tuhej konzistencie. Ďalej od portálu do hĺbky 2,6–1,1 m zasahuje íl piesčitý s menším podielom úlomkov a tuhou až pevnou konzistenciou. V podloží delúvia sa nachádzajú silno zvetrané ílovce.

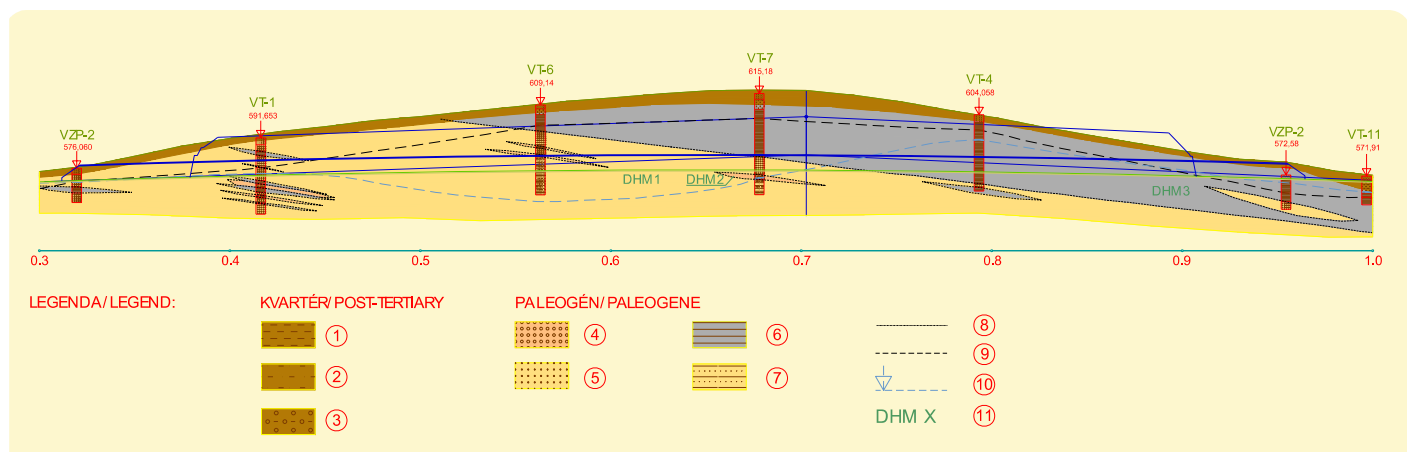
Both mined tunnel tubes are on a left-hand horizontal curve with the radii of 1700.00 and 2693.75m. The vertical alignment of both tunnel tubes follows a concave curve with the radius of 10,000m. For the alignment of the northern tunnel tube, the concave curve starts at km 0.302 663, with the uphill gradient of 3.5%. It reaches the summit at km 0.702 656, then it descends on a gradient of 4.5% to the chainage 1.102 649 where the curve ends. For the alignment of the southern tunnel tube, the concave curve starts at km 0.299 466, with the uphill gradient of 3.5%. It reaches the summit at km 0.699 485, then it descends on a gradient of 4.5% to the chainage 1.099 504, where the curve ends. The transverse gradient of 2.5% is uniform for both tunnel tubes, throughout their lengths.

The tunnel tubes are interconnected by two pedestrian cross passages. Each cross passage contains an independent room – an LW switchgear room. Part of the tunnel is an equipment control building, which is, according to the design, an underground structure adjacent to the cut-and-cover section of the northern tunnel tube, which has a separate entrance from the open area in front of the eastern portal (see Fig. 1). A utility tunnel passing under both tunnel tubes is designed to lead cables from the equipment control building to the tunnel tubes. The utility tunnel ends are in the tunnel tubes, in cable manholes, which are located in the emergency walkways. Another part of the construction which is associated with the tunnel is a two-level building with a fire protection reservoir, which is located at the Levoča lay-by.

## GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

According to the completed survey and in accordance with regional engineering geological classification of ground in Slovakia, there is a Quaternary soil formation and a flysh formation found along the tunnel route (see Fig. 2). Quaternary soils are represented by a complex of diluvial sediments. In the immediate surroundings of the western portal, apart from the about 0.3m thick, hard consistency vegetation layer, sandy clays to clayey sands prevail to the depth of 1.0 – 3.1m (in both cases containing a proportion of sandstone fragments). The bedrock consists of heavily weathered sandstone. In the area of the eastern portal, there is, apart from a 0.2 – 0.4m thick vegetation layer, medium-plastic clay reaching to a depth of 1.7 – 2m or, infrequently, hard consistency sandy clay. Up to heavily weathered, rotten claystone is in the sub-grade. The vegetation layer and arable soil in the section in front of the portals is 0.2 – 0.6m thick; it has a hard consistency. Closer to the portals, there is a diluvium consisting of clay and sandy clay, mostly of the stiff consistency, reaching to a depth of 3.0 – 4.2m. At a greater distance from the portal, there is sandy clay with a smaller proportion of fragments and stiff to hard consistency, reaching to a depth of 2.6 – 1.1m. The sub-base of the diluvium consists of weathered claystone.

A flysh formation rises throughout the length of the tunnel and in the portal sections. The rocks identified by the survey are parts of the Zuberec Member, with a typical flysh background. Under the diluvial sediments, the Zuberec Member has a zone of even heavily weathered rock, having locally, on the contact with the diluvium, even the character of soil. Slightly weathered to sound rock is found under this zone. Two differing rock layers with differing engineering geological and geotechnical properties were determined



Obr. 2 Inžiniersko-geologický pozdĺžny profil (Uranpres s. r. o.)

1) íl, 2) íl piesčitý, 3) íl štrkovitý až štrk ílovitý, 4) zlepenec, 5) pieskovce, 6) ílovce, 7) striedanie ílovcov a pieskovcov, 8) litologická hranica, 9) rozhranie navetraných a zdravých hornín, 10) hladina PV, 11) druh horninového masívu podľu TP 06-1/2006

Fig. 2 Engineering geological longitudinal section (Uranpres s.r.o.)

1) clay, 2) sandy clay, 3) gravelly clay to clayey gravel, 4) agglomerates, 5) sandstone, 6) claystone, 7) alteration of claystone and sandstone, 8) lithological border, 9) interface between slightly weathered and sound rock, 10) water table, 11) rock mass type according to TP 06-1/2006

V celej trase tunela a v priortálových úsekoch vystupuje flyšová formácia. Zistené horniny patria zubereckému súvrstviu v typickom flyšovom vývoji. Pod kvartérnymi deluviálnymi sedimentmi sa v zubereckom súvrstvi nachádza zóna celkom až silno zvetraných hornín, ktoré majú lokálne na styku s delúviom až charakter zemín. Pod touto zónou sa nachádzajú horniny slabozvetrané až zdravé. V trase južnej a severnej tunelovej rúry, pod chrbátom Šibenika, na základe výsledkov z vrto v zubereckom súvrstvi, sú vyčlenené dve odlišné horninové polohy rozdielnych inžiniersko-geologických a geotechnických vlastností.

