

REALIZÁCIA SEKUNDÁRNEHO OSTENIA TUNELA POĽANA REALISATION OF POĽANA TUNNEL SECONDARY LINING

VLADIMÍR ĎURŠA

ABSTRAKT

Od začiatku výstavby v roku 2014 s pribúdajúcim časom na stavbe D3 Svrčinovec – Skalité nastal zjavne viditeľný pokrok v procese výstavby, či už pre zainteresovaných, alebo aj verejnosť, ktorá prechádza regiónom Kysúc. Tak ako sa dvíhali mosty od založenia na pilótach k najvyšším pilierom na Slovensku, tak aj oba tunely Poľana a Svrčinovec prešli od razenia k finálnej podobe tunela – sekundárnemu osteniu. V tomto článku sa uvádza samotný postup výstavby tunela Poľana, navrhované riešenia, technické parametre a drobné špecifiká, ako je úniková štôľňa v trase budúcej tunelovej rúry, núdzové zálivy po oboch stranách vozovky – v stredne dlhom tuneli. Tunely na trase D3 Svrčinovec – Skalité sú prvé, ktoré sa podarilo vybudovať počas tunelárskeho „boomu“ v Žilinskom regióne, kde naraz prebiehala výstavba šiestich tunelov, čo malo tiež vplyv na projektovanie, logistiku a realizáciu. Tunel je vo fáze dokončovania stavebných prác a montáže technológií, aby mohol byť čoskoro pripravený na odovzdanie a následné sprístupnenie pre širokú verejnosť.

ABSTRACT

Visible progress in the construction process became evident with the time growing from the beginning of the work on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway project in 2014. It can be seen not only by the interested parties but also by the public passing through the region of Kysuce. Similarly to the process of raising bridges from the foundation on piles to the tops of the highest piers in Slovakia, the work on two tunnels, the Poľana and the Svrčinovec, moved from the excavation to providing the final look of the tunnels - the final tunnel lining. This paper presents the Poľana construction process, the solutions designed, technical parameters and minor specifics, such as the escape gallery along the alignment of the future tunnel tube, emergency lay-bys on both sides of the roadway – in the medium-length tunnel. The tunnels on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway are the first tunnels which were successfully built during the tunnelling boom in the region of Žilina, where the construction of six tunnels was simultaneously underway. This fact also influenced the designing, logistic and realisation processes. The tunnel is now in the phase of completing civil engineering works and installing tunnel equipment so that it can be prepared for handing to the project owner and subsequent opening to the wide public.

STAVEBNO-TECHNICKÉ RIEŠENIE STAVBY PRAVEJ TUNELOVEJ RÚRY (PTR) TUNELA POĽANA

Celý tunel Poľana, ktorý má dĺžku 898,1 m, je projektovaný pre diaľničnú dopravu, dočasne s jednou tunelovou rúrou pre obojsmernú dopravu, únikovou štôľňou a tromi priečnymi prepojeniami, a až v neskoršom období ako tunel s dvomi tunelovými rúrami, každá pre jeden smer dopravy. Predpoklad dostavby druhej tunelovej rúry je po naplnení kapacity dopravy o 40 rokov, na čo je svojou konštrukciou projektovaná aj úniková štôľňa.

Technické riešenie tunelovej rúry je navrhnuté tak, aby zodpovedalo požiadavke na životnosť min. 100 rokov (sekundárne ostenie tunela). Taktiež je navrhnuté tak, aby PTR a únikové cesty z hľadiska bezpečnosti a riadenia prevádzky zodpovedali požiadavkám platných predpisov.

Pri návrhu veľkosti a tvaru tunela sa vychádzalo z rozmerových parametrov prejazdneho prierezu kategórie 2T – 8,0 s dočasnou obojsmernou premávkou, definovaného v STN 73 7507 – Projektovanie cestných tunelov.

Po zrealizovaní primárneho ostenia a dosiahnutí maximálnych rýchlostí nárastu deformácie (stanovené v TKP 26 Tunely) a po profilácii primárneho ostenia tunela bolo možné začať s realizáciou sekundárneho ostenia tunela. Najprv sa pristúpilo k betonáži základov, následne sa zrealizovalo drenážne odvodnenie tunela a hydroizolácia a na záver samotné sekundárne ostenie hornej klenby.

Po dobudovaní sekundárneho ostenia sa prišlo k výstavbe konštrukcií vnútorného vybavenia tunela (vozovka, chodníky, odvodnenie vozovky atď.).

