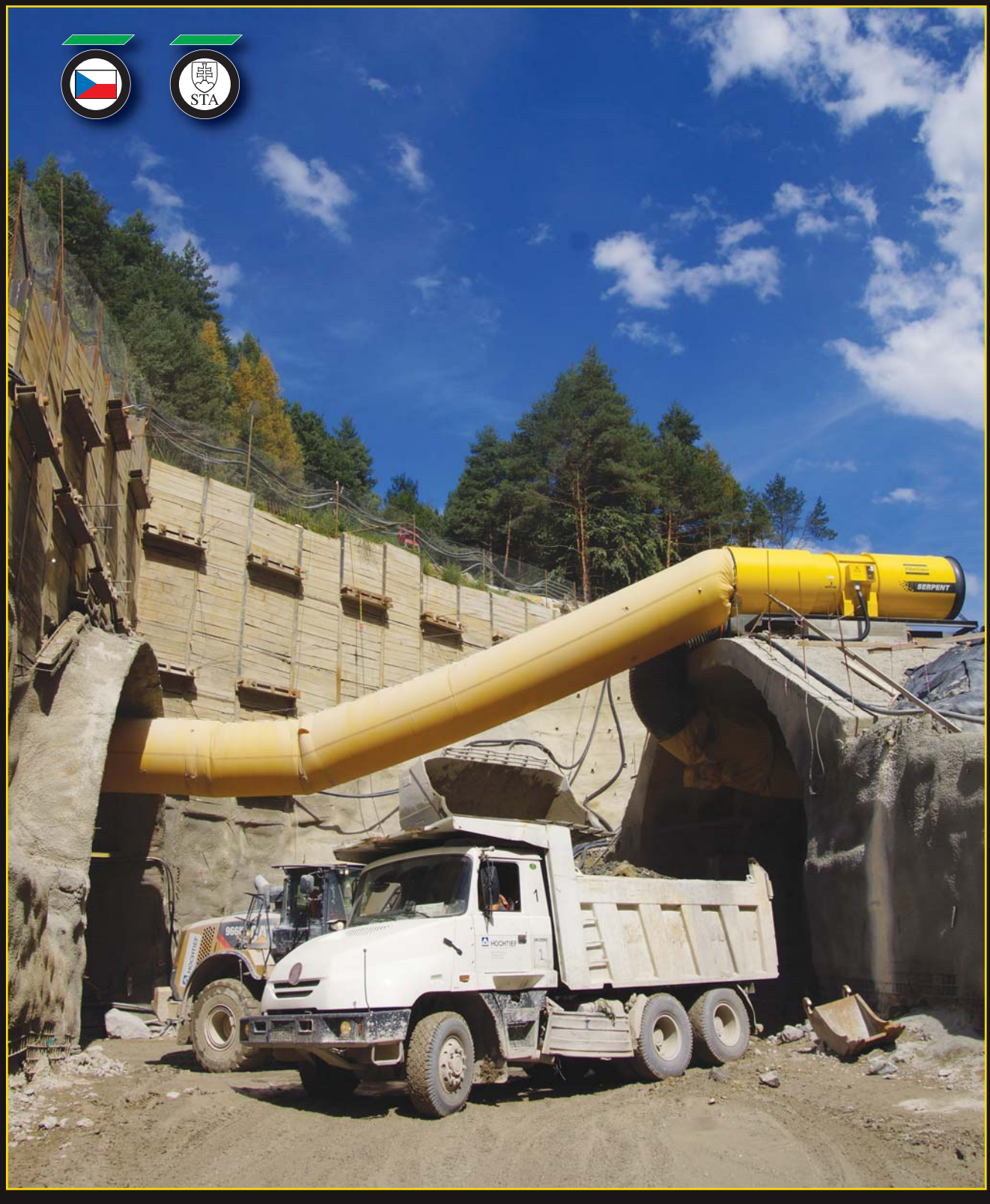
Tunel

č. 3
2015

ČASOPIS ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES



TECHNOLÓGIA, POSTUP A ŠPECIFIKÁ RAZENIA TUNELA POVAŽSKÝ CHLMEC

TECHNOLOGY, PROCEDURE AND SPECIFICS OF THE POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL EXCAVATION

ANTON PETKO, VÍT PASTRŇÁK

ABSTRAKT

Razenie tunela Novou rakúskou tunelovou metódou v podmienkach flyšových hornín nie je nič výnimočné. Dvojrúrový diaľničný tunel Považský Chlmec dlhý 2,2 km má však stanovené veľmi prísne termíny a míľniky. Zvláštnosťou je to, že okrem vstupných portálov na jeho koncoch je sprístupnený aj ďalšími portálmi situovanými v strednej časti jeho trasy. Umožňuje to terénna depresia, v ktorej sa tunel na tomto úseku buduje v otvorenom výkope. Na jednej strane to z hľadiska razenia komplikuje postup (nízke nadložie, ťažšie triedy), na strane druhej to dáva možnosť na razenie z ďalších portálov. Článok opisuje spôsob, ako sa s tým zhotoviteľ zamýšľa vyrovnať, a zároveň opisuje technológiu razenia, nasadenie kapacít a organizáciu razieb samotných. Tunel je aktuálne razený šiestimi čelbami pomocou zvýšeného nasadenia kapacít. Toto robí výstavbu tunela Považský Chlmec výnimočnou.

ABSTRACT

Driving tunnels using the New Austrian Tunnelling Method in conditions formed by flysch-type grounds is nothing exceptional. On the other hand, the conditions and milestones set for the 2.2km long twin-tube Považský Chlmec tunnel are very stringent. The rarity of this tunnel excavation is that the tunnel is made accessible not only through portals at its ends, but also through other portals located in the middle of its route. It is possible owing to a terrain depression; the tunnel is built in an open cut in this section. On the one hand, it complicates the procedure in terms of the excavation (low overburden, more difficult excavation support classes); on the other hand, it offers the opportunity to excavate the tunnel from other portals. The paper describes the procedure the contractor is going to cope with it. At the same time, it describes the excavation technology, the deployment of capacities and organisation of the excavation itself. The tunnel is currently being driven on six headings applying the increased deployment of capacities. This fact is the reason why the Považský Chlmec construction is exceptional.

ÚVOD

Na Slovensku je v súčasnosti vo výstavbe osem tunelových stavieb na úsekoch diaľničnej siete. V čase prípravy článku sa v týchto tuneloch razilo na osemnástich čelbách. Z tohto počtu je šesť čelieb na tuneli Považský Chlmec. Toto je neobvyklý rozsah v oblasti simultanne prebiehajúcej tunelovej výstavby, ktorý Slovensko doteraz nezaznamenalo a z ktorého vyplýva potreba obrovského nasadenia strojných a personálnych kapacít.