Od km 0,335 (ZP) po km 0,610 bude tunel razený v stredno- až hrubozrnných pieskovočoch slabozvápňitých s muskovitom. Poloha má celkovú hrúbku viac ako 50 m. Pieskovce s lavicovitou vrstvenatosťou majú hrúbku vrstiev 0,2–0,6 m. Medzi vrstvami pieskovočov sa nezriedka vyskytujú tenké vločky ílovcov, čo môže spôsobiť oddeľovanie vrstiev. Ojedinele sú vyčlenené samostatné šošovky ílovcov o hrúbky 1,5–2,5 m. V polohe pieskovočov sa nachádzajú aj samostatné vrstvy zlepcov o hrúbky 0,5–4 m. V uvedenej západnej polovici dĺžky tunela majú pieskovce zastúpenie 68 %, zlepec 15 % a ílovec 17 %. Podľa stupňa zvetrania je 60–87 % hornín navetraných (W2) a 13–40 % hornín zvetraných (W3). Podľa zistení na povrchu majú tektonické pukliny hustoty 200–2000 mm. Pukliny sú dvoch výrazných smerových orientácií, a to súbežne s osami tunelových rúr a priečne, pričom ich sklony sú strmé (>80°). Spolu s ešte početnejšími subhorizontálnymi vrstvomými plochami tvoria tri navzájom kolmé systémy plôch diskontinuit, ktoré spôsobujú rozpad hornín na doskovité a hranolovité bloky stredných (200–600 mm) až veľkých (600–2000 mm) rozmerov. Podľa hodnotenia stupňa pevnosti sú horniny začlenené do stredného stupňa R3, výnimočne R4 (do 5 %), čo je doložené aj laboratórnymi skúškami (pevnosť v prostom tlaku 30–62 MPa a pevnosť pri bodovom zaťažení PLT 25,7–47,4 MPa). Táto časť tunela je v prevažnej miere bez prítomnosti vody.

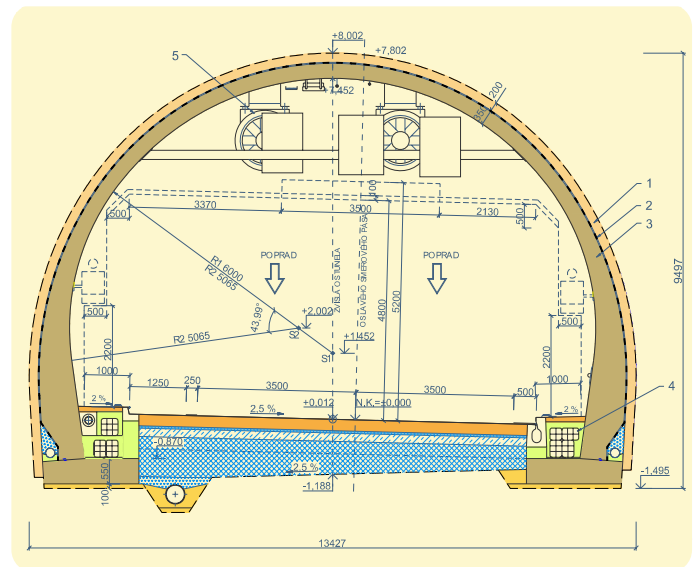
Od km 0,610 po km 0,970 (VP) bude tunel razený v polohe ílovcov hrubej do 30 m. Táto poloha ílovcov je svojim zložením homogénna. Sú to sivé a tmavosivé ílovce s rozpadom kolmo na os jadra. Výnimočné sú prechody do prachovcov až jemnozrnných pieskovočov. Podľa stupňa zvetrania sú v profile tunelovej rúry ílovce len navetrané (W2) až zdravé (W1), bližšie k východnému portálu vplyvom nižšieho nadložja sú silno zvetrané (W4, 65 %), slabozvetrané (W3, 13 %) a navetrané (W2) až zdravé (W1) v zastúpení 22 %. Rozpad hornín podľa RQD je v ílovcoch medzi 40–90 % (priemer 70 %) a so zmenšovaním nadložja klesá na 0–70 %. Tento parameter ďalej k východnému portálu má klesajúci trend (odhad do 20–30 %). S ohľadom na nižšiu rigiditu oproti pieskovočom predpokladá sa vyššia hustota (60–200 mm) tektonických puklín rovnakej priestorovej orientácie voči osi tunelových rúr. Podstatne vyššia je hustota vrstvomých plôch (2–60 mm). Z uvedeného vyplýva, že v tunelových rúrach sa budú v ílovcoch vytvárať doskovité až polyedrické bloky malých (60–200 mm) až veľmi malých rozmerov (< 60 mm). Podľa hodnotenia stupňa pevnosti sú ílovce zaradené do stredného stupňa R3, bližšie k východnému portálu do nízkeho stupňa pevnosti R4 a na portáli je to nízky stupeň pevnosti R4 až extrémne nízky R6. Laboratórne skúšky ílovcov v prostom tlaku ukazujú hodnoty 16–20 MPa, čo potvrdzuje ich zatriedenie do triedy R3 s prechodmi do R4. Pevnosť pri bodovom zaťažení PLT je 18,3 MPa. V nivelete tunela je horninové prostredie zvodnené s očakávaným prítokom do 0,5 l/s.

## RAZENIE A VYSTROJENIE VÝRUBU

Konštrukcia razených tunelových rúr je tvorená dvojvrstvovým ostením (primárnym a sekundárnym) s medzilahlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou (obr. 3). Tvar konštrukcie je navrhnutý pre cyklické razenie. Teoretické rozmery výrubu (pre primárne ostenie hrúbky 200 mm) sú: max. výška 9497 mm, max. šírka 13 427 mm a plocha výrubu 105,34 m<sup>2</sup>.

Na razenie tunela Šibenik sa navrhuje cyklický spôsob razenia s horizontálnym členením výrubu na kalotu, stúpeň a dno. Vzhľadom na geologické pomery sa uvažuje s dvomi technológiami razenia, a to vrtno-trhavinové razenie a razenie pomocou tunelbagra. Alternatívne možno uvažovať aj s použitím stroja s výložníkovou frézou.

