

ODVODŇOVACIA ŠTÔĽŇA V TUNELI VIŠŇOVÉ DRAINAGE GALLERY OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

JÁN BOLTVAN, PETER PALOČKO, VLADIMÍR ŠTEFKO

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá výstavbou a funkciou odvodňovacej štôľne tunela Višňové, ktorá slúži ako hlavný zberač drenážneho odvodnenia tunela. Popisuje históriu a geotechnické pomery štôľne, ktorá bola pôvodne navrhnutá ako prieskumná a neskôr prebudovaná na odvodňovaciu štôľňu. Ďalej sa venuje technickému riešeniu štôľne, ktorá má prierez $1,8 \times 2,2$ m a dĺžku 7446,75 m. V článku sú uvedené špeciálne stavebné prvky, ktoré boli použité pri realizácii štôľne, ako napríklad servisné prestupy do priečných prepojení, uzavretie priečných chodieb a rozrážok, križovania s priečnymi prepojeniami a odvodňovacie vrty. Záverom sa konštatuje, že využitie pôvodnej prieskumnej štôľne ako trvalého objektu prinieslo výhody pre životnosť vozovky v tuneli tým, že nebolo nutné budovať centrálny zberač drenážneho odvodnenia. To je v konečnom dôsledku pozitívny prínos pre dopravu v oblasti Žiliny.

ABSTRACT

The paper deals with the construction and function of the Višňové tunnel, which serves as the main collector of the tunnel drainage system. It describes the history and geotechnical conditions of the tunnel, which was originally designed as an exploratory gallery and was later rebuilt as a drainage gallery. It also deals with the technical design of the gallery, the cross-section dimensions of which are 1.8×2.2 m and the length amounts to 7446.75 m. The paper presents specific structural elements that were used in the construction of the gallery, such as service entrances to cross passages, closing of transverse galleries and excavation stubs, intersections with cross passages and drainage boreholes. In the conclusion, it is stated that the use of the original exploratory gallery as a permanent object brought benefits for the durability of the roadway in the tunnel, as it was not necessary to build a central collector of the drainage system. Ultimately, this is a positive benefit for transport in the area of Žilina.

1. ÚVOD

Tunel Višňové tvorí rozhodujúcu časť budovaného úseku diaľnice D1 Višňové – Dubná Skala, ktorá je súčasťou západo-východného dopravného prepojenia Bratislava – Trnava – Trenčín – Žilina – Martin – Poprad – Prešov – Košice – Michalovce – Sobrance – štátna hranica SR/UA. Predmetný úsek diaľnice má spojiť úseky Lietavská Lúčka – Višňové a Dubná Skala – Turany. Orientácia trasy tunela podľa svetových strán je v osi západ – východ.

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

2. HISTÓRIA ŠTÔĽNE PRED OBDOBÍM VÝSTAVBY TUNELA VIŠŇOVÉ

Štôľňa bola pôvodne navrhnutá ako prieskumná a slúžila na zistenie inžinierskogeologických charakteristík horninového masívu po celej dĺžke tunela. Trasa prieskumnej štôľne viedla pôvodne v osi južnej tunelovej rúry budúceho 2-rúrového tunela Višňové a sledovala jej výškové a smerové vedenie. Začiatok razenia štôľne bol v septembri roku 1998. Štôľňa bola razená od oboch portálov súčasne. Zo strany západného portálu (za obcou Višňové) sa razilo metódou NRTM. V dĺžke 573 m sa razilo dovrchne so sklonom 0,50 %, ďalej úpadne so sklonom 2,27 % v dĺžke 2545 m. Od východného portálu (pri lome Dubná Skala) sa razenie uskutočňovalo pomocou tunelovacieho plnoprofilového raziaceho stroja (TBM ATB 35 HA) s priemerom frézovej hlavy 3,5 m. Tento úsek sa

1. INTRODUCTION

The Višňové tunnel forms a critical part of the under-construction section of the D1 motorway Višňové – Dubná Skala, which is a part of the west-east transport link Bratislava – Trnava – Trenčín – Žilina – Martin – Poprad – Prešov – Košice – Michalovce – Sobrance – the SR/UA state border. The motorway section in question is expected to connect the Lietavská Lúčka – Višňové and Dubná Skala – Turany sections. The tunnel alignment orientation to cardinal points is on the west-east axis.

The Višňové tunnel is located on the territory of the Little Fatra mountain range. The Little Fatra is a 55km long mountain range in the northwestern part of Slovakia, extending southeast from Žilina, following the main arc of the Western Carpathians. The main ridge runs from southwest to northeast. The centre of the mountain range is divided by the Váh River bed. At this place, the river created a 12km long narrow valley known as Strečnianska Tiesňava. The altitude of the mountain range along the route of the tunnel being designed as well as the already built tunnel ranges from 800 to 1300m.

2. HISTORY OF THE GALLERY BEFORE THE PERIOD OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL CONSTRUCTION

The gallery was originally designed as an exploratory working and was used to identify the engineering geological characteristics of the rock massif along the entire length of the tunnel. The route of the exploratory gallery originally ran on the axis of the southern tunnel tube of the future double-tube Višňové tunnel and followed its vertical and horizontal alignment. The driving of the gallery started in September 1998. The gallery was driven from both portals concurrently. The NATM was used for tunnelling from the western portal (behind Višňové village). The gallery was driven inclined 0.50% upwards at the length of 573m, downwards in a

razil od portálu Dubná Skala do vrchu so sklonom 2,27 % v dĺžke 4362 m. Štôľňu s celkovou dĺžkou 7480 m prerazili 24. augusta 2002. Neskôr bola prieskumná štôľňa prebudovaná na únikovú štôľňu, v tom čase sa uvažovalo o vybudovaní iba jednej (severnej) rúry tunela, obdobne ako na tuneloch Branisko a Horelica. Bolo dobudovaných 25 priečných chodieb smerom k severnej (ľavej) tunelovej rúre, ktoré mali slúžiť ako priečne prepojenia medzi severnou tunelovou rúrou a únikovou štôľňou, resp. južnou (pravou) tunelovou rúrou po jej neskoršom dobudovaní. V rámci inžinierskogeologického prieskumu bolo zrealizovaných aj viacero rozrážok, v ktorých boli realizované in-situ skúšky horninového masívu.

3. GEOTECHNICKÉ POMERY

Od západného portálu bola štôľňa razená v horninách centrálnokarpatského paleogénu Žilinskej kotliny, vo vývoji hutianskych vrstiev, v úseku staničenia od pôvodného portálu odvodňovacej štôľne (1000 m) po staničenie 1115 m. Vrstvy majú prevahu ílovcov nad pieskvcami. Úvodný úsek v dĺžke cca. 60 m bol porušený svahovými blokovými deformáciami, s dosahom porušenia až pod niveletu štôľne do vzdialenosti 50–60 m od pôvodného západného portálu.

V úseku od 1115 m do 2400 m je štôľňa budovaná v horninách mezozoika so zastúpením vrstevného sledu v úsekoch:

- 1115–1530 m Fatrikom – križňanskou tektonickou jednotkou vo vývoji zliechovskej série;
- 1530–2346 m Fatrikom – križňanskou tektonickou jednotkou vo vývoji Ďurčinskej série;
- 2346–2400 m Fatrikom – malofatranskou tektonickou jednotkou v zastúpení kataklaticky porušených vrstiev spodného triasu.

Horniny fatrika, križňanského príkrovu budujú úsek štôľne do staničenia cca 2346 m. V štôľni tieto horniny reprezentujú výrazne heterogénne horninové prostredie so zastúpením zón neporušených masív oddelených rôzne širokými a rôzne tektonicky porušenými zónami s rozdielnou orientáciou vrstevnatosti, resp. bez zjavnej vrstevnatej textúry. Masív je tu tvorený najmä vápnitými ílovcami, ílovitými vápencami, piesčitými vápencami, bridlicami, brekciami karbonatickými a tektonickými.

Prítoky vody sú trvalo viazané iba na úzku zónu v pôvodnom staničení 2100–2345 m od západného portálu, s rozpätím výdatností od 25–30 l.s⁻¹, maximálne do 50–70 l.s⁻¹, krátkodobo až do 80–100 l.s⁻¹. Prítoky sú viazané na ojedinelé sústredené prítoky v oblasti päty južnej steny a na skryté rozptýlené prítoky v dne štôľne.

Na východnom okraji úseku mezozoika bol v prieskumnej štôľni zistený silne redukovaný masív fatrika – obalovej, malofatranskej jednotky spodného triasu so zastúpením silne tektonicky porušených, úlomkovitých až drvených hornín tvorených kremíťmi pieskvcami až kremencami a ílovitými bridlicami. Spolu s východným okrajom mezozoika, širokou tektonickou zónou, sa masív fatrika ponára pod komplex kryštalínika, čo nasvedčuje na jeho spätný násun na západ.

Kryštalínikum tvorí masív v úseku od staničenia 2400 m až po východný portál. Od západného okraja smerom k východu možno kryštalínikum rozdeliť na dva základné úseky:

- 2400–2880 m – kryštalínikum tvorené mylonitmi;
- 2880–8480 m – kryštalínikum tvorené granitoidmi (všeobecne).

