

ŠPECIFICKÉ PROBLÉMY RAZENIA TUNELA ČEBRAŤ

SPECIFIC PROBLEMS OF THE ČEBRAŤ TUNNEL EXCAVATION

PETER BÓNA, ALEXANDRA JACKOVÁ

ABSTRAKT

O projekte tunela Čebrať bolo doposiaľ publikovaných iba málo článkov. Väčšina z nich sa venuje zmene trasy, všeobecnému opisu technického riešenia a stručnému zhodnoteniu razenia. Obidve tunelové rúry sú už prerazené a teda je vhodný čas priblížiť odbornej verejnosti skúsenosti nadobudnuté počas razenia z pohľadu prípravy projektovej dokumentácie. Avšak na rozdiel od publikovaných príspevkov, ktoré rozoberajú razenie vo všeobecnej rovine, tento príspevok má ambíciu predstaviť predovšetkým špecifické problémy, ktoré sa vyskytli počas realizácie. Projektovaniu razenia tunela Čebrať sa spoločnosť Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. venuje od roku 2016.

ABSTRACT

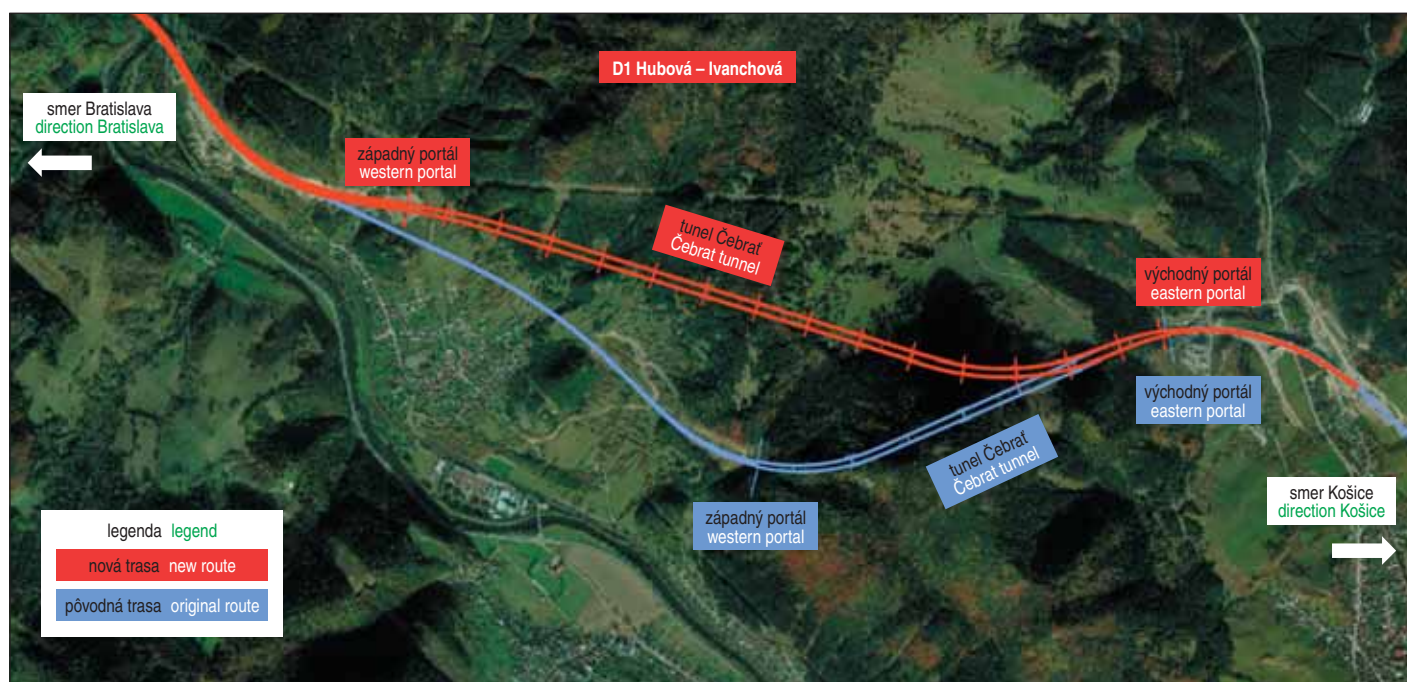
So far, only a few articles have been published about the Čebrať tunnel project. Most of them are dedicated to changing the route, a general description of the technical solution and a brief evaluation of the excavation. Both tunnel tubes have already been driven through, so it is a good time to bring the experience gained during the excavation to the professional public from the point of view of the project documentation preparation. However, unlike the published papers that discuss excavation in a general way, this paper has the ambition to present, above all, the specific problems encountered during construction. Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. is has been engaged in the design of the Čebrať tunnel excavation since 2016.

ÚVOD

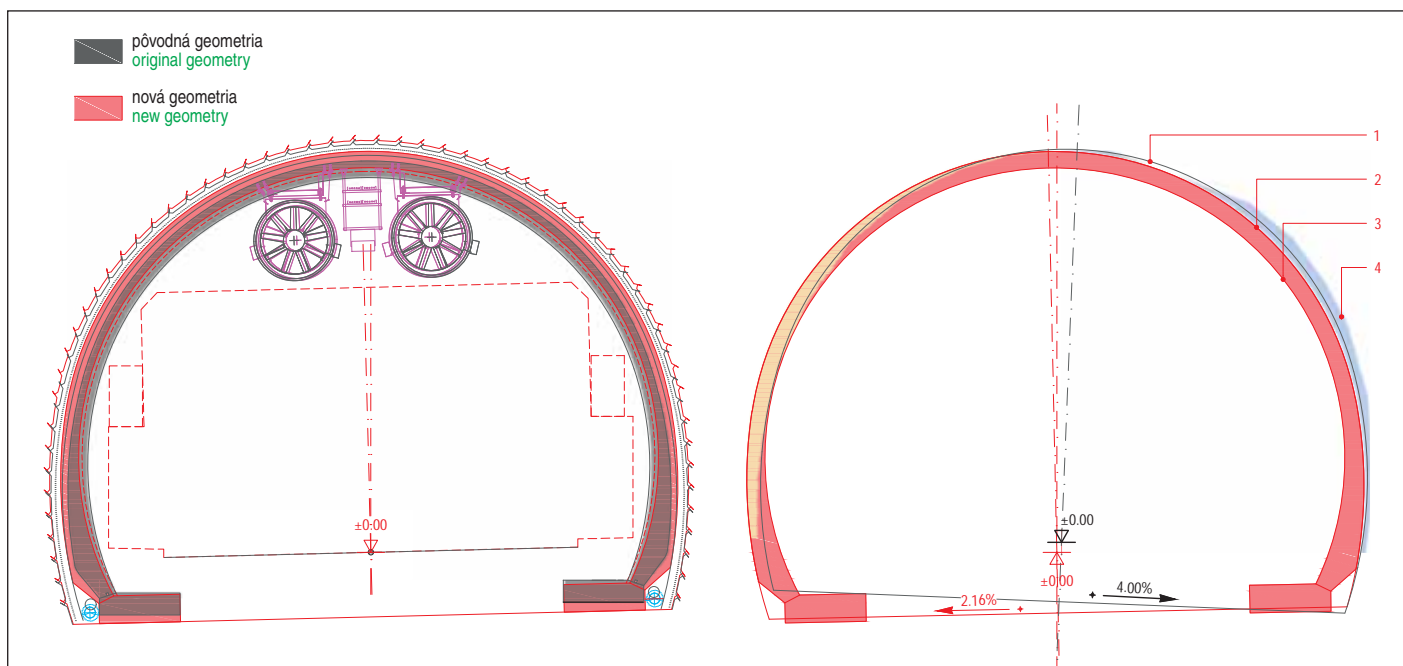
Na úvod príspevku niekoľko základných informácií o tuneli a razení. Tunel je kategórie 2T-7,5/100. Západný portál je umiestnený na začiatku tunela (v smere staničenia diaľnice), východný portál na konci tunela. Lavá tunelová rúra, pracovne označovaná ako severná tunelová rúra (STR), má dĺžku razenej časti 3613 m, celková dĺžka je 3663 m. Pravá tunelová rúra, pracovne označovaná ako južná tunelová rúra (JTR), má dĺžku razenej časti 3635 m, celková dĺžka je 3688 m. V obidvoch tunelových rúrach sa nachádzajú štyri núdzové zálivy s celkovou dĺžkou 200 m v každej rúre. Plocha výrubu normálneho profilu (NP) bez spodnej klenby je 83,5 m². Navrhnutý spôsob razenia bol cyklický. Razenie prebiehalo takmer v celej dĺžke od východného portálu, od západného

