

## **OBNOVA ŽELEZNIČNÉHO TUNELA PETERSBERG – NEMECKO**

### **RENOVATION OF THE RAILWAY PETERSBERG TUNNEL – GERMANY**

**Ľuboš Podolec<sup>1</sup>**

#### **Abstrakt**

Do obnovy železničnej infraštruktúry v spolkovej krajine Rheinland-Pfalz plánuje nemecká železničná spoločnosť Deutsche Bahn investovať v roku 2017 celkom 172 mil. EUR. Medzi najväčšie realizované projekty v tejto oblasti bude patriť rekonštrukcia tunela Petersberg a oprava mosta Gülser na rieke Mosel v meste Koblenz. Samotné náklady na rekonštrukciu tunela by mali dosiahnuť výšku 25 mil. EUR. Nevyhnutnosť stavebných úprav 138 rokov starého Tunela Petersberg, ktorý sa nachádza na trati medzi obcami Ediger-Eller a Neef vznikla z dôvodu dosiahnutia jeho technickej životnosti a taktiež z dôvodu prispôsobenia sa dnešným prevádzkovým podmienkam na nemeckých železničných tratiach. Prípravné práce na projekte začali v roku 2016 po ukončení vinobrania, nakoľko samotný tunel Petersberg sa nachádza priamo v priestore celosvetovo známych vinohradov na rieke Mosel. Predpokladaná doba ukončenia projektu je naplánovaná na november 2019. Úprava parametrov elektrifikovaného 367 m dlhého dvojkoľajového tunela Petersberg na traťovom úseku „Koblenz – Perl“ je pilotný projekt, v ktorom sa prvýkrát v histórii Nemecka rozširuje tunel pomocou metódy „tunel v tuneli“, za plnej prevádzky. Momentálne 8 m široký tunel sa musí z dôvodu platných technických prevádzkových podmienok rozšíriť na definitívnu šírku 12 m za použitia vrtno-trhacích prác. Nutnosť realizácie stavebných prác za plnej prevádzky vznikla z potreby modernizácie tohto vysoko zaťaženého traťového úseku.

#### **Kľúčové slová**

Rekonštrukcia, Železničný tunel, Vrtno–trhacie práce.

#### **Abstract**

The German railway company DeutscheBahn plans to invest 172 million EUR in total in 2017 to the reconstruction of the railway infrastructure in the federal region Rheinland-Pfalz. One of the largest executed projects in this area will be the reconstruction of the tunnel Petersberg and repair of the bridge Gülser over river Mosel in the town of Koblenz. The costs on the reconstruction of the tunnel should reach 25 million EUR. The reconstruction of the 138-year old tunnel Petersberg, located on the railway track between the villages of Ediger-Eller and Neef is necessary in order to prolong its technical service life and in order to adjust the tunnel to the current operation conditions on the German railway tracks. The preparation works on the project started in 2016 after completing grape harvest, as the tunnel Petersberg is located directly on the premises of the world-wide know vineyards on the river Mosel. The supposed termination period of the project is planned on November 2019. The modification of parameters of the electrified 367 m long double-track tunnel Petersberg on the railway track section of Koblenz – Perl is the pilot project in which, for the first time in the German history, the tunnel is widened using the method of „tunnel in tunnel“, under full operation. Currently, the 8 m wide tunnel has to be widened in accordance with the new technical operation conditions to the final width of 12 m using the drilling and blasting works. The necessity of the construction works

---

<sup>1</sup> Ing. Ľuboš Podolec, TuCon, a.s., K cintorínu 63, 010 04 Žilina – Bánová, tel: +421 908 979 749, email: lubos.podolec@tucon.sk

being done under full operation is due to the necessity of optimisation of this high-load railway track section.

### **Keywords**

Reconstruction, Railway tunnel, Drill & blast technique.



*Obr. 1 Pôvodná situácia na mieste budúceho zariadenia staveniska (južný portál)*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 1 The original situation at the place of the future construction site equipment (southern portal)*

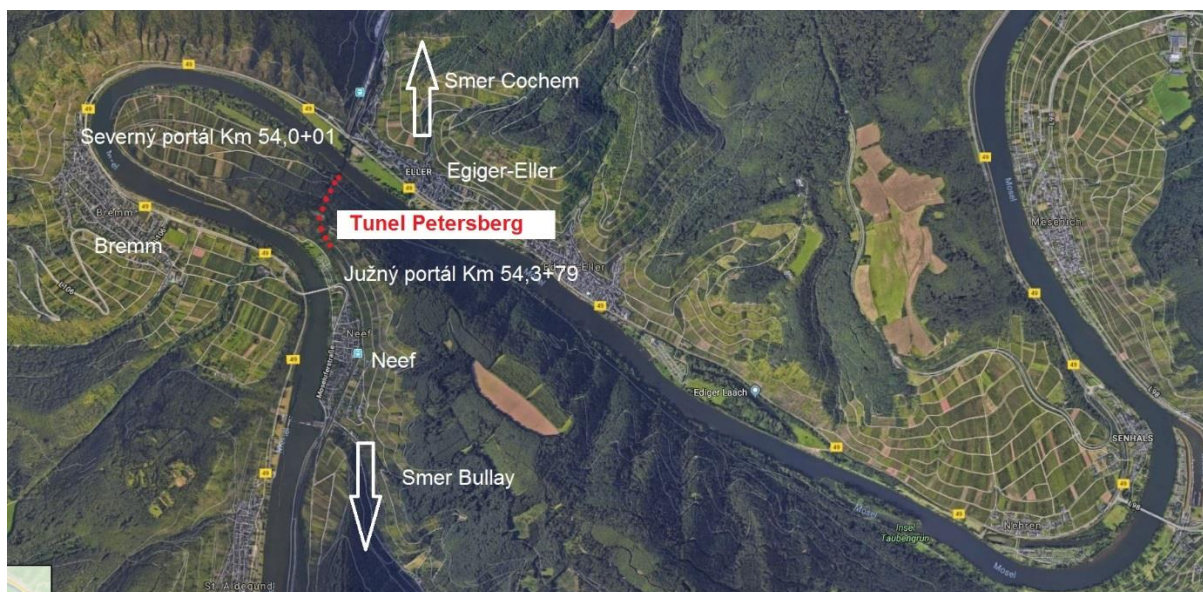
Data source: photoarchive of author

## **1 Úvod**

Tunel Petersberg sa nachádza na elektrifikovanej dvojkol'ajovej trati č. 3010 Koblenz hl. stanica – Cochem, s prepojením na Trier - hl. stanica. Po tejto trati prejde denne približne 174 vlakových súprav, z ktorých väčší podiel tvoria nákladné vlakové súpravy z Luxemburska a z Trier-u smerujúce najmä do mesta Koblenz.