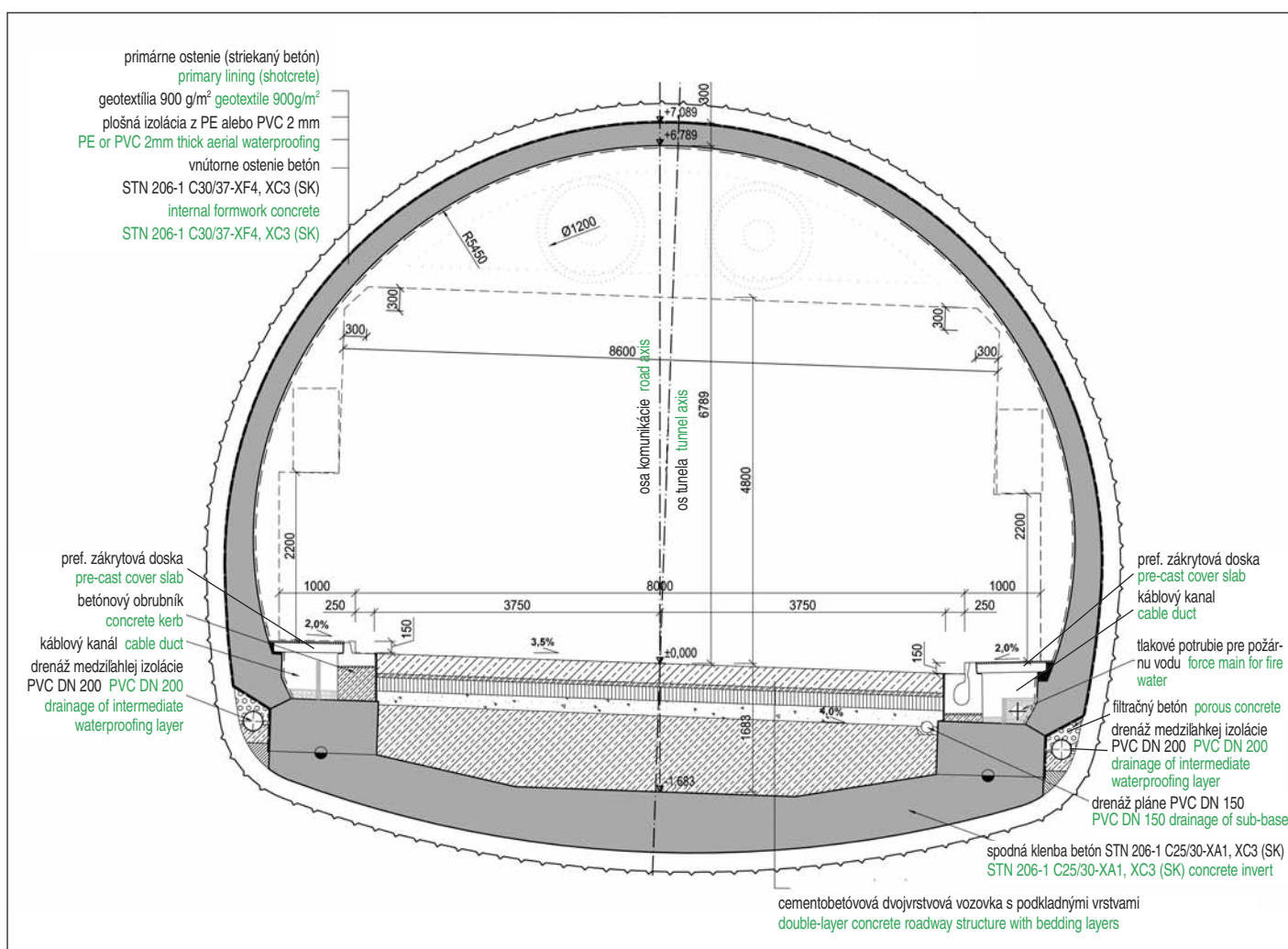
STRUCTURAL DESIGN FOR THE CONSTRUCTION OF THE RIGHT-HAND TUNNEL TUBE (RTT) OF THE POĽANA TUNNEL

The entire 898.1m long Poľana tunnel is designed for motorway traffic, as a temporarily single-tube tunnel for bidirectional traffic, with an escape gallery and three cross passages. In the future it will be designed as a twin-tube tunnel with separate tunnel tubes, each for one direction of traffic. The second tunnel tube construction is assumed to be carried out after 40 years, when the traffic carrying capacity is fulfilled. The escape gallery structure is also designed for this state.

The tunnel tube technical solution is designed to comply with the requirement for the minimum service life of 100 years (the secondary lining). It is in addition designed in a way guaranteeing that the RTT and escape routes will comply with requirements of applicable regulations.

When the dimensions and geometry of the tunnel were being designed, the designer started from the dimensional parameters of the 2T – 8.0 category clearance profile temporarily carrying bidirectional traffic, which is defined in STN 73 7507 Slovak standard “Road tunnel design”.

It was possible after completing the primary lining and reaching the maximum rate of the increase in deformations (defined in the TKP 26 specifications “Tunnels”) and profiling the primary lining of the tunnel to start to realise the secondary lining. The concrete foundation was cast first, the tunnel drainage and the waterproofing system were carried out subsequently and, finally, the secondary lining of the upper vault was carried out.



Obr. 1 Vzorový priečný rez
Fig. 1 Typical cross-section

Ing. Róbert Zwilling, Basler&Hofmann

Po ukončení hlavných stavebných prác sa predpokladá začatie montáže technologického vybavenia tunela.

ZALOŽENIE SEKUNDÁRNEHO OSTENIA – ZÁKLADY

Z pôvodne uvažovaných typov založenia tunela – základové pásy na kvalitnom podloží bez ochrany pôvodného výrubu, základové pásy na ochrannej protiklenbe (prostý betón), alebo na protiklenbe (železobetón) – sa kvôli neočakávaným geologickým podmienkam mohli použiť len posledné dva typy spodných klenieb a úplne sa vynechal variant založenia iba na základových pásoch. Ich percentuálne zastúpenie (tab. 1) poukazuje na nestálosť geologického prostredia.

Sekundárne ostenie tunela – základy – sú navrhnuté ako železobetónové z betónu C25/30-XC3, XA1 (SK) – CI

After the completion of the secondary lining, the work on the internal tunnel structures (the roadway, walkways, roadway drainage etc.) commenced.

The installation of technological equipment of the tunnel is assumed to start after the completion of the civil engineering operations.