INTRODUCTION

For the introduction, there is some basic information about the tunnel and excavation. The tunnel is category 2T-7.5/100. The western portal is located at the beginning of the tunnel (in the direction of the highway stationing), the eastern portal is at the end of the tunnel. The left tunnel, referred to as the northern tunnel tube (STR), has a length of 3613m of the excavated part, the total length is 3663m. The right tunnel tube, referred to as the southern tunnel tube (JTR), has a length of 3635m in the excavated part, the total length is 3688m. In both tunnel tubes, there are four emergency bays with a total length of 200m in each tube. The excavation cross-section area of the normal profile (NP)



Obr. 1 Situácia pôvodnej a novej trasy tunela Čebrať
Fig. 1 Plan view of the original and new route of the Čebrať tunnel



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Obr. 2 Porovnanie pôvodného a navrhovaného priečného rezu, 1 – teoretická vnútorná hrana primárneho ostenia (pôvodná trasa), 2 – vonkajšia hrana sekundárneho ostenia, 3 – vnútorná hrana sekundárneho ostenia, 4 – vnútorná hrana primárneho ostenia (zameraná)

Fig. 2 Comparison of the original and proposed cross section, 1 – theoretical inner contour of the primary lining (original route), 2 – outer contour of the secondary lining, 3 – inner contour of the secondary lining, 4 – inner contour of the primary lining (surveyed)

portálu sa vyrazilo iba cca 30 m v JTR resp. 20 m v STR. Razenie od VP prebiehalo najskôr dovrchne v dĺžke maximálne do 370 m, zvyšná časť už bola razená úpadne. To znamená, že pred koncom razenia bolo nutné prečerpávať vodu na dĺžke vyše 3 km.

Razenie tunela v jeho celej dĺžke prebehlo v zásade bez väčších problémov, inými slovami povedané bez „mimoriadnych udalostí“. Samozrejme, razenie tunela v dĺžke vyše 3600 m takmer vždy pripraví nejaké prekvapenia. Prvá úloha autorov, projektantov, bola zmena priečného rezu.

ÚPRAVA PRIEČNEHO REZU TUNELA V DÔSLEDKU ZMENY TRASY

Zmena trasy vyplynula z extrémne náročných geologických a hydrogeologických podmienok v pôvodne navrhutej trase diaľnice. Nové trasovanie [1] obchádza problematické zosuvné územia, z čoho vyplynulo predĺženie tunelových rúr z približne 2 km na viac ako 3,6 km. Situácia pôvodnej a novej trasy je znázornená na obr. 1. Táto zmena si vyžiadala úpravu priečného rezu tunela, kvôli zvýšeným nárokom na svetlý prierez tunela (rozhľad, vetranie). Vzhľadom na to, že v tom čase bolo vyrazených od VP približne 140 m v STR, resp. 165 m v JTR, bolo potrebné pri úprave priečného rezu vziať do úvahy tvar pôvodného rezu. Tento fakt bol zohľadnený pri úprave trasy nielen v smerovom vedení, ale aj pri úprave nivelety, aby sa minimalizoval zásah do už vyrazeného primárneho ostenia (obr. 2, vľavo stav pred úpravou nivelety). Primárnym cieľom bolo minimalizovať zásah v stropě kaloty. Dosiahlo sa to posunom nivelety nadol približne o 17 cm. Na základe geodetického zamerania bol neskôr pre obidve tunelové rúry navrhnutý postup reprofiliácie, s vyznačením predpokladaného zásahu do existujúceho primárneho ostenia (obr. 2, vpravo).

REALIZÁCIA ROZŠÍRENIA NORMÁLNEHO PROFILU NA PROFIL NÚDZOVÉHO ZÁLIVU

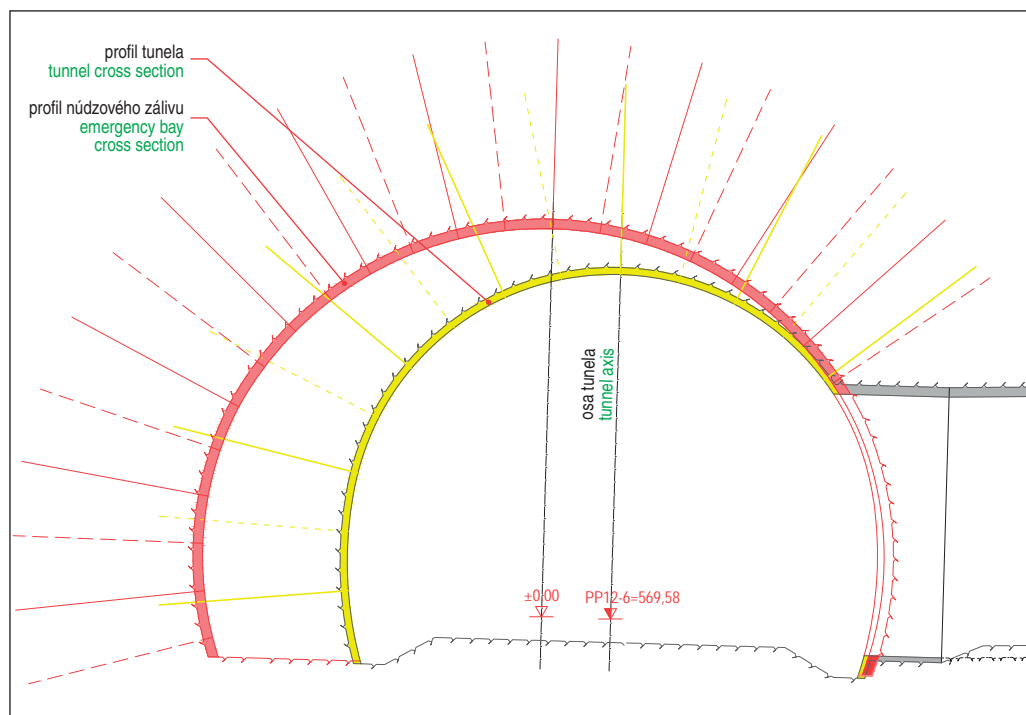
Ďalším špecifikom bolo, že zo začiatku razenie prebiehalo formou prieskumného diela [2]. Je teda prirodzené, že profil núdzového

without the invert bench is 83.5m². The conventional method of excavation was proposed. Almost the entire tunnel length was excavated from the eastern portal, from the western portal only approx. 30m in JTR, and 20m in STR were excavated. First of 370m was excavated uphill from the VP, the remaining part was excavated downhill. This means that during excavation of a length of more than 3km, it was necessary to pump water out from the tunnel.