Primárne ostenie má po celej dĺžke tunela (okrem úsekov razených pod dáždňikmi) navrhnutú konštantnú hrúbku min. 200 mm vzhľadom na namáhanie staticky posúdených priečných rezov. S primárnym ostením je uvažované aj pri prenose zaťaženia od horninového tlaku počas životnosti tunela. Podiel primárneho ostenia na prenose zaťaženia je 30 %. Primárne ostenie je tvorené kombináciou striekaného betónu, výstužných sietí, priehradových oceľových oblúkov a kotiev. Kotvy sú navrhnuté hydraulicky upínateľné dl. 4 m a 6 m, resp. injektované zavŕtavacie dl. 4 m. Použité vystrojovacie prvky sú uvedené na obr. 4. V priortálovej vystrojovacej triede sa uvažuje s razením pod dáždňikom z injektovaných zavŕtavacích tyčí dl. 15 (18) m. Zhotovenie plnej hrúbky primárneho ostenia sa bude realizovať v 3 záberoch.

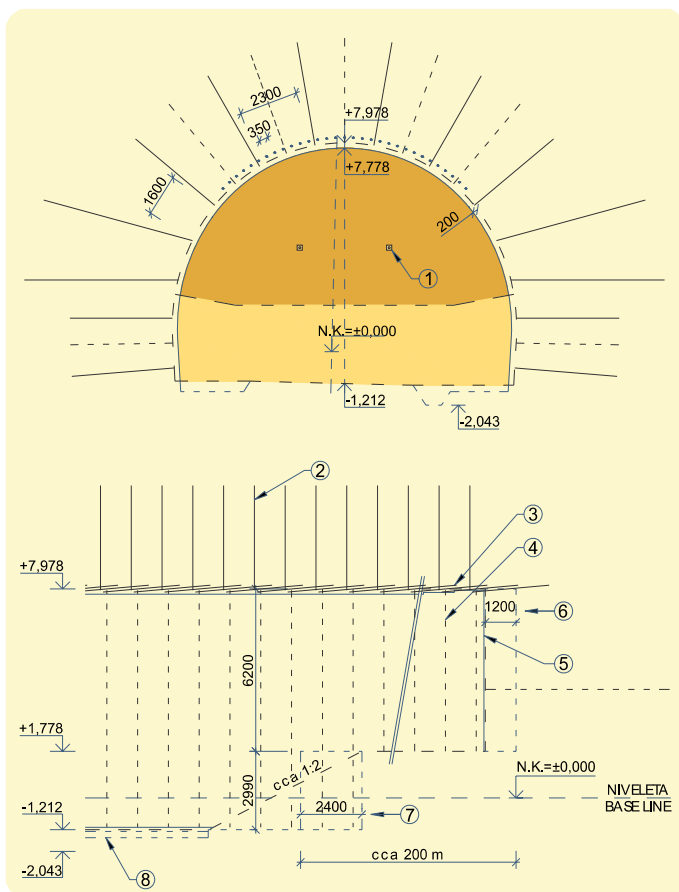


Obr. 3 Vzorový priečný rez (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)  
1) primárne ostenie, 2) medzilahlá hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie,  
4) multikanálové káblové chráničky, 5) prudový ventilátor Ø 1250 mm  
Fig. 3 Typical cross section (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)  
1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining,  
4) multiple-way cable ducts, 5) jet fan Ø 1250 mm

on the basis of the results of boreholes in the Zubrec Member, on the route of the southern and northern tunnel tubes, under the ridge of Šibenik Hill.

From km 0.335 (the WP) to km 0.610, the tunnel will be driven through medium-grained to coarse-grained sandstone, slightly calcareous, containing muscovite. The total thickness of the sandstone layer exceeds 50m. The sandstone beds are 0.2 – 0.6m thick. There are frequently thin claystone interlayers between the sandstone beds, which may cause the separation of the layers. Sporadic, separate claystone lenses 1.5m – 2.5m thick were determined. There are also separate, 0.5 – 4.0m thick layers of conglomerates in the sandstone unit. In the above-mentioned western half of the tunnel length, the proportions of rocks are 68% for sandstone, 15% for agglomerates and 17% for claystone. In terms of the degree of weathering, 60 – 87% of the rocks are slightly weathered (W2) and 13 – 40% of the rocks are weathered (W3). As determined by the survey of outcrops, the spacing of tectonic fissures ranges from 200 to 2000mm. The fissures follow two significant directions, i.e. parallel with the centre lines of the tunnel tubes and transverse; their dips are steep (>80°). Together with the even more numerous sub-horizontal bedding planes, they form three systems of discontinuity surfaces, which are perpendicular to each other. The discontinuity surfaces cause the disintegration of rocks into platy and prism-shaped blocks of medium (200 – 600mm) to big (600 – 2000mm) dimensions. In terms of the strength-related classification, the rocks are assigned the medium degree R3 and, exceptionally, degree R4 (less than 5%). This distribution is even supported by laboratory tests (unconfined compression strength of 30 – 62MPa and the point load strength of 25.7 – 47.4MPa). This part of the tunnel is to a large extent without the presence of water.

From chainage km 0.610 to km 0.970 (the EP), the tunnel will be driven through an up to 30m thick layer of claystone. The composition of this claystone layer is homogeneous. It consists of grey and dark-grey claystone, disintegrating perpendicularly to the core axis. Transition to siltstone or fine-grained sandstone is exceptional. In terms of the degree of weathering, the rocks found inside the tunnel tube profile are only slightly weathered (W2) to sound (W1); closer to the eastern portal, owing to the smaller height of the overburden, they are heavily weathered (W4, 65%), moderately weathered (W3, 13%) and slightly weathered (W2) to sound (W1) with the proportion of 22%. The rock disintegration in terms of the RQD is 40 – 90% for claystone (70% on average); it diminishes to 0 – 70% with the diminishing height of the overburden. This parameter shows a downward trend in the further direction toward the eastern portal (estimated for 20 – 30%). With respect to the lower rigidity compared to sandstone, closer spacing (60 – 200mm) of tectonic fissures having the same spatial orientation to the centre line of the tunnel tubes is expected. The spacing of bedding surfaces is significantly closer (2 – 60mm). It follows from the above-mentioned facts that platy to polyhedral blocks of small (60 – 200mm) to very small dimensions (< 60 mm) will originate in the claystone. In terms of the strength rating, the claystones



Obr. 4 Postup razenia a vystrojovacie prvky (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)  
 1) injektované zavrtavacie kotvy dl. 8 m, 2) kotvy hydraulicky upínateľné dl. 4 m a 6 m, resp. injektované zavrtavacie dl. 4 m, 3) ihly dl. 4 m Ø R25 4) prie hradové oceleové nosníky, 5) stabilizačná vrstva 0–50 mm striekaného betónu na čelbe, 6) dĺžka záberu v kalote 0,8–1,7 m, 7) dĺžka záberu v stupni 1,6–3,4 m, 8) prehĺbovanie dna

Fig. 4 Excavation sequences and support elements (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) groutable self-drilling anchors 8 m, 2) water expanded rock bolts 4m and 6m or groutable self-drilling anchors 4m, 3) spiles 4 m Ø R25 4) lattice girders, 5) stabilisation layer 0 – 50 mm of shotcrete on the face, 6) top heading advance length 0.8 – 1.7 m, 7) bench advance length 1.6 – 3.4 m, 8) deepening of the bottom.