Na západnom okraji masívu kryštalínika (v oblasti kontaktu s mezozoickým masívom) je masív mylonitizovaných granitoidov s rôznym stupňom mylonitizácie a mladšieho porušenia, od cha-

2.27% gradient at the length of 2545m. From the eastern portal (near the Dubná Skala quarry), a full-face tunnel boring machine (TBM ATB 35 HA) with the cutterhead diameter of 3.5m was used. This section was driven from the Dubná Skala portal upwards in a 2.27% gradient at the length of 4362m. The 7480m long gallery was broken through on 24 August 2002. Later, the exploratory gallery was rebuilt to an escape gallery; at that time only one tunnel tube (the northern tube) was under consideration, similarly to the Branisko and Horelica tunnels. The excavation of 25 cross passages heading towards the northern (left-hand) tunnel tube was completed. They were to serve as transverse connections between the southern tunnel tube and the escape gallery, or the southern (right-hand) tunnel tube after its later completion. As part of the engineering geological survey, several excavation side stubs were carried out, in which in-situ tests of the rock massif were carried out.

3. GEOTECHNICAL CONDITIONS

From the western portal, in the chainage section starting from the original portal of the exploratory gallery (1000m) up to chainage 1115m, the gallery was driven through rock types forming the Central Carpathian Palaeogene system of the Žilina Basin, in the evolution of the Lutín formation. In the formation, claystone predominate over sandstone. The initial section at the length of ca 60m was disturbed by slope block deformations with the disturbance reaching up to the alignment of the gallery up to the distance of 50–60m from the original western portal.

In the section from the chainage of 1115m to 2400m, the gallery was built in the following Mesozoic rock types with the presentation of the sequence of strata:

- 1115–1530m Fatrikom – Križňany tectonic unit in the evolution of the Zliechov series;
- 1530–2346m Fatrikom – Križňany tectonic unit in the evolution of the Ďurčín series;
- 2346–2400m Fatrikom – Malá Fatra tectonic unit in the representation of cataclastically disturbed layers of the Lower Triassic Period.

The Fatrikom rock types of the Križňany nappe build the gallery section up to the chainage m ca 2346. In the gallery, these rock types represent distinctly heterogeneous rock environment with the representation of zones of undisturbed massifs separated by variously wide and variously disturbed zones with different orientation of layering, or without obvious layering texture. The massif is formed mainly by calcareous limestone, clayey limestone, sandy limestone, shale, carboniferous and tectonic breccias.

Water inflows are permanently bound to a narrow zone in the original absolute chainage 2100–2345m from the western portal, with the yield ranging from 25–30L.s⁻¹, 50–70L.s⁻¹ as a maximum, 80–100L.s⁻¹ in a short term. The inflows are bound to sporadic concentrated inflows in the area of the base of the southern wall and to hidden scattered inflows at the gallery bottom.

On the eastern edge of the Mesozoic section, a heavily reduced Fatrikom massif – a Little Fatra wrapping unit of the Lower Triassic with representation of heavily tectonically faulted, clastic to crushed rock types formed by quartzose sandstone to quartzite and clayey shale were identified in the exploratory gallery. Together with the eastern edge of the Mesozoic section, a wide tectonic zone, the Fatrikom massif submerges under a crystalline complex, which fact indicates its thrusting back westward.

akteru kryštalických bridlíc až po masívnejšie granitoidné blastomylonity. Horninový masív je prevažne nepriepustný. Zóny mylonitov sú však z hľadiska stability na styku s vodou nestabilné a čiastočne rozbreďavé, najmä v úsekoch omladenej, deštruktívnej tektoniky (širšie zóny S–J smeru). Sprievodné, ale už úzke zóny mylonitov sa vyskytujú aj v ďalších úsekoch masívu kryštalinika.

Na východnom okraji tejto zóny postupne narastá obsah polôh šošoviek granitoidných hornín charakteru biotitických granitoidov (od cca. 2750 m). V celej zóne mylonitov je mylonitizácia výrazne heterogénna.

Od 2880 m je už horninový masív tvorený prevažne biotitickým granitoidom s polohami porfyrických a hybridných granitoidov, lokálne žíl lamprofýrov, kremeňa.

Na mladšie obdobia tektonického vývoja sú viazané systémy listrických zlomov s výraznejším rozvoľnením najmä smerom k Turčianskej a Žilinskej kotline. Rozvoľnenie dosahuje až pod úroveň nivelety tunelovej stavby. V masíve sa striedajú úseky s rôzne intenzívnymi prítokmi podzemnej vody. V prieskumnej štôlni sa počas razenia vyskytovali aj silne zvodnené úseky s rozptýlenými, ale aj sústredenými prítokmi podzemnej vody s výdatnosťou v jednotkách $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, viackrát však až s výdatnosťou 10–20 $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, ba až 100 $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ (Matejček et. Al., 1999).

4. REŽIM PODZEMNÝCH VÔD

Po prerazení štôlni klesli odtoky na západnom portáli na takmer nulovú úroveň. Prehľad odtokov zo štôlni na východnom portáli je v tabuľke 1 (Coplák et. al., 2017).

Tab. 1 Odtok podzemných vôd zo štôlni

| Obdobie/rok | Východný portál | | | |
|-------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| | minimálny odtok | maximálny odtok | priemerný odtok | |
| Priemer 2005–2014 | $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ | 129,9 | 162,3 | 170,7 |
| 04. – 12. 2016 | $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ | 193,4 | 236,4 | 212,0 |
| 01. – 07. 2017 | $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ | 125,5 | 240,5 | 186,7 |

5. DRENÁŽNE ODVODNENIE AKO KRITICKÁ SÚČASŤ TUNELA

Drenážne odvodnenie tunela zabezpečuje odvádzanie priesakových vôd z pozdĺžnych drenážnych potrubí za rubom ostenia a z pláne vozovky. Z hľadiska koncepcie drenážneho odvodnenia sa používajú dva systémy, a to:

- systém odvodnenia bez hlavného zberača;
- systém odvodnenia s použitím hlavného zberača.

Systém odvodnenia bez hlavného zberača sa používa predovšetkým pri kratších a menej zavodnených tuneloch, kde nie je problém navrhnuť kapacitne dostatočné potrubie rubovej drenáže bez negatívnych vplyvov na návrh ostenia.

Systém odvodnenia s použitím hlavného zberača sa používa pri dlhších tuneloch a pri tuneloch silne zavodnených, kde nie je efektívne použitie iba bočnej rubovej drenáže.

Pokiaľ je to možné, uprednostňuje sa použitie systému odvodnenia bez hlavného zberača. Pri tomto systéme z dôvodu absencie kanalizačných šachtiet vo vozovke tunela sa významne redukovujú miesta vzniku porúch vozovky (pri šachtách) a následne nutnosť ich pravidelných opráv.

Priemer drenážneho potrubia sa stanovuje hydrotechnickým

The crystalline complex forms a massif in the section from chainage of 2400m up to the eastern portal. From the western edge eastward, the crystalline complex can be divided into two basic sections:

- 2400–2880m – crystalline complex formed by mylonite;
- 2880–8480m – crystalline complex formed by granitoides (in general).

On the western edge of the crystalline massif (in the area of the contact with the Mesozoic massif) the massif formed by mylonitised granitoids with various degree of mylonitisation and earlier faulting, with the character varying from schist to more massive granitoid blastomylonite. The rock massif is mostly impermeable. However, in terms of stability on contact with water, the mylonite zones are instable and partly slaking, mainly in the sections of rejuvenated, destructive tectonics (wider N-S trending zones). Accompanying, but already narrow mylonite zones occur also in other sections of the crystalline massif.

On the eastern edge of this zone, the amount of the interbeds of the lenses of granitoid rock with the character of biotite granitoids (from ca 2750m) gradually increases. The mylonitisation is significantly heterogeneous in the whole mylonite zone.

From chainage of 2880m, the rock massif is formed mainly by biotite granitoid with interbeds of porphyric and hybride granitoides, locally lamprophyre and quartzite veins.

Systems of listric faults with more significant loosening mainly in the direction of the Turčany and Žilina basins are bound to later periods of the tectonic history. The loosening process reaches up to the level of the tunnel structure alignment. Sections with variously intense inflows of groundwater alternate in the massif. Even heavily water bearing sections with scattered, but also concentrated inflows of groundwater with the yield in the couple of $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, but several times with the yield up to 10–20 $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, occurred during the gallery excavation (Matejček et. Al., 1999).

4. GROUNDWATER REGIME

After the gallery breakthrough, the outflow at the western portal dropped to zero level. The overview of outflow rates at the eastern portal is in Table 1 (Coplák et. al., 2017).

Table 1 Outflow of groundwater from the gallery

| Period/year | Eastern portal | | | |
|-------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| | minimum outflow | maximum outflow | average outflow | |
| Average 2005–2014 | $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ | 129.9 | 162.3 | 170.7 |
| 04. – 12. 2016 | $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ | 193.4 | 236.4 | 212.0 |
| 01. – 07. 2017 | $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ | 125.5 | 240.5 | 186.7 |

5. DRAINAGE SYSTEM AS A CRITICAL PART OF THE TUNNEL

The drainage system of the tunnel secures removal of seepage water from longitudinal drainage pipes behind the extrados of the lining and from the roadway bed. From the point of view of the drainage system concept, two systems are used, i.e.:

- drainage system without a main collector;
- drainage system using a main collector.