The excavation of the tunnel along its entire length took place basically without major problems, in other words without “extraordinary events”. Of course, excavation of a tunnel with a length of more than 3600m almost always brings some surprises. The first task of the authors, the designers, was to change the cross section.

TUNNEL CROSS SECTION MODIFICATION DUE TO THE ROUTE CHANGE

The route change resulted from extremely difficult geological and hydrogeological conditions in the originally proposed route of the highway. The new route [1] passes by problematic landslide areas, resulting in the extension of the tunnel tubes from approximately 2km to more than 3.6km. The situation of the original and new route is shown in Fig. 1. This change required modification of the cross-section of the tunnel, due to increased demands on the tunnel cross-section clearance (due to drivers view limitation, and ventilation). Since at that time approximately 140m in STR were driven from the VP, or 165m in JTR, it was necessary to consider the shape of the original section when modifying the cross section. This fact was considered when adjusting the route, not only in the horizontal alignment, but also when adjusting the vertical alignment, in order to minimize interference with the already installed primary lining (Fig. 2, on the left, the state before adjusting the vertical alignment). The primary goal was to minimize the intervention in the roof



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Obr. 3 Priečný rez NP a NZ v mieste priečného prepojenia
Fig. 3 Cross-section of NP and NZ at cross passage

zálivu sa v úvodných úsekoch razenia nerealizoval. Z toho dôvodu bolo potrebné v oblasti núdzového zálivu NZ4 navrhnuť postup realizácie rozšírenia normálneho profilu na profil núdzového zálivu. Priečný rez s vyznačením búraných častí (žltá farba) a novo razených častí (červená farba) je uvedený na obr. 3. Vzhľadom na priaznivé inžinierskogeologické podmienky bol postup razenia a vystrojovacie prvky navrhnuté v zmysle vystrojovacej triedy NZ VT 5.

PROBLEMATICKÉ ÚSEKY S NADMERNÝMI DEFORMÁCIAMI

Počas razenia sa vyskytli dve hlavné oblasti, v ktorých boli zaznamenané nadmerné deformácie, resp. neočakávané správanie sa horninového masívu [3]. Tieto oblasti sú zobrazené na obr. 4 v pozdĺžnom inžinierskogeologickom profile (profil je spracovaný na základe podkladu z inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu [4]).

Razenie od východného portálu prebiehalo podľa očakávania s priemernými hodnotami deformácie do 30 mm, okrem konvergenčných profilov v tunelmetroch TM 320 a TM 650, kde bola táto hodnota varovného stavu mierne prekročená v JTR v jednom, resp. dvoch bodoch. V STR sa vyskytla táto oblasť s miernym posunom. Vo všetkých prípadoch išlo o okamžitý nábeh deformácie s pomalým ustálovaním, čo sa vyriešilo dodatočným kotvením.

OBLASŤ RAZENIA V OKOLÍ PRIEČNEHO PREPOJENIA PP07

Ďalšia problematická oblasť sa objavila približne v TM 1850 až TM 2100. Podľa záznamov z geologickej dokumentácie čelieb sa v úseku vyskytovali slieňovce až slienité vápence s priemernou hodnotou RMR 40 bodov. Správanie sa horninového masívu však malo až tlačivý charakter s tým, že ustálovanie deformácií bolo veľmi pomalé. V primárnom ostení vznikli lokálne trhliny a maximálna deformácia v JTR dosiahla 128 mm (obr. 5), v STR boli deformácie menšie, s maximálnou hodnotou do 87 mm.

of the top heading. This was achieved by moving the vertical alignment down approximately 17cm. Based on the geodetic measurement, a reprofiling procedure was later proposed for both tunnel tubes, with the indication of the anticipated intervention into the existing primary lining (Fig. 2, right).

TUNNEL WIDENING FOR EMERGENCY BAY

Another specific feature was that, from the beginning, the excavation took place under the status of an exploratory work [2]. It was therefore natural that the profile of the emergency bay was not realized in the initial sections of the excavation. For this reason, it was necessary to propose a construction procedure for widening the profile in the area of the emergency bay NZ4.

The cross-section with parts marked for demolition (yellow color) and newly excavated parts (red color) is shown in picture no. 3. Due to the favorable engineering geological conditions, the excavation procedure and support were designed in accordance with technological class NZ VT 5.

PROBLEM SECTIONS WITH EXCESSIVE DEFORMATIONS

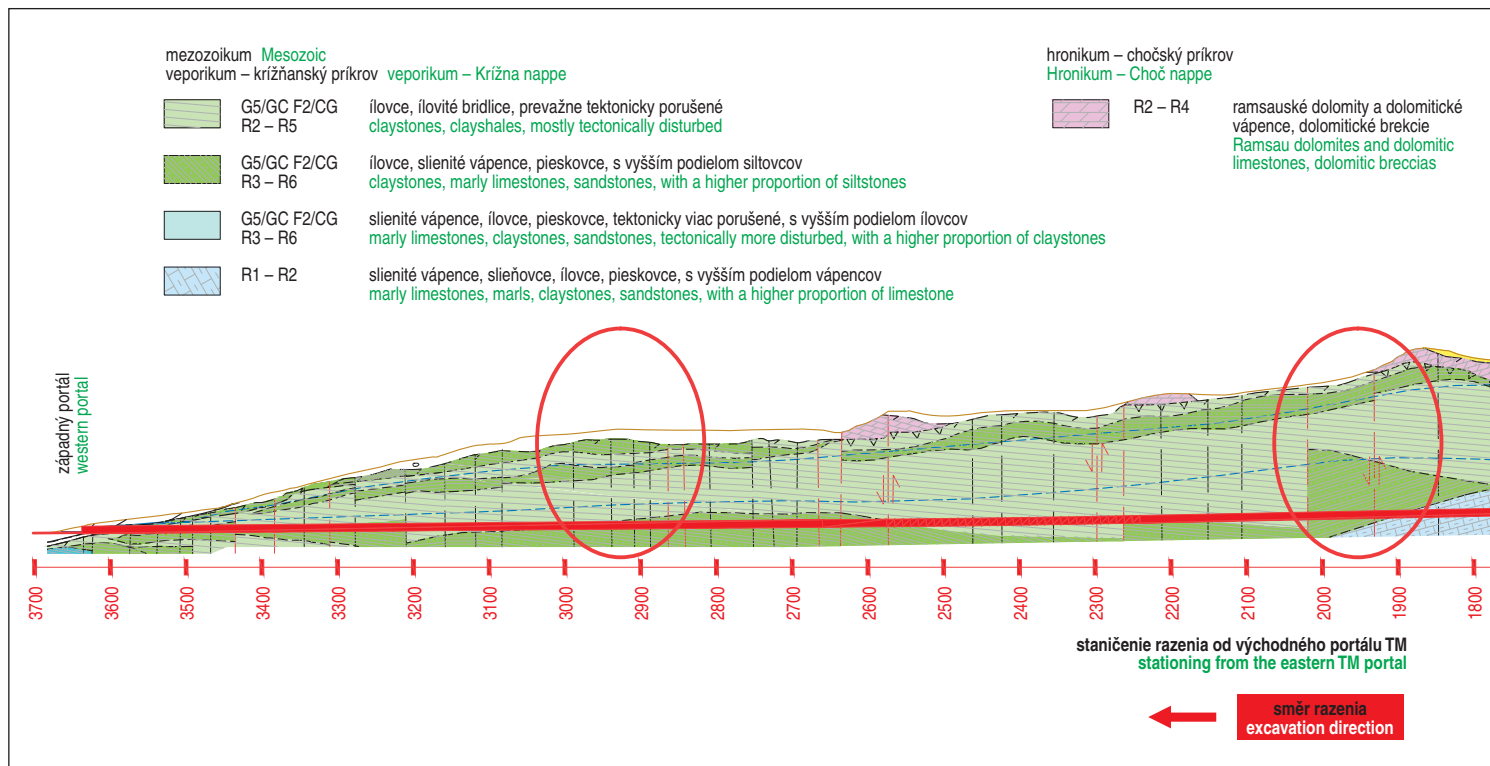
During the excavation, there were two main areas in which excessive deformations or unexpected behavior of the rock mass were encountered [3]. These areas are shown in picture no. 4 in the longitudinal engineering geological profile (the profile is processed based on the engineering geological and hydrogeological investigation [4]).

