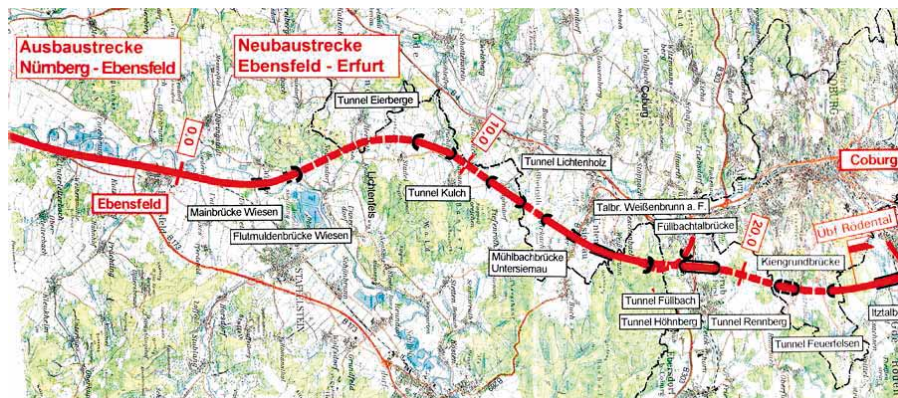


Tunel Feuerfelsen a tunel Rennberg

– súčasť nemeckého dopravného projektu VDE 8.1

Železničné tunely Feuerfelsen a Rennberg sú súčasťou nemeckého dopravného projektu s označením VDE 8.1 Neubaustrecke Ebensfeld-Erfurt, BA 3121, VP Coburg Ost, NBS Bau-km 19,1 + 30 – 24,8 + 95 na trase Norimberg – Erfurt – Lipsko/Halle – Berlín. Tunel Feuerfelsen je situovaný východne od obce Lützelbuch a tunel Rennberg severozápadne od obce Grub am Forst. Tunely sú od seba vzdialené len 4 kilometre.



Celková situácia

Tento obrovský dopravný projekt s 25 tunelmi a 29 mostmi sa javí ako najšetrnejšie riešenie na začlenenie novobudovaných dopravných ciest do ekosystému Durínskeho lesa (Thüringer Wald) tak, aby mali naň čo najmenší dosah.

Obidva tunely sú jednorúrové, pričom tunel Feuerfelsen bude mať dĺžku 1 043 m a tunel Rennberg 1 072 m. Stavebné práce na výstavbe tunelov v hodnote 82 miliónov eur sa začali na jeseň v roku 2010 a ukončenie prác je naplánované na november 2013.

Geologická stavba územia

Oba tunely ležia v celej svojej dĺžke v horninovej formácii pieskencov s prepláskami ílovcov, ktoré pri styku s vodou napučievajú. Horninové nadložie dosahuje hrúbku od 8 do 40 m. Hladina podzemnej vody v tuneli

Feuerfelsen je na úrovni približne 10 až 12 m pod projektovanou výškou koľajníc.

Úroveň hladiny podzemnej vody v celej trase tunela Rennberg sa pohybuje v rozpätí 0 do 10 m nad stropom kaloty tunela. Vplyvom zmeny geomechanických vlastností hornín v spojitosti s prítokmi podzemnej vody sa približne na staničení 190 m tunela Rennberg značne zhoršili geologické vlastnosti horninového masívu. Z dôvodu nesúdržnej čelby tunela sa prešlo na razenie pod ochranným dáždnikom z ihiel v dĺžke 4 m s ponechaným oporným jadrom v kalote a s dĺžkou záberu 1 m. S pribúdajúcimi vyrazenými metrami sa technicko-mechanické vlastnosti hornín naďalej zhoršovali. Napriek uvedeným opatreniam viackrát vypadla čelba a zosunulo sa samotné oporné jadro. Z uvedených dôvodov a na ochranu zdravia pracovníkov stavebný dozor (Deutsche Bahn) dočasne pozastavil raziace práce v kalote. Pokračovať v prácach povolil až po zmene projektovanej dokumentácie. Výrubová trieda sa zmenila zo 6.2 na 7.1 A (pribudli dodatočné bezpečnostné prvky na zaistenie samotnej čelby, ako aj otváranie a zaistenie čelby po častiach).