The drainage system without a main collector is used mainly in shorter and less water-yielding tunnels, where designing external drainage pipes with a sufficient capacity, without negative effects on the design of the lining, is not a problem.

výpočtom s ohľadom na množstvo vody pritekajúcej z horninového masívu. Priemer potrubia bočnej drenáže tunela v zmysle platných predpisov (TKP 26 2017) musí byť minimálne 200 mm pre systém odvodnenia s použitím hlavného zberača a 250 mm pre systém odvodnenia bez hlavného zberača. Priemer drenážneho potrubia v ostatných častiach stavby s menšími profilmi, napríklad v priečných prepojeniach, musí byť minimálne 150 mm. Priemer prepojovacieho potrubia (priečne prepojenie bočnej drenáže s hlavným zberačom) musí byť minimálne 200 mm. Priemer drenážneho potrubia odvodnenia pláne musí byť minimálne 150 mm.

Priemer hlavného zberača priesakových vôd musí byť dimenzovaný s ohľadom na množstvo vody pritekajúcej z horninového masívu. Hlavný zberač môže plniť aj funkciu odvodnenia pláne.

The drainage system using a main collector is used for longer tunnels and for heavily water-yielding tunnels, where the use of external side drains is not effective.

If possible, the use of the drainage system without a main collector is preferred. At this system, locations of the origination of defects in the roadway (at shafts and manholes) and subsequently the necessity for regular repairing them are significantly reduced.

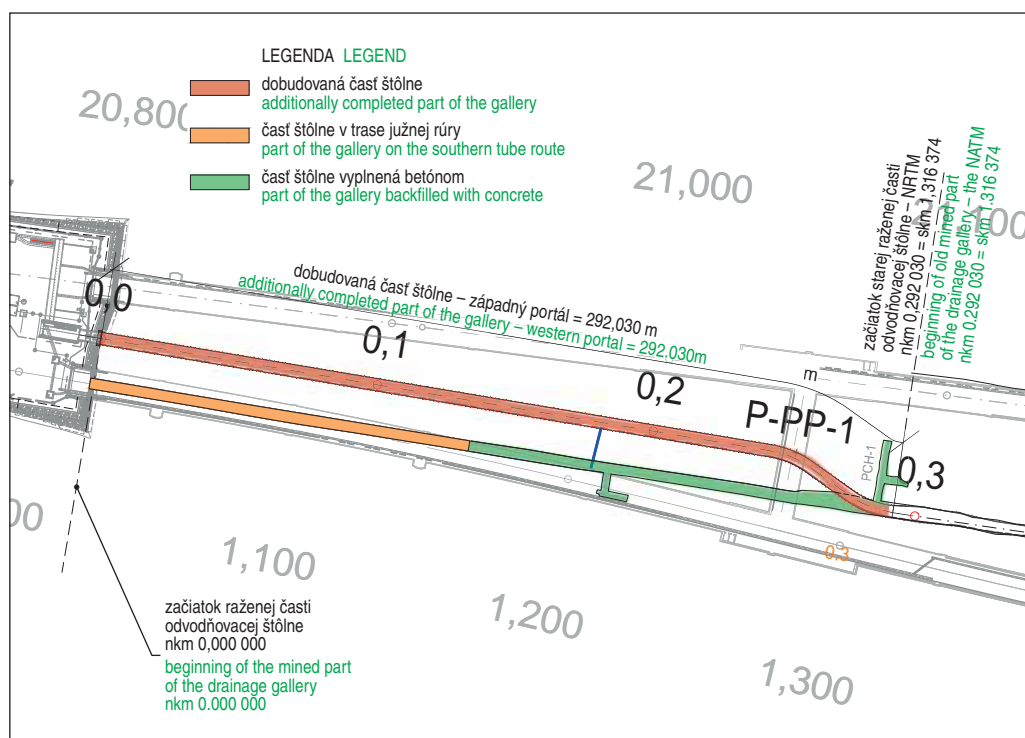
The diameter of the drainage pipes is determined by a hydrotechnical calculation taking into consideration the amount of water flowing from the rock massif to the tunnel. The diameter of the tunnel side drainage pipeline in the meaning of current regulations (TKP 26 2017) has to be 200mm as a minimum for the drainage system using a main collector and 250mm for drainage systems without a main collector. The diameter of the drainage

pipeline in the other parts of the construction with smaller profiles, for example in cross passages, has to be 150mm as a minimum. The diameter of the linking pipeline (transverse linking of side drains with the main collector) must be 200mm as a minimum. The diameter of the pipeline draining the roadway bed has to be 150mm as a minimum.

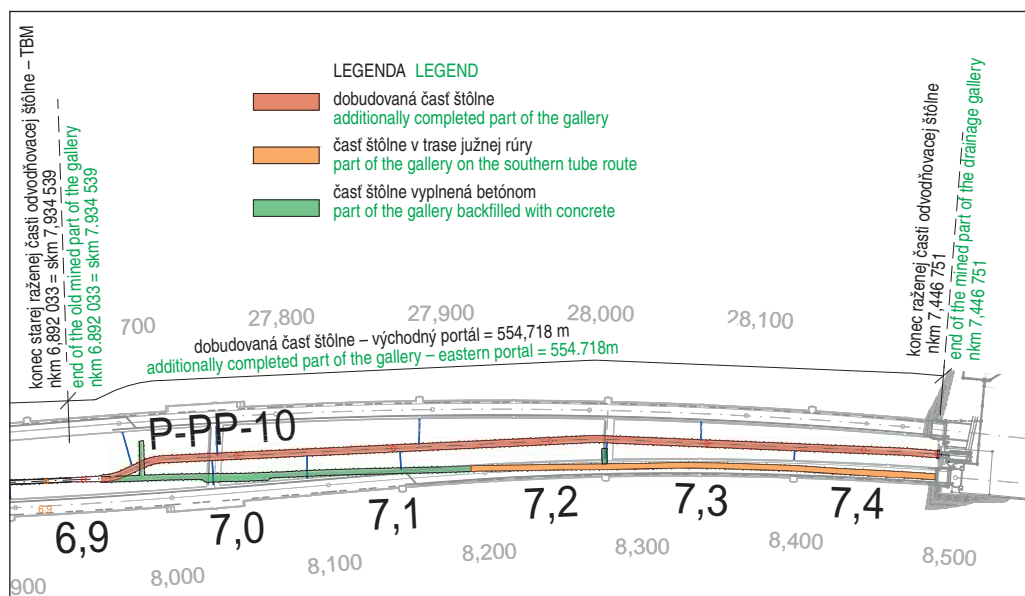
The diameter of the main collector of seepage water has to be designed with respect to the amount of water flowing into the tunnel from the surrounding massif. The main collector can also fulfil the function of the roadway bed drainage.

6. CHANGE IN THE CONCEPT OF THE DRAINAGE SYSTEM OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

The decision on the change of the function of the original exploratory gallery was made before the start of the construction of the Višňové tunnel proper. The original exploratory gallery was to come to an end by the excavation of the southern tunnel tube. The decision to change the function of the original exploratory gallery to the function of a drainage gallery was made with respect to the permanently high rate of water inflow into the exploratory gallery and the necessity for a design of the drainage system for the Višňové tunnel using a main collector. The drainage gallery assumed the function of the main drainage collector in the space of the tunnel tubes, which fact allowed for excluding



Obr. 1 Situácia portálového úseku štólne na západnom portáli
Fig. 1 Plan of the portal section of gallery at the western portal



Obr. 2 Situácia portálového úseku štólne na východnom portáli
Fig. 2 Plan of the portal section of gallery at the eastern portal

6. ZMENA KONCEPCIE DRENÁŽNEHO ODVODNENIA TUNELA VIŠŇOVÉ

Pred začiatkom výstavby samotného tunela Višňové bolo rozhodnuté o zmene funkcie pôvodnej prieskumnej štôlne tunela Višňové. Pôvodná prieskumná štôlňa mala vyrazením južnej tunelovej rúry zaniknúť. Z dôvodu stabilne vysokých prítokov vody do prieskumnej štôlne a nutnosti návrhu systému drenážneho odvodnenia tunela Višňové s použitím hlavného zberača bolo rozhodnuté o zmene funkcie pôvodnej prieskumnej štôlne na funkciu drenážnej štôlne. Drenážna štôlňa na seba prebrala funkciu hlavného zberača drenážneho odvodnenia, čo umožnilo vylúčenie realizácie hlavného drenážneho zberača v priestore tunelových rúr. V dôsledku tejto zmeny muselo byť prepracované smerové aj výškové vedenie oboch tunelových rúr a odvodňovacia štôlňa musela byť kompletne pretrasovaná na oboch portálových úsekoch. Trasa južnej tunelovej rúry bola posunutá viac smerom na juh, tak aby pôvodná časť odvodňovacej štôlne viedla približne v strede medzi tunelovými rúrami. Výškovo bola trasa tunelových rúr posunutá vyššie, aby sa tunelové rúry v celej dĺžke tunela nachádzali nad odvodňovacou štôľňou a tým bolo zabezpečené gravitačné odvádzanie vôd z tunelových rúr do odvodňovacej štôlne. Po prerazení novotrasovaných portálových úsekov boli pôvodné portálové úseky vyplnené výplňovým betónom, resp. zanikli prerazením južnej tunelovej rúry (obr. 1 a 2).

