

Ing. Rudolf Ziegler
Minova Bohemia s.r.o.
Lihovarská 10, 716 03 Ostrava – Radvanice
e-mail: ziegler@minova.cz

PŘÍPRAVA SANAČNÍCH PRACÍ V ŽELEZNIČNÍM TUNELU NA TRATI PETROŠANI – TIRGU JIU, CFR - RUMUNSKO

Abstract

The intention of the paper is to present results and evaluation of maintenance works realized on Petrošani – Tirgu Jiu tunnel in Romania. The target and purpose of these works was to verify in-situ the effectiveness of maintenance high-pressure grouting works made by polyurethane resins. Above mentioned works had to lead to reinforcement and sealing of tunnel lining and to acquire of general data for setting of next work process including of economical analysis.

Úvod

V západní části Rumunské republiky se nachází jedna z důležitých železničních tratí spojujících města Simeria a Craiova. Část této železniční tratě prochází severojižním směrem hornatou krajinou mezi pohořími Vilcanului a Capatinii s nejvyšší horou Paringul Mare s nadmořskou výškou 2519 m – obr. č.1. Železniční trať je vedena údolím řeky Jiu, společně se silniční komunikací – obr. č.2. Sanovaný železniční tunel, délky 396,5 m, se nachází na úseku trati mezi městy Petrošani a Tirgu Jiu. Na tomto úseku, dlouhém cca 50 km, se nachází celkem 43 tunelů různých délek.



Obr.č.1
Mapka tratě



Obr.č.2
Portál na 112,58 km

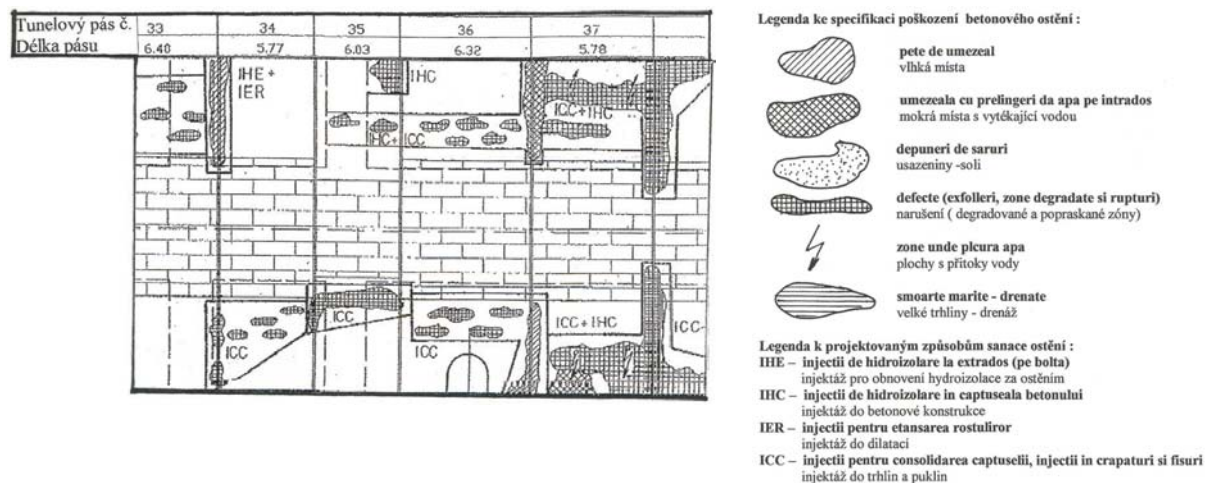


Obr.č.3
Údolí řeky Jiu

Železniční trať byla postavena v minulém století, zejména pak v jeho padesátých letech. Poměrně drsné klimatické podmínky, geologická skladba pohoří, výskyt vody apod. působí nepříznivě nejen na tunely, ale na celou trať. Začínají se projevovat různá narušení ostění tunelů a betonových konstrukcí, projevují se netěsnosti s přítoky vody, které zejména v zimním období činí problémy, neboť přes ostění přitékající voda do tunelu vytváří

rampouchy, které jsou z hlediska provozování tunelu velkým nebezpečím pro projíždějící vlaky. Vnikání vody do betonové konstrukce a její zamrzávání v zimním období způsobuje její stále narůstající narušování.