SECONDARY LINING FOUNDATION – FOUNDATIONS

Of the originally discussed tunnel foundation types – concrete footings on good quality sub-grade without the protection of the original excavation, concrete footings on the unreinforced concrete protective invert or on the reinforced concrete protective invert, only the latter two types of inverted arches could be used. The variant of foundation on footings was completely

Tab. 1 Prehľad vystuženia a množstva betónu spodnej klenby
Table 1 Overview of the amount of reinforcement and concrete for the invert

typ založenia foundation type	počet blokov number of blocks	% zastúpenie percentage [%]	teoretická výmera betónu [m ³] theoretical amount of concrete [m ³]	hmotnosť vystuženia [t] reinforcement weight [t]	stupeň vystuženia [kg/m ³] reinforcement content [kg/m ³]
základové pásy s ochranou dna footings with protection of bottom	29 29	40,8 40.8	20,7 20.7	1,13 1.13	55 55
pásy s protiklenbou footings with invert	42 42	59,2 59.2	109,3 109.3	7,4 7.4	68 68

0,20-Dmax16-S4. Dĺžka blokov je navrhnutá max. 12,5 m pre štandardný profil tunela a profil núdzového zálivu. Základové pásy sú tvaru skoseného obdĺžnika výšky 0,6 m a šírky 1,41 m. V celej dĺžke tunela sú základy navrhované ako vystužené. Typ vystuženia závisí na geotechnických parametroch jednotlivých kvázihomogénnych úsekov. Výstuž neprechádzala do hornej klenby, čím vzniklo klbové spojenie medzi základom a hornou klenbou.

Pásy, resp. protiklenba, sú vystužené oceľovými sieťami a prúťovou výstužou. Použitá oceľ je triedy B 500 B na všetku výstuž sekundárneho ostenia. Minimálne krytie výstuže je 70 mm. Súčasťou základových pásov je aj ochrana proti bludným prúdom, ktorá bola po celej dĺžke tunela rozdelená na tri obvody, a pozostávala z prevarenia dvoch prúťov výstuže $\varnothing 20$ po celej dĺžke základového pásu, a v určitých miestach bol vyvedený zemiaci FeZn pásik. Sondy na sledovanie korózie výstuže sú umiestnené v portálových blokoch a ďalšie vývody sú v priečných prepojeniach tunela a štólne.

IZOLÁCIA A DRENÁŽNÉ ODVODNENIE

Odvodňovací systém ostenia pravej tunelovej rúry bol navrhnutý a zrealizovaný ako otvorený, kde sa hydroizolácia realizovala iba v hornej klenbe. Horninová voda, ktorá preniká k výrubu tunela, sa zachytáva medzifahlým plášťom z ochrannej a drenážnej geotextílie s minimálnou plošnou hmotnosťou 900 g/m² a hydroizolačnej PVC fólie s minimálnou hrúbkou 2 mm (plus signačná vrstva 0,2 mm), umiestneným medzi primárnym a sekundárnym ostentím. Horninová voda sa odvádza cez drenážnu vrstvu hydroizolácie do postrannej drenáže DN 200 mm. Z toho dôvodu sa v tuneli nerealizovala stredová kanalizácia a drenážna voda je gravitačne zvedená pred západný portál tunela.

Ukončenie hydroizolácie v priečných prepojeniach bolo zrealizované za vybetónovaným zárodkom priečného prepojenia, kde nadväzovala striekaná hydroizolácia na dĺžke 10 m. Zvyšná časť priečného prepojenia má len primárne ostenie bez izolácie, s ochrannou vrstvou striekaného betónu.

Kanalizačné drenážne perforované potrubie PP DN 200, SN8 s perforáciou 116° na odvodnenie PTR, je uložené v rámci budovania ostenia na podkladný betón C16/20. Obetónovanie bolo vyhotovené až do výšky perforácie



Obr. 2 Hydroizolácie tunela Poľana
Fig. 2 Poľana tunnel waterproofing

foto/photo Ing Radovan Kušnierik

abandoned because of encountering unexpected geological conditions.

C25/30-XC3, XA1 (SK) – C1 0.20-Dmax16-S4 concrete grade is designed for the secondary tunnel lining – foundations. The maximum length of the blocks is designed for the standard tunnel profile and the profile of emergency lay-bys. The geometry of footings is that of a skewed rectangle 0.6m high and 1.41m wide. Reinforced concrete is designed for the footings throughout the tunnel length. The reinforcement type depends on geotechnical parameters of individual quasi-homogeneous sections. The reinforcement did not pass to the upper vault, which fact gave rise to an articulated joint between the foundation and the upper vault.

The footings and the invert, respectively, are reinforced with welded mesh and steel bars. All reinforcement of the secondary lining is from B 500 B steel grade. The minimum concrete cover on the reinforcement is 70mm. Protection against corrosion caused by stray current is part of the foundation footings throughout the tunnel length. The system is divided into three circuits. It comprises welding of two $\varnothing 20$ reinforcing rods together throughout the particular foundation footing length and a FeZn grounding strip is brought to the footing surface in certain points. Probes for monitoring the reinforcement corrosion are located in portal blocks and other outlets are in cross passages and the gallery.

WATERPROOFING AND DRAINAGE

The right-hand tunnel tube drainage was designed and realised as an open system, where the waterproofing was applied only to the upper vault. The groundwater which penetrates to the tunnel excavation is caught by an intermediate jacket formed by the protection and drainage geotextile with the minimum aerial weight of 900g/m² and a waterproofing PVC membrane 2mm thick as the minimum (plus 0.2mm thick signalling layer) installed between the primary and secondary liners. Groundwater is evacuated along the waterproofing drainage layer to DN 200mm side drainage. For that reason no central drainage was carried out in the tunnel and drainage water is gravitationally evacuated before the western portal of the tunnel.

The termination of the waterproofing layers in cross passages was carried out behind a concrete-lined germ of the cross passage, where the spray-on waterproofing layer followed along the length of 10m. The remaining part of the cross passage is provided only with a primary lining without waterproofing and a protective shotcrete layer.

Perforated drainage tubes PP DN 200, SN8 with the perforation up to 116° of the circumference, which are used for draining the RTT, is placed on a C16/20 blinding concrete layer carried out within the framework of the work on the lining. The tubes were encased in concrete up to the level of the perforation and the tube was covered with porous concrete with 16–32mm fraction of grain size and blast-furnace sulphate cement-based binder.