Navrhnutá dĺžka záberu v kalote je v závislosti od vystrojovacej triedy 1,3–1,7 m, 1,0–1,3 m a 0,8–1,0 m. Vystrojenie výrubu bolo zoptimalizované podľa zatriedenia do vystrojovacích tried v zmysle TP 06-1/2006 Vystrojovacie triedy. Časť 1: Cyklické razenie.

V rámci razenia kaloty, resp. stupňa musí byť v provizórnom dne zabezpečené odvádzanie použitej technologickej vody a prípadných priesakových vôd, a to pomocou odvodňovacej ryhy a čerpania vody von z tunela do sedimentačných nádrží umiestnených na stavebnom dvore západného portálu.

Z bilančnej tabuľky možno konštatovať, že z celkového množstva rúbani-ny 133 350 m<sup>3</sup> z oboch tunelových rúr je možné využiť do násypov a zásypov bez úpravy 126 000 m<sup>3</sup> vytáženého materiálu, čo predstavuje 94,49 %.

## SEKUNDÁRNE OSTENIE

Sekundárne ostenie razeného tunela je navrhnuté z prostého betónu. Vystužené sekundárne ostenie majú bloky predurčené statickým výpočtom na styku hĺbeného tunela s razeným, ďalej bloky s výklenkami a so zárodkami priečných prepojení. Sekundárne ostenie bude postupne betonované po blokoch pomocou posuvného debnenia. Blok sekundárneho ostenia tvorí jeden pracovný a dilatačný celok. Dĺžka jedného dilatačného celku bude 10 m v líci kratšej strany bloku (resp. 9,98 m pri uvažovaní dilatačnej vložky hrúbky 20 mm). Všetky dilatačné a pracovné škáry budú vybavené vonkajšími pryžovými tesniacimi pásmi. Tvar škár v líci ostenia bude mať lichobežníkový tvar zhotovený pomocou gumového profilu vloženého do debnenia. V pracovných škárach medzi základovým pásmom a klenbou budú osadené napučiavacie škárové pásy vo vzdialenosti min. 80 mm od rubu ostenia. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 350 mm, smerom k základovým pásmom sa hrúbka ostenia zväčšuje. V sekundárnom ostení budú uložené

are assessed as being the medium degree R3; closer to the eastern portal as the low degree of strength R4 and, at the portal as the low degree R4 to extremely low R6. Laboratory tests of claystone for unconfined compression strength show the values of 16 – 20MPa, which is a confirmation of the categorisation as class R3 with transition to R4. The point load strength (PLT) is 18.3 MPa. The rock environment at the level of the tunnel bottom is water-bearing, with the anticipated inflow rate up to 0.5 l/s.

## TUNNEL EXCAVATION AND EXCAVATION SUPPORT

The structure of the mined tunnel tubes consists of a double-shell lining (primary and secondary) with an intermediate drainage and protection layer and a waterproofing membrane (See Fig. 3). The shape of the structure is designed to be suitable for cyclic excavation. Theoretical dimensions of the excavated cross section (for a 200mm thick primary lining) are as follows: maximum height of 9497mm, maximum width of 13,427mm and cross sectional area of 105.34 m<sup>2</sup>.

A cyclic process with the top heading, bench and invert sequences is designed for the Šibenik tunnel excavation. With respect to the geological conditions, two excavation techniques are proposed, i.e. the drill-and-blast and the application of a tunnel excavator. The use of a cutter boom can be counted with as an alternative.

The uniform thickness of the primary lining of 200mm is designed for the whole tunnel length (with the exception of a section to be driven using a protective umbrella) on the basis of the stresses determined by a structural analysis of the cross sections. The role of the primary lining is taken into account even in the carrying of rock pressures during the tunnel life. The primary lining share is 30% of the load. The primary lining consists of shotcrete, steel mesh, lattice girders and rock bolts. Friction bolts 4m and 6m long, expanded by pressurised water, or self-drilling grouted anchors are designed. The support elements to be used are presented in Fig. 4. The excavation support class for the portal section is designed to contain a protective canopy of 15 (18)m long, grouted self-drilling rods. The full thickness of the primary lining will be sprayed in three layers. The advance length designed for the top heading is, depending on the excavation support class, 1.3 – 1.7m, 1.0 – 1.3m and 0.8 – 1.0m. The excavation support was optimised according to the excavation support classes, in the meaning of the specifications TP 06-1/2006 Excavation Support Classes, Part 1: Cyclic Excavation.

During the top heading or bench excavation, it is necessary to secure the drainage of process water or contingent percolation water from the temporary bottom by means of drainage ditches. Water will be pumped from the tunnel to sedimentation tanks, which will be located within the construction yard at the western portal.

It is possible to find in the mass-haul table that it will be possible to use 126,000m<sup>3</sup> of the muck of the total volume of 133,350m<sup>3</sup> obtained from both tubes (94.49%) for embankments and backfills without any treatment.

## SECONDARY LINING

The secondary lining of the mined tunnel will be in unreinforced concrete. Reinforced concrete secondary lining will be in the blocks which are determined by the structural analysis, i.e. the blocks which are at the contact of the cut-and-cover tunnel and mined tunnel, the blocks containing recesses and blocks containing germs of cross passages. The secondary lining will be cast, block by block, using a tunnel form traveller. A secondary lining block forms one working and expansion unit. The expansion block will be 10m long (measured on the face of the shorter side of the block, which is curved in the ground plan), or 9.98m when the 20mm thick expansion strip is taken into account. All expansion joints and day joints will be provided with external rubber waterstop bands. The joints will have a trapezoidal profile on the inner face of the lining, which will be achieved by means of a rubber gasket, inserted to the formwork. Hydrophylic waterbars will be installed in the day joints between the footing and the vault, at a minimum distance of 80mm from the outer surface of the lining. The minimum thickness of the secondary lining is 350mm; the thickness of the lining increases towards the footing. Cable conduits and boxes will be cast into the secondary lining. The coating which will be used for the finishing of the lining must meet requirements for water resistance, vapour permeability and washability. The roadway and walkways will have the natural concrete colour. The design of shapes of the finish hardware which are shown in Fig. 5 is accentuated by respective signal paints. The secondary lining is in conformance with the R – 90/D1 fire safety criterion. With respect to the need to meet this criterion, the concrete formulae must also be prescribed for which it will be proved on the basis of a fire resistance test that the fire resistance of the designed unreinforced concrete lining and the resistance of the concrete cover/surface layer to spalling meet the requirements.

káblové chráničky a krabice. Ako povrchová úprava ostenia budú použité nátery, ktoré musia spĺňať kritéria na vodoodolnosť, paropriepustnosť a umývateľnosť. Vozovka a chodníky budú mať prirodzenú farbu betónu. Tvarové riešenie kompletizačných prvkov uvedené na obr. 5 je akcentované príslušnými signálnymi farbami. Sekundárne ostenie spĺňa kritérium požiarnej odolnosti R-90/D1. S ohľadom na splnenie tohto kritéria sa musí predpísať také zloženie betónovej zmesi, pre ktoré sa potvrdí jednak požadovaná požiarne odolnosť navrhnutého monolitického ostenia a jednak odolnosť betónovej krycej, resp. povrchovej vrstvy voči odpraskávaniu na základe vykonania skúšky požiarnej odolnosti.