Pro sanační práce v železničním tunelu byl zpracován v rámci CFR (Rumunské státní železnice) projekt, ve kterém jsou označeny plochy k provedení sanace v jednotlivých tunelových pásech, je také konkretizována míra poškození nebo narušení ostění tunelu a označeny úseky s výskytem vody. Ve zpracovaném projektu jsou v podstatě navrhovány čtyři způsoby sanace ostění tunelu podle míry poškození konstrukce a výskytu vody. Část projektu včetně legendy je uvedena na obr. č. 4.



Obr. č. 4 Část projektu CFR pro sanaci tunelových pásů č. 33 – 37 včetně legendy

Způsoby provádění zkušebních sanačních prací

Zkušební sanační práce byly zahájeny dne 23.11.2004 a ukončeny 16.12.2004. Základna pracovní skupiny provádějící sanační práce byla v městě Petrošani, stanoviště železniční dreziny se nacházelo na nádraží Pietrele Albe vzdáleném cca 15 km od Petrošani.

Konkrétní způsoby sanace ostění tunelu byly projednány před zahájením sanačních prací a to i pro jednotlivé sanace podle míry poškození betonové konstrukce a účelu prováděné sanace s přihlédnutím ke zpracovanému projektu. Během provádění sanačních prací musely být z různých důvodů a zejména pak z titulu nespolehlivosti použitých zařízení a organizačních problémů, dohodnuty a realizovány určité změny ve způsobech provádění sanačních prací. Průběh sanačních prací byl denně zaznamenáván včetně všech podstatných záležitostí a vyhodnocován. Detailně jsou tyto údaje zaznamenány v “ Zápisu ze zahraniční pracovní cesty č. 69 – 71 vykonané ve dnech 22.11.2004 – 17.12.2004 do Rumunské republiky “

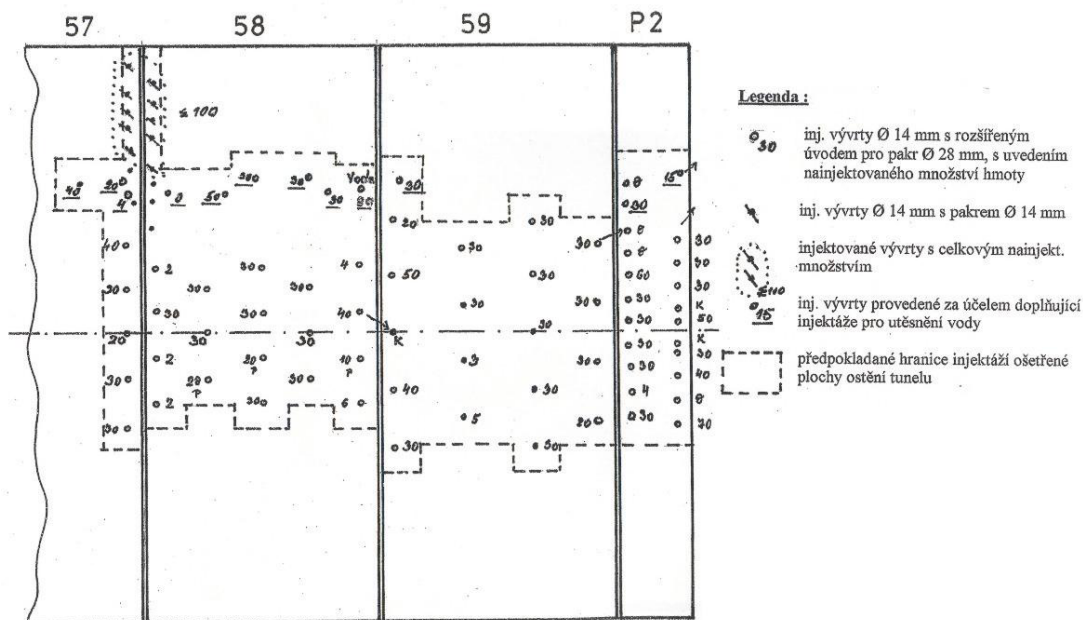
Odzkoušeny byly následující způsoby sanačních prací :

a) systematická síť injekčních vývrtů

byla použita při plošných sanačních pracích v portálovém pásu P2 a tunelových pásech č. 57, 58 a 59 a dále v tunelovém páse č. 37. V tunelových pásech P2, 59, 58 a 57 byla provedena síť vývrtů s rozestupem jednotlivých vějířů cca 1,2 - 1,5 m, s tímž rozestupem vývrtů ve vějířích. Provedená zkušební injektáž prokázala, že použité rozestupy vývrtů o průměru 14 mm s rozšířeným úvodem pro mechanický těsnicí pakr o průměru 28 mm jsou dostačující. Doplňující injektáž pro dotěsnění nově se vyskytlých přítoků byla vzhledem k místním podmínkám v odpovídajícím rozsahu.