Na prevedenie vôd z rubovej drenáže tunelových rúr do odvodňovacej štôlne boli vybudované odvodňovacie vrty priemeru cca. 300 mm vystrojené kanalizačnými rúrami DN 250 mm, v niektorých oblastiach DN 200 mm. Odvodňovacie vrty sú v tunelových rúrach situované vo výklenkoch pre čistenie drenáže a v miestach týchto vrtov je štandardne realizované aj priečne prepojenie čistiacich šachiet drenáže popod vozovku.

7. TECHNICKÉ RIEŠENIE ODVODŇOVACEJ ŠTÔLNE

Odvodňovacia štôlňa tunela Višňové sa nachádza medzi severnou a južnou tunelovou rúrou po celej dĺžke tunela. Slúži ako hlavný zberač drenážneho odvodnenia tunela Višňové a na prevádzanie horninovej vody z rubovej drenáže tunelových rúr do oblastí portálov tunela Višňové. Odvodňovaciu štôľňu tvoria štyri úseky v závislosti od použitej metódy razenia a od obdobia, kedy bola daná časť vyrazená:

- 1) dobudovaná časť odvodňovacej štôlne od západného portálu; metóda razenia NRTM; dĺžka úseku je 292,03 m;
- 2) pôvodná časť prieskumnej štôlne; metóda razenia NRTM; dĺžka úseku je 2799,78 m;
- 3) pôvodná časť prieskumnej štôlne; metóda razenia TBM; dĺžka úseku je 3800,22 m;
- 4) dobudovaná časť odvodňovacej štôlne od východného portálu; metóda razenia NRTM; dĺžka úseku je 554,72 m.

Celková dĺžka štôlne je 7446,75 m. V odvodňovacej štôľni bude zriadený trvalý odberný objekt pre zásobovanie nádrže požiarneho vodovodu vodou. V odvodňovacej štôľni sa nachádza 10 vertikálnych servisných prestupov pre údržbu tunela do prejazdnych priečných prepojení (v mieste núdzových zálivov) a v priestore zaústenia odvodňovacích vrtov sa nachádzajú odvodňovacie výklenky (OV), v ktorých sú odvodňovacie vrty ukončené tak, aby nezasahovali do profilu štôlne.

8. SMEROVÉ A SKLONOVÉ POMERY, PRIEČNE USPORIADANIE

Štôlňa v pôvodnej časti približne sleduje smerové a výškové vedenie tunelových rúr. V novobudovaných častiach je jej smerové

the construction of the main drainage collector in the space of the tunnel tubes. As a result of this change, the directional and vertical alignment of both tunnel tubes and the drainage gallery had to be completely redesigned in both portal sections. The alignment of the southern tunnel tube was shifted more southward, so that the original part of the drainage gallery ran approximately in the centre between the tunnel tubes. The vertical alignment of the tunnel tubes was shifted higher, so that the tunnel tubes were located above the drainage gallery along the entire length of the tunnel, and thus the gravity removal of water from the tunnel tubes to the drainage gallery was ensured. After the portal sections of the gallery with the newly designed alignment were broken through, the original portal sections were filled with backfill concrete, or they came to an end by the breakthrough of the southern tunnel tube (Fig. 1, 2).

Drainage boreholes ca 300mm in diameter, outfitted with DN 250mm sewerage tubes, in some areas DN 200mm, were carried out for transferring water from the external drainage of the tunnel tubes to the drainage gallery. The drainage boreholes in the tunnel tubes are located in drainage cleaning niches and transverse linking of the cleaning manholes of the drainage under the roadway is carried out in the locations of the boreholes as a standard.

7. TECHNICAL DESIGN OF THE DRAINAGE GALLERY

The drainage gallery of the Višňové tunnel is located between the northern and southern tunnel tubes along the entire length of the tunnel. It is used as the main collector of the drainage system of the Višňové tunnel and for transferring groundwater from the external side of the drainage of the tunnel tubes to the area of the Višňové tunnel portals. The drainage gallery is formed by four sections, depending on the tunnelling method used and the period in which it the given part was excavated:

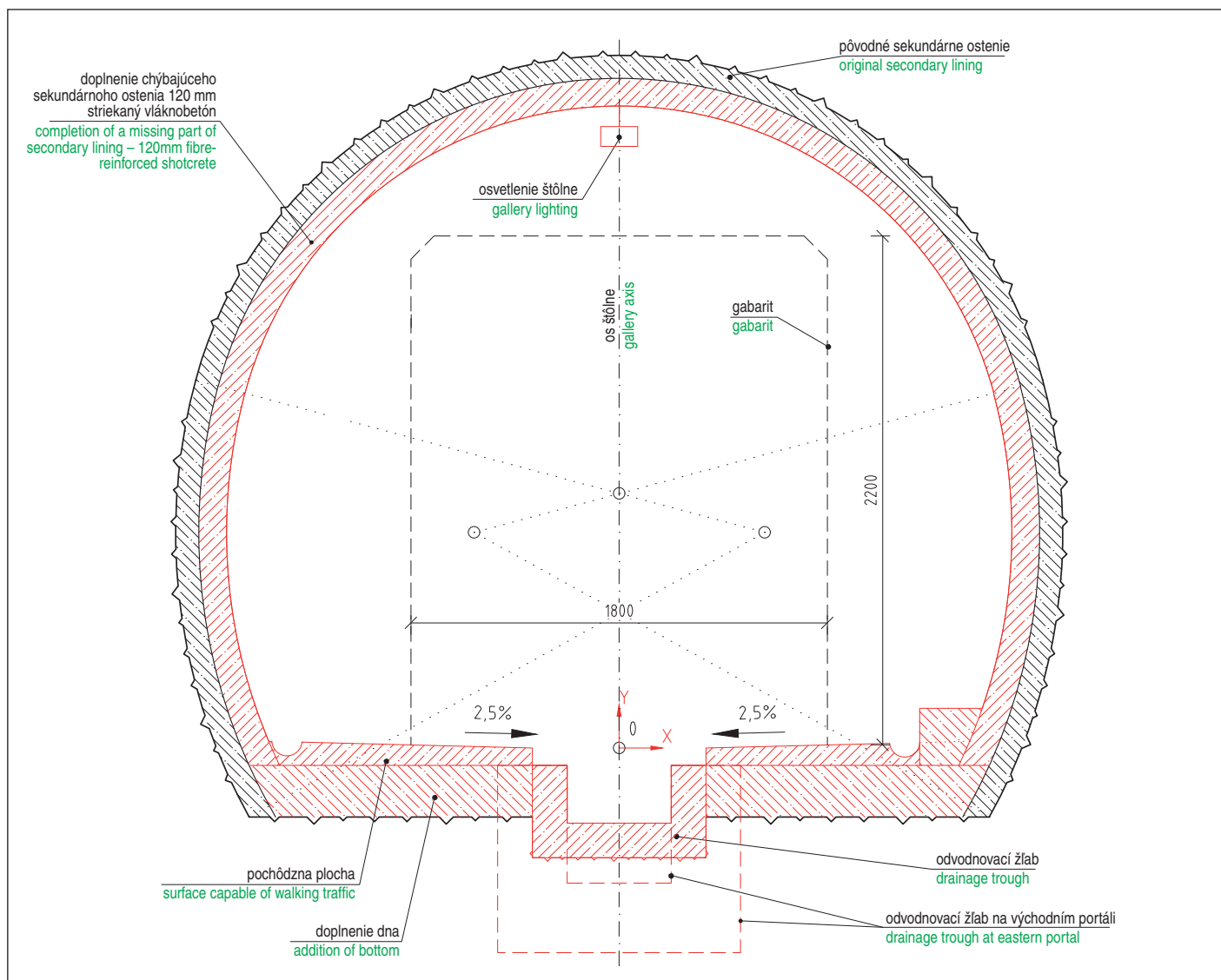
- 1) completion of the part of the drainage gallery from the western portal; the NATM method; section 292.03m long
- 2) the original part of the exploratory gallery; the NATM method; section 2799.78m long;
- 3) the original part of the exploratory gallery; the NATM method; section 3800.22m long;
- 4) the newly built part of the drainage gallery from the eastern portal; the NATM method; section 554.72m long.

The total length of the gallery amounts to 7446.75m. A permanent extraction point for supplying the fire water tank will be provided in the drainage gallery. There are 10 vertical service entrances for the maintenance of the tunnel leading to cross passages passable for vehicles (in the locations of emergency lay-bys) and, in the space of joining the drainage boreholes, drainage niches, in which the drainage boreholes are terminated so that they do not extend into the gallery profile, are carried out.

8. DIRECTIONAL AND GRADIENT-RELATED CONDITIONS, CROSS-SECTIONAL ARRANGEMENT

In the original part, the gallery roughly follows the horizontal and vertical alignment of the tunnel tubes. In the newly built parts, its horizontal alignment is adapted so that the ends at the portals is between the tunnel tubes and the vertical alignment does not collide with the cross passages located closest to the portals.