## VOZOVKA A NÚDZOVÉ CHODNÍKY

Navrhnutá je konštrukcia vozovky s cementobetónovým krytom so skladbou a dimenziami:

dvojrstvový cementobetónový kryt CB I, ..... 170/80 mm,  
 obalované kamenivo strednozrné OKS I, ..... 50 mm,  
 infiltračný postrek 1,0 kg/m<sup>2</sup> PI,  
 cementová stabilizácia SC I, ..... 180 mm,  
 štrkodrvina 0-32, 0-63 (20 + 150 mm), ..... 270 mm.

Rozmery cementobetónových dosiek vyplývajú zo šírkového usporiadania diaľnice v tuneli. Pozdĺžna škára je navrhovaná 100 mm od osi smerového pásu smerom k zvislej osi tunelovej rúry. Z uvedeného vyplývajú nasledovné šírky vozovkových dosiek: JTR-3890 mm +4700 mm; STR-4690 mm + 3900 mm. Základná dĺžka CB dosiek je 5 m. Priečne škáry CB dosiek v tuneli sú uvažované vždy v miestach dilatačných škár blokov sekundárneho ostenia, resp. klenbovej nosnej konštrukcie (každých 10 m). Priečne a pozdĺžne škáry v CB doskách sa budú robiť rezaním. Základný rez je široký 3 mm do hĺbky 70 mm (priečna škára) a 80 mm (pozdĺžna škára). Na koncoch tunelových rúr a na styku CB krytu s asfaltovou vozovkou sa urobia pracovné škáry, ktoré majú funkciu dilatačných škár. Okrem pracovných škár budú všetky priečne a pozdĺžne škáry vystužené. V miestach priečných škár sa počas betónovania budú zatláčať trne a v miestach pozdĺžnych škár kotvy. Klzný trn má priemer 24 mm, dĺžku 500 mm, na povrchu je plastový povlak. Základná vzdialenosť trňov bude 250 mm. Núdzové chodníky po oboch stranách vozovky majú šírku 1 m. Pozostávajú z betónových blokov pre uloženie štrbinových žlabov a obrubníkov, z obetonovaných káblových chráničiek, z obrubníkov, z káblových šácht a ich súčastí a z betónového krytu.

## HYDROIZOLÁCIA A ODVODNENIE TUNELA

Ochrana tunela proti podzemnej vode je riešená otvoreným systémom hydroizolácie. Navrhnutá je plošná fóliová hydroizolácia hrúbky 2 mm na báze PE alebo PVC, resp. polyolefínu. Fólia bude mechanicky kotvená do primárneho ostenia. Drenážnu a ochrannú funkciu bude plniť geotextília s plošnou hmotnosťou 500 g/m<sup>2</sup>. Voda zachytená hydroizoláciou je zvedená drenážnou vrstvou do pozdĺžnych drenážnych potrubí v úrovni piet opôr. V škárach medzi blokmi sekundárneho ostenia budú na pásy hydroizolačnej fólie natavené dilatačné škárové pásy, ktoré budú vybavené systémom pre dodatočnú injektáž. V blízkosti dilatačných škár budú v sekundárnom ostení osadené injektážne krabice pre dodatočnú injektáž v prípade výskytu priesakov. Priesaková voda z horninového masívu bude po celej dĺžke tunela zachytávaná drenážnymi potrubiami, pričom každých 50 m bude zvedená transportnými potrubiami do zbernej šachty a následne do zberača priesakových vôd. Zberač priesakových vôd, ktorý bude zároveň slúžiť ako drenáž vozovkovej pláne, bude v predportálových oblastiach vyúsťovať do diaľničných priekop.



Obr. 5 Úprava sekundárneho ostenia a tvarové riešenie kompletizačných prvkov núdzového východu (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) dopravné značky D70a, b, 2) núdzové osvetlenie-neónové flourescentné svietidlo, 3) značka pre núdzový východ, 4) požiarne núdzové osvetlenie, 5) označenie núdzového východu, 6) grafický symbol núdzového východu, 7) požiarne núdzové osvetlenie

Fig. 5 Secondary lining design and design of shapes of finish hardware of an emergency exit (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) traffic signs D70a, b, 2) emergency lighting - neon fluorescent lighting fixture, 3) emergency exit sign, 4) fire emergency lighting, 5) emergency exit marking, 6) graphical symbol for emergency exit, 7) fire emergency lighting

## ROADWAY AND EMERGENCY WALKWAYS

The structure of the concrete pavement type of the roadway which was designed will comprise :

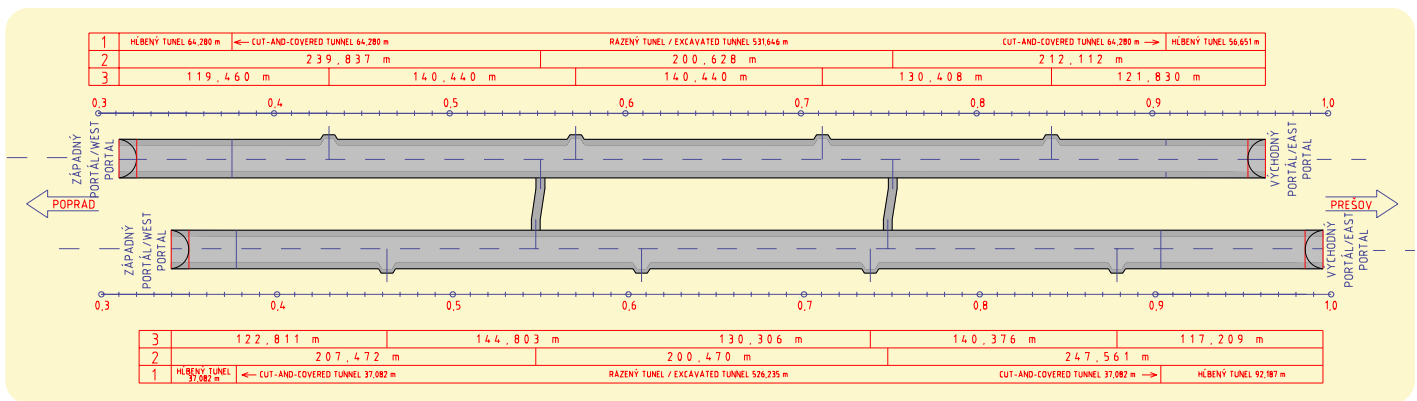
two-course concrete pavement CB I, ..... 170/80 mm,  
 medium-grained coated aggregate OKS I, ..... 50 mm,  
 prime coat 1.0 kg/m<sup>2</sup> PI,  
 cement stabilisation SC I, ..... 180 mm,  
 crushed gravel 0-32, 0-63 (20+150 mm), ..... 270 mm.