Speciální záležitostí byl portálový pás P2, kde byla realizována zhuštěná síť injekčních výtvrů ve dvou vějířích s rozstupem cca 0,8 m a rozstupem jednotlivých injekčních výtvrů ve vějíři od 0,4 do 0,8 m. Také zde byla doplňující injektáž za účelem dotěsnění v odpovídajícím rozsahu. Schematické znázornění situování výtvrů je uvedeno na obrázku č. 5.

Schematické znázornění
situování injekčních výtvrů v tunelovém pásu č. 57, 58, 59 a portálovém pásu P2
Tunel Petrošani – CFR Rumunsko

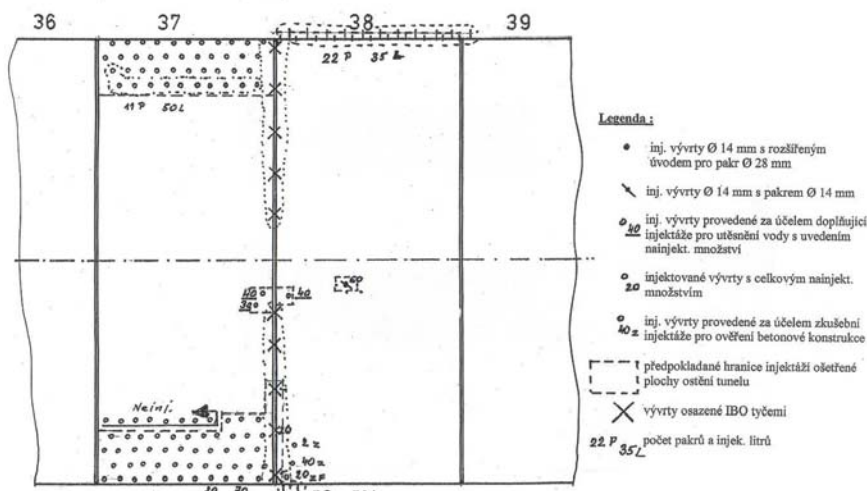


Obr. č.5 Situování injekčních výtvrů v tunelových páslech P2 a 57 – 58

Dále byla systematická síť injekčních výtvrů realizována v tunelovém pásu č. 37 po obou jeho stranách, za účelem provedení zpevňující a utěšňující injektáže silně narušené betonové konstrukce. Síť výtvrů byla provedena ve vodorovných řadách s rozstupem řad cca 0,5 m s tím, že v jednotlivých řadách byl rozstup mezi injekčními výtvrty také cca 0,5 m. Výtvrty byly v řadách situovány šachovitě.

Injektáž potvrdila velmi rozdílnou kvalitu betonové konstrukce a její narušení s tím, že nejvíce je zřejmě narušena povrchová vrstva betonové konstrukce do hloubky cca 25 cm. Schematické znázornění situování výtvrů je uvedeno na obrázku č. 6

Schematické znázornění
situování injekčních výtvrů v tunelovém pásu č. 36, 37, 38, 39
Tunel Petrošani – CFR Rumunsko



Obr. č.6 Situování injekčních výtvrů v tunelových páslech 37, 38 a 39

b) nesystematicky situované injekční vývrty

byly použity pro utěsnění jednotlivých lokalit s přítoky vody a dále pro dotěsnění v místech, kde byla provedena systematická injektáž – pásy č. P2, 59, 58, 57 a v okolí dilatační spáry mezi tunelovými pásy č. 37 a 38. Schematické znázornění situování vývrtů je uvedeno na obrázku č. 5 a 6.