Tunel Považský Chlmec je súčasťou stavby D3 Žilina (Strážov) – (Žilina – Brodno), ktorá je situovaná na severozápade Žiliny a tvorí spojnicu súčasného úseku D3 a komunikácie 1/11 smerom na Kysucké Nové Mesto. Bude slúžiť na prevedenie tranzitnej dopravy mimo mesta Žilina v rámci severo-južného dopravného koridoru. Úsek je dlhý 4,25 km a pozostáva z estakády ponad vodné dielo Hričov (1471 m dĺžky), z tunela Považský Chlmec, mosta cez rieku Kysuca a z napojenia na súčasnú komunikáciu 1/11. Zhotoviteľom je Združenie D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), ktorého členmi sú EUROVIA SK, a. s., HOCHTIEF CZ a. s. a STAVBY MOSTOV SLOVAKIA, a. s. Zhotoviteľom tunela je HOCHTIEF CZ a. s. Podľa harmonogramu vyplývajúceho z termínov daných objednávateľom má byť tunel vyrazený za štrnásť mesiacov a vozovka v ňom má byť hotová v termíne 23 mesiacov od začiatku razenia.

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O TUNELI

- lehota výstavby: 1095 dní – ukončenie: 30. 6. 2017;
- dĺžka tunelov – severná tunelová rúra 2252 m, južná tunelová rúra 2189,40 m;
- plocha hrubého výlomu tunelovej rúry: 83,1–112,02 m^2 (podľa geológie a vystrojovacej triedy);

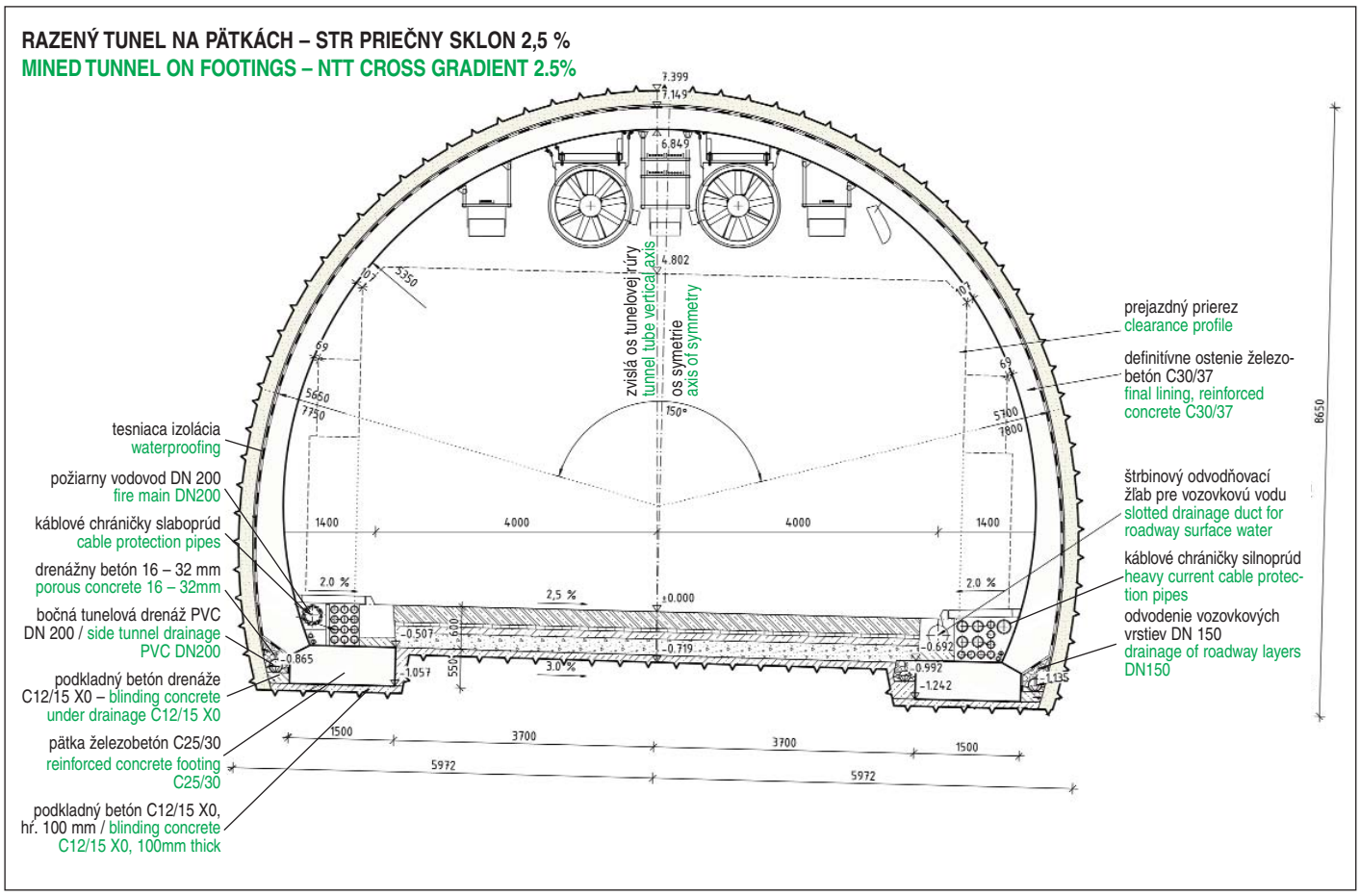
INTRODUCTION

Eight tunnel construction projects are currently underway in Slovakia on the motorway network sections. Eighteen headings were worked on at the moment of the preparation of this paper. Of this number, six headings are on the Považský Chlmec tunnel. This extent is unusual in the area of simultaneously running tunnel construction, which has not been recorded in Slovakia till now. The necessity for immense deployment of mechanical and personnel capacities follows from it.

The Považský Chlmec tunnel is part of the D3 Žilina (Strážov) – (Žilina – Brodno) construction lot, which is located south-west of Žilina and forms a link between the existing section of the D3 motorway and the 1/11 road heading toward Kysucké Nové Mesto. It will be used for the diversion of transit transport outside the town of Žilina within the framework of the north-southern transport corridor. The 4.25km long section comprises a 1471m long viaduct over the Hričov hydropower scheme, the Považský Chlmec tunnel, a bridge over the Kisuca River and the connection to the existing 1/11road. The contractor is the Združenie D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) consortium, the members of which are EUROVIA SK, a. s., HOCHTIEF CZ a. s. and STAVBY MOSTOV SLOVAKIA, a. s. The contractor for the tunnel is HOCHTIEF CZ a. s. According to the works schedule following from the deadlines set by the project owner, the tunnel excavation is to be completed in fourteen months and the roadway in it is to be finished in 23 months from the beginning of the excavation.