Perforated drainage pipes PP DN 150 SN8 with 116° perforation were placed within the framework of carrying out the roadway to provide its draining between the lower vault mass fill concrete and the crushed gravel layer. The pipeline is padded by a CG 0-32, 0-45 drainage and frost blanket course, which at the same time forms a part of the roadway

a obsyp potrubia bol medzerovitým betónom frakcie, 16–32 mm so spojivom z vysokopecného síranového cementu.

Drenážne perforované potrubie PP DN 150 SN8 s perforáciou 116° bolo uložené v rámci budovania koštruktie vozovky kvôli jej odvodneniu medzi vrstvou výplňového betónu spodnej klenby a vrstvou štrkdrv. Obsyp potrubia je vyhotovený drenážnou a protimrazovou vrstvou zo ŠD 0-32, 0-45, ktorá tvorí zároveň časť koštruktie vozovky. Odvodnenie podkladných vrstiev vozovky bolo vedené v najnižšom mieste priečného sklonu vozovky a zaústené do čistiaceho výklenku cez základový pás. Vďaka takémuto riešeniu sa odbúrali problémy pri realizácii, kde stredová drenáž obmedzuje prejazdnosť profilu počas výstavby, a taktiež aj z pohľadu prevádzky, keďže riešenie bez kanalizácie a poklopov v koštrukcii vozovky je menej náročné na údržbu a predlžuje životnosť.

Drenážne potrubie únikovej štólne a priečných prepojení odvádza prebytočnú vodu z pláne štólne a lokálne priesaky cez ostenie únikovej štólne. Horninová voda v mieste dna štólne je smerovaná k stredovej drenáži, kde sa nachádza perforované potrubie PVC DN 200, a približne každých 60 m je umiestnená čistiaca šachta. Prípadné priesaky vody cez ostenie štólne sú zvedené priečnym sklonom chodníka k odvodňovaciemu žliabku šírky 100 mm umiestnenému pri ľavej strane ostenia a každých 30 m zaústené sústrednými zvodmi do stredovej drenáže. Pred oboma portálmi sú situované horské vpuste, ktoré vodu z drenážneho odvodnenia zachytávajú a následne odvádzajú do kanalizácie diaľnice.

BETONÁŽE HORNEJ KLENBY

Pravá tunelová rúra je rozdelená na 12,5 m dlhé bloky betónované pomocou ocelevej samohybné hydraulicky ovládateľnej formy, vrátane blokov núdzových zálivov. Výnimku tvorí prvý blok na západnom portáli, na hranici razenej a hĺbenej časti tunela, ktorý má dĺžku 10,6 m. A tiež bloky pred a za núdzovými zálivmi, ktoré majú dĺžku 6,25 m. Celkový počet blokov sekundárneho ostenia je 75, z toho 4 bloky sú v hĺbenej časti tunela.

Hrúbka hornej klenby bežného profilu je min. 300 mm vo vrchole klenby a smerom k pätám sa zväčšuje. Hrúbka hornej klenby núdzového zálivu je min. 400 mm vo vrchole klenby a smerom k pätám sa zväčšuje.

Okrem typických prierezov sekundárneho ostenia sa v tuneli nachádzajú bloky s výklenkami:

- CV – čistiaci výklenok;
- ZV – združený výklenok (SOS hláska + hydrant + čistiaca šachta drenáže);
- zárodok UC – blok so zárodkom pre priečne prepojenia;
- ostenie tunela je navrhnuté z betónu C30/37- XC4, XD2, XF4, (SK) – Cl 0,20 – Dmax 16 – S4.

Betóny boli vyrábané v mobilnej betonárke, ktorá bola postavená priamo na zariadení staveniska pred západným portálom. Navrhnuté betóny pre hornú klenbu spĺňali požadované pevnosti a boli odolné voči posypovým soliam a mrazuvzdornosti.

Ostie je vystužené oceľovými sieťami, prúťovou výstužou a pomocnými priehradovými nosníkmi. Použitá oceľ je triedy B 500 B pre všetku výstuž sekundárneho ostenia. Minimálne krytie výstuže je 50 mm.

structure. The drainage of the sub-base was placed in the lowest point of the roadway cross slope and was connected to the drainage-cleaning niche through the strip footings. Thanks to such the solution, problems during the course of the realisation, where the central drainage would have restricted the passability for vehicles, and problems associated with the maintenance and durability, where the solution without the central drainage and manhole covers is less demanding, were eliminated.

The drainage pipelines in the escape gallery and cross passages evacuate excessive water from the gallery sub-grade and points of local seepage through the escape gallery lining. Groundwater found in the location of the gallery bottom is directed toward the central drain, where there is the perforated PVC pipeline DN 200 laid and inspection shafts are located approximately at 60m spacing. Contingent leaks of water through the gallery lining are directed by the walkway cross-fall to a 100mm wide drainage trough located on the left side of the lining, which is connected to the central drainage through collection pipes every 30m. Mountain gullies collecting the water from the drainage system and evacuating it to the motorway drainage are located in front of both portals.

UPPER CONCRETE VAULT CASTING

The right-hand tunnel tube is divided into 12.5m long casting blocks. Concrete is cast using hydraulically controlled steel travelling formwork, even in the cases of the blocks in emergency lay-bys. The initial 10.6m long block at the western portal at the contact between the mined part and the cut-and-cover part constitutes an exception. The blocks before and behind the emergency lay-bys are also exceptional. They are 6.25m long. The total number of the secondary lining blocks amounts to 75. Four blocks of that number are in the cut-and-cover part of the tunnel.

The minimum thickness of the common-profile upper vault in the crown is 300mm. The thickness increases in the direction of the footings. The minimum thickness of the upper vault of an emergency lay-by is 400mm and it increases in the direction of the footings.