Územne patrí tunel Petersberg ku obci Neef, ktorá sa nachádza v okrese Cochem-Zell v nemeckej spolkovej krajine Rheinland-Pfalz. Najbližšie železničné prevádzkarne, ktoré ohraničujú tunel sa nachádzajú v obci Ediger-Eller (traťový km 53,5+00 približne 511 m severne od tunela) a v obci Neef (traťový km 55,0+00 približne 621 m južne od tunela). Tunel Petersberg sa nachádza na pravom brehu rieky Mosel priamo v oblasti vinohradov – *Neefer Frauenberg*. Na južnom portáli tunela sa nachádza turistické športové ihrisko a kempingové parkovisko pre približne 100 obytných automobilov. Na severnej strane tunela sa nachádza 280 m dlhý železničný most ponad rieku Mosel, ktorý spája tunel so železničnou stanicou Ediger-Eller s ďalším pokračovaním do tunela Kaiser - Wilhelm.

Samotný tunel Petersberg prechádza cez 123 m vysoký kopec Petersberg, vytvorený meandrom rieky Mosel pri obci Bremm, kde sa nachádzajú údajne najstrmšie vinice v Európe - vinohrady *Bremmer-Calmont*. Výška nadložia dosahuje v strede tunela približne 95 m. Povrchové plochy nad tunelom pozostávajú z vinohradov a z lesných porastov.



*Obr. 2 Poloha tunela Petersberg*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 2 Position of tunnel Petersberg*

Data source: photoarchive of author

Severný portál obnoveného tunela sa bude nachádzať na traťovom km 54,0+01 a južný portál na traťovom km 54,3+79, z čoho vyplýva celková dĺžka obnoveného tunela 378 m.

Po železničný most pri obci Ediger-Eller dosahuje osová vzdialenosť koľají 4,0 m. V tuneli Petersberg je táto vzdialenosť zredukovaná na hodnotu 3,5 m. Nasledovne sa táto vzdialenosť od traťového km 54,3+38 po km 53,4+33 zväčšuje na hodnotu 3,85 m.



*Obr. 3 Južný portál tunela (pôvodný stav)*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 3 The southern portal of the tunnel (the original status)*

Data source: photoarchive of author



*Obr. 4 Severný portál tunela (pôvodný stav)*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 4 The northern portal of the tunnel (the original status)*

Data source: photoarchive of author

Na oboch portáloch sa nachádzajú pôvodné oporné múry, ktoré mali značný dopad na samotnú prípravu obnovy tunela. Najmä oporný múr na južnom portáli s dĺžkou 57,0 m a hrúbkou 0,4 až 1,8 m, výškou približne 14,0 m, murovaný z prírodného kameňa, značne zasahoval do oblasti nového portálového zárezu. Z tohto dôvodu sa musel z väčšej časti úplne odstrániť a zvyšná časť sa musela náročne zaistiť drôteným pletivom, karisietami, svorníkmi a striekaným betónom. Priamo nad južným portálom sa nachádzajú taktiež staré oporné múriky (murované „na sucho“), ktoré slúžili na stabilizáciu vinogradov umiestnených priamo na strmom portálovom svahu. Z dôvodu plánovaného použitia trhacích prác a z toho vyplývajúcich následných otrasov sa muselo pristúpiť ku náročnému stabilizovaniu týchto múrikov pomocou skalných kotiev a drôteného pletiva.



*Obr. 5 Zaist'ovacie práce na svahu nad južným portálom*

Zdroj: fotoarchív autora

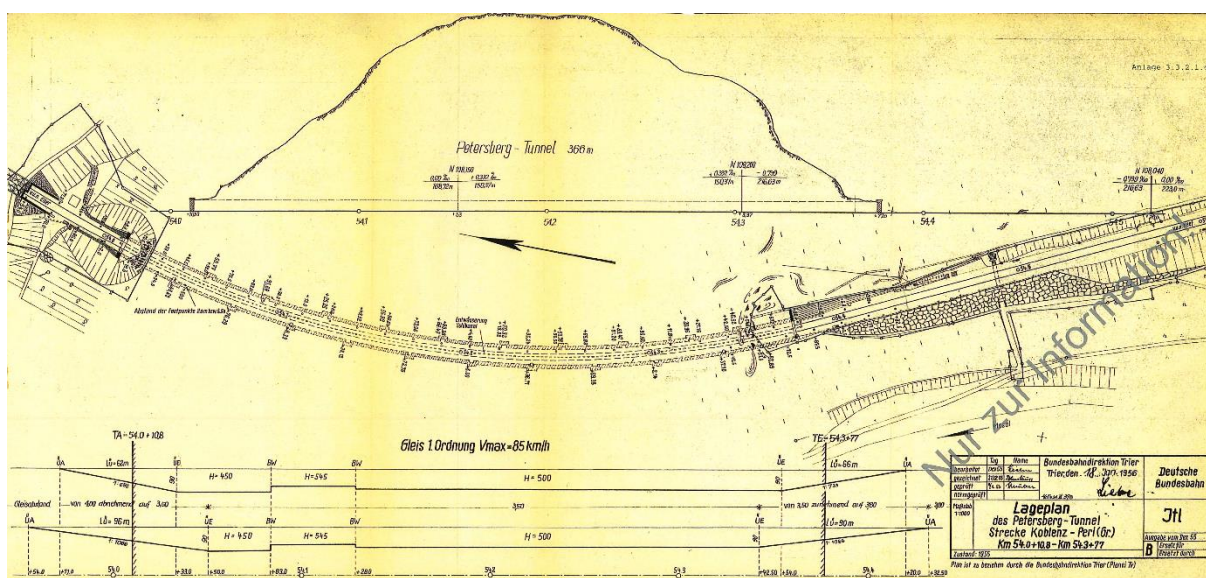
*Fig. 5 Securing works on the slope over the southern portal*

Data source: photoarchive of author

Tunel je zakrivený v rádiuse 498,47 m so sklonom 0,0 %. Svetlý prierez tunela má tvar podkovy s plochou približne 52 m<sup>2</sup>, šírka tunela sa mení od 7,0 do 8,5 m a výška tunela je približne 6,5 m.