BASIC INFORMATION ON THE TUNNEL

- construction duration: 1095 days –completion: 30/06/2017;



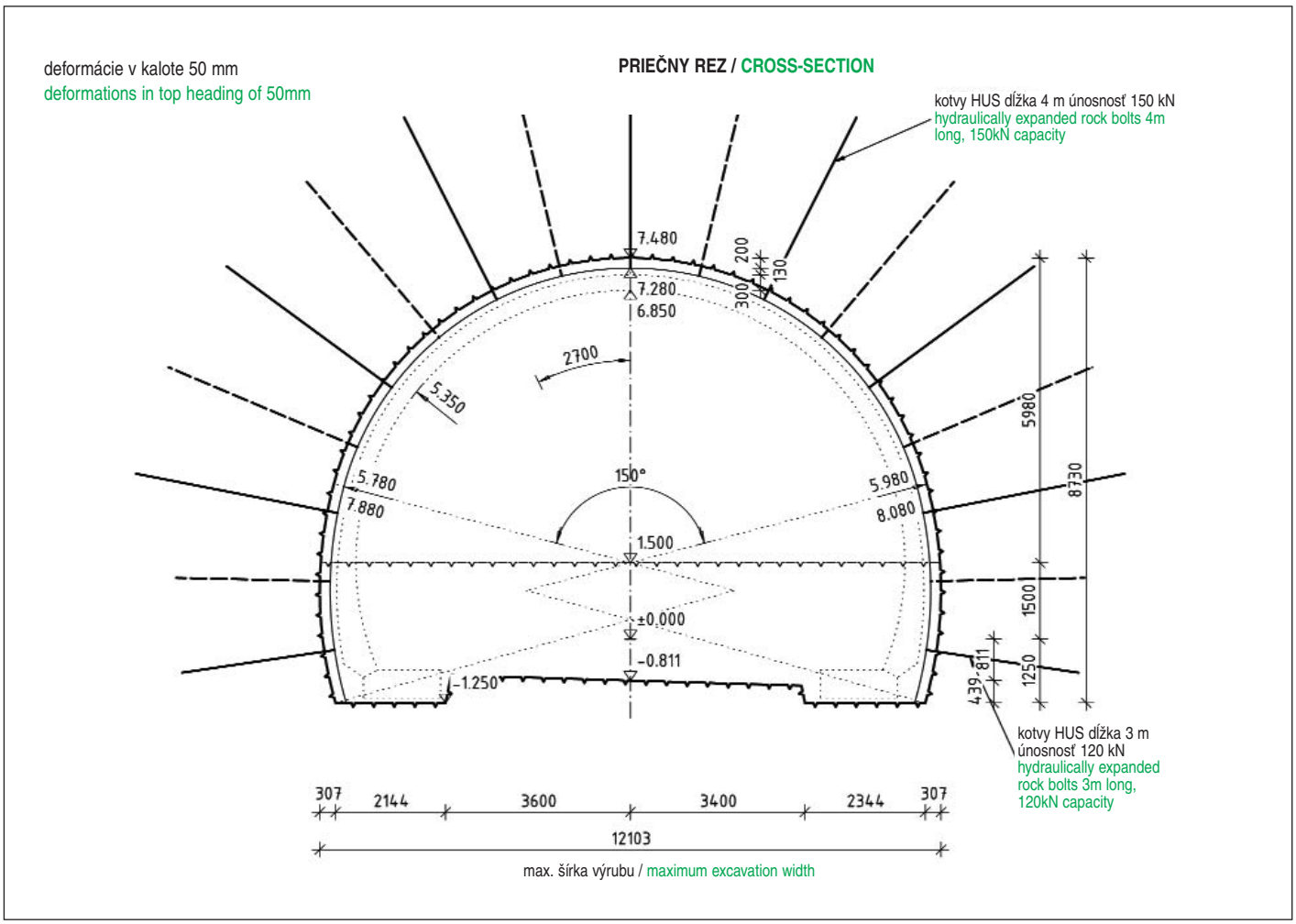
Obr. 1 Vzorový priečny rez tunelom
Fig. 1 Typical cross-section through the tunnel

- tunel je razený vo flyšových súvrstviach tvorených prevažne ílovcami, pieskovcami a polymiktnými zlepencami;
- šírkové usporiadanie – kategória tunela 2T – 8,0 podľa STN 73 7507 r. 2008 – dva jazdné pruhy, šírka medzi obrubníkmi je 8 m (obr. 1);
- tunel bude mať dva núdzové zálivy a osem priečnych prepojení;
- vetranie tunela bude pozdĺžne, zabezpečené prúdovými ventilátormi;
- tunel je razený NRTM (obr. 2) – cyklickým razením s rozpojovaním vrtno-trhacími prácami, z dôvodu krátkeho času výstavby na taký náročný projekt je razený až šiestimi čelbami súčasne;
- zhotoviteľ využil na tento účel priestor stredového portálu – depresie terénu, kde je tunel podľa zadávacej dokumentácie v úseku cca 40 m budovaný v otvorenom výkope a z toho priestoru sa razí naraz štyrmi čelbami, ďalšie dve čelby sú razené zo západného portálu, pričom neskôr sa bude raziť aj z východného portálu;
- špecifikom tohto projektu je nasadenie veľkého množstva kapacít počas razenia.