In addition to typical secondary lining cross-sections there are the following blocks with niches in the tunnel:

- CV – drainage cleaning niche;
- ZV – combined niche (SOS phone + hydrant + drainage inspection manhole);
- UC germ – block with a cross passage germ;
- concrete grade C30/37- XC4, XD2, XF4, (SK) – Cl 0,20 – Dmax 16 – S4 is designed for the tunnel lining.

Concrete was produced in a mobile mixing plant, which was installed directly on the construction site in front of the western portal. The concrete designed for the upper vault met the required strength requirements and was resistant to road salts and frost.

The lining is reinforced with welded mesh, reinforcement bars and auxiliary lattice girders. Steel grade B 500 B is used for all reinforcement of the secondary lining. The minimum concrete cover for reinforcement is 50mm.

The realisation of the secondary tunnel lining started only after the stabilisation of the primary lining convergences in the meaning of the TKP 26 specification "Tunnels". The construction tolerance for the linings is ± 30 mm.

Sekundárne ostenie tunela sa začalo realizovať až po ustálení konvergencií primárneho ostenia v zmysle TKP 26 Tunely. Stavebná tolerancia ostenia je ± 30 mm.

Po ukončení práce na hydroizolácii daného bloku a vykonaní potrebných skúšok na tesnosti zvarov sa mohlo pristúpiť k uloženiu betonárskej výstuže. To prebiehalo z armovacej plošiny, ktorá mala dĺžku ako samotný blok 12,5 m. Najprv sa uložila prvá vrstva sietí, ktoré mali atypické rozmery a presahy na koncoch. Medzi prvú a druhú vrstvu sietí sa montovali priehradové oblúky, ktoré pozostávali z piatich dielov a vzájomne sa spájali pomocou lanových spojok. V štandardnom bloku bolo umiestnených 9 ks priehradových oblúkov o hmotnosti 0,29 t v osovej vzdialenosti 1,35 m. Druhá vrstva sietí bola taktiež atypická a kopírovala požadovaný tvar oblúka hornej klenby. Zložitosť geologického prostredia mala vplyv aj na to, že tunel musel byť vystužený v celej dĺžke a následne sa naprojektovali variantné typy výstuže, kde dochádzalo k zmene počtu príložiek. Celková hmotnosť výstuže hornej klenby v razenej časti je približne 797 t ocele.

Samotná betonáž prebiehala pomocou oceľovej samohybnnej hydraulicky ovládanej formy. Práce spojené s betonážou prebiehali iba v dennej smene a časovo vychádzala betonáž raz za 48 hodín. Oddebnovanie bolo technologickým postupom stanovené po dosiahnutí hodnoty pevnosti 10–12 MPa po približne 10 hodinách. Následne sa pristúpilo k očisteniu formy, presunu do ďalšieho bloku, osadeniu do správnej polohy za asistencie geodeta a zadenbeniu čelnej stienky. Pri osadzovaní sa muselo dbať aj na správnu polohu „zuba“, ktorý je po oboch stranách v spodnej časti a slúži na osadenie zákrytových dosiek chodníka. Betón bol tlačný do rozvodov formy pomocou stabilného betónového čerpadla, kde bezproblémové dodávky z vlastnej staveniskovej betonárky zaručili obmedzenie vzniku výraznejších lokálnych betónových hniezd.

Ďalším zaujímavým faktorom sa ukázali aj nedoznené konvergencie a nadvýlomy primárneho ostenia, ktoré sa prejavili najmä v úvode betonáže a priemerná hodnota spotreby betónu nad teoretickú hodnotu sa pohybovala cca 52 m³ betónu na jeden blok ostenia. Teoretická výmera betónu na 12,5 m dlhý blok bola 92,5 m³.



Foto/photo Ing Radovan Kušnierik

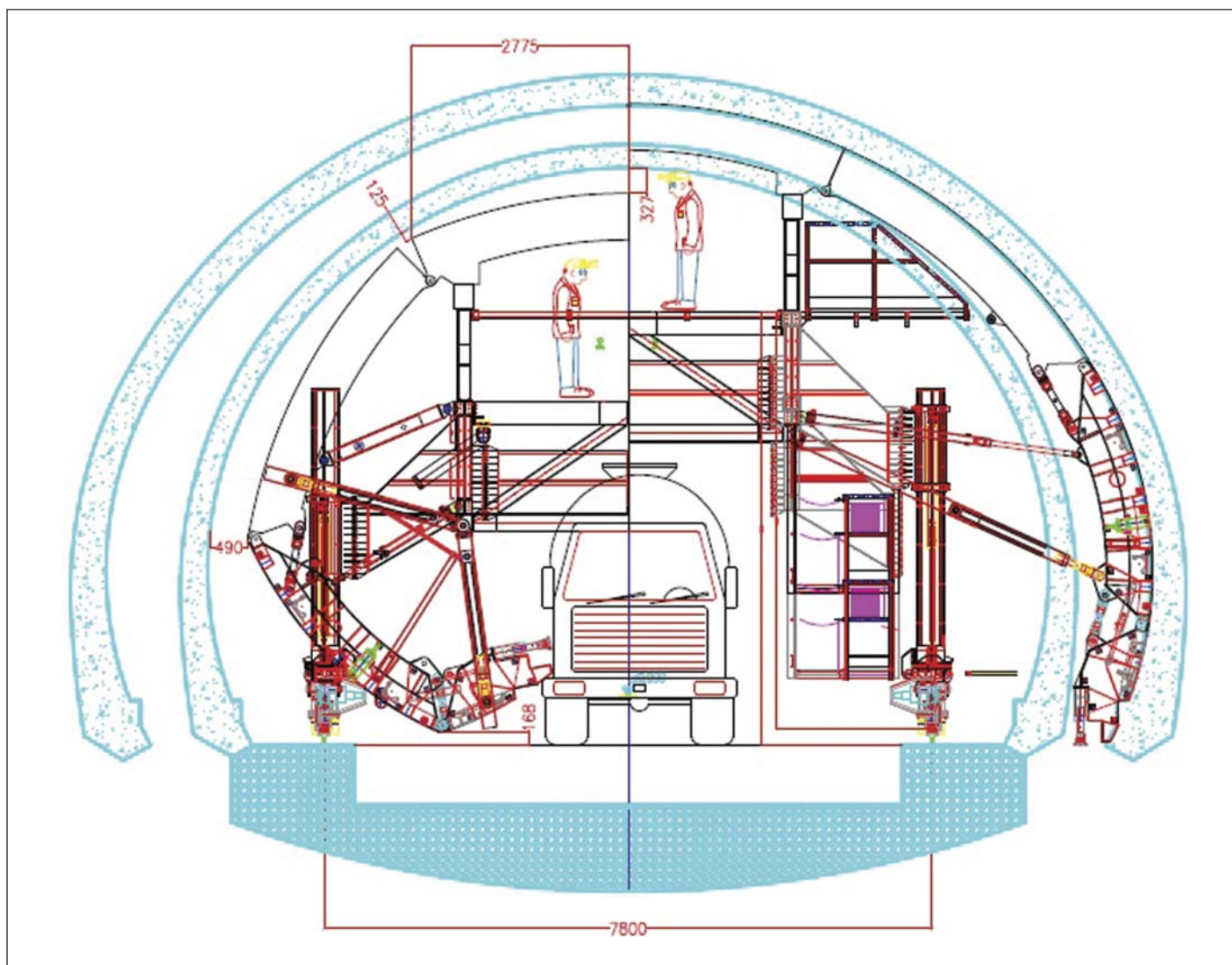
Obr. 3 Výstuž sekundárneho ostenia pravej tunelovej rúry
Fig. 3 RTT secondary lining reinforcement