Excavation from the eastern portal proceeded as expected with average values of deformation up to 30mm, except for the convergence profiles in tunnel meters TM 320 and TM 650, where this warning level was slightly exceeded in JTR in one or two locations. In the STR, a location with a slight shift was encountered. In all cases, it was an quick increase of deformation with slow decrease, which was aided by additional bolting.

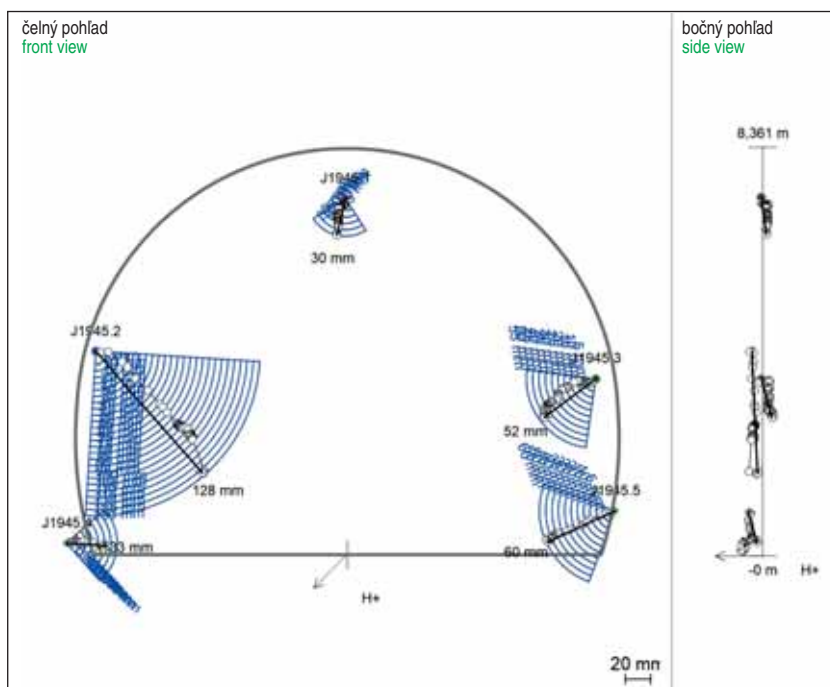
EXCAVATION AT CROSS PASSAGE PP07

Another problem area was encountered around TM 1850 to TM 2100. According to records from the geological mapping of tunnel faces, there were marls to marly limestones with an average value of 40 of RMR rating in the section. However, the rock mass presented almost a squeezing behavior, with the fact that stabilization of deformations was very slow. Local cracks appeared in the primary lining and the maximum deformation in JTR reached 128mm (Fig. 5), in STR the deformations were smaller, with a maximum value of up to 87mm.

Exceeding the A value of the warning levels took place in targets at tunnel sides with a predominant horizontal component of the deformation. The adopted measure was the change of technological class from VT 4/2 to VT 5/1. In the section



Obr. 4 Pozdĺžny inžinierskogeologický profil, elipsami vyznačené hlavné oblasti so zvýšenými hodnotami deformácií
 Fig. 4 Longitudinal engineering geological section, main areas with increased deformations marked by ellipses



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

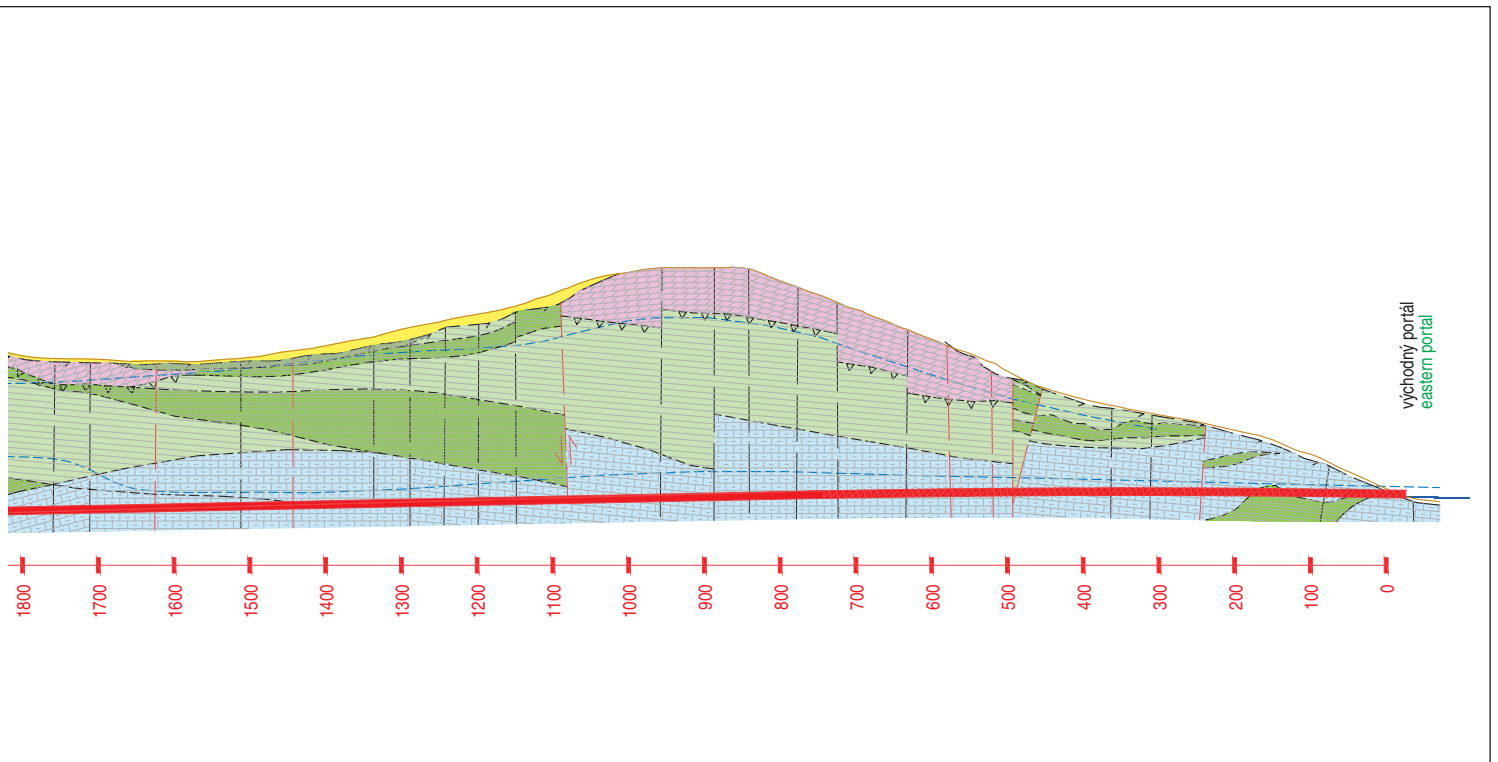
Obr. 5 Merací konvergenčný profil J1945
 Fig. 5 Monitoring convergence profile J1945