The dimensions of concrete slabs follow from the width arrangement of the motorway inside the tunnel. The longitudinal joint is designed to be 100mm from the axis of the carriageway, in the direction toward the vertical axis of the tunnel tube. The following width of the pavement slabs follow from the above-mentioned system: STT - 3890 mm + 4700 mm; NTT - 4690 mm + 3900 mm. The basic width of the concrete slabs is 5m. Transverse joints between the concrete slabs inside the tunnel will always be in the locations corresponding to the joints between expansion blocks of the secondary lining, or blocks of the vault structure (every 10m). The transverse and longitudinal joints between concrete pavement slabs will be carried out by cutting. A basic cut is 3mm wide and 70mm deep (a transverse cut) or 80mm deep (a longitudinal joint). Construction joints having the function of expansion joints will be carried out at the ends of the tunnel tubes, at the contact between the concrete pavement and asphalt pavement. With the exception of construction joints, all transverse and longitudinal joints will be reinforced, using dowels, which will be pressed into transverse joints during the concrete casting process, or anchors, which will be installed in longitudinal joints. A slipping dowel is 24mm in diameter, 500mm long and is coated with plastic. The basic spacing of the dowels will be 250mm. The emergency walkways on both sides of the roadway are 1.0m wide. They consist of concrete blocks for the placement of slotted troughs and kerbs, cable ducts encased in concrete, kerbs, cable manholes and their components and concrete pavement.

## TUNNEL WATERPROOFING AND DRAINAGE

An open waterproofing system is designed for the protection of the tunnel against ground water. A PE, PVC or polyolefine-based waterproofing membrane 2mm thick is designed. The membrane will be mechanically anchored to the primary lining. The drainage and protective function will be discharged by 500g/m<sup>2</sup> geotextile. The water which is stopped by the waterproofing barrier is directed through the drainage layer to the longitudinal drains laid at the footing level. Waterstop bands will be welded to the waterproofing membrane sheets over the joints between the blocks of the secondary lining; the waterstops will be provided with a system allowing additional grouting. Boxes containing outlets of grouting hoses for the additional grouting in the case of seepage will be embedded in the secondary lining, near the expansion joints. The water which will seep from the rock massif will be collected by longitudinal drains running throughout the tunnel length and will be diverted every 50m, through transport pipelines and collecting shafts, to a seepage collecting duct. The seepage collecting duct, which will, at the same time, function as drain for the road bed, will end in front of the portals, where it will be connected to a motorway ditch.

Circular-profile perforated PVC drainage pipes DN 200 or DN 160 are designed for the installation in the tunnel tubes. The placement of the DN 200 drainage on the footing, in an infill concrete bed, is designed for the mined tunnel. The drainage pipes will be encased in porous concrete. For cut-and-cover tunnels, the placement of DN 200 drains running along the footing in a porous concrete bed is designed. The drainage pipes will be backfilled with



Obr. 6 Rozmiestnenie bezpečnostných stavebných prvkov (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)  
1) konštrukcia tunela, 2) vzdialenosti núdzových východov, 3) vzdialenosti SOS výklenkov s hydrantom

Fig. 6 Lay-out of structural safety elements (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)  
1) tunnel structure, 2) intervals between emergency exits, 3) intervals between SOS niches containing hydrants.

V tunelových rúrach sú navrhnuté drenážne perforované potrubia z PVC kruhového prierezu DN 200, resp. DN 160. V razenom tuneli je navrhované uloženie drenážnych potrubí DN 200 na základový pás do betónového lôžka z výplňového betónu. Drenážne potrubia budú obetonované drenážnym medzerovitým betónom. V hĺbených tunelových rúrach je navrhované uloženie drenážneho potrubia DN 200 pozdĺž základového pásu do betónového lôžka z výplňového betónu. Drenážne potrubia budú obsypané štrkodrvinou frakcie 16–32 mm. Na rozhraní betónového lôžka a štrkodrviny bude uložená drenážna geotextília s plošnou hmotnosťou 200 g/m<sup>2</sup>. V priečných prepojeniach sú navrhnuté drenážne perforované potrubia z PVC kruhového prierezu DN 160, resp. DN 100. Funkciu hlavného zberača priesakových vôd a zároveň funkciu drenáže vozovkovej pláne bude plniť PVC potrubie DN 400. V razených aj v hĺbených úsekoch bude potrubie v hornej časti perforované v rozpätí 116°. Uložené bude v oboch rúrach pod vozovkou do výplňového betónu. Potrubie bude obetonované drenážnym medzerovitým betónom. Spravidla na začiatku drenážnych potrubí hĺbeného tunela, v priečných prepojeniach a v technologickej centrále sú navrhované čistiace hrdlá, prostredníctvom ktorých bude možné realizovať údržbu drenážnych potrubí. Čistiace hrdlá budú tvorené sústavou PVC potrubí rovnakých rozmerov ako odpovedajúce drenážne potrubie. Do drenážnych potrubí budú vyústené pod uhlom 45°. Ukončené budú uzáverom.