HLAVNÁ VÝZVA PROJEKTU

Hlavnou výzvou projektu je popri nájdení optimálneho technického riešenia v rámci žltého FIDICU splnenie harmonogramu stavby. Každá stavba vždy bojuje s termínom, ale tu bolo už od začiatku zrejmé, že to bude mimoriadne zložitá úloha. Celkový čas výstavby je plánovaný na 36 mesiacov. V tejto časovej lehote sa musí stavba vyprojektovať, prerokovať nové stavebné povolenie, vybudovať portály, vybudovať tunel, osadiť ho technológiou a sprevádzkovať. Pre zjednodušenie je možné uviesť, že na počia-

- lengths of tunnel tubes – the northern tube 2252m, the southern tube 2189.40m;
- the excavated cross-sectional area of the tunnel tube: 83.1–112.02m^2 (depending on geology and the excavation support class);
- the tunnel is driven through flysch series of layers formed mainly by claystone, sandstone and polymict conglomerates;
- the tunnel roadway configuration – tunnel category 2T – 8.0 according to STN 73 7507 standard from 2008 – two traffic lanes, kerb-to-kerb width of 8m (see Fig. 1);
- there will be two emergency lay-bys and eight cross passages in the tunnel;
- the axial ventilation in the tunnel will be provided by jet fans;
- the tunnel is driven using the the NATM (see Fig. 2) – cyclical excavation with the drill-and-blast technique applied to the disintegration; with respect to the construction time short for such a demanding project, the tunnel is driven at up to six headings simultaneously;
- the contractor used the space of the central portal (the terrain depression) where, according to the tender documentation, the tunnel is built in a ca 40m long section in an open trench; the tunnel is driven from this section on both sides, working on four headings concurrently; other two headings are underway from the western portal; the excavation from the eastern portal will start later;
- a specific feature of this project is the deployment of a large amount of capacities during the process of excavation.



Obr. 2 Najviac zastúpená vystrojovacia trieda NRTM 5.1, dĺžka záberu max. 1,7 m
Fig. 2 The most frequently represented NATM excavation support class 5.1; excavation advance cycle length maximum of 1.7m

točnú prípravu projektu portálov a ražieb vrátane získania nového stavebného povolenia a na vybudovanie portálov je k dispozícii 6 mesiacov. Nasleduje razenie, na ktoré je vyhradených 14 mesiacov. Potom prebehne betonáž definitívneho ostenia v trvání 1 rok a zostáva 9 mesiacov na dokončovacie práce, betonáž vozovky, náter tunela a montáž technológie. Paralelne s tým sa musí zhotoviť mostná konštrukcia nadväzujúca na tunel na oboch jeho koncoch. Všetko sú to relatívne náročné úlohy. Zložité sú najmä príprava projektovej dokumentácie a zaistenie nových stavebných povolení v takom krátkom čase. Kľúčom na splnenie plánovaného času výstavby je však razenie tunela. Tu je možné organizáciou práce najviac času získať, ale i stratiť.

Je potrebné vyraziť za 14 mesiacov 4,3 km tunelov. To znamená priemerný postup 310 m kompletne vyrazeného tunela (vrátane zálivov, prepojení a profilácie) mesačne. Také tempo razenia zodpovedá skôr plánom s použitím TBM. Aby to bolo možné dosiahnuť metódou NRTM, je nutné maximalizovať počet čelieb. V tomto prípade bolo zvoleno namiesto obvyklých štyroch čelieb súčasné razenie na 6 čelbách. Priemerné tempo razenia je stanovené na 1,7 m vyrazeného tunela denne na každú čelbu.

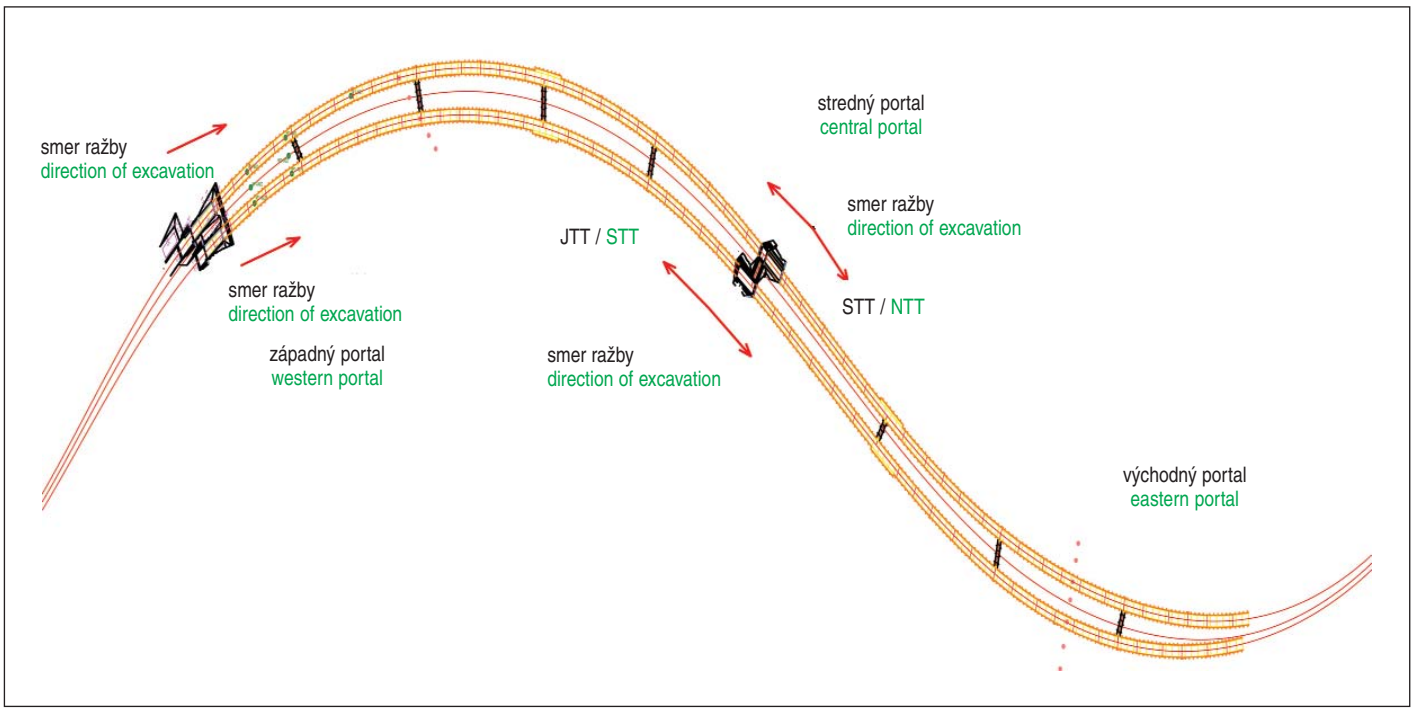
ORGANIZÁCIA VÝSTAVBY

Prvé dve čelby sú razené zo západného portálu, kde sa buduje severná a južná tunelová rúra smerom na východ. Ďalšie štyri čelby sú, odlišne od pôvodného riešenia investora, razené zo strednej hĺbenej časti tunela (obr. 3). Tu mala pôvodne najmä z priestorových dôvodov prebiehať iba betonáž tunela v otvorenej jame, razenie tu prebiehať nemalo. Zo stredovej jamy sa razí súčasne v severnom a južnom tuneli západným i východným smerom.