Z technicko-bezpečnostného hľadiska sa nachádza v tuneli na ľavej strane 10 a na pravej strane 11 núdzových výklenkov, z ktorých jeden obsahuje technicko-signalizačné vybavenie. Popri ľavej stene tunela prechádza zakrytý kanál, v ktorom je uložený signálny a telefónny kábel. Rýchlosť vlakových súprav je počas rekonštrukcie tunela znížená zo 120 km/hod na 60 km/hod.

Pôvodný plášť tunela Petersberg bol vyhotovený z bridlicových a vápencových blokov v hrúbke približne 0,85 m. V oblasti oboch portálov bola táto hrúbka zredukovaná na približne 0,70 m.



Obr. 6 Situačný plán tunela Petersberg z roku 1956

Zdroj: interný dokument TuCon, a.s.

Fig. 6 Situation plan of the tunnel Petersberg from 1956

Data source: internal document of TuCon, a.s.

Po prvýkrát bol tunel uvedený do prevádzky v roku 1879. Ku koncu II. svetovej vojny, pred príchodom spojeneckých armád, boli oba portály na dĺžke približne 8 až 9 m vyhodené do vzduchu. Opätovná obnova portálov prebehla v roku 1946. Počas tejto obnovy boli oba portály predĺžené. Severný portál o 1,0 m a južný o 15,0 m. V roku 1954 prebehla v tuneli čiastočná sanácia s tzv. pretesnením murovaného opláštenia. V roku 1970 bola z dôvodu elektrifikácie železničnej trate prehĺbená počva tunela. Z dôvodu použitia trhacích prác pri prehľbovaní tunela sa boky tunelovej klenby zosilnili po celej dĺžke pomocou 0,2 m hrubých betónových bankiet, ktoré sa následne ukotvili s 2,5 m dlhými SN svorníkmi, vrtnými vo vzdialenosti 1,0 – 1,5 m od seba. V oblasti prehĺbenia počvy, v miestach nestabilného kamenistého podložia bola na dodatočné zosilnenie použitá cementovo - maltová injektáž.

Tunel Petersberg bol počas druhej svetovej vojny častým cieľom spojeneckých náletov, najmä severný portál s príhlým mostom ponad rieku Mosel pri obci Ediger-Eller. Krátery po leteckých bombách sa zreteľne viditeľné dodnes. Z tohto dôvodu bolo nevyhnutné pred začatím stavebných výkopových prác previesť prieskum na zvyškovú nevybuchnutú muníciu, ktorý previedla spoločnosť *GEOMER- Kampfmittelbergung Ausburg*.

Aby sa zabezpečil prístup na zariadenie staveniska, ktoré sa nachádza v záplavovej oblasti rieky Mosel, bola vybudovaná dočasná prístupová cesta z križovatky cesty K41 a ulice *Kloster-Stuben-Straße* v obci *Neef*. Táto cesta slúži aktuálne aj ako prístupová cesta pre záchranné

zložky do obce pri živelných pohromách, pre obytné automobily do autokempingu a využívajú sa aj pri miestnych oslavách vína a procesiách.

Zariadenie staveniska spolu s prístupovou cestou sa nachádzajú na južnej strane tunela juhozápadne od koľajovej trate, medzi oporným múrom vinice *Neefer Frauenberg* a kempingovou plochou pre obytné automobily priamo na ploche vinohradov a záhrad. Táto plocha sa nachádza v záplavovej zóne rieky Mosel vo výške 92,2 m n. m. Z tohto dôvodu boli približne 2/3 tejto plochy (4300 m<sup>2</sup>) preventívne navýšené zásypom na výšku 96,48 m n. m.



*Obr. 7 Zariadenie staveniska – južný portál*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 7 Equipment of the construction site – the southern portal*

Data source: photoarchive of author

## **2 Geológia**

Morfologicky sa tunel nachádza v priestore koryta rieky Mosel v pohorí *Rheinischen Schiefergebirge*, ktoré je tvorené silnými vrstvami bridlíc, pieskov, pieskocov a ílovcov usadenými na dne mora v ére Spodného Devónu pred 400 mil. rokmi. Stratigraficky patria tieto usadené horniny do formácie Ems. Počas Hercýnsko-Varískeho vrásnenia vo vrchnom Karbone sa tieto spodnosedevónske vrstvy postupne preklopili, čím sa mladšie vrstvy dostali pod vrstvy staršie. Z dôvodu značného tektonického zaťaženia prejavujú horniny intenzívne formácie puklín a tektonických porúch. Vrstvy hornín vystupujúcich na povrch sú čiastočne ovplyvnené zvetrávaním. Samotný tunel prechádza spočiatku na dĺžke približne 110 m cez tmavosivé tzv. *Rittersturz-/Gladbach* – vrstvy a pokračuje ďalej južne cez červeno-hnedé tzv. *Klerf-/Nellenköpfchen*-vrstvy. Obe geologické formácie sa skladajú zo striedajúcich sa vrstiev hlinitých bridlíc, slieňovitých ílov a kremičitých pieskocov. Minerálnu skladbu hlinitých bridlíc tvoria najmä muskovit, kremeň, plagioklas a ortoklas. Slieňovité íly sa skladajú najmä z muskovitu a kremeňa, prípadne tiež z plagioklasu a ortoklasu. Všetky horniny vykazujú jemnozrnnú skladbu s kremenným podielom, čo v konečnom dôsledku spôsobuje vysokú, miestami až extrémne vysokú pevnosť hornín. V oblasti oboch portálov sú horninové formácie

značne rozrušené z dôvodu zvetrávania a taktiež z dôvodu výbuchu portálov ku ktorému došlo koncom II. svetovej vojny.