Projektové riešenie výstavby tunelov

Obidva tunely sú riešené ako jednorúrové dvojkoľajové s dvojplášťovou konštrukciou, ktorú tvorí primárne ostenie zo striekaného betónu a sekundárne ostenie z liateho železobetónu pevnostnej triedy C 30/37. Vzhľadom na výskyt prítokov podzemnej vody sa oba tunely pred zabudovaním sekundárneho ostenia izolovali 3-milimetrovou izolačnou fóliou SPO (flexibilný polyolefin). Ako

podkladová a zároveň drenážna vrstva pod izolačnú fóliu sa použila polypropylénová netkaná geotextília 1 000 g/m².

Výstavba tunelov

Na raziace práce oboch tunelov sa použila nová rakúska tunelovacia metóda (NRTM), s rozdelením profilu na kalotu, lavicu a dno, pričom lavica sa z technologického hľadiska zvislo delila na polovicu. Z geotechnického hľadiska bolo potrebné realizovať razenie lavice s maximálnym odstupom do 100 m od kaloty, s neskorším kompletným uzavretím razeného profilu.

Stavebné práce sa začali v júni 2010 výkopom portálových rýh pre tunel Feuerfelsen. Samotné razenie pomocou vrtno-trhacích prác sa začalo v novembri 2010 a následne po prerazení kaloty tunela Feuerfelsen sa začalo s raziacimi prácami na tuneli Rennberg (28. 6. 2011). Práve v tuneli Rennberg sa v priebehu razenia kaloty značne zhoršili geologické podmienky, čo viedlo k odstaveniu vrtno-trhacích prác a prechodu na razenie pomocou bagra. Dĺžka záberu sa postupne zredukovala z 1,7 (výrubová trieda K4.2) na 1 m (výrubová trieda K6.2). Ani tieto opatrenia však nezaručili bezpečnosť pracovníkov pracujúcich v kalote. V nesúdržných horninách s prítokom vody bolo riziko zavalu kaloty veľmi vysoké. Z tohto dôvodu sa prešlo po zmene projektu na spomínanú novú výrubovú triedu 7.1 A. Pribudli dodatočné zaistovacie prvky na podchytenie samotnej čelby, a to kotvy IBO dlhé 12 m, vrtané priamo do čela – každý siedmy záber v počte 19 kusov, zaistenie čela striekaným betónom v hrúbke minimálne 6 cm v celom profile, zaistenie čela 19 kusmi oceľových nosníkov v dĺžke 1 m, rozdelenie výlomu kaloty na 4 časti a oporné jadro. Týmito nákladnými opatreniami sa značne zminimalizovalo nebezpečenstvo hroziaceho zavalu a zároveň sa zvýšila bezpečnosť pracovníkov nasadených v priestore kaloty.

Dôraz na bezpečnosť

Na bezpečnosť osôb sa počas výstavby tunelov, ako aj po ich spustení do definitívnej prevádzky kládol veľký dôraz. Pre prípad požiaru je po celej dĺžke vedené požiarne potrubie, ktoré pokrýva každé miesto v tuneli. Ďalším významným bezpečnostným prvkom je vyrazenie únikových ciest v oboch tuneloch. V tuneli Feuerfelsen sa vybudovali dve únikové štôlny, ktoré sú napojené na prístupovú



Označenie staveniska



Geologická stavba čelby tunela Feuerfelsen



Geologická stavba čelby tunela Rennberg (4 dni pred dočasným odstavením raziacich prác)



Pracovníci spoločnosti TuCon, a. s., pri zaisťovaní prvej časti výlomu kaloty (výrubová trieda 7.1A)

štôľňu ústiacu na povrch. Úniková cesta na tuneli Rennberg je riešená pomocou dvoch spojovacích štôľní, ktoré sú napojené do únikovej štôľne vyúsťujúcej do únikovej šachty hlbokej 32 m. V blízkosti vyústenia únikových ciest sa pre prípad potreby vybuodovala prístavacia plocha pre vrtuľník.

Sekundárne ostenie tunela

Tunel Feuerfelsen aj tunel Rennberg sú navrhnuté v celej svojej dĺžke s opornou protiklenbou v hrúbke 0,6 m. Hrúbka klenby je 0,45 m s výnimkou portálových blokov, kde je hrúbka ostenia 0,6 m.