THE MAIN PROJECT CHALLENGE

The main challenge of the project, apart from finding an optimum technical solution within the framework of the FIDIC yellow book, is meeting the works schedule. Each project always fights the completion deadline, but in this case it was clear from the beginning that it will be an exceptionally difficult task. The total construction period is planned for 36 months. In this term, the construction has to be designed, a new building permit has to be negotiated, portals have to be built, the tunnel has to be constructed, the equipment has to be installed and the tunnel has to be put into operation. For simplification it is possible to say that 6 months are available for the initial preparation of the design for the portals and excavation, obtaining the building permit and constructing the portals. The tunnel excavation, for which 14 months are assigned, follows. The final concrete lining will be constructed during 1 year, and 9 months will remain for finishing works, casting of the roadway concrete, tunnel coatings and installation of equipment. The bridge structures connecting to the tunnel at both of its ends have to be carried out in parallel. All of these tasks are demanding by themselves. The most difficult tasks are the preparation of the design documents and securing new building permits during such the short time. Anyway, the tunnel excavation is the key for meeting the planned construction deadline. By its organisation it is possible either to gain or to lose most of the time.

It is necessary to excavate 4.3km of tunnels during 14 months. It means the average monthly advance rate of 310m



Obr. 3 Schéma organizácie razenia tunela Považský Chlmec
Fig. 3 Považský Chlmec tunnel excavation organisation chart

Po prerazení severného a južného tunela zo západu a stredu bude kapacita zo západného portálu presunutá na východný portál a bude sa tu raziť východným smerom oproti postupujúcemu razeniu zo stredového portálu východným smerom. Dĺžka úseku razeného tunela od stredového portálu na západný portál je 1199 m a na východný portál 1025 m.

Na prvý pohľad to vyzerá ako jednoduché riešenie. Pokiaľ je málo času, použije sa väčší počet ľudí a strojov, aby bola úloha zvládnuta. Je však nutné si uvedomiť, že to znamená značnú koncentráciu kapacít na malom území a to prináša nemalé problémy.

Po prvé je potrebné zaistiť na relatívne krátky čas značný počet robotníkov. Na šesť čelieb razených v nepretržitej prevádzke to znamená mať podľa plánu celkovo 200 robotníkov – razičov, strelmajstrov, banských elektrikárov a mechanikov. Bohužiaľ, negatívne sa prejavuje fakt, že v okolí Žiliny je vo výstavbe 7 tunelov a je v chode razenie na 12 ďalších čelbách. Profesia tunelového robotníka či strojníka je v dnešnej dobe vysoko špecializovaná a počet kvalifikovaných zamestnancov zo Slovenska či Česka, ktorí sú k dispozícii, začína byť už vyčerpaný. K tomu takisto prispieva i súčasný tunelový boom v nemecky hovoriacich krajinách a v Škandinávii, ktorá významnú časť tuzemských kapacít odčerpáva. Zárobky zo zahraničia sú stále výrazne vyššie než na tuzemských stavbách a nie je ľahké tuzemské kapacity vrátiť späť domov.

Obdobný problém je i so zaistením techniky. Je potrebné nasadiť päť až šesť vŕtacích vozov, striekacích strojov, tunelových bagrov a ďalšiu potrebnú techniku. Na jednej stavbe súčasne, ale iba relatívne krátko. Sú to všetko stroje, ktoré sa síce bežne vyskytujú, ale nikdy v takej koncentrácii na jednej malej stavbe v jednom čase. Väčšina existujúcich kapacít materského koncernu a našich partnerov je nasadená na prebiehajúcich zákazkách. Preto sa mnoho strojov muselo pre túto akciu kúpiť či prenajať. Prenajímané mechanizmy sa zbierali doslova z celého sveta. Sú tu i stroje požičané zo Spojených štátov amerických či z Thajska. Zaistenie techniky a personálu bol od prípravárov stavby heroický výkon.

Posledným z hlavných obmedzení, ktoré vzniklo v dôsledku krátkeho času výstavby, je priestor. Stavba je situovaná na okraji Žiliny, nie v jej centre. Mohlo by sa teda zdať, že s priestorom

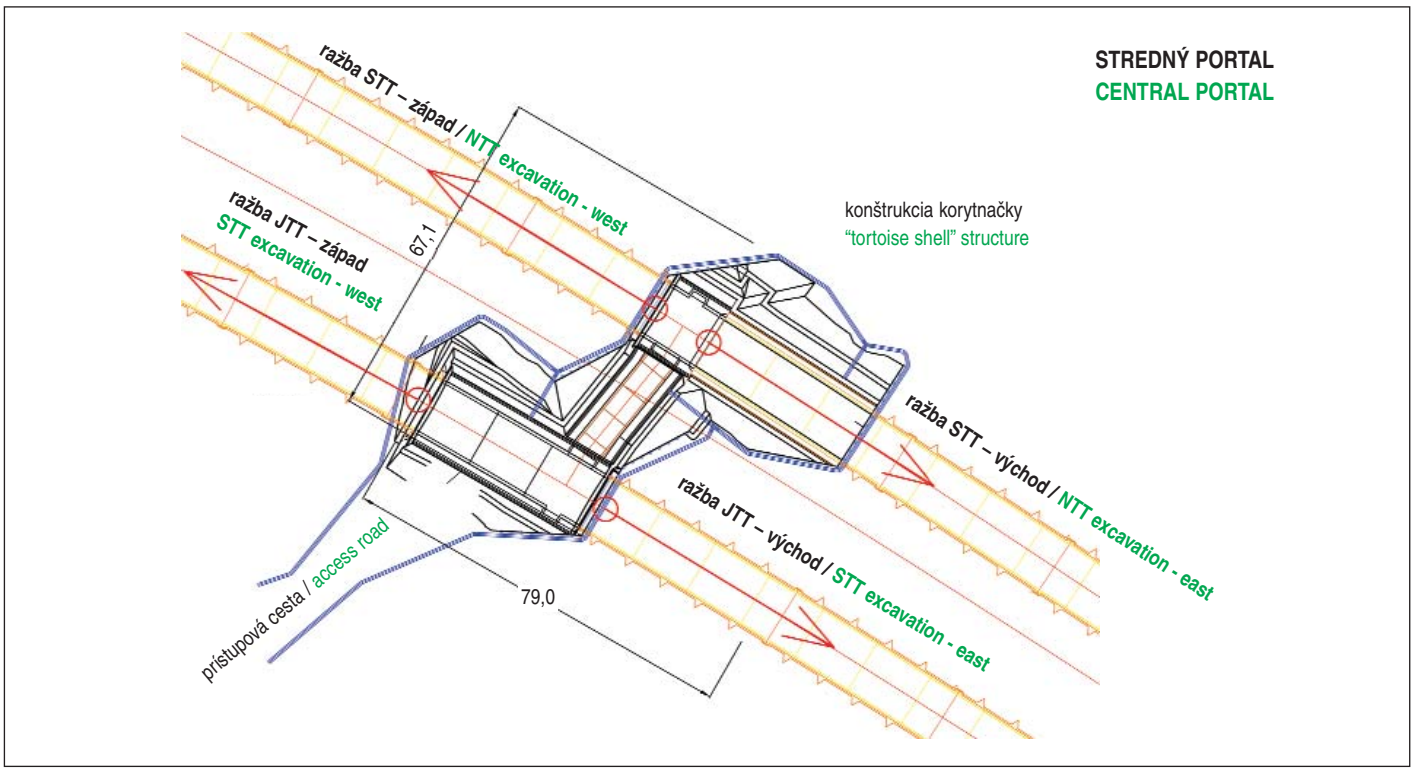
of the complete excavation of the tunnel (including lay-bys, cross passages and profiling). Such the advance rate rather corresponds to plans for the excavation using TBMs. If it is to be viable when the NATM is used, it is necessary to maximise the number of headings. In our case, we chose concurrent excavation at 6 headings instead of customary four. The average advance rate is determined at 1.7m of the excavated tunnel per day.