Účinnost provedené doplňující injektáže byla poměrně vysoká, je však nutno předpokládat, že i po této doplňující utěšňující injektáži se mohou projevit další průsaky nebo přítoky vody.

c) injekční vývrty pro utěsnění dilatační spáry

byly realizovány v dilatační spáře mezi 57 a 58 tunelovým pásem na levé straně tunelu. Utěšňovací práce byly prováděny do vývrtů o \varnothing 14 mm s pakry o \varnothing 13 mm. Při injektáži se prokázalo, že v převážné většině injekčních vývrtů byla spotřeba injekčního materiálu více jak 10 litrů, takže injektáž čerpadlem typu DV 97 byla zdoluhavá a zřejmě bude vhodnější provádět tuto injektáž s těsnícími pakry \varnothing 28 mm a čerpadlem s vyšším výkonem. Injektáž byly účinná, došlo k utěsnění dilatace, částečně byl injektovaný materiál vytlačen z dilatační spáry. Pokud bude požadováno, mohou být dilatační spáry utěšňovány obdobným způsobem jako na tunelu Predeal Mare, kde byla dilatace nejdříve po svém obvodu utěsněna rychle tuhoucím cementem a následně vyplněna hmotou CrackSeal. Tento způsob je však ekonomicky náročnější. Schematicky je situování injekčních vývrtů uvedeno na obrázku č.5

d) speciální injektáž pro zpevnění a utěsnění silně narušené betonové konstrukce v základech ostění tunelu

byla realizována na levém a částečně pravém boku tunelového pásu č. 38 a 39. Injekční vývrty o průměru 13 mm s rozšířeným úvodem na \varnothing 30 mm pro těsnící pakr \varnothing 28 mm, byly s rozstupem cca 0,2 – 0,3 m vedeny střídavě horizontálně a úpadně do betonové konstrukce. Tak jako v případě systematicky provedené injektáže v tunelovém pásu č. 37 prokázala injektáž velmi rozdílnou kvalitu betonové konstrukce. Mimo to byla betonová konstrukce zřejmě nasycena zamrzající vodou, což znesnadňovalo pronikání injektované hmoty do betonu. V úsecích s poškozenou a chybějící betonovou konstrukcí bylo doporučeno provést její doplnění za stejných podmínek jako v následujícím bodě. Schematicky je situování injekčních vývrtů znázorněno na obrázku č.7

e) zavrtání a injektáž celozávitových kotevních tyčí IBO R 25 do dilatační spáry se silně narušenou betonovou konstrukcí v jejím okolí

bylo provedeno mezi tunelovými pásy č. 37 a 38. Po obvodu dilatační spáry bylo radiálně, s rozstupem cca 1,2 – 1,4 m, zavrtáno celkem 10 kotev IBO R 25 délky 2 m, z toho počtu byly 3 kotvy na pravém boku tunelu zainjektovány. V případě dvou injektovaných kotev, kdy vzniklé vývrty neměly zřejmě kontakt s narušením betonové konstrukce, bylo injektované množství odpovídající cca objemu provedeného vývrtu. V jednom případě však bylo injektováno cca 20 litrů, t.zn., že bylo injektováno do okolí vývrtu osazeného IBO kotvou.

Vzhledem k tomu, že aplikované kotvy mají poměrně vysokou zatížitelnost na tah – cca 170 kN a více, bylo doporučeno na tyto kotvy připojit vhodnou armaturu a následně celý volný prostor vyplnit betonovou směsí.

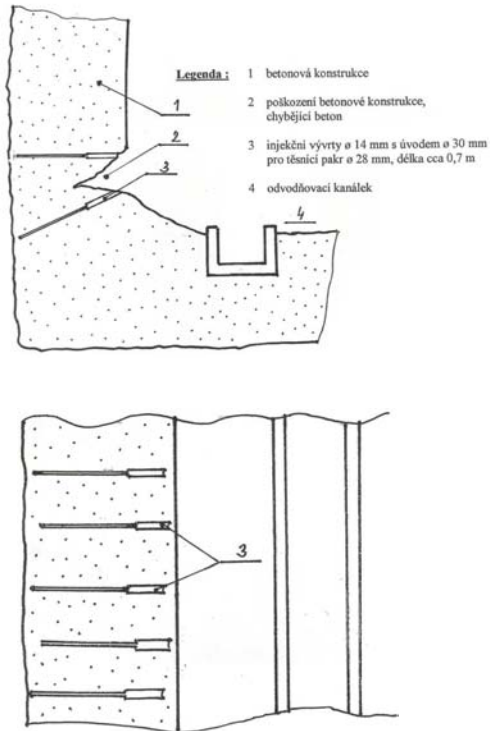
Schematicky je záležitost zobrazena na obrázku č. 8