Prieskumné práce na tuneli Petersberg boli prevedené v termíne od 11. 05. 2013 do 11. 08. 2013.

Následne sa tunel Petersberg na základe inžiniersko-geologického a stavebno-technického posudku rozdelil do piatich homogénnych oblastí:

1. km 54,0+11 až km 54,0+41, dĺžka 30 m, plánovaná výrubová trieda 6A1;
2. km 54,0+41 až km 54,0+01, dĺžka 60 m, plánovaná výrubová trieda 4A1;
3. km 54,1+01 až km 54,1+61, dĺžka 60 m, plánovaná výrubová trieda 4A2/6A2;
4. km 54,0+61 až km 54,3+51, dĺžka 190 m, plánovaná výrubová trieda 4A1/6A3;
5. km 54,3+51 až km 54,0+79, dĺžka 28 m, plánovaná výrubová trieda 6A4.

*Tab. 1 Porovnanie vystrojovacích prvkov jednotlivých výrubových tried*  
*Tab. 1 Comparison of the construction elements of the individual cut-out classes*

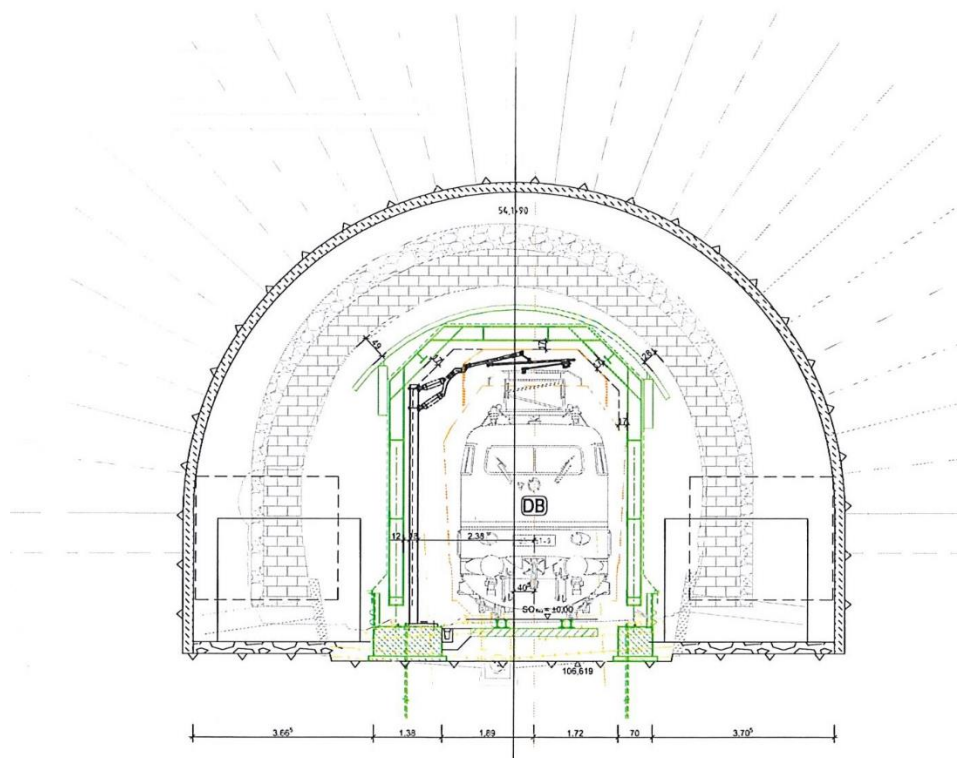
<b>Porovnanie vystrojovacích prvkov jednotlivých výrubových tried</b>							
<i>Výrubová trieda</i>	<b>4A1</b>	<b>4A2</b>	<b>6A1</b>	<b>6A2</b>	<b>6A3</b>	<b>6A4</b>	<b>6A4 OBW</b>
<i>Dĺžka záberu</i>	≤ 1,75 m	≤ 1,25 m	≤ 1,25 m	≤ 1,0 m	≤ 1,0 m	≤ 1,0 m	≤ 0,75 m
<i>Typ zabudovanej Kari siete</i>	Q188A	Q188A	Q257A	Q188A	Q188A	Q257A	Q335A
<i>Typ priehradového nosníka</i>	95/20/30	95/20/30	115/20/30	115/20/30	115/20/30	115/20/30	115/20/30
<i>Hrúbka str. betónu</i>	≥ 20 cm	≥ 20 cm	≥ 25 cm	≥ 25 cm	≥ 25 cm	≥ 30 cm	≥ 30 cm
<i>Svorniková výstuž SN/SB R32 L=4.0 m</i>	14 ks	-	-	-	9 ks	-	-
<i>Svorniková výstuž SN/SB R32 L=5.0 m</i>	-	15 ks	5 ks	13 ks	-	5 ks	5 ks
<i>Svorniková výstuž SN/SB R32 L=10.0 m</i>	-	-	-	-	-	-	5 ks
<i>Ochr. dáždnik z SB ihiel R32 L=4.0 m</i>	-	-	-	59 ks	59 ks	-	-
<i>Ochr. dáždnik z SB ihiel R32 L=8.0 m</i>	-	-	-	-	-	99 ks	-
<i>Ochr. dáždnik z SB ihiel R32 L=12.0 m</i>	-	-	99 ks	-	-	-	-

Zdroj: autor  
 Data source: author

### 3 Technológia výstavby

Obnova tunela Petersberg prebieha za plnej elektrifikovanej jednokoľajovej obojsmernej vlakovej prevádzky za použitia ochranného oddeľovacieho prvku, tzv. metódou „Tunel v Tuneli“.