Sekundárne ostenie oboch hlavných tuneľov sa realizuje pomocou jedného oceľového debniaceho voza s dĺžkou bloku 12,5 m, jedného debniaceho voza na protiklenbu s rovnakou dĺžkou 12,5 m a jedného debniaceho voza na klenbu únikovej štôľne. Dĺžky blokov v únikovej štôľni boli rozdielne a pohybovali sa v rozpätí 5,5 až 10 m. Na portálové objekty sa dodalo osobitné debnenie od firmy MEVA Schalungs-Systeme GmbH. Betonáž únikovej šachty v tuneli Rennberg sa realizovala pomocou debnenia RSB (šachtové debnenie) s výškou záberu 3 m. Dilatácia blokov sa dosiahla zabudovaním minerálnej

vaty s hustotou 150 kg/m³. Na zabezpečenie vodotesnosti medzi jednotlivými blokmi sa na prechode blokov zabudoval 6-rebrový škárový vonkajší pás v šírke 600 mm – modul 853.4101. Na odvedenie bludných prúdov z vysokého napätia sa v celej dĺžke sekundárneho ostenia zabudoval uzemňovací vodič.

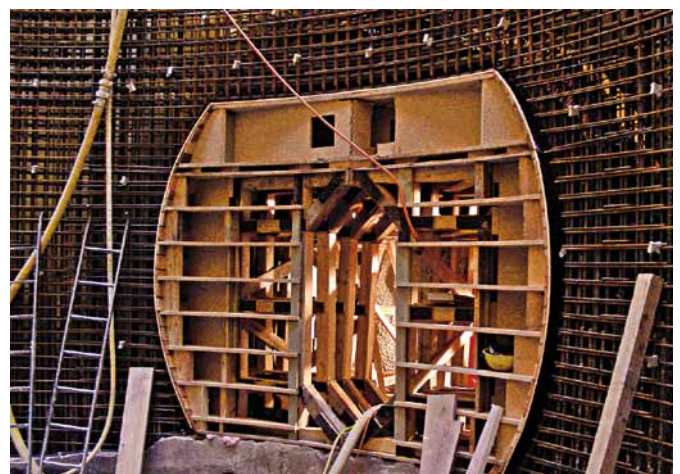
Dodávka betónovej zmesi so zrnitosťou kameniva 16 alebo 32 mm je zabezpečená betonárňou umiestnenou priamo na stavbnisku. Priemerné množstvo betónu na jeden blok klenby sa pohybovalo v rozpätí približne 195 až 200 m³.



Zaisťovanie portálu únikovej štôľne striekávaným betónom a prerazenie únikovej štôľne – tunel Feuerfelsen



Zaústenie únikovej šachty na povrchu – tunel Rennberg



Zaústenie únikovej štôľne do šachty pred betonážou – tunel Rennberg



Príprava na betonáž prvého bloku klenby tunela Feuerfelsen – južný portál



Príprava na betonáž portálového bloku – severný portál tunela Feuerfelsen

Triedy betónu na definitívne ostenie 45/60 cm

Miesto zabudovania	Armatúra	Norma	Trieda betónu
Podkladový betón	áno	DIN Fb 100, Ril 853	C 25/30
Protiklenba	áno	DIN Fb 100, Ril 853	C 30/37
Klenba	áno	DIN Fb 100, Ril 853	C 30/37
Pochôdna vrstva	nie	DIN Fb 100, Ril 853	C 25/30

Ošetrenie betónu počas procesu hydratácie zabezpečuje ošetrovací voz so zabudovaným automatickým zavlažovacím systémom s vyhodnocovaním teploty a vlhkosti vzdu-

chu. Celková dĺžka súpravy ošetrovacích vozov 37,5 m zabezpečuje potrebné klimatické podmienky pri procese hydratácie betónu počas troch dní. Pracovné osádky sú nasadené v nepretržitom pracovnom cykle, pričom dosiahnutý výkon je 7 zabetónovaných blokov za týždeň. Prípustná geometrická odchýlka definitívneho ostenia je 0,0 až +30,0 mm.

Harmonogram prác na sekundárnom ostení:

- 1. 11. 2011 až 14. 1. 2012 – betonáž únikovej šachty tunela Rennberg,
- 7. 2. 2012 až 16. 4. 2012 – betonáž podesty a schodísk únikovej šachty tunela Rennberg,
- 13. 1. 2012 až 29. 4. 2012 – betonáž opornej protiklenby tunela Feuerfelsen,
- 14. 3. 2012 až 5. 7. 2012 – betonáž klenby tunela Feuerfelsen.