Poznatky a zkušenosti z provedených sanačních prací

Provedené sanační práce, docílené výsledky a získané poznatky jsou uvedeny v pracovním materiálu “ Vyhodnocení zkušebních sanačních prací provedených v období 23.11.2004 – 16.12.2004 v železničním tunelu na trati Petrošani – Tirgu Jiu“. Vyhodnocení potvrdilo

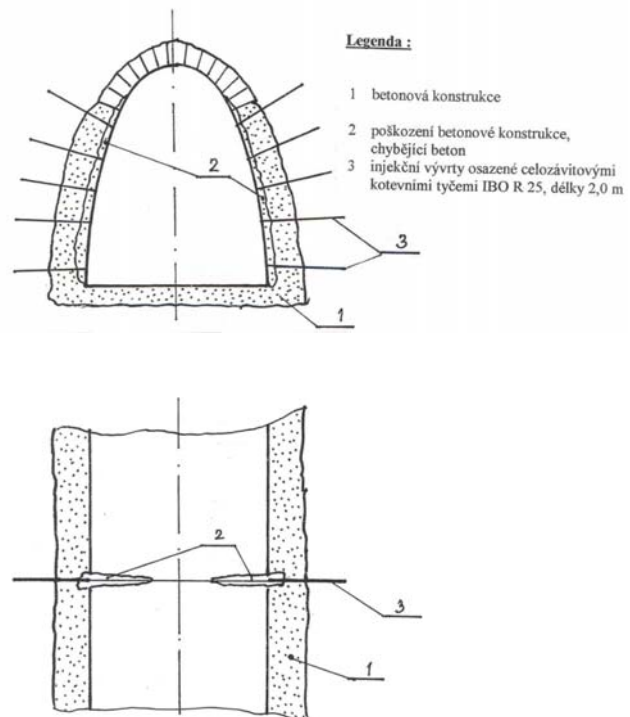
opodstatněnost záměru na provedení sanačních prací za účelem zpevnění a utěsnění betonové výztuže tunelu použitými způsoby a metodami včetně použitých materiálů a zařízení.

Schematické znázornění
Situování injekčních vývrtů při speciální injektáži pro zpevnění a utěsnění silně narušené betonové konstrukce v základech výztuže tunelu
Tunel Petrošani – CFR Rumunsko



Obr.č. 7 Situování injekčních vývrtů pro zpevnění a utěsnění silně narušené betonové konstrukce v základech ostění tunelu

Schematické znázornění
Situování injekčních vývrtů osazených celozávitovými kotevními tyčemi IBO R 25 v silně narušené betonové konstrukci v okolí dilatační spáry nebo základech betonové konstrukce
Tunel Petrošani – CFR Rumunsko



Obr. č. 8 Situování celozávitových tyčí IBO R 25 v dilatační spáře

V návaznosti na tento materiál bylo provedeno „Vyhodnocení provedených sanačních prací pro účely stanovení materiálové spotřeby pro sanaci zbývající délky tunelu“, které bylo dáno k dispozici rumunské straně. V tomto materiálu jsou na základě zkušebními sanačními pracemi získané údaje využity pro orientační kalkulace v souvislosti s dalším prováděním sanačních prací. Jedná se především o materiálovou spotřebu, potřebu technického i personálního obsazení prací a bude jich také využito k orientačnímu propočtu časového úseku provádění prací při dodržení určitých podmínek.

Za zmínku stojí některé poznatky, které musí být brány v úvahu při stanovování opatření k provádění dalších sanačních prací nejen v předmětném tunelu.

Značně proměnlivá kvalita betonové konstrukce klade vysoké nároky na vlastní provádění vrtacích a zejména injekčních prací. V této oblasti bude ještě potřebné realizovat řešení, pomocí kterého bude možno alespoň orientačně zjišťovat, zda je provedený vývrt injektovatelný a jakou spotřebu injektážního materiálu do injekčního vývrtu můžeme předpokládat. Praxe totiž prokázala, že injekční vývrtů provedené v betonové nebo jiné stavební konstrukci, byť provedené ve velmi malé vzájemné blízkosti, mají velmi různé kontakty s trhlinami nebo volnými prostory ve stavební konstrukci, od čehož se pak odvíjí spotřebované množství injektovaného materiálu. Byly zjištěny případy, kdy do injekčního

vývrtnu v betonové konstrukci bylo nainjektováno cca 20 litrů směsi než došlo ke zvýšení injekčního tlaku. Do vývrtnu nacházejícího se ve vzdálenosti cca 20 cm od tohoto vývrtnu, nebylo možno nainjektovat i při vysokém injekčním tlaku (cca 180 bar) ani sebemenší množství injekčního materiálu. Z uvedeného také vyplývá, že do neinjektovatelného vývrtnu nemá smysl zavádět injekční těsnící pakr, bude zřejmě stačit vývrt, pokud to bude možné, zalít injekční hmotou.