Pre práce spojené so zabudovaním tejto ochrannej konštrukcie v tuneli a s prechodom z dvojkoľajovej prevádzky na dočasnú jednokoľajovú bola vyčlenená úplná uzávera železničnej trate na úseku medzi železničnou stanicou Ediger-Eller a železničnou stanicou Bullay v čase od 6. mája 2017, 20:00 hod. do 2. júna 2017, 4:00 hod. Počas samotnej obnovy tunela sú dodatočne vyčlenené ešte dve denné čiastočné uzávery, ktoré slúžia na prevedenie trhacích prác. Z dôvodu obmedzenia vplyvu hlučnosti na príľahlú obec Neef sa počas výstavby tunela pristúpilo ku obmedzeniu použitia trhacích prác medzi 20:00 hod. a 07:00 hod. Taktiež hranica stavebného hluku počas nočnej zmeny nesmie prekročiť hranicu 50 dB, čo je približne hluk bežného rozhovoru.



Obr. 8 Princíp ochranej oddeľovacej konštrukcie

Zdroj: interný dokument TuCon, a.s.

Fig. 8 Principle of protection of the separation construction

Data source: internal document of TuCon, a.s.

Celková obnova tunela Petersberg vrátane predĺženia tunela a všetkých náležitých opatrení na traťovom úseku od km 53,9+53 po km 54,7+00 bola rozdelená do 5 stavebných fáz.

### 3.1 Stavebná fáza č. 1:

- výrubové a klčovacie práce na dotknutých územiach v termíne medzi 1. 10. 2016 a 28. 2. 2017 v zmysle všeobecne platných predpisov.

### 3.2 Stavebná fáza č. 2:

- demontáž trolejového vedenia;
- demontáž trolejovej konštrukcie;
- profilovacie práce;
- zaistovacie práce na el. vedení v tuneli (ukotvenie el. kábla na tunelovú stenu);
- v oblasti mimo tunela demolácia oporných múrov;
- demontáž vystrojenia tunela (káblové kanály, odvodňovacie kanály a.p.);
- osadenie stožiarových prefabrikátov na osadenie dočasného trolejového vedenia;
- výstavba dočasných základov pre ochrannú, oddeľovaciu konštrukciu;
- ukotvenie dočasných základov svorníkovými kotvami;
- provízorne polozenie kábla do káblového kanála popri ľavom základe;
- pokládka dočasnej koľaje (jednokoľajová prevádzka počas doby výstavby tunela);
- opätovná montáž dočasného trolejového vedenia;
- osadenie ochranej konštrukcie v oblasti mimo tunela (začiatok a koniec tunela);
- kompletná odobierka trolejovej trakcie.



*Obr. 9 Montáž ochrannej konštrukcie*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 9 Protection construction installation*

Data source: photoarchive of author

### 3.3 Stavebná fáza č. 3.1:

- zaisťovacie práce (od mája 2017) na opornom múre na južnom portály a na príľahlých „na sucho“ murovaných oporných múroch vo vinohrade pomocou striekaného betónu, drôtených sietí a svorníkov;
- úprava svahu na definitívny sklon 10:1.

### 3.4 Stavebná fáza č. 3.2:

- rozširovanie tunela za plnej prevádzky:
  - o razenie kaloty vrátane výklenkov;
  - o spätné razenie počvy (oporných pilierov);
- zaisťovacie práce na severnom portály tunela;
- demontáž ochrannej konštrukcie.

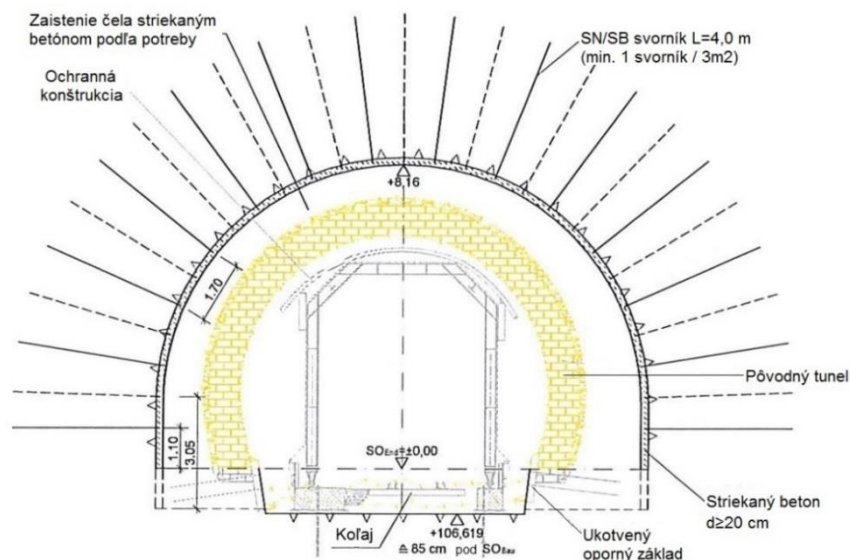
### 3.5 Stavebná fáza č. 4:

- výstavba nových oporných pätiiek vrátane nového predĺženia tunela;
- výstavba odvodnenia tunela.

### 3.6 Stavebná fáza č. 5:

- výstavba definitívneho ostenia tunela:
  - konštrukcia armovacieho, debniaceho a ošetrovacieho voza;
  - armovanie a betonáž klenby;
  - ošetrovanie klenby po betonáži;
  - výstavba káblových trás káblových šácht a chodníkov;
  - výstavba odvodnenia mimo tunela;
  - výstavba nových základov pre trolejové piliere
  - výstavby tunelových portálových stien;
  - zasypanie portálov;
  - rekultivácia dotknutých povrchov.