Prekročenie hodnoty A varovných stavov sa týkalo bočných bodov s prevládajúcou horizontálnou zložkou deformácie. Prijaté opatrenie bola zmena vstrojovacej triedy z VT 4/2 na VT 5/1. V úseku razenom vo VT 4/2 sa zrealizovalo dodatočné kotvenie a zosilnenie primárneho ostenia pridaním striekaného betónu hrúbky 10 cm vystuženého ocelovou sieťou. Pred realizáciou sekundárneho ostenia bolo potrebné celý úsek opätovne zamerať a navrhnuť reprofiliáciu. Riešenie vychádzalo z návrhu reprofiliácie

excavated in VT 4/2, additional bolting and thickening of the primary lining was carried out by adding 10cm thick shotcrete reinforced with steel mesh. Before implementing the secondary lining, the entire section had to be geodetically surveyed and re-profiled. The solution was based on the proposal of reprofiling the initial sections of the excavation. After the survey, the sprayed concrete of the primary lining was marked to indicate the areas and depths of the expected reprofiling. Due to the difficult engineering geological conditions and high deformations, it was necessary to close the profile of the primary lining with an invert vault and change the type of reinforcement of the secondary lining to type 3 (the second strongest type of reinforcement) with a reinforced invert vault.

EXCAVATION AT EMERGENCY BAY NZ1

The second main area with high deformation was the area around emergency bay NZ1. In the mentioned section, the mass was composed of marls and marly limestones with an average value of RMR approx. 35 points. The tunnel face was intersected by a shear fault accompanied by tectonically broken rock in its vicinity. The fault was positioned longitudinally with the tunnel. Excessive deformations were recorded in the sections TM 2800 to TM 3200 in JTR, and in TM 2750 to TM 3200 in STR. The highest deformation was measured in the profile before the bay with a value of 129mm in JTR, or in the emergency bay value up to 125mm in STR. At the beginning of this section, the warning level was exceeded, usually at target locations 2 and 3 in the top heading.



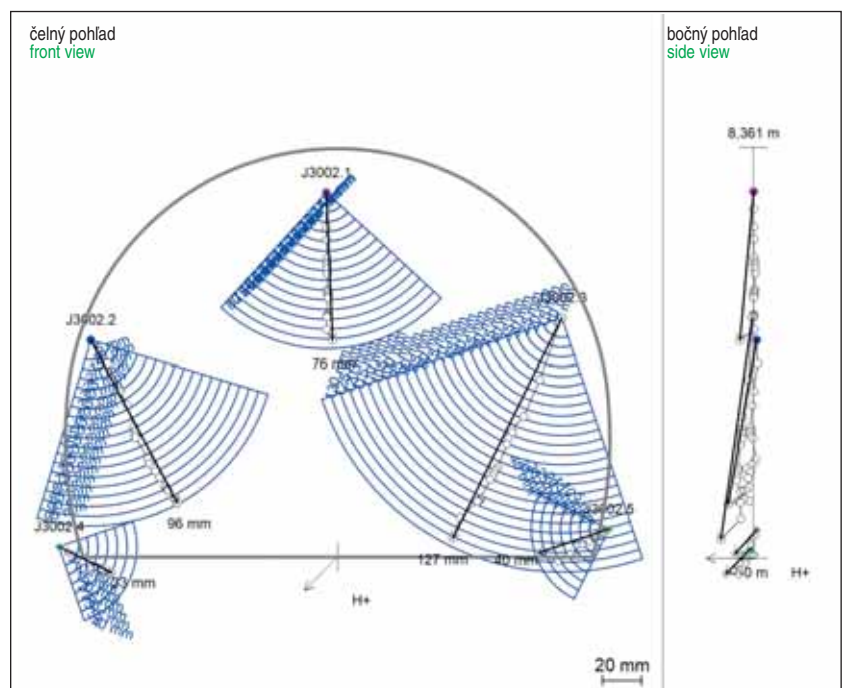
zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

úvodných úsekov razenia. Po zameraní bol opäť zhodnotený stav aj s vyznačením plôch a hĺbky predpokladaného zásahu do striekaného betónu primárneho ostenia. Vzhľadom na zhoršené inžinierskogeologické podmienky a vysoké deformácie bolo potrebné uzatvoriť profil primárneho ostenia spodnou klenbou a zmeniť typ vystuženia sekundárneho ostenia na typ 3 (druhý najsilnejší typ vystuženia) s vystuženou spodnou klenbou.

OBLASŤ RAZENIA V OKOLÍ NÚDZOVÉHO ZÁLIVU NZ1

Druhou hlavnou oblasťou s vysokými hodnotami deformácií bola oblasť v okolí núdzového zálivu NZ1. Masív bol v uvedenom úseku zložený zo slieňovcov a slienitých vápencov s priemernou hodnotou RMR cca. 35 bodov. Čelbu pretínal strižný zlom sprevádzaný tektonicky porušenou horninou v jeho okolí. Zlom sa pohyboval pozdĺžne s tunelom. Nadmerné deformácie boli zaznamenané v úseku TM 2800 až TM 3200 v JTR, resp. TM 2750 až TM 3200 v STR. Najvyššia deformácia bola dosiahnutá ešte v normálnom profile pred zálivom s hodnotou 129 mm v JTR, resp. v núdzovom zálive do 125 mm v STR. Na začiatku tohto úseku bola prekročená hodnota varovného stavu obyčajne v bodoch 2 a 3 v kalote. V normálnom profile sa razilo vo vystrojovacej triede VT 5/1 v oboch rúrach. Počas razenia na kalote neboli zaznamenané deformácie, ktoré by indikovali zmenu vlastností horninového masívu. Nárast začal až počas razenia stupňa, bez náznaku ustaloovania. Okrem bočných deformácií sa prejavilo aj sadanie a deformácie v strope kaloty (obr. 6). Časť normálneho profilu razené vo vystrojovacej triede VT 5/1 boli zosilnené a prekotvené, pričom v STR bola použitá

The excavations were performed in the technological class VT 5/1 in both tubes outside the emergency bay. During the excavation, no deformations were recorded in the top heading, which would indicate a change in the properties of the rock mass. Deformation increase started only during the excavation of the abutment bench, with no sign of stabilization. In addition to lateral deformations, vertical settlements and deformations of the roof in the top heading were also recorded (Fig. 6). Parts of the