After finishing the installation of the waterproofing system on a particular block and conducting required testing of welds it was possible to proceed to placing the concrete reinforcement. Reinforcement was placed from a travelling scaffold with the length of 12.5m identical with the length of the block. In the first step the first layer of welded mesh was installed. The mesh had atypical dimensions and overlaps at the ends. Lattice girders were installed between the first and second layer of mesh. They consisted of five segments connected with each other by means of rope couplers. There were nine 0.29t lattice girders spaced at 1.35m in a standard block. The second layer of mesh was also atypical and it copied the required geometry of the upper vault. The complexity of the geological environment in addition influenced the tunnel reinforcement. The tunnel had to be provided with reinforcement throughout its length. Reinforcement variants where the number of splice bars varied were designed subsequently. The total weight of the steel reinforcement of the upper vault in the mined part of the tunnel amounts approximately to 797t.

Tab. 2 Prehľad vystuženia a množstva betónu hornej klenby

Table 2 Overview of the amount of reinforcement and concrete for the upper vault

typ hornej klenby	počet blokov	% zastúpenie	teoretická výmera betónu [m ³]	priemerná výmera betónu [m ³]	hmotnosť výstuže [t]	stupeň vystuženia [kg/m ³]
upper vault type	number of blocks	percentage [%]	theoretical volume of concrete [m ³]	average volume of concrete [m ³]	reinforc. weight [t]	reinforc. content [kg/m ³]
lahko vystužený blok	27	38,0	92,5		9,47	102
slightly reinforced block	27	38.0	92.5		9.47	102
stredne vystužený blok	28	39,4	92,5	126,17	11,02	119
medium reinforced block	28	39.4	92.5	126.17	11.02	119
ťažšie vystužený blok	8	11,3	92,5	134,53	11,91	129
heavier reinforced block	8	11.3	92.5	134.53	11.91	129
lahko vystužený záliv	3	4,2	133,66		13,27	99
slightly reinforced lay-by	3	4.2	133.66		13.27	99
ťažšie vystužený záliv	5	7,1	133,66	160,64	17,16	128
heavier reinforced lay-by	5	7.1	133.66	160.64	17.16	128



Obr. 4 Roztvorenie formy v bežnom profile a v zálive

Fig. 4 Unfolding of the formwork in a common profile and in a lay-by

Ing. Peter Fekete

Medzi náročnejšie časti výstavby sekundárneho ostenia patrila aj betonáž núdzových zálivov. Podľa zadávacích podmienok bolo požadované kvôli obojsmernej premávke, aby bol núdzový záliv po oboch stranách tunela. Prvotné riešenie s jedným obojstranným zálivom sa pre veľké geotechnické riziko vyplývajúce z príliš veľkého profilu čelby prehodnotilo na vybudovanie dvoch jednostranných zálivov. Tie sa nachádzajú v mieste priečných prepojení v osovej vzdialenosti 250 m a kraje zálivu k portálom tunela sú vo vzdialenosti 373 m na západe a 211 m na východe.

Časový faktor dodržania zmluvných termínov donútil zhotoviteľa na realizáciu núdzových zálivov použiť ďalšiu oceľovú formu, kde sa nezávisle mohlo pokračovať v betonáži bežného profilu. Tento problém sa podarilo vyriešiť zmontovaním oceľovej samohybné hydraulicky ovládanej formy, ktorá bola schopná prejsť bežným profilom v transportnom stave, a v núdzovom zálive sa dostať z osi bežného profilu do osi núdzového zálivu, roztvoriť sa, a pripraviť na betonáž. Tento zložitý úkon sa musel zopakovať ešte dvakrát, aby sa podarilo zabetónovať všetkých 8 blokov núdzových zálivov.