### TECHNOLÓGICKÁ CENTRÁLA A KOLEKTOR

Technologická centrála je situovaná pri východnom portáli severnej tunelovej rúry. Pri objekte sa nachádza komunikačná anténa. Budova sa pripája vstupom k severnej tunelovej rúre a káblovou šachtou ku kolektoru. Prístup do TC je riešený po spevnenej ploche z východnej strany objektu, ktorá je prístupná z diaľnice D1 Jánovce-Jablonov. Okolie objektu je zatrávené. Objekt bude z časti zasypávaný. Jednotlivé priestory TC tvoria rozvodne pre EPS, CRS, rádio, osvetlenie, pre NN (UPS, RUPS), pre VN, strojovňa dieselgenerátora, vzduchotechniky, riadiace centrum a sklad. Pod chodbou objektu je technologická chodba (pre vedenie káblov) so svetlou výškou 2,2 m, z ktorej je cez káblovú šachtu vstup do kolektora. Kolektor je uzavretá železobetónová konštrukcia obdĺžnikového prierezu so svetlými rozmermi 2100 x 1500 mm a hrúbkou stien 400 mm. V technologickej chodbe sú umiestnené rošty pre vedenie káblov. Vchod do technologickej chodby je riešený cez protipožiarnu poklopy v podlahe. Časť objektu pod rozvodňami pre EPS, CRS, rádio, osvetlenie, pre NN, VN a riadiace centrum má zdvojenú podlahu výšky 1,1 m. Strojovňa dieselgenerátora má zvýšenú svetlú výšku na 4 m.

### BEZPEČNOSŤ A VYBAVENIE TUNELA

Tunel je navrhnutý tak, aby spĺňal bezpečnostné požiadavky v zmysle Nariadenia vlády SR č. 344/2006 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti a TP 04/2006 Požiarna bezpečnosť cestných tunelov. Vybavenie tunela pozostáva z bezpečnostných stavebných prvkov (obr. 6), požiarného vodovodu a technologickeho vybavenia tunela. Bezpečnostné stavebné prvky v tuneli Šibenik zahŕňajú:

- núdzové pruhy šírky 1,25 m v každej tunelovej rúre,
- obojstranné núdzové chodníky šírky 1 m v každej tunelovej rúre,
- 2 priečne prepojenia, ktoré sú súčasťou únikových ciest z jednej tunelovej rúry do druhej,
- 4 združené SOS výklenky s hydrantmi v každej tunelovej rúre.

V tuneli Šibenik nie sú navrhnuté prejazdne priečne prepojenia, ktoré by mohli slúžiť na zásah pohyblivými technickými prostriedkami – malej mobilnej zásahovej techniky, a to vzhľadom na to, že podľa vyjadrenia HaZZ sa pri

16 – 32mm grain-size crushed gravel. Drainage geotextile 200 g/m<sup>2</sup> will be placed on the interface between the porous concrete bed and crushed gravel. Circular-profile perforated PVC drainage pipes DN 160 or DN 100 are designed for the transverse connections. The function of the main collector of percolation water and, at the same time, of the road bed drainage will be discharged by DN 400mm PVC pipes. The drainage pipes used for both the mined and cut-and-cover sections will be perforated in the upper part, within a section corresponding to the central angle of 116°. It will be laid in both tubes under the roadway, in non-structural concrete. The pipes will be encased in porous concrete. The installation of drain shoes allowing the maintenance of drainage pipes is designed, with the drain shoes located usually at the beginning of the cut-and-cover tunnel drainage pipelines, in the transverse connecting pipelines and in the equipment control building. A drain shoe will consist of a set of PVC pipes of the dimensions identical with the dimensions of the respective drain. It will be connected to the drain at an angle of 45°. It will be terminated by a cap.

### EQUIPMENT CONTROL BUILDING AND UTILITY TUNNEL

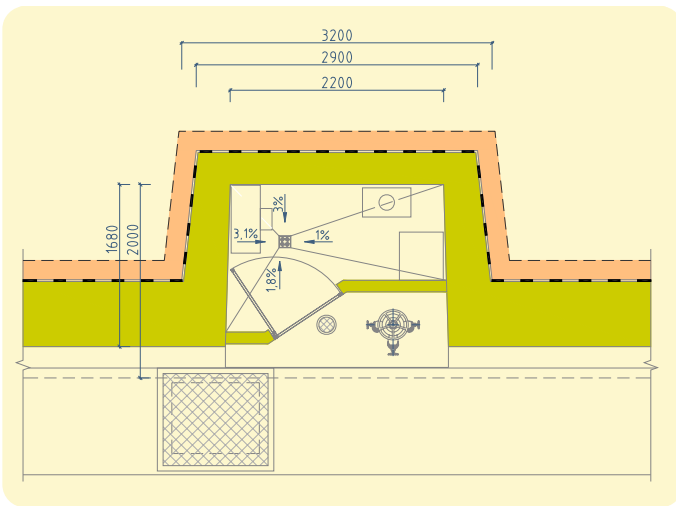
The equipment control building is located at the eastern portal of the northern tunnel tube. There is a communications antenna next to the building. The building is connected through an entrance to the northern tunnel tube and through a cable shaft to the utility tunnel. The access to the equipment control building is from a hard surfaced area on the eastern side of the building, which is accessible from the D1 Jánovce - Jablonov motorway. The area surrounding the building is covered with grass. The building will be partly covered with earth. The equipment control building comprises switch rooms for the fire alarm and detection system (FADS), central control system (CCS), wireless, lighting, LW (UPS, RUPS), HW, a Diesel generator room, ventilation, a control centre and warehouse. Under the corridor in the building, there is an equipment corridor (for the installation of cables) with a clear height of 2.2m; the entry to the utility tunnel is from this corridor, through the cable shaft. The utility tunnel is a closed, reinforced concrete frame with a rectangular cross section, with the dimensions of 2100 x 1500mm and the walls 400mm thick. There are cable racks installed in the utility tunnel. The entry to the utility tunnel is through fire-check access doors in the floor. Part of the building under the switch rooms for the FADS, CCS, wireless, lighting, LW, HW and the control centre is provided with a 1.1m high elevated floor. The net height of the Diesel generator room is increased to 4.0m.

### SAFETY IN THE TUNNEL AND TUNNEL EQUIPMENT

The tunnel design meets safety requirements in the meaning of the Decree No. 344/2006 of the Government of the Slovak Republic on minimum safety requirements for tunnels on the road network and the Specifications TP 04/2006 Fire safety in road tunnels. The tunnel equipment consists of structural safety elements (see Fig. 6), a hydrant line and tunnel service equipment. The structural safety elements in the Šibenik tunnel comprise:

- emergency lanes 1.25m wide in each tunnel tube,
- emergency walkways 1.0m wide on both sides of each tunnel tube,
- 2 cross passages, which are parts of escape routes from one tunnel tube to the other one,
- 4 combined SOS niches with hydrants in each tunnel tube.

No cross passages for vehicles are designed for the tunnel which could be used for an intervention by mobile equipment – small intervention equip-



Obr. 7 Združený SOS výklenok s hydrantom (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)  
Fig. 7 Combined SOS niche with a hydrant (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

zásahu v tuneli Šibenik neuvažuje s použitím malej mobilnej zásahovej techniky.