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Obr. 6 Merací konvergenčný profil J3002

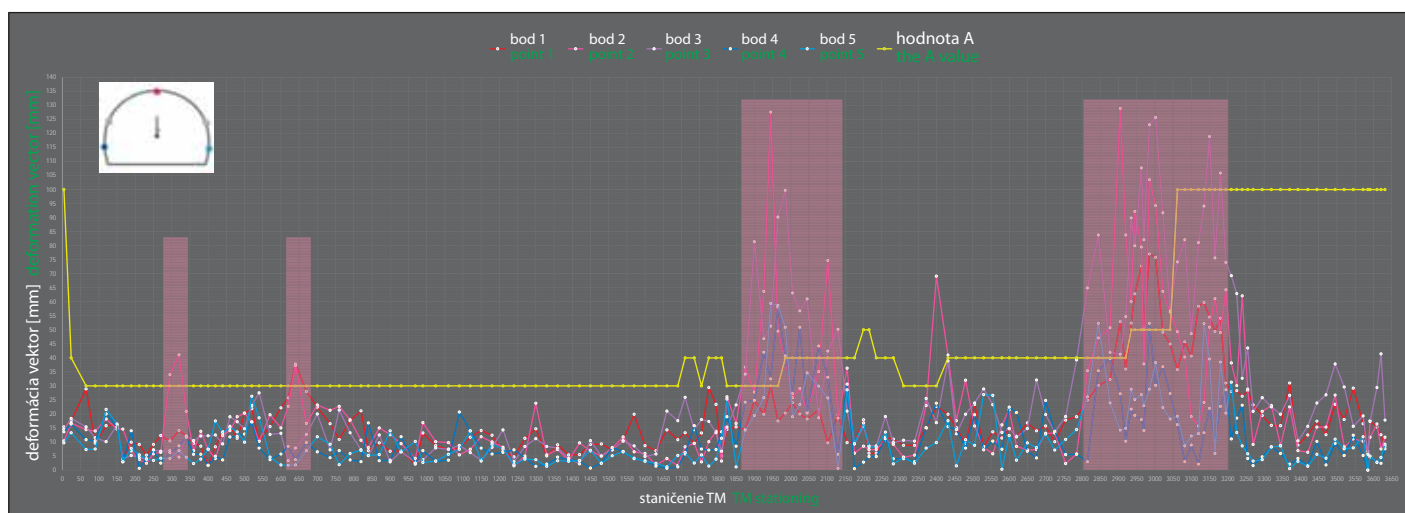
Fig. 6 Monitoring convergence profile J3002

aj dočasná protiklenba kaloty. Protiklenbu kaloty bolo potrebné aplikovať lokálne aj v núdzovom zálive v oboch rúrach. V núdzovom zálive NZ1 v JTR bolo taktiež zosilnené ostenie striekaným betónom a sieťou a prekotvené. Po vyrazení zálivu v STR navyše vznikla pozdĺžna trhlinka v strope zálivu v JTR, v dôsledku čoho bolo potrebné zosilniť ostenie v predmetnom úseku doplnujúcim ostentím zo striekaného betónu vystuženého sieťou a priehradovým nosníkom hrúbky 25 cm. Reprofilácia tohto úseku sa zrealizovala v celej dĺžke zálivu kompletnou výmenou ostenia v JTR.

Tieto udalosti mali samozrejme dopad na sekundárne ostenie. Za účelom overenia pevnostno-deformačných vlastností horninového masívu a zataženia v problematických úsekoch razenia bola spracovaná spätná analýza na základe výsledkov geotechnického monitoringu. Spätná analýza bola realizovaná pomocou 2D a 3D výpočtových modelov počítaných metódou konečných prvkov. Pomocou 3D modelu boli postupnou kalibráciou stanovené geotechnické parametre v danej oblasti. Následne v 2D modeli boli namodelované postupy výstavby a vygenerované zataženie použité pre analýzu únosnosti sekundárneho ostenia. Pre overenie primárneho ostenia boli použité výpočtové softvéry Plaxis 2D a 3D. Overenie sekundárneho ostenia je spracované v programoch Strap a Aténa 2D. Charakteristiky získané pomocou spätnej analýzy boli porovnané s charakteristikami odporúčanými v inžinierskogeologických

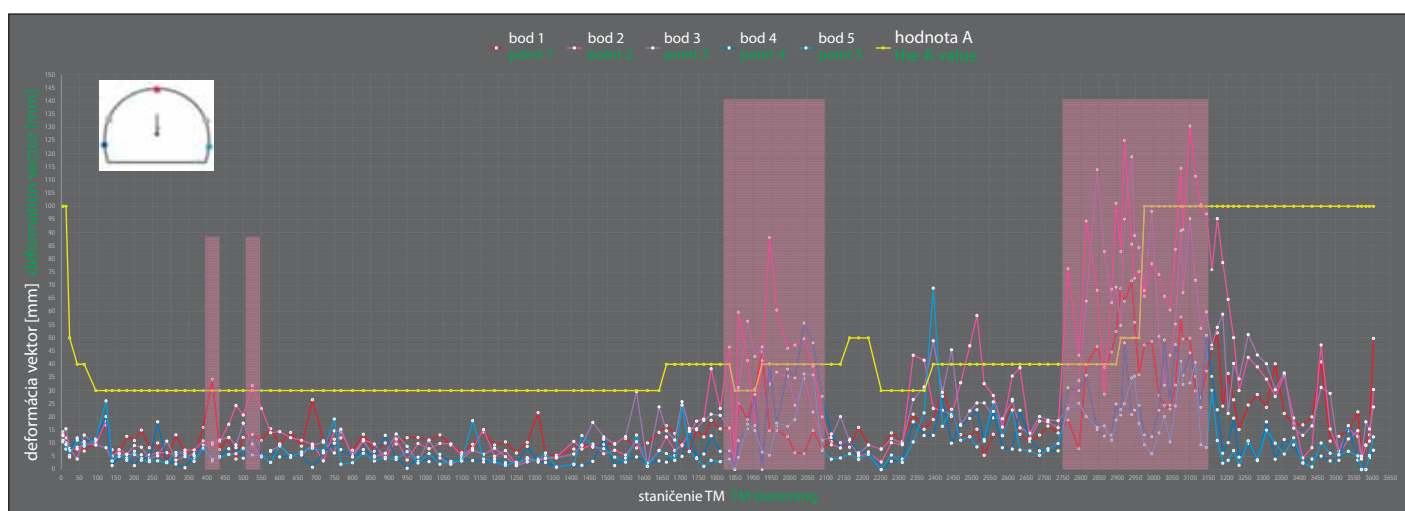
tunnel walls in the technological class VT 5/1 were strengthened and re-anchored, in addition a temporary lined invert vault in the top heading was built in STR. The invert vault in the top heading had to be also applied locally in the emergency bay in both tubes. In the emergency bay NZ1 in the JTR, the lining was also reinforced with shotcrete and mesh and re-anchored. After the bay in STR was excavated, a longitudinal crack appeared in the roof of the bay in JTR, as a result of which it was necessary to strengthen the lining in this section with additional lining made of shotcrete reinforced with a mesh and a 25cm thick lattice girder. The reprofiling of this section was carried out along the entire length of the bay by a complete replacement of the lining in the JTR.