The longitudinal gradient of the drainage gallery is variable, from 0.1% to 9%. The longitudinal gradient in the major part of the gallery is ca 2.5%. The highest point of the gallery is at chainage km 0.580 83.



Obr. 3 Priečny rez štôľňou – portálové úseky
Fig. 3 Gallery cross-section – portal sections

vedenie prispôbené tak, aby vyústenie na portáloch bolo medzi tunelovými rúrami a aby výškovo nekolidovala s priečnymi prepojeniami umiestnenými najbližšie pri portáloch.

Pozdĺžny sklon odvodňovacej štôľne je premenlivý od 0,1 % po 9 %. V prevažnej časti štôľne je pozdĺžny sklon cca 2,5 %. Najvyšší bod štôľne sa nachádza v km 0,580 83.

Priečhodný prierez odvodňovacej štôľne je navrhnutý šírky 1,8 m a výšky 2,2 m. Vnútny tvar sa mení podľa metódy razenia nasledovne:

- pôvodná časť prieskumnej štôľne – úsek razený TBM: kruhový profil s polomerom 1,55 m;
- pôvodná časť prieskumnej štôľne – úsek razený NRTM: profil s dvojitým polomerom (1,75–2,4 m);
- dobudovaná časť odvodňovacej štôľne – úsek razený NRTM (obr. 3): profil s dvojitým polomerom (1,675–2,325 m).

V osi odvodňovacej štôľne sa v dne nachádza odvodňovací žlab rôzneho prierezu v závislosti od úseku štôľne, ktorým je odvádzaná podzemná voda do oblastí portálov.

9. KONŠTRUKCIA RAZENEJ ČASTI ŠTÔĽNE

Konštrukcia razenej časti odvodňovacej štôľne pozostáva z dvojrstvového ostenia s medzilhlou drenážnou a izolačnou

The 1.8m wide and 2.2m high drainage gallery cross-section passable for vehicles is designed. The internal shape varies depending on the tunnelling method as follows:

- The original part of the exploratory gallery – section driven using a TBM: circular profile with radius of 1.55m;
- The original part of the exploratory gallery – section driven using the NATM: the profile with double-radius (1.75–2.4m);
- The newly built part of the drainage gallery – section driven using the NATM (Fig. 3); profile with double-radius (1.675–2.325m).

A drainage trough with various profiles, depending on the gallery section along which groundwater is led to the portal areas, lies on the drainage gallery centreline.

9. MINED PART OF THE GALLERY STRUCTURE

The structure of the mined part of the drainage gallery consists of a double-layer lining with an intermediate drainage and insulation layer. Specifications of the concrete mixtures used differ depending on the period in which the particular part of the structure was built and the standards current in the given period of time. The secondary lining of the drainage gallery is formed by C30/37 grade shotcrete. The secondary lining is applied only in the gallery sections with

vrstvou. Špecifikácie použitých betónov sa líšia v závislosti od obdobia budovania konkrétnej časti konštrukcie a platných noriem v danom období. Sekundárne ostenie odvodňovacej štólne je tvorené striekaným betónom triedy C30/37. Sekundárne ostenie je realizované iba v úsekoch štólne s nepriaznivými geologickými podmienkami a v novovybudovaných portálových úsekoch štólne. Na ochranu odvodňovacej štólne proti podzemnej vode je navrhnutý otvorený systém hydroizolácie. Izolácia je tvorená pásmi popovej fólie šírky 500 mm, ktoré sú osadené lokálne v miestach prítokov podzemnej vody cez primárne ostenie. Sústredené prítoky podzemnej vody sú zvedené cez krátky odvodňovací vrt flexibilnou hadicou do odvodňovacieho žlabu v dne štólne.

10. ODVODNENIE ŠTÓLNE

V strede dna odvodňovacej štólne sa nachádza odvodňovací žlab s rôznym prierezom v závislosti od úseku štólne, ktorým sa odvádza podzemná voda do oblastí portálov. Tam sa v hĺbenom bloku štólne napája na šachtu drenážneho odvodnenia tunela.

Lokálne prítoky sú v štólne zväzdané do odvodňovacieho žlabu pomocou vybudovaného systému zvodov. Tento systém pozostáva z krátkych odvodňovacích vrtov, ktoré sú umiestnené v miestach sústredených prítokov a flexibilných hadíc, ktoré sú zavedené v ostení a cez dno do odvodňovacieho žlabu.

Pre zaústenie odvodňovacích vrtov, ktoré zväzujú vodu z rubovej drenáže tunela, sú navrhnuté OV (obr. 4). Minimálna svetlá

unfavourable geological conditions and in the newly built portal sections of the gallery. An open waterproofing system is designed for the protection of the drainage gallery against groundwater. The waterproofing consists of a 500mm wide dimpled sheet membrane, which is installed locally, in locations of groundwater inflows through the primary lining. The concentrated groundwater inflows are directed through a short drainage borehole, through a flexible hose to the drainage trough in the gallery bottom.

10. DRAINAGE OF THE GALLERY

In the centre of the bottom, there is a drainage trough with variable cross-section, depending on the gallery section along which groundwater is directed to the portal areas. There, in the cut-and-cover block of the gallery, it is connected to the tunnel drainage shaft.

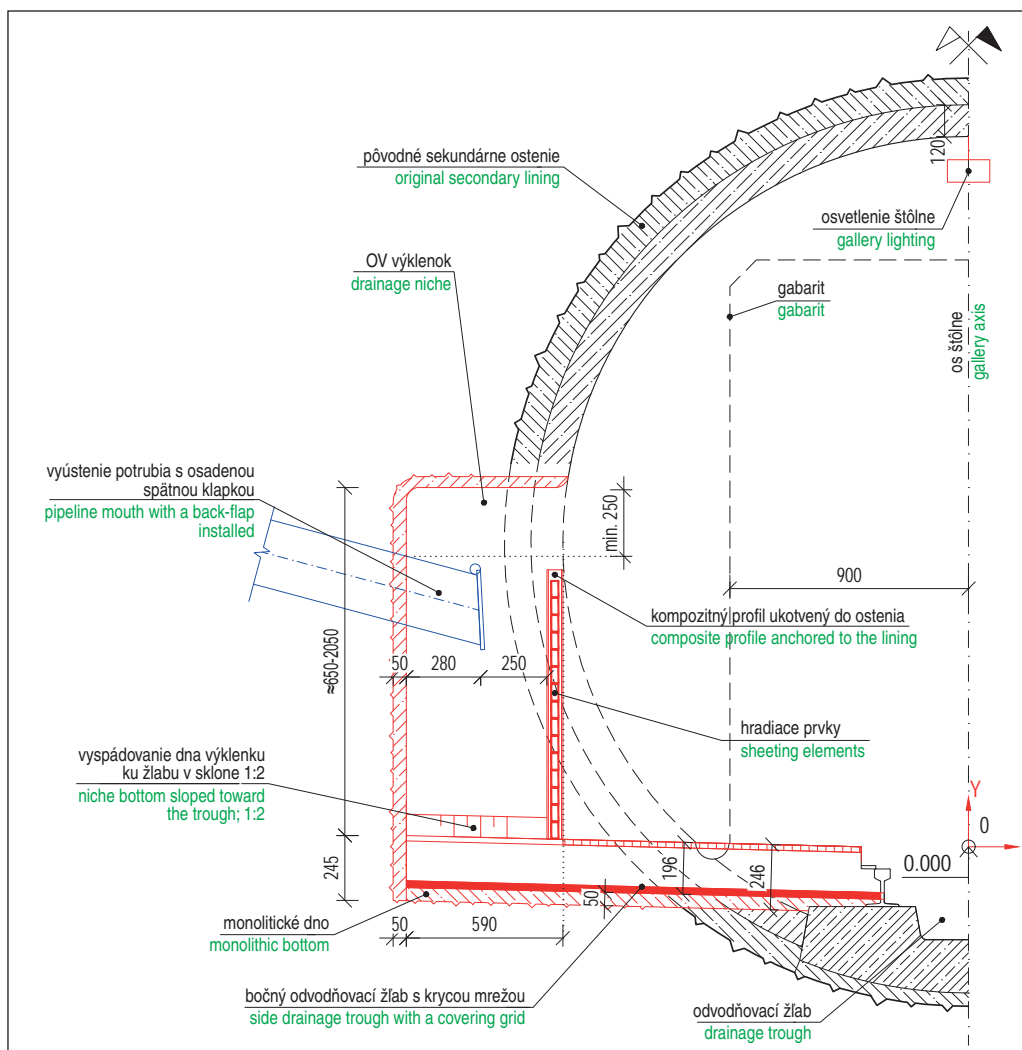
Local inflows in the gallery are directed to the drainage trough by a collecting system. This system consists of short drainage boreholes, which are carried out in the locations of concentrated inflows, and flexible hoses, which are installed in the lining and lead through the bottom to the drainage trough.