Samotná technológia rozširovania profilu tunela sa v princípe neodlišuje od technológie výstavby tunelov metódou NRTM (Nová rakúska tunelovacia metóda), ktorá využíva samonosnú vlastnosť horninového masívu. Profil tunela sa delí na kalotu a počvu. Plochu kaloty vymedzuje medzikružie medzi pôvodným (starým) tunelom a novým, rozšíreným profilom. Počvu tvorí pravý a ľavý banket, ktorý sa rozrušuje pri spätnom razení po vyrazení kaloty. Razenie kaloty začína od južného portálu smerom k severnému portálu. Rozrušovanie horniny prebieha za pomoci vrtno-trhacích prác s následným zaisťovaním výlomu kari sieťami Q188/Q257/Q335, priehradovými nosníkmi 115/20/30, 95/20/30 a striekaným betónom od hrúbky 0,2 m do hrúbky 0,3 m. Dĺžka záberu sa pohybuje v rozmedzí od 0,75 m do 1,75 m. Z dôvodu funkčného 15000 V trolejového vedenia umiestneného pod ochrannou konštrukciou bolo nevyhnutné požitie beželektrického roznetného systému, ktorý zabezpečovala spoločnosť *Maxam Deutschland GmbH*. Z dôvodu minimalizovania otrasov počas trhacích prác sa použil pre každý vývrt samostatný časový stupeň detonácie. Na kontrolu dodržania predpísaných maximálnych otrasov bolo v okolí stavby rozmiestnených celkovo 8 detektorov otrasov s automatickým odosielaním nameraných výsledkov pri prekročení stanovených hodnôt na určené telefónne čísla. Na prevedenie trhacích prác sú predbežne naplánované dve 20-minútové pauzy, počas ktorých bude vypnuté trolejové vedenie a zastavená vlaková prevádzka. Tento krátky čas musí stačiť na prevedenie trhacích prác, odvetranie povýbuchových splodín, kontrolu ochranného štítu TES zariadenia, kontrolu ochrannej oddeľovacej konštrukcie, kontrolu trolejovej trakcie a kontrolu samotného výlomu a čelby. Až po ukončení kontroly a výslovnom súhlase stavebného dozoru môže byť prevádzka na železničnej trati opäť obnovená. Objem odstrelenej horniny sa pohybuje približne na úrovni 60 m<sup>3</sup>/m. Pre raziace práce je naplánovaná 24 hod. nepretržitá prevádzka.



Stavebný postup

Výlom a zaistenie klenby:

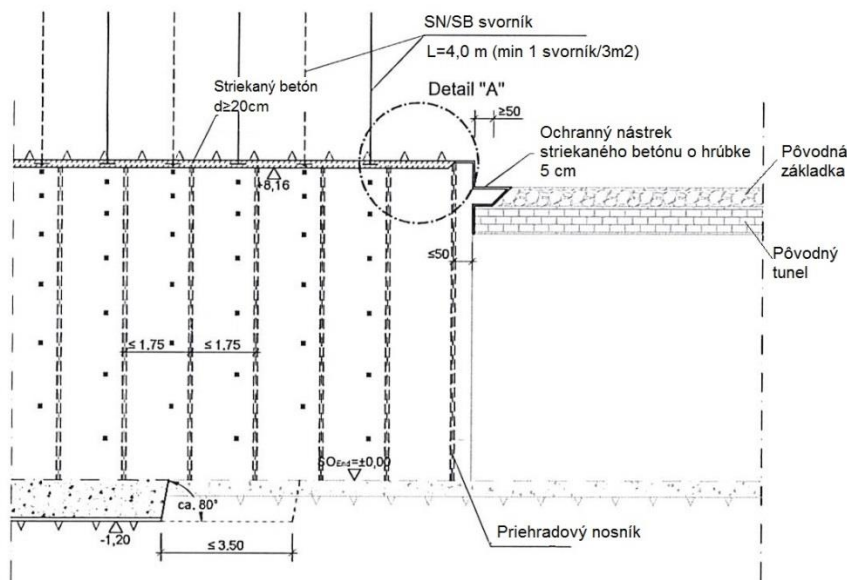
1. Výlom pôvodného tunelového murovaného opláštenia a horninového rozšírenia
2. Predbežné zaistenie výlomu striekaným betónom o hrúbke 3 až 5 cm
3. Vonkajšia vrstva sietoviny
4. Osadenie a zastriekanie priehradovej výstuže
5. Prvá vrstva striekaného betónu
6. Osadenie svorníkov
7. Nasledujúci záber (kroky 1 - 6)
8. Vnútorňa vrstva sietoviny v zábere K-1 a K-2
9. Druhá vrstva striekaného betónu

Obr. 10 Technologický postup raziacich prác pre výrubovú triedu 4A1

Zdroj: interný dokument TuCon, a.s.

Fig. 10 Technological procedure of the tunnelling works for the cut-out class 4A1

Data source: internal document of TuCon, a.s.



Obr. 11 Pozdĺžny rez výrubovou triedou 4A1

Zdroj: interný dokument TuCon, a.s.

Fig. 11 Longitudinal section of the cut-out class 4A1

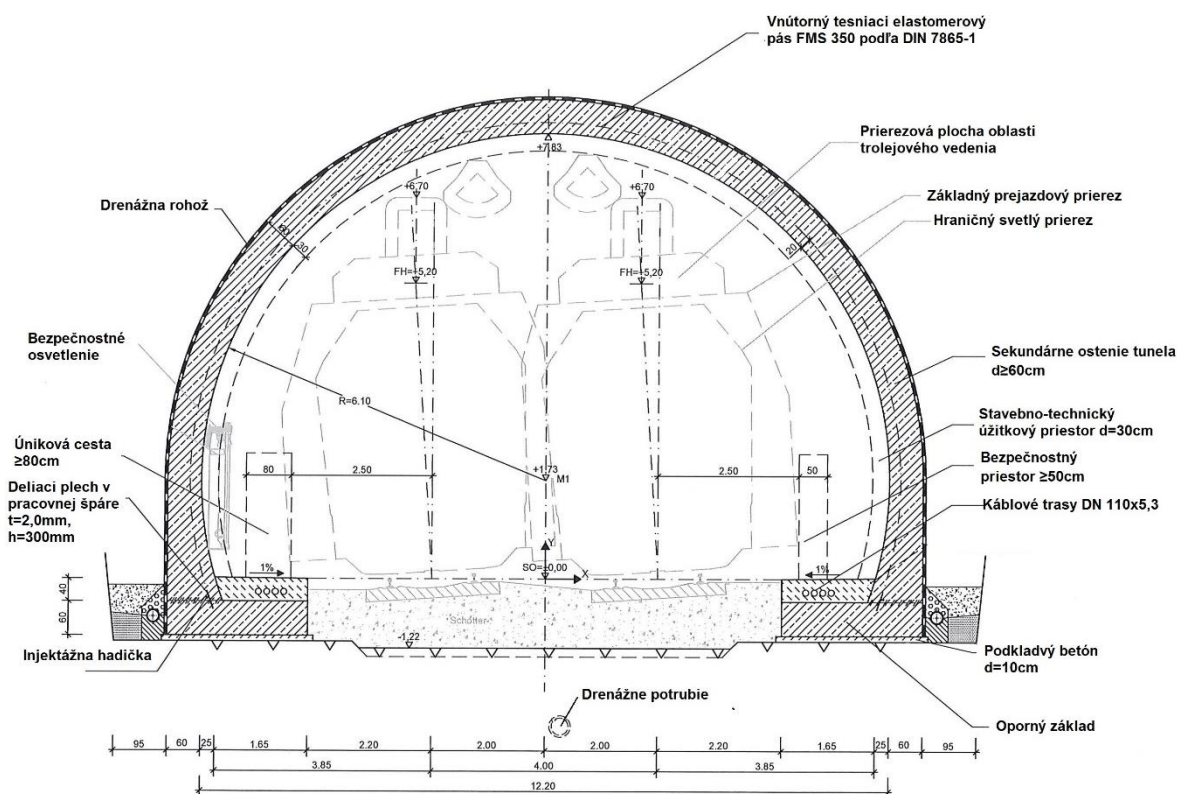
Data source: internal document of TuCon, a.s.