Súčasťou tunela Poľana je aj úniková štôlna, kde sekundárna ochrana nie je tvorená monolitickým betónom, ale iba stavebnou úpravou zo striekaného betónu. Pretože úniková štôlna je navrhnutá ako dočasná konštrukcia so životnosťou

Concrete was cast by means of hydraulically controlled travelling steel formwork. Work operations associated with the casting of concrete were carried out during day shifts. As far as time is concerned, the concrete casting operations were repeated once in 48 hours. The formwork stripping was permitted by the method statement after the strength value reached 10–12MPa, approximately after 10 hours. Subsequently the formwork was cleaned, moved to the next block and set to the correct position with the assistance of a surveyor; a stop end was fixed to it. During the formwork installation it was necessary to take care of the correct position of the “dent”, which is on both sides in the bottom part and is used for the installation of the walkway covering slabs. Concrete was pressed to the formwork distribution system by means of a stable concrete pump, where smooth supplies of concrete from an on-site mixing plant guaranteed the limitation of the origination of more significant local concrete honeycombed areas.

Another interesting factor appeared in the form of lingering primary lining convergences and overbreaks, which manifested themselves mainly at the beginning of casting concrete and the average consumption of concrete exceeding the theoretical value fluctuated about 52m³ per one lining



foto/photo Peter Dinič

Obr. 5 Definitívne ostenie zo striekaného betónu – úniková štôľňa
Fig. 5 Shotcrete final lining – escape gallery

min. 40 rokov, je navrhnutá ochranná a zosilňujúca vrstva primárneho ostenia zo striekaného betónu C25/30 hrúbky 100 mm s rozptýlenou nekovovou výstužou. Táto vrstva bude slúžiť tiež na zlepšenie statickej únosnosti prierezu štôľne. Nekovová výstuž je tvorená plastovými makrovláknami z polypropylénu (PP) s ťahovou pevnosťou min. 500 MPa.

STAVEBNO-TECHNICKÉ RIEŠENIE HLĚBENÝCH ČASTÍ

Technické riešenie hĺbenej časti pravej tunelovej rúry je navrhnuté tak, aby zodpovedalo požiadavke na životnosť min. 100 rokov. Technické riešenie hĺbenej časti únikovej štôľne je navrhnuté tak, aby zodpovedalo požiadavke dočasnej konštrukcie navrhnujej na životnosť min. 40 rokov.

Ostenie tunela je navrhnuté ako monolitické, železobetónové, s hrúbkou ostenia min. 0,4 m, ktorá sa smerom k základovej doske zväčšuje. Základová doska je hrúbky minimálne 0,72 m. Portálové bloky na západnej aj východnej strane sú rovnakej dĺžky 18,75 m, blok susediaci s razenou časťou má 8,75 m, a úvodný blok je dĺžky 10 m. Rozdielne je vyhotovenie čela portálových blokov, kde na západnom portáli je čelo zrezané v klenbe so sklonom 1:1 a východný portál má čelo kolmé, čo umožnilo dodržať hranicu trvalého záberu nad portálom.

Horná klenba je navrhnutá z betónu triedy C30/37-XF4, XC3, XD1(SK). Základová doska je navrhnutá z betónu triedy C25/30-XA1, XC3(SK). Podkladový betón bude triedy C12/15 – X0.

Bloky sú vystužené iba prúťovou výstužou. Použitá oceľ je triedy B 500 B. Minimálne krytie výstuže zo strany vnútra tunela je 50 mm. Pred betonážou portálového bloku bolo potrebné vložiť do ostenia zámok zvodidla, aby mohli zvodidlá

block. The theoretical amount of concrete for the 12.5m long block was 92.5m³.

Casting of the concrete secondary lining in emergency lay-bys also belonged among the more demanding parts of the construction. According to the tender conditions the lay-bys were to be carried out on both sides of the tunnel because of the bidirectional traffic. The initial solution with one double-sided lay-by was reassessed with respect to the high risk following from the too large profile of the excavated face and was changed to two one-sided lay-bys. The lay-bys are located at the cross passages at axial spacing of 250m and the distances of the lay-by edges from western and eastern tunnel portals are 373m and 211m, respectively.

The time factor associated with the obligation to adhere to the contract forced the contractor to use additional steel formwork for the realisation of the lay-bys so that the casting of concrete in common profiles could independently continue. This problem was successfully solved by assembling hydraulically controlled steel travelling formwork, which was capable of passing through the common profile in the transport condition and getting from the common profile axis to the axis of the emergency lay-by, expanding there and getting prepared for the concrete casting operation. This complicated action had to be repeated twice more so that all 8 emergency lay-by blocks could be cast.

The escape gallery where the secondary support is provided only by shotcrete instead of cast-in-situ concrete is also part of the Poľana tunnel. Because of the fact that the escape gallery is designed as a temporary structure with the minimum service life of 40 years, a 100mm thick protective and reinforcing primary lining layer from C25/30-grade non-metallic fibre reinforced shotcrete is designed. This layer will in addition provide improved structural load-bearing capacity of the gallery cross-section. The non-metallic reinforcement is formed by plastic polypropylene macro-fibres with the minimum tensile strength of 500MPa.

STRUCTURAL DESIGN FOR CONSTRUCTION OF CUT-AND-COVER PARTS

The technical solution to the cut-and-cover part of the right-hand tunnel tube is proposed in a way allowing for meeting the requirement for the minimum service life of 100 years. The technical solution to the escape gallery is proposed in a way allowing for meeting the requirement for the minimum service life of a temporary structure, i.e. 40 years.

The tunnel lining is designed as a cast-in-situ reinforced concrete structure with the minimum thickness of 0.4m increasing in the direction of the base slab. The base slab is 0.72m thick as the minimum. The lengths of the portal blocks on the western and eastern sides are identical, 18.75m. The block adjoining the mined section is 8.75m long, while the initial block is 10m long. The solutions to the front ends of the portal blocks are different. At the western portal the front end is cut at the vault, slanting at 1:1, whilst the front end of the eastern portal is perpendicular. This solution allowed for keeping to the border of the permanent land acquisition above the portal.