Drainage niches (Fig. 4) are designed for connecting the drainage boreholes collecting water from the external tunnel drainage. The niche is 550mm wide as a minimum (Fig. 5). There are 62 boreholes between the tunnel and the gallery carried out from the northern tube and 64 from the southern tube. The net height of the niche is adapted separately to each drainage borehole,

depending on the level of the connection of the borehole in the drainage gallery. The minimum net depth of the niches is equal to 590mm in the widest location of the gallery. A back-flap is installed on the borehole mouth. It prevents the overpressure of air to the external tunnel drainage during ventilation of the drainage gallery. A trough made of pre-cast components is in the bottom of the niche. It is covered by a grating with minimum loading class B125 (part of the pre-cast trough), which is connected to the main drainage trough (Fig. 6). The niches are marked by serial numbers, the side of the drainage gallery on which the niche is found, and a complementary marking of the tunnel tube block from which the drainage borehole is carried out.

11. SERVICE ENTRANCES TO CROSS PASSAGES

With respect to the client's requirements, entrances in the form of chimneys passable for persons were designed between cross passages and the drainage gallery. In this way, employees of the operation services will be able



Obr. 4 OV – priečný rez

Fig. 4 Drainage niche – cross-section

šírka výklenku je 550 mm (obr. 5). Počet vrtov medzi tunelom a štôľňou je 62 zo severnej rúry a 64 z južnej rúry. Svetlá výška výklenku je prispôbená pre každý odvodňovací vrt zvlášť v závislosti od výškovej polohy zaústenia vrtu v odvodňovacej štôľni. Svetlá hĺbka výklenkov je v najširšom mieste štôľne minimálne 590 mm. Na vyústení vrtu je osadená spätná klapka, ktorá zamedzuje pretlaku vzduchu do rubovej drenáže tunela počas prevetrávania odvodňovacej štôľne. V dne výklenku je vytvorený žlab z prefabrikovaných dielcov s prekryvacou mrežou triedy zataženia minimálne B125 (súčasť prefabrikátu), ktorý je napojený na hlavný odvodňovací žlab (obr. 6). Výklenky sú označené poradovým číslom výklenku, stranou odvodňovacej štôľne, na ktorej sa výklenok nachádza, a doplnkovým označením bloku tunelovej rúry, z ktorej je vedený odvodňovací vrt.

11. SERVISNÉ PRESTUPY DO PRIEČNYCH PREPOJENÍ

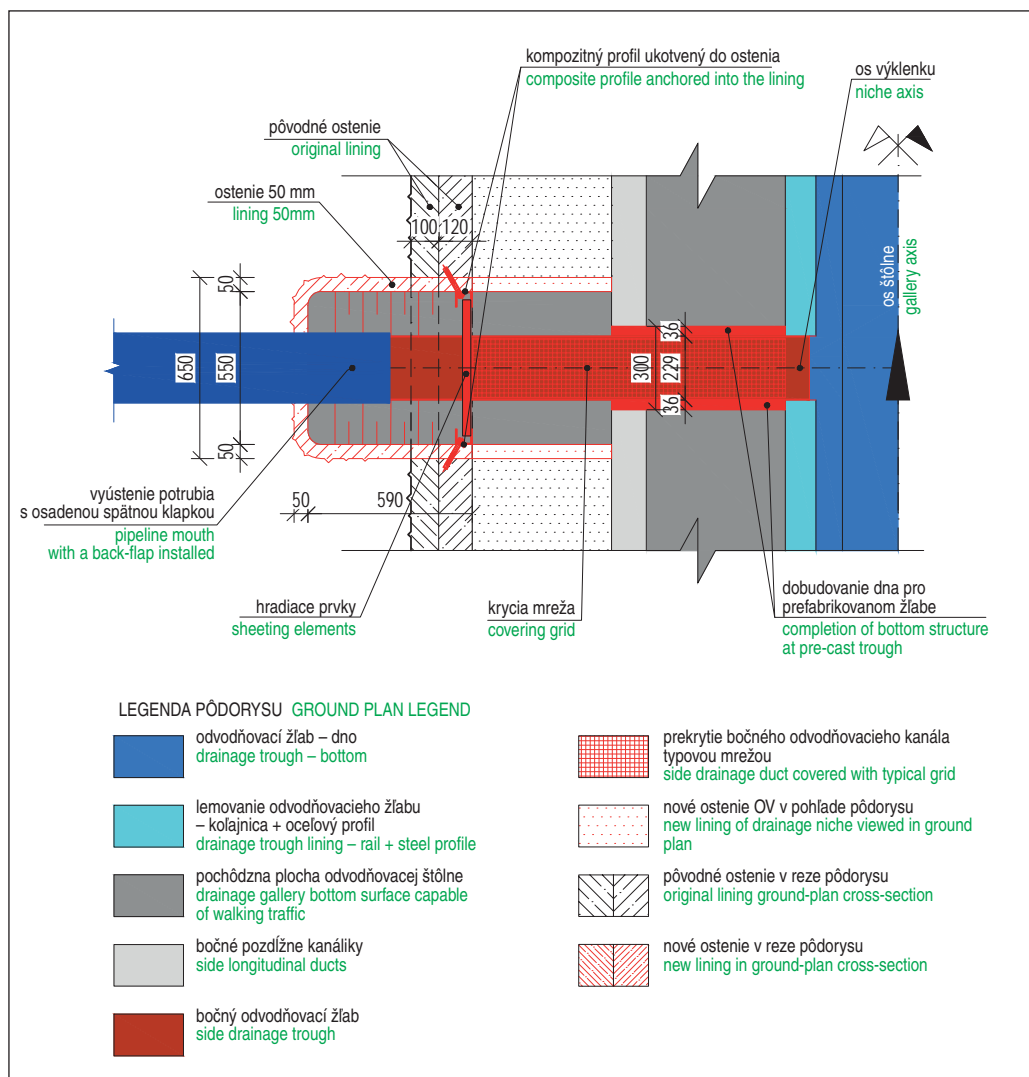
Vzhľadom na požiadavku investora boli medzi priečnymi prepojeniami a odvodňovacou štôľňou navrhnuté prestupy v podobe prielezných komínov. Týmto spôsobom budú môcť pracovníci prevádzky vstupovať do priečných prepojení bez nutnosti vstupu do tunelových rúr (obr. 7).

Prestupy majú minimálny svetlý prierez priemeru 800 mm v časti dna priečného prepojenia a 1400 mm v úseku cez horninový masív a odvodňovaciu štôľňu. Sú vystrojené strateným debnením z kompozitných rúr a priestor medzi debnením a výrubom je vyplnený betónom triedy C30/37. Prestupy sú vybavené kompozitnými rebríkmi a uzavreté sú vzduchotesným, požiari odolným poklopm.

12. UZAVRETIE PRIEČNYCH CHODIEB A ROZRÁŽOK

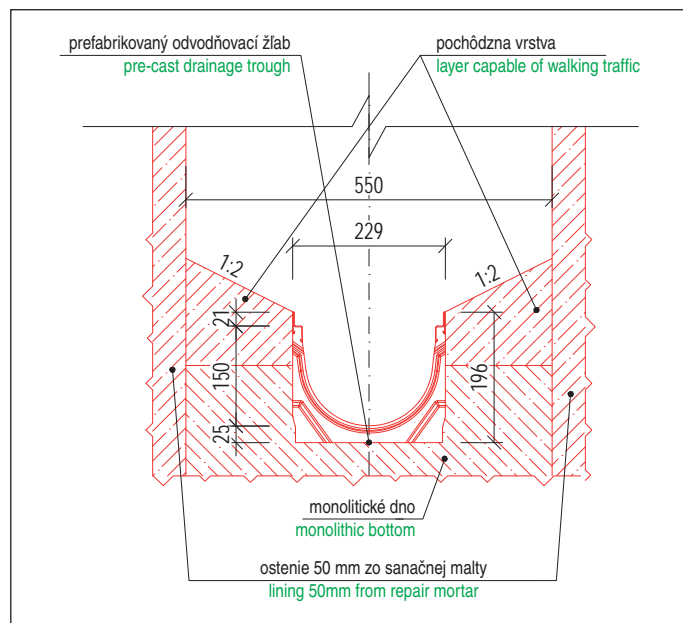
Priečne chodby boli v pôvodnej prieskumnej štôľni uvažované ako priečne prepojenia južnej a severnej tunelovej rúry. Vzhľadom na zmenu funkcie štôľne na odvodňovaciu a z toho vyplývajúce zmeny v smerovom a výškovom vedení tunelových rúr ich pôvodne uvažovaná funkcia nebude realizovaná a bolo potrebné ich čiastočne alebo úplne uzavrieť. Priečne chodby a rozrážky sú uzavreté na dĺžku minimálne 3 m od pravého okraja severnej tunelovej rúry (obr. 8).

V prípade porúch na ostení priečných chodieb alebo dna boli niektoré priečne chodby celé uzavreté. Uzavretie bolo realizované vyplnením priestoru priečných chodieb a rozrážok popolčeko-cementovou maltou s minimálnou pevnosťou v tlaku 10 MPa.