Of course, these events had an impact on the secondary lining. In order to verify the strength-deformation properties of the rock mass and the load in the problematic sections of the excavation, a back analysis was performed based on the results of geotechnical monitoring. The back analysis was carried out using 2D and 3D computational models calculated by the finite element method. Using the 3D model, the geotechnical parameters in the given area were determined by gradual calibration. Subsequently, the construction procedures were modeled in the 2D model, and the calculated load was used for the analysis of the bearing capacity of



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Obr. 7 Vyhodnotenie vektora deformácie v pozdĺžnom profile v JTR, ružovou farbou vyznačené oblasti so zvýšenými hodnotami deformácií
Fig. 7 Evaluation of the deformation vector in the longitudinal section in JTR, areas with increased deformations marked in pink



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Obr. 8 Vyhodnotenie vektora deformácie v pozdĺžnom profile v STR, ružovou farbou vyznačené oblasti so zvýšenými hodnotami deformácií
Fig. 8 Evaluation of the deformation vector in the longitudinal section in STR, areas with increased deformations marked in pink

prieskumoch [4], [5]. Porovnaním výsledkov spätnej analýzy pre úseky s nadmernými deformáciami bola zistená zhoda s charakteristikami odporúčanými v uvedených prieskumoch pre druhy horninového masívu DHM 3, DHM 5 a DHM 7/1 (pre tektonické poruchové zóny). Opätovným výpočtom sekundárneho ostenia núdzového zálivu sa ukázalo, že zmenou geotechnických parametrov došlo aj k nárastu vnútorných síl približne o 16–22 %. Posúdenie na medzný stav únosnosti ako aj použiteľnosti však preukázalo dostatočnú kapacitu vystuženia navrhnutého v rámci stupňa DRS (vystuženie typ 2). Všetky opísané oblasti sú vyznačené v pozdĺžnom profile s vyhodnotenou vektorovou deformáciou pre jednotlivé tunelové rúry na obr. 7 a 8.

VETRACIE VRTY

Upravený harmonogram prác na tuneli si vyžiadala začiatok realizácie prác na sekundárnom ostení v čase, kedy ešte ani jedna tunelová rúra nebola prerazená. Razenie prebiehalo iba z východného portálu, čo neumožňovalo demontáž lute a presmerovanie vetrania. Výška nadložia v predmetnej oblasti bola vyše 40 m a tak logickým riešením bolo vetranie pomocou vetracích vrtov. Vrtvy boli navrhnuté približne v TM 3426 v JTR resp. TM 3408 v STR. Realizácia vrtov prebiehala z povrchu, v kvartérnych zeminách s výpažnicou priemeru 1500 mm. Vrtvanie v skalných horninách pokračovalo bez výpažnice s priemerom vrtania 1360 mm. V poslednom kroku bola osadená oceľová rúra priemeru 1200 mm, vyvedená 1,5 m nad terén. Priestor medzi rúrou a vrtom bol vyplnený cementovou zálievkou. Na obr. 9 je zobrazené napojenie ventilátora umiestneného v tunelovej rúre na vetrací vrt.

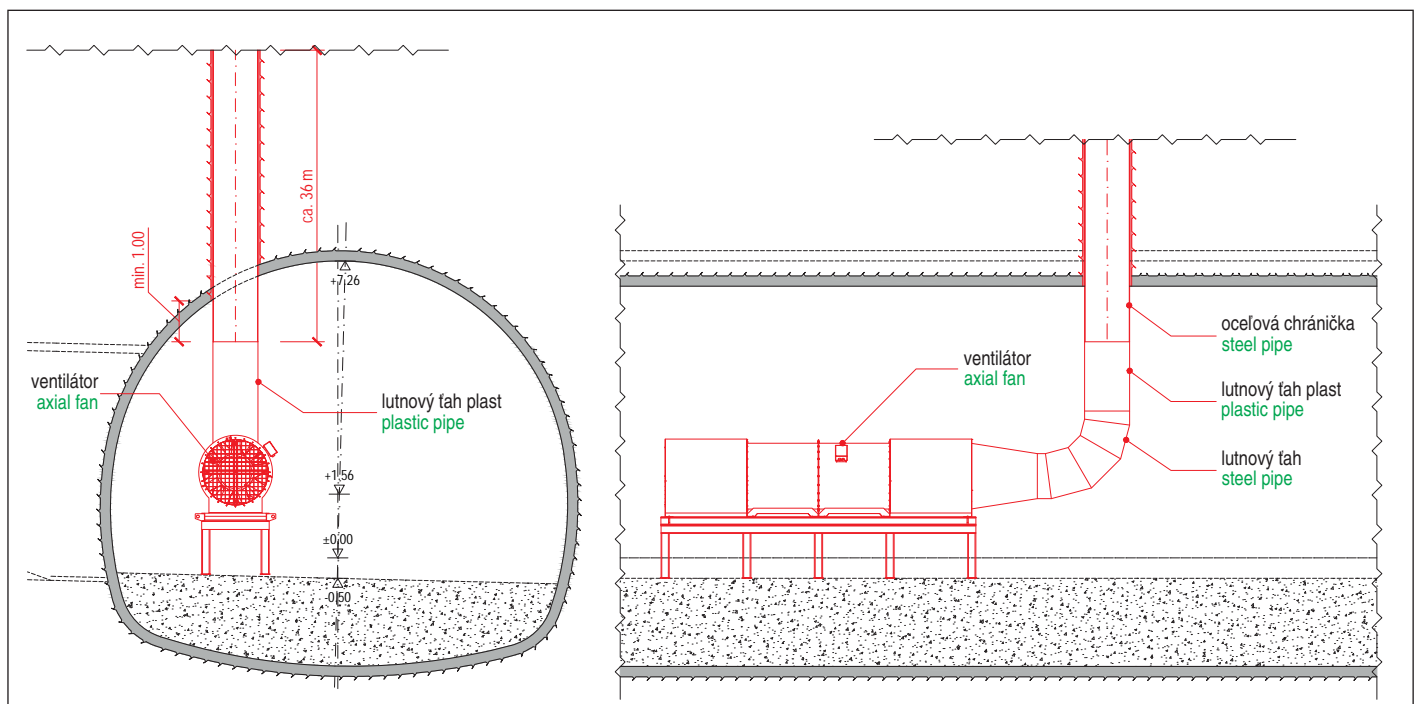
Toto riešenie si vyžiadalo aj úpravu razenia v danom úseku. Rozmery profilu boli zväčšené s použitím priehradových nosníkov z druhého stupňa nadvýšenia pre razenie pod mikropilótoým dáždikom. Na základe výsledkov statického výpočtu, bolo po odstránení vrtov potrebné zrealizovať druhú vrstvu primárneho ostenia, čím vzniklo „dvojplášťové“ primárne ostenie. Druhá vrstva

the secondary lining. Plaxis 2D and 3D calculation software were used to verify the primary lining. Verification of the secondary lining is processed in the programs Strap and Aténa 2D. The characteristics obtained using the back analysis were compared with the characteristics recommended in engineering geological investigation [4], [5].

By comparing the results of the back analysis for the sections with excessive deformations, a match was found with the characteristics recommended in the mentioned investigation for the types of rock mass DHM 3, DHM 5 and DHM 7/1 (for tectonic fault zones). The recalculation of the secondary lining of the emergency bay showed that the change in geotechnical parameters also increased the internal forces by approximately 16–22%. However, the assessment of the ultimate limit state and the serviceability limit state demonstrated the sufficient capacity of the reinforcement (reinforcement type 2) as designed in the DRS level of documentation. All described areas are marked in the longitudinal profile with the evaluated deformation vector for individual tunnel tubes in Fig. 7 and Fig. 8.