V súčasnosti sa realizujú betonárske práce na opornej protiklenbe a klenbe tunela Rennberg a debniace práce na portálových blokoch južného portálu tunela Feuerfelsen s plánovaným ukončením do konca roka 2012.

Záver

Cieľom tohto dopravného projektu je veľkokapacitné železničné spojenie pre osobnú a nákladnú dopravu s pozitívnym dosahom na životné prostredie, pričom sa výrazne odľahčia pôvodné trate. Dopravný čas medzi Mníchovom a Berlínom by reálne klesol zo súčasných 6 hodín v trase pôvodnej trate na menej ako 4 hodiny. Z celkového počtu 25 tunelov na trase dlhej 522 km medzi mestami Norimberg a Berlín je v súčasnosti vo výstavbe 24.

Na úspešné zvládnutie raziacich, ako aj betonárskych prác a zároveň na dosiahnutie špičkových výkonov bola nevyhnutná medzinárodná tímová spolupráca a úsilie všetkých zainteresovaných robotníkov, technikov a riadiaceho personálu dodávateľských firiem, zástupcov stavebného dozoru a pracovníkov investora.

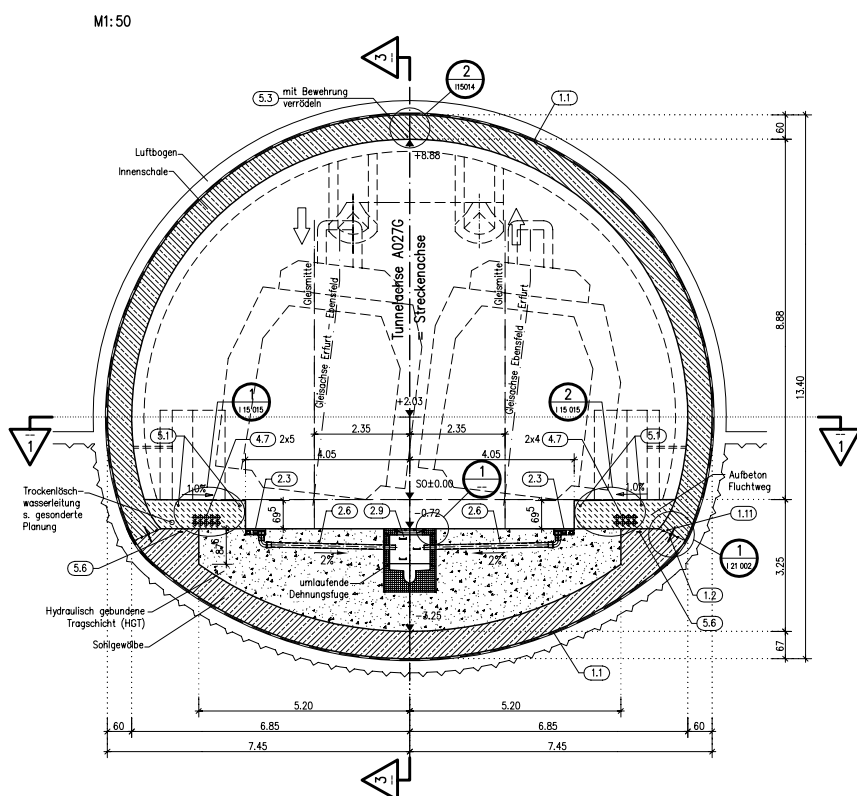
TEXT: Ing. Ľuboš Podolec

FOTO: TuCon

Ľuboš Podolec je stavbyvedúci v spoločnosti TuCon, a. s.

The Feuerfelsen Tunnel and the Rennberg Tunnel – Parts of the German Transport Project VDE 8.1

Railway tunnels Feuerfelsen and Rennberg are parts of the German transport Project Coburg Ost, NBS Bau-km 19,1 + 30 to 24,8 + 95 on the route Nuremberg – Erfurt – Leipzig/Halle – Berlin. The Feuerfelsen tunnel is located east of the village Lützelbuch and the Rennberg tunnel is located northwest of the village Grub am Forst. The distance between these two tunnels is only 4 kilometers.



Geometria profilu tunela