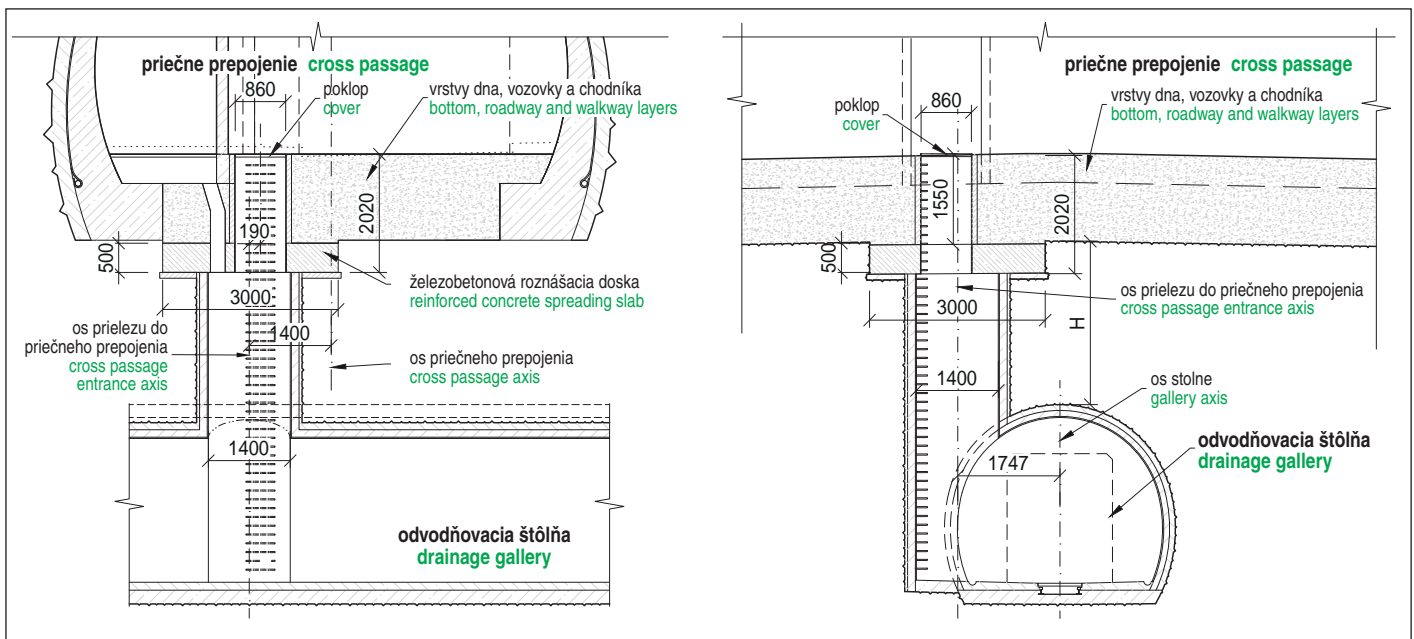


Obr. 5 OV – pôdorys
Fig. 5 Drainage niche – ground plan

to enter the cross passages without the necessity for entering the tunnel tubes (Fig. 7).



Obr. 6 OV – bočný odvodňovací žlab v OV
Fig. 6 Drainage niche – side drainage trough in drainage niche



Obr. 7 Servisný prielez – pozdĺžny a priečný rez štôľňou v mieste servisného prielezu

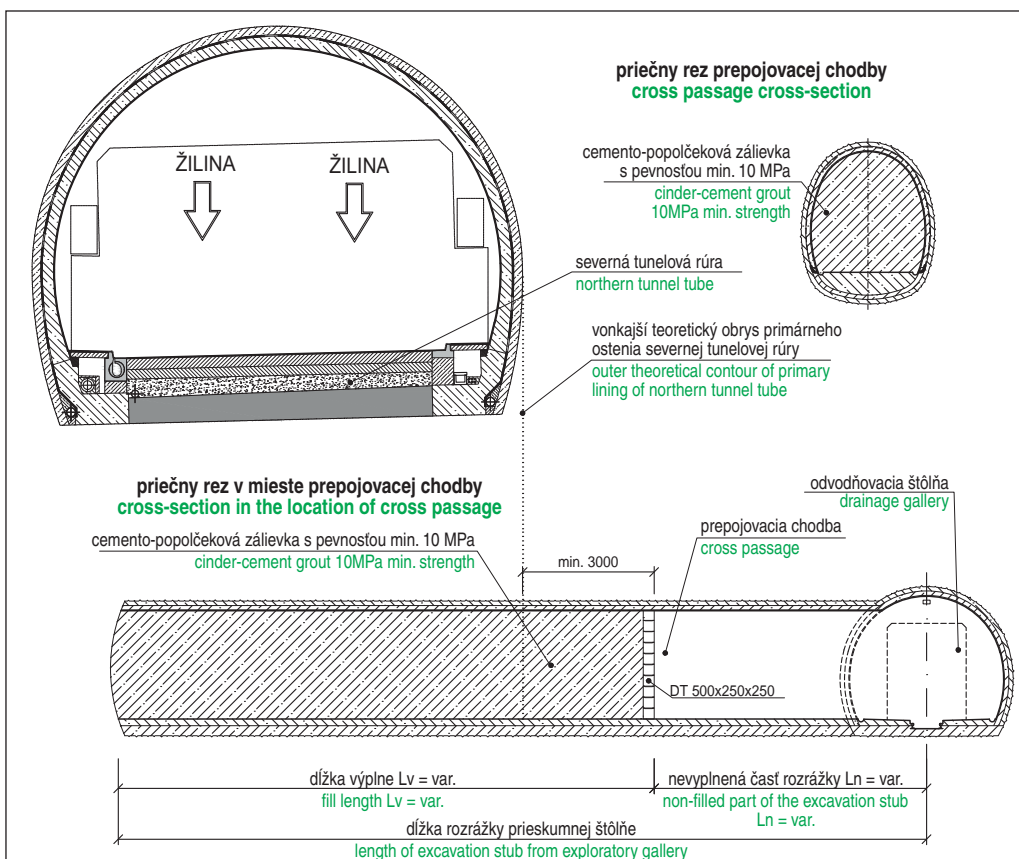
Fig. 7 Service entrance passable for persons – longitudinal section and cross-section through the gallery in the location of the service entrance passable for persons

Nevyplnené priestory priečných chodieb by mohli byť v budúcnosti využité ako priestor na uskladnenie materiálu a vybavenia pre údržbu štôľne.

13. KRIŽOVANIA S PRIEČNYMI PREPOJENIAMÍ Č. 25, 26 A 27

Vertikálne vedenie trasy tunela bolo navrhnuté s cieľom minimalizovať prípadné úrovňové križovanie priečných prepojení

The net cross-section diameter of the passages is 800mm as a minimum in the part of the cross passage bottom and 1400mm in the section passing through the rock massif and the drainage gallery. They are outfitted with composite pipes providing a sacrificial formwork, and the space between the formwork and the excavation is filled with C30/37 grade concrete. The entrances are equipped with composite ladders and are closed by an airtight, fire resistant cover.