Z hlediska provádění injekčních prací do výztuže tunelu, jejíž tloušťka – síla činí max. cca 80 cm, se jeví parametry injekčních vývrtů o průměru 14 mm s rozšířeným úvodem pro těsnící pakr o průměru 28 mm jako velmi vhodné, zejména z pohledu časového intervalu k provedení vývrtnu a provedení injektáže.

Použití mechanického injekčního pakru o průměru 13 mm není vzhledem k jeho průchodnosti (trubička s vnitřním Ø 4 mm) vhodné pro injektáž větších objemů injektážní hmoty. Těsnícími pakry o průměru 13 mm je vhodné injektovat v těch místech, kde bude spotřeba injektážní hmoty pod cca 5 litrů do vývrtnu. Při vyšších injektovaných objemech (10 a více litrů) je injektáž s použitím elektrického čerpadla typu DV 97 časově velmi náročná.

Další výhodou při realizaci injekčních vývrtů uvedených parametrů je možnost jejich provádění pomocí elektrických příklepných vrtaček, např. Hilty. Byl potvrzen názor spočívající v nevhodnosti injektáže zvodnělých zemin nebo stavebních konstrukcí v jejichž trhlinách, které mají být proinjektovány, se nachází zledovatělá voda nebo led jako takový.

Značné problémy, jak bylo již výše uvedeno, se projevily v souvislosti s nízkými teplotami v tunelu, které se pohybovaly v rozmezí od cca + 5 do - 7 °C. Potíže vznikaly nejen při startování dieselových motorů, ale zejména při injektáži, kdy ztuhlé komponenty injektážních materiálů byly čerpatelné s obtížemi, docházelo rovněž k nedodržování čerpaných poměrů jednotlivých komponent.

Vysoká nespolehlivost a poruchovost strojního vybavení, zejména pokud se jedná o zajištění stlačeného vzduchu pro pohon pneumatických vrtacích kladiv a injektážních čerpadel vedla k řadě prostojů a zpoždění zahájení prací. Mnohokrát muselo být improvizováno, aby vůbec byly nějaké práce realizovány. K provádění vrtacích a injekčních prací musela být často použita pouze elektrická zařízení poháněná el. energií dodávanou diesel-elektrickou centrálou. Organizace práce nebyla na potřebné úrovni, vyšší pozornost bude nutné věnovat zainteresování pracovníků na docílených pracovních výsledcích. Zejména vzhledem k poměrně malému časovému intervalu pro provádění sanačních prací v tunelu je velmi nutné věnovat maximální pozornost organizaci práce, zajištění pracoviště a provádění prací po všech stránkách.

Závěr

Údaje a poznatky získané při realizaci zkušební sanace je možno považovat za objektivní, použitelné nejen pro provádění sanačních prací v dotyčném tunelu. Je možno je plně využít pro zpracování návrhu na zbývající sanaci železničního tunelu.

Během provádění prací v tunelu byla opakovaně provedena prohlídka celého tunelu a jednotlivých tunelových pásů. Byly porovnány údaje uvedené ve zpracovaném projektu CFR. Výsledkem této činnosti je materiál „Orientační předpoklad plochy ostění tunelu k ošetření sanační injektáží a spotřeby celozávitových kotevních tyčí IBO R 25“. Tento materiál je podkladem pro stanovení celkového objemu sanačních prací včetně materiálové spotřeby.

V pracovním pořádku budou zpracována zcela konkrétní opatření k provádění dalších sanačních prací. Vzhledem k poměrně krátkému časovému intervalu, ve kterém je možno práce v tunelu provádět, bude nutné aby zpracovaná opatření byla velmi podrobná, zahrnující všechny oblasti realizace a nic nebylo opomenuto. Jenom tak je totiž možno docílit, aby objem vykonané práce byl při dodržení podmínek bezpečnosti práce co nejvyšší a v potřebné kvalitě.