C30/37-XF4, XC3, XD1(SK) concrete grade is designed for the upper vault, whilst C25/30-XA1, XC3(SK) concrete grade is designed for the base slab. C12/15 – X0 concrete grade will be used for blinding concrete.

ako záchytné bezpečnostné zariadenia pokračovať z vyústenia tunela na samotnú trasu diaľnice.

Bloky boli betónované na východnom portáli pomocou vnútorného posuvného (oceľovej formy) a vonkajšieho debnenia. Západný portál sa betonoval pomocou systémového debnenia a vonkajšieho debnenia. Styk blokov hĺbeného tunela v mieste hornej klenby je navrhnutý ako dilatčná škára. Tiež styk hornej klenby medzi blokom hĺbenej a razeňnej časti tunela je navrhnutý ako dilatčná škára. Do dilatčnej škáry bol vložený extrudovaný polystyrén hrúbky 20 mm, mikroporézny povrazec priemeru 30 mm a nehorľavý trvale pružný tmel na báze polyuretánu.

Ostenie štôlne je navrhnuté ako rámová konštrukcia z monolitického železobetónu. Rozdelenie blokov je: jeden blok dĺžky 8,9 m (1L) na západnom portáli a 3 bloky na východnom portáli. Dĺžky blokov sú 2x10 m (2L a 3L) a 5,218 m (4L). Horná doska má premennú hrúbku 0,35 – 0,40 m. Steny sú hrúbky 0,35 m. Celá konštrukcia je založená na základovej doske hrúbky 0,7 m.

ZÁVER

V auguste 2016, presne po roku ako sa začalo s betonážou základových pásov, bol tunel Poľana po stavebnej časti takmer hotový. Zrealizovalo sa sekundárne ostenie, vrátane drenážneho odvodnenia, vyhotovila sa CB vozovka, ktorej predchádzalo uloženie obrubníkov a štrbinových žľabov, a tak všetko bolo pripravené na dokončovacie práce a montáž technológií. Aby všetky tieto činnosti boli dokončené v zmluvných termínoch, bolo potrebné vynaložiť značné úsilie na koordináciu prác, technické zabezpečenie a profesionálnu odbornosť zainteresovaných pracovníkov. Časová strata zo zhoršených geologických podmienok počas raziacich prác sa preniesla aj na realizáciu sekundárneho ostenia a zhotoviteľ musel hľadať možnosti ako sa s tým vyrovnáť. Riešením sa ukázala práca na troch pracoviskách súčasne. Na západnom portáli sa betonovali hĺbené časti systémovým debnením, v núdzovom zálive sa pracovalo pomocou špeciálne upravenej oceľovej formy a v bežnom profile pokračovali betonáže, aby mohla byť oceľová samohybná forma k dispozícii na dokončenie blokov hĺbenej časti na východnom portáli. Aj takéto opatrenia dopomohli k tomu, aby bol tunel včas pripravený po zmontovaní technológie prejsť funkčnými skúškami a byť k dispozícii pre užívanie v rámci diaľnice D3.

*Ing. VLADIMÍR ĎURŠA, dursa@doprastav.sk,
Doprastav, a.s., Žilina plant*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Ing. Miloslav Frankovský*

The blocks are reinforced only with reinforcing bars. B 500 B grade steel is used. The minimum concrete cover from the side of the tunnel interior is 50mm. It was necessary before casting the concrete portal block to insert a crash barrier lock into the lining so that the crash barriers as the safety means of restraint can continue from the tunnel mouth to the motorway route.

At the eastern portal, the concrete blocks were cast using internal travelling formwork (steel one) and external formwork. A forming system and external formwork were used at the western portal. The contact between the upper vault of the cut-and-cover tunnel block and the mined block is designed as an expansion joint. Extruded polystyrene 20mm thick, a microporous rope 30mm in diameter and a polyurethane-based non-flammable, permanently elastic sealant were inserted into the joint.

The gallery lining is designed as a cast-in-situ reinforced concrete frame. The division of the blocks is as follows: one 8.9m long block (1L) at the western portal and 3 blocks at the eastern portal. The blocks are 2x10m (2L and 3L) respectively 5.218m (4L) long. The thickness of the upper slab varies from 0.35 to 0.40m. The walls are 0.35m thick. The whole structure is founded on a 0.7m thick base slab.

CONCLUSION

In August 2016, exactly one year after the beginning of casting the concrete footings, the civil engineering part of the Poľana tunnel was nearly completed. The secondary lining including the drainage system was finished, the concrete roadway was completed with the kerbs and slotted drain pipes placed in advance. It means that everything was prepared for finishing work operations and the installation of the tunnel equipment. It was necessary to make considerable efforts to coordinate the work operations, technical services and professional expertise of interested workers to finish all of these activities on the contractual schedule. The loss of time due to worsened geological conditions encountered during the tunnel excavation was even transferred to the realisation of the secondary lining and the contractor had to seek options for coping with it. Working simultaneously at three workplaces turned out to be the solution. The cut-and-cover concrete parts at the western portal were cast using a forming system; specially modified steel formwork was used in the emergency lay-by. The concrete casting operations continued in the common profile so that the steel travelling formwork could be available for the completion of the blocks in the cut-and-cover part at the eastern portal. Even those measures helped the tunnel construction to be prepared in time to pass the final testing after the completion of the tunnel equipment installation and be available for the use within the framework of the D3 motorway.

*Ing. VLADIMÍR ĎURŠA, dursa@doprastav.sk,
Doprastav, a.s., Žilina plant*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZWILLING, R. Technická správa – SO 203-07 Razený tunel – PTR, časť 01. Sekundárne ostenie. Basler&Hofmann Slovakia s. r. o., 04/ 2015, 5 s.