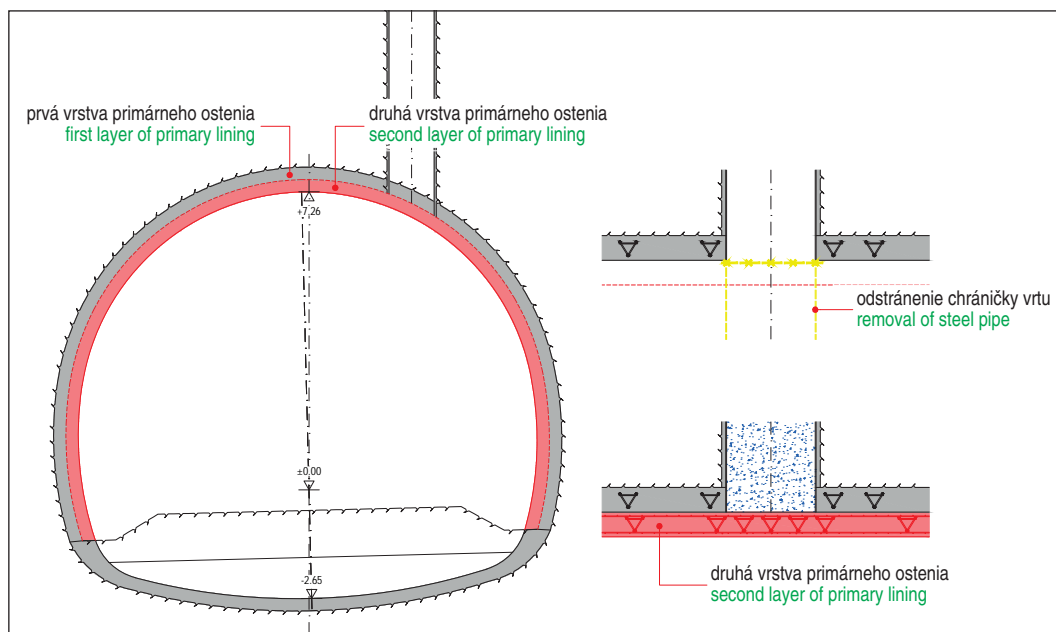
VENTILATION BOREHOLES

The modified schedule of the tunnel works required to start the secondary lining works at a time when not a single tunnel had been broken through. Excavation took place only from the eastern portal, which did not allow dismantling the lute and redirecting the ventilation. The height of the overburden in the subject area was over 40m, so the logical solution was ventilation using ventilation boreholes. The boreholes were designed approximately in TM 3426 in JTR or TM 3408 in STR. Drilling was carried out from the surface, in quaternary soils with a 1500mm diameter casing. Drilling in bedrock continued without the casing with a drilling diameter of 1360mm. In the last step, a steel pipe with a diameter of 1200mm was installed, towering over the ground by 1.5m. The space between the pipe and the borehole was filled with



Obr. 9 Napojenie na vetracie vrtvy
Fig. 9 Connection to ventilation boreholes

zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.



zdroj Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. source Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Obr. 10 Primárne ostenie v mieste vetracieho vrtu

Fig. 10 Primary lining at the location of the ventilation borehole

ostenia bola nadimenzovaná tak, aby preniesla zaťaženie od vyplneného vrtu. Dodatočné zabezpečenie pozostáva zo striekaného betónu hrúbky 30 cm vystuženého ocelovými sieťami, priehradových nosníkov a doplnujúcej prútovej výstuže (obr. 10).

ZÁVER

Projektovanie tunela Čebrať v upravenej trase prebieha od roku 2016, pričom aktuálne sa spracováva dokumentácia skutočnej realizácie stavby a manuály užívania. V novembri 2022 bola slávnostne prerazená južná tunelová rúra. Severná tunelová rúra bola úspešne prerazená o tri mesiace neskôr. Problémy, ktoré sa vyskytli počas razenia, poukazujú na to, že aj v „dobrej geológii“ sa nedá vyhnúť problematickým oblastiam. Takisto súbeh rôznych druhov prác si občas vyžiada alternatívne riešenia.

Vďaka patrí zhotoviteľom tunela (OHLA ŽS a.s., Slovenské tunely a.s.) ako aj zástupcom Združenia Čebrať (OHLA ŽS a.s., Váhovstav a.s.) za veľmi dobrú a bezpochyby úspešnú spoluprácu. Poďakovanie takisto patrí aj zástupcom investora a stavebného dozoru. V súčasnosti ešte prebiehajú v tunelových rúrach dokončovacie práce (vozovka, nátery, montáž technológie a i.).

Ing. PETER BÓNA,
peter.bona@baslerhofmann.sk,
Ing. ALEXANDRA JACKOVÁ,
alexandra.jackova@baslerhofmann.sk,
Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

Recenzoval / Reviewed by: Ing. Miloslav Frankovský

cement grout. Fig. 9 shows the connection of the fan located in the tunnel to the ventilation borehole.

This solution also required modification of the excavation in the given section. The dimensions of the cross section were increased by lattice girders installed in the increased roof space required for driving under the micropile umbrella. Based on the results of the static calculation, after the removal of the boreholes, it was necessary to install a second layer of primary lining, resulting in a “double-layer” primary lining. The second layer of lining was designed to carry the load of the filled borehole. The additional

lining support consists of 30cm thick sprayed concrete reinforced with steel mesh, lattice girders and additional reinforcement rebars (Fig. 10).

CONCLUSION

The design of the Čebrať tunnel along the modified route has been ongoing since 2016, while the as-built construction documentation and user manuals are currently being processed. In November 2022, the southern tunnel was ceremonially broken through. The northern tunnel tube was successfully broken through three months later. The problems encountered during the excavation show that even in “good geology” problem areas can be encountered. Also, the concurrence of different types of work sometimes requires alternative solutions.

Thanks go to the contractors of the tunnel (OHLA ŽS a.s., Slovenské tunely a.s.) as well as to the representatives of the Čebrať Joint Venture (OHLA ŽS a.s., Váhovstav a.s.) for a very good and undoubtedly successful cooperation. Thanks also go to the representatives of the investor and construction supervision. At the moment, finishing works are still underway in the tunnel tubes (road, coatings, installation of technology, etc.).

Ing. PETER BÓNA,
peter.bona@baslerhofmann.sk,
Ing. ALEXANDRA JACKOVÁ,
alexandra.jackova@baslerhofmann.sk,
Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Basler & Hofmann Slovakia. *Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, Tunel Čebrať, projektová dokumentácia objekt 401-00-06 (stupeň DUR, DSP, DRS)*. 2018–2021.
- [2] CAD-ECO a.s. *Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, severný variant trasy, Podrobný IGHP, časť B Projekt geologickej úlohy časť 1. 2/2016* (Spracovateľ Technického riešenia Basler & Hofmann Slovakia).
- [3] Prebiehajúci geotechnický monitoring tunela Čebrať, EDGE Investment a.s.
- [4] CAD-ECO a.s. *Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa, Podrobný IGHP – časť A*. 06/2017.
- [5] CAD-ECO a.s. *Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa, variant V2, Podrobný IGHP*. 11/2017.