Značné riziko pre proces razenia predstavujú miesta pôvodných veľkých nadvýlomov a závalov, ktoré sa s veľkou určitosťou vyskytli pri prvotnom razení tunela, ktoré prebehlo približne pred 140 rokmi a ktoré nie sú nijako zdokumentované.

Porovnanie dĺžok stavebných úsekov tunela Petersberg:

- úsek realizovaný v otvorenom výkope Severný portál km 54,0+01 až km 54,0+21 (20 m);
- úsek realizovaný bankským spôsobom km 54,0+21 až km 54,3+61 (340m);
- úsek realizovaný v otvorenom výkope Južný portál km 54,3+61 až km 54,3+79 (18 m);
- celková dĺžka tunela 378 m.

Definitívne ostenie tunela je navrhnuté s vodonepriepustného betónu o hrúbke 40 cm. V miestach oboch portálov je hrúbka sekundárneho ostenia navýšená na 60 cm. Z dôvodu zvýšenia požiarnej odolnosti betonovej konštrukcie sa pridáva do betónu podiel umelých, približne 6 mm dlhých, polypropylénových vlákien, s priemerom 12 – 100  $\mu\text{m}$ , v množstve približne 2,0  $\text{kg}/\text{m}^3$  (*Deutsche Ril 853.1001A01*). Štandardná dĺžka bloku je 10,0 m s výnimkou blokov č. 37 a 38 v hĺbenej časti na južnom portály, ktoré majú dĺžku 9,0 m. Na vzájomne oddelenie primárneho a sekundárneho ostenia je odporúčaná bublinková fólia s hrúbkou 250  $\mu\text{m}$  s priemerom vzduchových komôrok 10 mm. Na odvedenie bludných prúdov je naplánované vedenie uzemňovacieho vedenia po celej dĺžke tunela vrátane hĺbenej časti. S výstavbou definitívneho ostenia sa začne až po úplnom ukončení raziacich prác. Vodotesné zabezpečenie spojenia jednotlivých betónovaných blokov je realizované pomocou vnútorného deliaceho pásu FMS 350 bez použitia hydroizolačnej fólie.



Obr. 12 Pravidelný prierez tunelom – severný portál - hĺbená časť

Zdroj: interný dokument TuCon, a.s.

Fig. 12 Regular section of the tunnel – the northern portal – excavated part

Data source: internal document of TuCon, a.s.

Na rozdiel od technológií použitých na predchádzajúcich projektoch pri rozširovaní tunela za použitia ochrannej konštrukcie, kde sa na zaistenie výlomu striekaným betónom používalo väčšinou ručné striekanie a externé vrtné zariadenia, sa na tuneli Petersberg použilo špeciálne plnomechanizované technické zariadenie TES („Tunnel Erweiterungs System“ – tunelový rozširovací systém) od spoločnosti Marti Technik AG Schweiz, ktoré zabezpečuje všetky pracovné operácie.

#### **4 Popis zariadenia TES**

Tunelový rozširovací systém (TES) sa pohybuje v priestore medzi ochrannou oddeľovacou konštrukciou a novým (rozšíreným) profilom tunela. TES je približne 32 m dlhá, 8 m široká a 8 m vysoká konštrukcia, ktorá pozostáva z troch častí - vozov, ktoré sú navzájom prepojené do jedného celku. Pojazd súpravy je zabezpečený po zabetónovaných U-profiloch, ktoré sa nachádzajú v dočasných betónových základoch, vybudovaných počas úplnej uzávierky tunela v máji 2017.



*Obr. 13 Vizualizácia zariadenia TES*

Zdroj: interný dokument TuCon, a.s.

*Fig. 13 Visualisation of the equipment TES*

Data source: internal document of TuCon, a.s.

Na voze č. 1 s dĺžkou 6,2 m sa nachádzajú dva hydraulicky ovládané ochranné štíty, ktoré zabezpečujú ochranu železničnej prevádzky pred účinkami trhacích prác.

Voz č. 2 s dĺžkou 13 m zabezpečuje všetky pracovné operácie. V strede voza sa nachádza hydraulické zbíjacie kladivo, po bokoch (vpravo aj vľavo) sa nachádzajú vrtná lafeta spolu s hydraulickým ramenom, na ktorom je zabudovaný aplikátor striekaného betónu. Taktiež sa tu nachádzajú štyri výsuvné pracovné plošiny (dve na každej strane). V spodnej časti voza č. 2 sa nachádza pohon celého systému. Na zamedzenie hroziaceho vzpriechenia sa podvozku pri presune zariadenia z dôvodu zakrivenia tunela v 500 m rádiuse je pojazd vybavený synchronizačným zariadením. Voz č. 2 je statický konštruovaný tak, aby počas trhacích prác zniesol zaťaženie odstrelanou horninou.