CONSTRUCTION ORGANISATION

The initial two headings proceed from the western portal, from which the northern and eastern tunnel tubes are being driven toward the east. Other four headings, in contrast with the original solution, proceed from the central cut-and-cover part of the tunnel (see Fig. 3). In this part, only the casting of concrete for the tunnel tubes was to be carried out, first of all for spatial reasons, and the tunnel was not to be driven from this point. The excavation proceeds concurrently in both the northern and southern tunnel tube, both in the western and eastern directions. After the completion of the excavation of the northern and southern tunnel tubes from the west and the centre, the capacity will be moved from the western portal to the eastern portal and the excavation will proceed from this location west, opposite the headings from the central portal. The sections driven from the central portal to the western portal and the eastern portal are 1199m and 1025m long, respectively.

It seems at first sight as a simple solution. If we lack time, we will use a greater number of workers and machines to cope with the task. It is however necessary to realise that it means a significant concentration of capacities in a small area, which brings not negligible problems.

First it is necessary to provide a significant number of workers for a relatively short time. It means to have 200 workers – miners, shotfirers, mine electricians and mechanists to be available for six headings, working around the clock. Unfortunately, the fact that there are 7 tunnels under construction in the Žilina surroundings and 12 other headings are



Obr. 4 Situácia stredovej jamy
Fig. 4 Central construction pit layout

nebude na stavbe problém. Bohužiaľ, pre zhotoviteľa je opak pravdou. Pôvodné technické riešenie investora nepočítalo s takým nasadením kapacít a tomu zodpovedajú i priestory pre stavbu vyhradené. Zhotovitel sa, samozrejme, snažil zaistiť i ďalšie plochy pre zariadenie staveniska, ale konfigurácia terénu a okolitej zástavby značne limituje a rozlohy zariadenia stavenísk sa príliš zväčšovať nedajú. Najväčší problém to prináša v oblasti stredovej jamy (obr. 4). Tu sú v prevádzke štyri čelby. Pokiaľ z tunela vyjde všetka technika, zariadenie staveniska vyzerá ako parkovisko, ale už sa tam nedá nič robiť. Stroje sa tam skrátka nevojdú. Preto je nevyhnutné všetky operácie spojené s plánovanou údržbou strojov starostlivo plánovať a všetko, čo je možné vykonávať priamo v stredovej jame alebo v tuneloch. Západný a najmä východný portál je zas limitovaný mostmi, ktoré bezprostredne nadväzujú na tunel. Medzi razeným portálom na východe a západe a oporou východných a západných mostov je priestor široký iba 10 až 20 m. Miesta pre zázemie razieb je tu minimum a takisto je nutné koordinovať jeho využitie a stavebnú činnosť v predportálí s kolegami v združení, ktorí ich potrebujú na výstavbu mostov.



Obr. 5 Vŕtací voz Atlas – Copco Rocket Boomer E2C
Fig. 5 Atlas – Copco Rocket Boomer E2C drill rig

being worked on, manifests itself negatively. The profession of a mine worker or mechanist is today highly specialised and the number of qualified employees from Slovakia or Czechia who are available begins to be exhausted. The current tunnelling boom in German-speaking countries and in Skandinavia, which drains a significant portion of domestic capacities, contributes to it. Earnings from abroad are still much higher than earnings from domestic construction sites and it is not easy to return domestic capacities back home.

A similar problem also concerns procuring construction equipment. It is necessary to employ five to six thousand drilling sets, spraying machines, tunnel excavators and other required equipment. On one construction site concurrently, but only for a relatively short time. On the one hand, all of these machines are commonly present on construction sites, but never in such the concentration on one site at one time. The majority of existing capacities of the mother concern and our partners have been deployed on ongoing contracts. For that reason we had to purchase or hire many of the machines for this project. We collected machines for hiring literally from the whole world. We have hired machines even from the United States or Thailand. Providing the equipment and personnel was a heroic performance of our work preparation staff.

The last of the main limitations which originated as a result of the short time available for the construction is the space. The construction is located at the edge of Žilina, not in its centre. It could therefore seem that there will be no problem with space. Unfortunately, the opposite is true. The original technical solution did not take into account the deployment of so extensive capacities and the necessity for corresponding spaces to be assigned for the construction. Of course, we tried to find even other areas for construction site equipment, but the configuration of terrain and buildings in the surroundings significantly limits us and the sizes of construction sites cannot be expanded too much. The greatest

V súčasnosti je dokončený západný portál a stredová jama. Prebieha plánované razenie na dvoch čelbách zo západu a na štyroch čelbách zo stredového portálu. Takisto na západnom portáli prebieha v bezprostrednej blízkosti portálov výstavba opory mosta. Východný portál je teraz vo výstavbe súčasne so stavbou priľahlej opory a prístupovej cesty.

TECHNOLÓGIA RAZENIA

Razenie a primárne ostenie

Razenie oboch tunelových rúr prebieha podľa zásad NRTM. Čelba je delená na kalotu, jadro, prípadne protiklenbu.