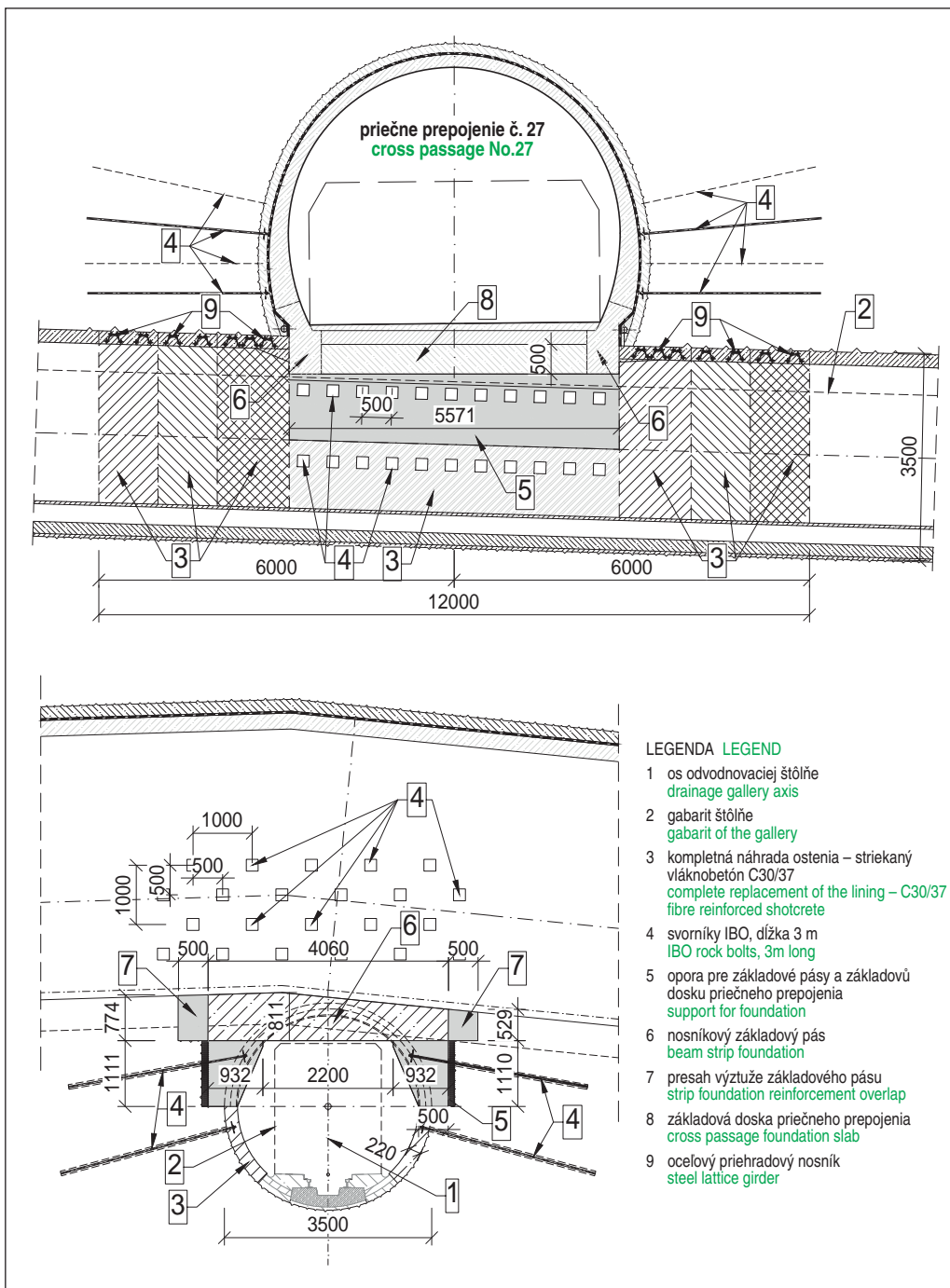
Obr. 8 Uzavretie priečných chodieb

Fig. 8 Closing of cross passages

12. CLOSING CROSS PASSAGES AND EXCAVATION STUBS

The cross passages were considered in the original exploratory gallery design as transverse connections between the southern and northern tubes. With respect to the change in the function of the gallery to the drainage gallery and the changes in the horizontal and vertical alignment of the tunnel tubes, their originally planned function will not be applied and it will be necessary to close them partially or completely. The cross passages and excavation stubs are closed at the minimum length of 3m from the right-hand wall of the northern tunnel tube (Fig. 8).

In the case of a defect of the lining or the bottom of the cross passages, some cross passages were completely closed. The closing involved filling of the space of the cross passages and excavation stubs with



Obr. 9 Križovanie s priečnym prepojením č. 27 – priečny a pozdĺžny rez štôľňou
Fig. 9 Intersection with cross passage No. 27 – cross-section and longitudinal section through the gallery

a jestvujúcej odvodňovacej štôľne, pričom sa navrhol výškový odstup 6,0 m medzi niveletou tunela a niveletou odvodňovacej štôľne. Výška H medzi základom každého priečného prepojenia a klenbou odvodňovacej štôľne závisí od typu priečného prepojenia a jeho polohy.

V prípade priečných prepojení č. 25, 26 a 27 je výška medzi priečnym prepojením a odvodňovacou štôľňou menšia ako 2 m, preto nebolo možné použiť štandardné riešenie križovania. Z toho dôvodu boli pre tieto prípady navrhnuté odlišné riešenia.

Pri priečných prepojeniach č. 25 a 26 sa pomocou zväčšenia pozdĺžneho sklonu priečného prepojenia až po maximálnu hodnotu 10 % dosiahne výška H od odvodňovacej štôľne približne 1,5 m, preto bola nutná len lokálna rekonštrukcia ostenia odvodňovacej štôľne.

cindercement grout with minimum compressive strength of 10MPa. The unfilled spaces of the cross passages could be used in the future as rooms for storing materials and equipment for the maintenance of the gallery.

13. INTERSECTIONS WITH CROSS PASSAGES NO. 25, 26 AND 27

The vertical alignment of the tunnel route was designed with the aim of minimising possible single-level intersections with cross passages and the existing drainage gallery. A 6.0m difference between the levels of the tunnel alignment and the alignment of the drainage gallery was designed. The level difference H between the bottom of each cross passage and the vault of the drainage gallery depends on the type of the cross passage and its location.

In the case of cross passages No. 25, 26 and 27, the level difference between the cross passage and the drainage gallery is smaller than 2m, therefore it was not possible to use the standard solution to the intersection. For that reason, different solutions were designed for those cases.

In the cases of the cross passages No. 25 and 26, the difference in the levels H was achieved approximately 1.5m from the drainage gallery by increasing the longitudinal gradient of the cross passage up to the maximum value of 10%. For that reason only local reconstruction of the drainage

gallery lining was necessary.

In the case of the cross passage 27, difference between the drainage gallery level while using the maximum gradient reached a value smaller than 0.5m – in the location of the intersection the ground beams of the standard profile extended into the space of the drainage gallery. For that reason it was necessary in the area of the intersection with the cross passage to carry out locally new anchoring of the primary lining of the cross passage using IBO anchors, to reconstruct the lining of the drainage gallery outside the area of the intersection with the cross passage, within the reach of the newly anchored primary lining with IBO anchors and to carry out comprehensive treatment of the drainage gallery lining and foundations of the cross passage in the intersection with the drainage gallery (Fig. 9, 10).

V prípade priečného prepojenia č. 27 dosahuje výška od odvodňovacej štôlne pri použití maximálneho sklonu hodnotu menšiu ako 0,5 m – v mieste križovania zasahovali základové pásy štandardného profilu priečného prepojenia do priestoru odvodňovacej štôlne. Preto bolo potrebné v mieste križovania s odvodňovacou štôľňou zrealizovať lokálne prekotvenie primárneho ostenia priečného prepojenia pomocou IBO kotiev, rekonštruovať ostenie odvodňovacej štôlne mimo križovania s priečnym prepojením v dosahu prekotvenia primárneho ostenia IBO kotvami a vykonať komplexnú úpravu ostenia odvodňovacej štôlne a základových pásov priečného prepojenia v prieniku s odvodňovacou štôľňou (obr. 9 a 10).



foto: Boltvan photo: Boltvan

Obr. 10 Križovanie s priečnym prepojením č. 27 – fáza realizácie
Fig. 10 Intersection with cross passage No. 27 – construction phase

14. ZÁVER

Formovanie účelu odvodňovacej štôlne tunela Višňové prešlo od jej výstavby dynamickým vývojom, a to v závislosti od meniacich sa požiadaviek investora a rôznych riešiteľských prístupov zhotoviteľských a projekčných firiem. Rozhodnutie o využití pôvodnej prieskumnej štôlne ako trvalého objektu prinieslo výhodu v tom, že boli vylúčené hlavné drenážne zberače z tunelových rúr, čím sa zabránilo vzniku kanalizačných šachiet vo vozovke tunela. Toto rozhodnutie bude mať pozitívny vplyv na životnosť vozovky v tuneli a zároveň sa v budúcnosti predíde nutnosti odstávok tohto silno vyťaženého tunela kvôli opravám vozovky, čo bude mať významne pozitívny dopad na dopravu v oblasti Žiliny. Toto rozhodnutie si ale vyžiadalo návrh stavebných prvkov, ktoré sa v slovenských tuneloch doteraz nepoužívali a ktorých koncepcia nie je ustálená v platných normách a predpisoch. Záverom možno konštatovať, že je prínosné, že nákladovo aj časovo tak náročné dielo, akým pôvodná prieskumná štôlna bezpochyby je, bude mať uplatnenie počas celej životnosti tunela Višňové a bude prinášať nesporné výhody počas prevádzky a údržby samotného tunela.

Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,
Ing. PETER PALOČKO, Ph.D., ppalocko@amberg.sk,
Ing. VLADIMÍR ŠTEFKO, vstefko@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.

Recenzovala Reviewed: Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D.

14. CONCLUSION

The development of the purpose of the drainage gallery of the Višňové tunnel has undergone dynamic development since its construction, depending on the changing requirements of the client and various designing approaches of the contractor and designing companies. The decision regarding the use of the original exploratory gallery as a permanent object brought an advantage in the exclusion of the main drainage collectors from the tunnel tubes, owing to which the origination of sewerage manholes in the tunnel carriageway was excluded. This decision will have a positive influence on the longevity of the roadway in the tunnel and, at the same time, the necessity for decommissioning this heavily loaded tunnel for the roadway repairs in the future will be excluded, which fact will have significantly positive effect on traffic in the area of Žilina. However, this decision required a design of structural elements which had not been used in Slovak tunnels and the concept of which has not been established in current standards and regulations. In conclusion, it can be stated that it is beneficial that the working, demanding in terms of cost and time, which the original exploratory undoubtedly is, and the Višňové tunnel will bring indisputable advantages during the operation and maintenance of the tunnel itself.

Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,
Ing. PETER PALOČKO, Ph.D., ppalocko@amberg.sk,
Ing. VLADIMÍR ŠTEFKO, vstefko@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Diaľnica D1 Lietavská Lúčka – Dubná Skala vrátane tunela Višňové, dokumentácia na realizáciu stavby, Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., 2021.
- [2] MATEJČEK, A., et. al. Čiastková záverečná správa: D1 Višňové-Martin, podrobný IGHP formou prieskumnej štôlne pre tunel Višňové, čiastková správa č.1, Žilina 01/1999.
- [3] COPLÁK, M., et. al. Diaľnica D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, Hydrogeologické zhodnotenie vplyvu výstavby, Odborný geologický posudok, 2017.
- [4] TKP 26 – Technicko-kvalitatívne podmienky – Tunely, 2017.
- [5] Diaľnice a tunely na Slovensku, [on-line], <http://dialnice.szm.com/tunnels/Visnove.html>, 2018.