Vzhľadom na rovnaké požadované vzájomné vzdialenosti medzi SOS kabínami a hydrantmi boli navrhnuté združené SOS výklenky s hydrantmi vždy vpravo v smere jazdy. Pôdorysné rozmery všetkých SOS výklenkov sú zhodné a sú: 2200 x 1680 mm (obr. 7). To znamená, že bude realizovaný výklenok aj v primárnom ostení. Svetlá výška výklenku je 2300 mm. Pôdorysná plocha SOS kabíny má nepravidelný tvar vzhľadom na umiestnenie hydrantu pred deliacou priečkou SOS kabíny. Podlaha výklenku je vyvýšená nad hranu chodníka min. o 50 mm a pred SOS kabínou je vyspádovaná v priečnom sklone 2 % k núdzovému chodníku. Deliacá priečka medzi SOS kabínou a priestorom tunelovej rúry je zo železobetónu hrúbky 120 mm a rovnakých vlastností ako sekundárne ostenie.

Potrúbie požiarneho vodovodu slúži na rozvod požiarnej vody v tuneli. V západnej armatúrnej šachte sa potrubie rozdeľuje na dve vetvy a vo východnej armatúrnej šachte sa potrubie spája. Pre zabezpečenie vodovodného potrubia v zimnom období proti zamrznutiu je navrhnuté vyhrievanie oboch vetiev požiarneho vodovodu elektrickým káblom po celej dĺžke. Požiarne hydranty v priestore tunela budú osadené v SOS výklenkoch. Požiarne hydranty pred portálmi tunela budú osadené samostatne v blízkosti nástupných plôch.

Technologické vybavenie tunela zahŕňa zásobovanie tunela elektrickou energiou, centrálny riadiaci systém, riadenie dopravy, monitorovací systém, komunikačný systém, vetranie tunela a osvetlenie tunela. Zásobovanie tunela elektrickou energiou bude z existujúcej linky č. VN 202 vzdialenej cca 200 m od východného portálu tunela. Vsađeným odbočným stožiarom z predpätého betónu bude vedená prípojka dĺžky cca 160 m.

Riadenie dopravy rieši premenné dopravné značenie a značky, trvalé dopravné značenie v tuneli, závary, vodorovné dopravné značenie a svetelné signalizačné zariadenia.

Monitorovací systém tunela pozostáva z merania fyzikálnych veličín, elektrickej požiarnej signalizácie, videodohľadu s videodetekciou a elektronickej zabezpečovacej signalizácie.

Komunikačný systém tvoria SOS telefóny v SOS kabínach, rádiové spojenie v tunelových rúrach pre záchranné zložky a údržbu NDS, a. s., šírenie rádiového vysielania na FM frekvencii 92,2 MHz, tunelový rozhlas a pokrytie každej časti tunela GSM signálom všetkých mobilných operátorov.

Pozdĺžny vetrací systém v tuneli Šibenik pozostáva spolu z 12 prúdových ventilátorov (6 dvojíc) priemeru 1250 mm, prietoku  $Q_{SV} = 25,6 \text{ m}^3/\text{s}$  a ťažnej sily 900 N.

## ZÁVER

Začiatkom roka 2008 sa na Slovensku rozbehol proces prípravy diaľničných projektov formou verejno-súkromného partnerstva (PPP). Dĺžka plánovaných diaľničných úsekov cez tieto projekty je 151 km. Úsek diaľnice D1 Jánovce – Jablonov bol zaradený do prvého tendra PPP na výstavbu a prevádzku vybraných diaľničných úsekov pri Žiline a Prešove s dĺžkou 74,84 km. My, ktorí sme s uvedeným projektom úzko spät, veríme, že tender na získanie koncesie sa úspešne dokončí a úsek diaľnice D1 Jánovce – Jablonov s tunelom Šibenik (obr. 8) sa čo najskôr začne realizovať.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,  
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

Recenzoval: Ing. Miloslav Frankovský

ment. The reason is the opinion of the Fire Rescue Service that the use of small mobile intervention equipment is not expected.

Combined SOS niches with hydrants were designed, with respect to the fact that the required intervals between SOS cabins and between hydrants are identical; the niches are always on the right-hand side (in the direction of travel). The ground-plan dimensions of all SOS niches are identical, i.e. 2200 x 1680 mm (see Fig. 7). It means that each niche will be even built in the primary lining. The net height of the niche is 2300mm. The shape of the SOS cabin floor is irregular with respect to the installation of the hydrant in front of the partition wall in the SOS cabin. The floor of the niche is elevated above the walkway edge at least by 50mm and, in front of the SOS cabin; it is on a transverse gradient of 2% falling toward the emergency walkway. The reinforced concrete partition wall between the SOS cabin and the tunnel tube space is 120mm thick; its properties are identical with those of the secondary lining.

The hydrant line distributes hydrant water in the tunnel. The pipeline is split into two branches in the western valve shaft, whereas the two branches are joined in the eastern valve shaft. The pipelines will be protected in winter seasons against freezing throughout their lengths by means of electric trace heating. Fire hydrants will be installed in SOS niches in the tunnel. Pre-portal fire hydrants will be installed separately, close to areas designed for the mustering of rescue units.

The tunnel equipment comprises a power supply system, central control system, traffic control system, monitoring system, communications system, tunnel ventilation and tunnel lighting. The tunnel will be supplied with power from the existing line No. HW 202, which is found at a distance of about 200m from the eastern portal of the tunnel. The connection line, which will begin at a branch tower, will be about 160m long.

The traffic control will be carried out by means of variable road signalling and traffic signs, permanent road signalling inside the tunnel, barriers, road marking and traffic light signals.

The tunnel monitoring system comprises measurements of physical quantities, the fire alarm and detection system, video surveillance with video detection and electrical protection signalling system.

The communications system consists of SOS telephones in SOS cabins, wireless communication in tunnel tubes for rescue units and NDS, a.s. maintenance crews, radio broadcasting on 92.2 MHz FM frequency, public address and coverage of each part of the tunnel by GSM signals of all mobile operators.

The longitudinal ventilation system in the Šibenik tunnel consists of 12 jet fans (6 pairs) 1250mm in diameter, a flow rate  $Q = 25.6 \text{ m}^3/\text{s}$  and drawing force of 900N.

## CONCLUSION

The beginning of 2008 in Slovakia saw the start of the process of planning of motorway construction projects in the PPP form. The length of the planned motorway sections to be implemented through the PPP system is 151km. The Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway was incorporated into the first PPP tender proceedings for the construction and operation of selected motorway sections near Žilina and Prešov, at a length of 74.84km. We, adherents of the above project, believe that the tender proceedings for the concession will be successfully finalised and the construction of the Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway, together with the Šibenik tunnel (see Fig. 8), will commence as soon as possible.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,  
AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.



Obr. 8 Západný portál tunela Šibenik (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)  
Fig. 8 Western portal of the Šibenik tunnel (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)