Na rozpojovanie horniny sú použité prevažne (90 %) vrtnotrhacie práce. Ostatný podiel tvorí mechanické rozpojovanie tunelovým bagrom Liebherr 944 Litronic, resp. CAT 328D LCR.

Na vŕtanie vývrtov (obr. 5) sa používajú dvojlafetové vŕtacie vozy Atlas – Copco Rocket Boomer E2C, vybavené laserovým navádzaním, počítačom (obr. 6) a plošinou na nabíjanie, resp. vŕtacie vozy TAMROCK AXERA. Nabíjanie vývrtov je manuálne, používa sa neelektrický roznet rozbuškami NITRONEL QS a trhaviny ERGODYN 30E a EMULINIT. V úvodných fázach razby boli trhacie práce obmedzené kvôli seizmickým účinkom na vodovodné potrubie priemeru 800 mm pri stredovom portáli, ktoré čelby v smere na západ podchádzali vo vzdialenosti len 2 m od stropu kaloty. Seizmický monitoring pri trhacích prácach prebiehal kontinuálne. Priamo na potrubí sú namontované seizmografy nad každou tunelovou rúrou a hodnoty seizmických účinkov sú oznamované SMS správami na mobilné telefóny zodpovedných pracovníkov.

Odťaženie je realizované čelnými kolesovými nakladačmi CAT 966 K do dumprov CAT 730, ktoré rozpojenú horninu vyvážajú na depóniu. Čelba sa po trhacích prácach začisťuje (obtŕha) od uvoľnených kusov horniny tunelovým bagrom Liebherr 944 Litronic, resp. CAT 328D LCR. Po rozpojení a odťažení nasleduje vždy fáza vystužovania, resp. budovania primárneho ostenia. Striekaný betón je na tejto stavbe aplikovaný pomocou striekacích zariadení MEYCO Potenza s teoretickým výkonom 30 m^3 striekaného betónu/hod. s použitím bezalkalického urýchľovača tuhnutia BASF Masterrock 183. Trieda betónu primárneho ostenia je C 25/30. Súčasťou primárneho ostenia sú priehradové nosníky typu ARCUS, KARI siete a hydraulicky upínateľné svorníky HUS dĺžky 3 až 6 m, resp. IBO alebo SN kotvy.

Čelba pri razení je delená na kalotu a stupeň. Priemerný denný postup razenia na jednu čelbu je zatiaľ 2,5 m/24 hod. a je poznačený začiatkami prác, horšími horninovými pomermi v priportálových úsekoch, obmedzením trhacích prác a prehlbovaním stredovej jamy na úroveň stupňa tunela za súčasného razenia kalot v jednotlivých rúrach. Razenie a výstavba tunela a jemu prislúchajúcich objektov prebieha v režime nepretržitej prevádzky – 7 dní v týždni 24 hodín denne.

KAPACITY NA PROJEKTE

Ako už bolo spomenuté vyššie, pozoruhodné je nasadenie strojových kapacít a pracovníkov na tomto tuneli. V čase prípravy článku sa na razení tunela a príprave podieľalo 37 technických pracovníkov, 136 pracovníkov na obsluhu tunelovej techniky a tunelárov, subdodávatelia na geodetické merania, trhacie práce a geotechnický monitoring.

Tunelové stroje nasadené na razenie:

- 5 dvojlafetových vŕtacích vozov (3x Atlas Copco Boomer E2C a 2x Tamrock Axerra);
- 5 kolesových čelných nakladačov (2x CAT 966 K, 2x KOMATSU WA470, 1x CAT 944);
- 6 tunelbagrov (4x LIEBHER 944 a 2x CAT 328D LCR);

problem exists in the area of the central construction pit (see Fig. 4). There are four headings in operation in this area. When all equipment emerges from the tunnel, the construction site looks as a parking lot, but it is no more possible to work there. The machines simply do not fit there. It is therefore necessary to carefully plan all operations associated with the planned maintenance of machines and all that is possible to carry out directly in the central pit or the tunnels. In addition, the western and mainly the eastern portals are limited by bridges immediately connecting the tunnel. The distance between the mined portals in the east and west and the abutments of the eastern and western bridges lies somewhere between ten and twenty metres. The spaces for the tunnelling hinterland are minimum and, in addition, it is necessary to coordinate their use and construction activities in the pre-portal area with colleagues in the consortium, who need them for the construction of bridges.

At the moment, the western portal and the central construction pit are finished. The planned excavation is underway at two headings from the west and four headings from the central portal. The construction of the bridge abutment in the immediate vicinity of the portals used for the tunnel excavation is also underway at the western portal. The eastern portal is now under construction concurrently with the construction of the adjacent abutment and an access road.