Výlom pravej a ľavej spodnej časti tunelového profilu a celková odťažba sú zabezpečené pomocou špeciálneho samohybného tunelovacieho stroja ITC 112, ktorý nie je priamo súčasťou TES.



*Obr. 14 Tunelový raziaci stroj ITC 112 počas výlomových prác na južnom portály*

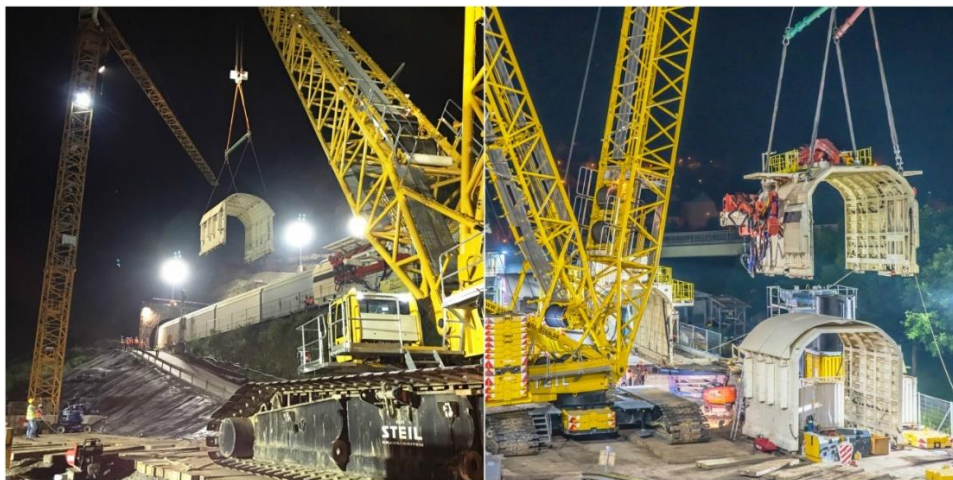
Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 14 Tunnelling machine ITC112 during the cut-out works on the southern portal*

Data source: photoarchive of author

Voz č. 3 s dĺžkou 15,3 m zaisťuje energetické zásobovanie TES a zabezpečuje dodávku stlačeného vzduchu spolu s napojením na tlakové vodné potrubie. Taktiež zabezpečuje nevyhnutné skladovacie priestory. Po oboch stranách voza č. 3 sú namontované prístupové sklápaceľné oceľové schodiská.

Všetky pracovné operácie TES sú ovládané pomocou rádiového diaľkového ovládania.



*Obr. 15 Montáž TES*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 15 TES installation*

Data source: photoarchive of author

Priebeh pracovných operácií s TES:

1. Prevedenie odpalu;
  2. Profilovanie s hydraulickým zbíjacím kladivom;
  3. Predbežné zaistenie výlomu striekaným betónom  $d = 3 - 5$  cm;
  4. Zabudovanie karisietí 1. vrstva (záber K), 2. vrstva (záber K-1);
  5. Montáž priehradovej výstuže;
  6. Zabudovanie striekaného betónu 1. vrstva (záber K), 2. vrstva (záber K-1);
  7. Presun TES o dĺžku záberu;
  8. Demolácia pôvodného (murovaného) opláštenia tunela pomocou hydraulického zbíjacieho kladiva (záber K+1);
  9. Zaistenie čelnej steny bezpečnostným nástrekom striekaného betónu  $d = 3 - 5$  cm;
  10. Zabudovanie svorníkov (záber K) a navrtanie čelby na odpal (záber K+1);
1. Prevedenie odpalu.



*Obr. 16 Zahájenie raziacich prác dňa 17.10.2017*

Zdroj: fotoarchív autora

*Fig. 16 Initiation of the tunnelling works on 17/10/2017*

Data source: photoarchive of author

## **5 Členovia združenia ARGE Tunnel Petersberg:**

- Marti GmbH Deutschland (Nemecko)
- Marti Tunnelbau AG (Švajčiarsko)
- TuCon a.s. (Slovensko)
- Marti Bauunternehmung AG Luzern (Švajčiarsko)

## **6 Záver**

System obnovy železničného tunela za plnej prevádzky pomocou ochrannej deliacej konštrukcie bol realizovaný aj na iných projektoch. V prípade tunela Petersberg je to prvý krát v nemeckej histórii, kedy obnova prebieha počas plnej prevádzky tunela s funkčným trolejovým vedením. Tento pilotný projekt s nákladmi približne 25 mil. € má uskutočniť náročnú rekonštrukciu, pomaly dožívajúceho, 138 rokov starého železničného tunela, bez vplyvu na dopravu pasažierov a tovaru na vysoko frekventovanej trati č. 3010 Koblenz - Perl.

Po úspešnom praktickom overení funkčnosti tejto jedinečnej technológie na tuneli Petersberg má nemecká železničná spoločnosť Deutsche Bahn vo výhľade rovnakou metódou zrekonštruovať niekoľko ďalších elektrifikovaných železničných tunelov, ktoré sa taktiež priblížili ku hranici svojej technickej životnosti. Tieto plány potvrdzuje aj výška investícií – 1,2 miliárd €, ktoré nemecká spoločnosť Deutsche Bahn investovala na modernizáciu infraštruktúry v spolkovej krajine Rheinland-Pfalz a Saarland v rokoch 2015 až 2017. V rámci Nemecka by malo byť do konca roku 2019 zrekonštruovaných 18 starých tunelov a do roku 2024 by malo byť zrekonštruovaných ďalších 36 tunelov. [2] Celková schválená investícia do obnovy infraštruktúry v rokoch 2015 až 2019 dosiahla výšku 28 miliárd € [3].

### **Literatúra**

[1] Erneuerung Tunnel Petersberg – Vertragsunterlagen (Projektová dokumentácia obnovy tunela Petersberg)

[2] Internet: <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Bahn-buttert-Millionen-in-Tunnelsanierungen-article14286546.html>

[3] Internet: <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Bahn-kuendigt-gigantisches-Bauprogramm-article14117621.html>