TUNNELLING TECHNOLOGY

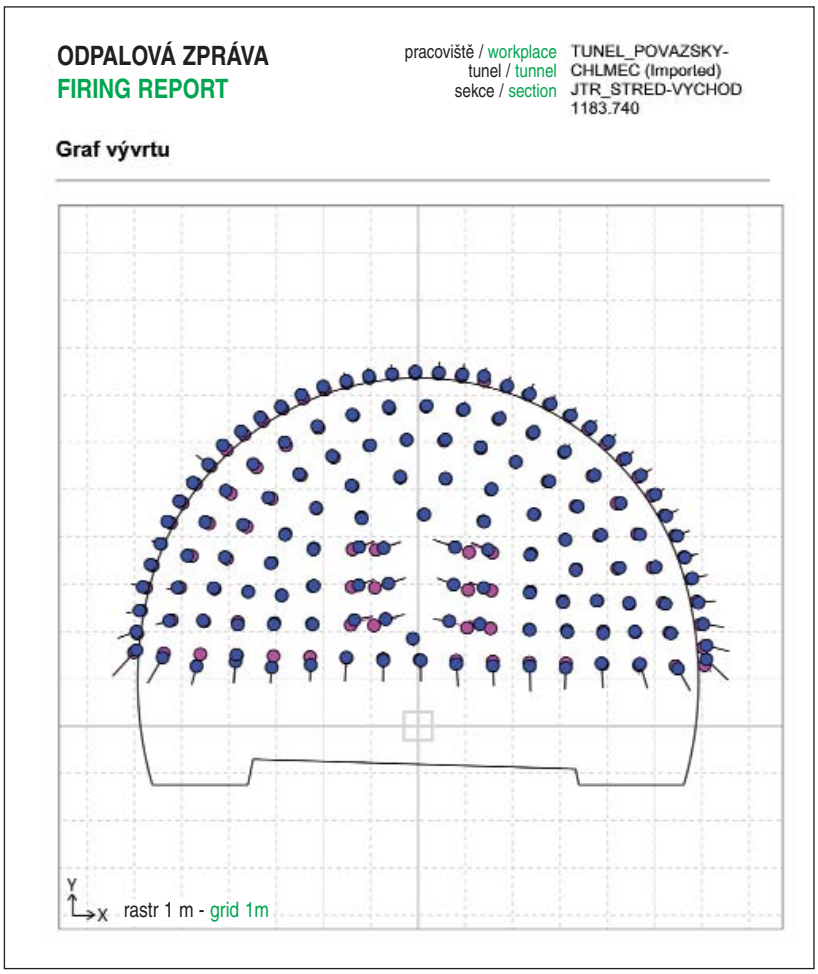
Excavation and primary lining

Both tunnel tubes are being driven according to the principles of the NATM. The excavation sequence is divided into top heading, bench and, as the case may be, invert.

Rock is mostly (90%) disintegrated using the drill-and-blast technique. The remaining proportion is formed by mechanical disintegration using Liebherr 944 Litronic, respectively CAT 328D LCR tunnel excavators.

Twin-boom Atlas – Copco Rocket Boomer E2C drill rigs, equipped with a laser guidance system, computer (see Fig. 6) and a lifting platform for charging blast holes, or TAMROCK AXERA drilling rigs are used for drilling the holes (see Fig. 5). Blast holes are charged manually; non-electric firing using NITRONEL QS detonators and ERGODYN 30E and EMULINIT explosives is used. At the initial excavation stages, blasting was restricted because of seismic effects on an 800mm-diameter water pipeline at the central portal, which was passed under by the west-leading headings at the distance of a mere 2m from the top heading crown. The seismic monitoring during the blasting operations proceeded continually. Seismographs are installed on the pipeline above each tunnel tube and the values of seismic effects are announced through SMS reports to mobile telephones of responsible employees.

Muck is loaded by CAT 966K wheeled front end loaders on CAT 730 dumpers, which transport the disintegrated rock to the stockpile. After blasting, the excavation face is scaled by Liebherr 944 Litronic, respectively CAT 328D LCR tunnel excavator. After the disintegration of rock and removal of muck, the stage of the installation of the excavation support, or the construction of the primary lining follows. Shotcrete is applied on this construction site by means of MEYCO Potenza spraying machines with the theoretical output of 30m^3 of shotcrete per hour, using BASF Masterrock 183alkali-free setting accelerator. The grade of the primary lining concrete is C 25/30. Parts of the primary lining are ARCUS



Obr. 6 Protokol odvŕtanej čelby z počítača vŕtacieho vozu
Fig. 6 Excavation face drilling protocol from a drill rig computer

- 5 striekacích súprav MEYCO POTENZA;
- 6 dumprov (4x CAT 730 a 2x KOMATSU HM 300);
- 2 dvojramenné plošiny Normet;
- 1 jednoramenná plošina Normet;
- 3 manipulátory MANITOU MRT1635.

ZÁVER

Dovolíme si tvrdiť, že takýto rozsah raziacich kapacít nie je nasadený na žiadnom inom tunelovom projekte tak na Slovensku, ako aj v Čechách, a ich zabezpečenie súčasného rozmachu výstavby tunelov na Slovensku vôbec nebolo jednoduché.

Zvyčajne je po rozbehnutí razenia pre zhotoviteľa obdobie a čas na optimalizáciu razenia a dosiahnutia plánovaných postupov, ale na organizáciu a prípravu je menej náročné. Na tomto projekte je však nutné už teraz plánovať a zabezpečovať betonáž sekundárneho ostenia. V čase vydania tohto čísla by mal byť úsek od stredového portálu po západný portál už prerazený a mali by začínať prvé betonáže.

Ing. ANTON PETKO, Ing. VÍT PASTRŇÁK,
HOCHTIEF CZ a. s., Žilina

Recenzovali: Ing. Pavel Polák, Ing. Viktoria Chomová

lattice girders, KARI welded mesh and hydraulically expanded rock bolts 3 to 6m long, respectively IBO or SN anchors.

The excavation sequence consists of top heading and bench. The average daily advance rate at one heading has still been 2.5m/24h. It has been affected by initial problems of the excavation, worse ground conditions in the portal sections, restrictions on blasting operations and deepening of the central pit to the level of the tunnel bench with the top headings in individual tubes being driven simultaneously. The excavation and construction of the tunnel and structures associated with it is carried out in the round-the-clock operation – 7 days in a week, 24 hours a day.

CAPACITIES ON THE PROJECT

As mentioned above, the deployment of mechanical capacities and persons on this tunnel is remarkable. At the time of the preparation of this paper, 37 technical persons, 136 persons operating the equipment and miners, sub-contractors for surveying, blasting operations and geotechnical monitoring participated in the tunnel excavation and its planning.

Tunnelling machines applied to the excavation:

- 5 twin-boom drilling rigs (3x Atlas Copco Boomer E2C and 2x Tamrock Axerra);
- 5 wheeled front end loaders (2x CAT 966 K, 2x KOMATSU WA470, 1x CAT 944);
- 6 tunnel excavators (4x LIEBHER 944 and 2x CAT 328D LCR);
- 5 concrete spraying machines MEYCO POTENZA;
- 6 dumpers (4x CAT 730 and 2x KOMATSU HM 300);
- 2 Normet twin-boom work platforms;
- 1 Normet single-boom work platform;
- 3 MANITOU MRT1635 manipulators.

CONCLUSION

We dare say that such the extent of tunnelling capacities is not deployed on any other tunnel construction project in Slovakia, nor in Czechia, and providing them during the current tunnelling boom in Slovakia was not at all simple.

There is usually a period and time for the contractor after starting up the excavation, during which the excavation can be optimised and the planed advance rates can be achieved. It is less demanding as far as the organisation and preparation are concerned. It is however necessary on this particular project to plan and secure the casting of the secondary concrete lining already now. At the time of publishing this journal issue, the excavation of the section between the central portal and the western portal should be finished and first concrete casting operations should be starting.

Ing. ANTON PETKO, Ing. VÍT PASTRŇÁK
HOCHTIEF CZ a. s., Žilina

LITERATURA / REFERENCES

Projektová dokumentácia
MAŘÍK, L. SO 410 Razenie a primárne ostenie. IKP Consulting Engineers, s. r. o., 2015