

TECHNICKÁ ZPRÁVA

STAVBA:	Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov
STUPEŇ DOKUMENTACE:	DSP a PDPS
STAVEBNÍ OBJEKT:	SO 04-17-01 Tunel Polubenský km 32,691 – 33,631

Obsah

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	4
1.1	Údaje o stavbě	4
2	SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ	6
2.1	Výchozí podklady	6
2.2	Hlavní související provozní soubory a stavební objekty	6
2.3	Přehled použitých norem, předpisů, vzorových listů apod.	6
2.3.1	Normy	6
2.3.2	Technické kvalitativní podmínky	6
2.3.3	Předpisy	7
2.3.4	Technická literatura a informační zdroje	7
2.4	Odchytky od platných norem a předpisů	7
3	ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA	7
3.1	Obecně	7
3.2	Základní popis objektu Polubenského tunelu	8
3.3	Dostupné informace z historických zdrojů	9
3.3.1	Geotechnické podmínky a zajištění líce výrubu	9
3.3.2	Drenážní a hydroizolační systém tunelu	11
3.3.3	Obnova obezdívky a zajištění stability výrubu	12
3.4	Předmět projektu Polubenského tunelu SO 04-17-01	12
3.5	Koncepce technického řešení v dokumentaci	13
4	POUŽITÁ TERMINOLOGIE	13
5	PROVĚŘENÍ PROSTOROVÉ PRŮCHODNOSTI TUNELU	14
5.1	Prověřované průjezdné průřezy	14
5.2	Stanovení délky tunelových pásů	15
5.3	Poloha portálů a délka tunelu	15
5.4	Směrové a výškové vedení po úpravě GPK	16
6	POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ STÁVAJÍCÍHO TUNELU	16
7	TYPY ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD TUNELŮ	17
7.1	Typy vad tunelové obezdívky / ostění	17
7.2	Drenážní systém tunelu	21
7.3	Kabelovody a zajištění vedení inženýrských sítí	21
7.4	Portálové stěny a portálová křídla	21
8	NEJISTOTY V OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH A VYPLÝVAJÍCÍ RIZIKA	22
8.1	Nejistoty v okrajových podmínkách technického řešení	22
8.2	Rizika vyplývající z nejistoty okrajových podmínek	23
9	POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY	23
9.1	Stříkaný beton	23
9.2	Stříkaná hydroizolační membrána	24
9.3	Těsnící injektáž a spárování zdiva	26
9.3.1	Těsnící injektáž spár kamenného / betonového zdiva	26
9.3.2	Těsnící injektáž ostění z monolitického/stříkaného betonu	27

9.3.3	Spárování a injektování obezdívky – sanace vydrolených spár a průsaků	27
9.4	Drenážní potrubí	28
9.5	Kanalizační potrubí	28
9.6	Geotextilie	29
9.7	Kabelové žlaby – kabelovody	29
9.8	Sanační malty pro opravy betonových konstrukcí	29
10	OPRAVY A SANACE ZJIŠTĚNÝCH VAD KLENBY TUNELU	30
10.1	Průsaky ve spárách na boku a v patě klenby (typ T1)	30
10.2	Průsaky ve spárách ve vrcholu klenby (typ T2)	31
10.3	Vady na ostění ze stříkaného betonu (typ T4)	31
10.4	Vady na ostění z monolitického betonu (typ T5)	31
10.5	Nestabilita horninového masivu (typ T6)	31
10.6	Průsaky na portálových stěnách (typ T7)	32
10.7	Zdegradované nebo poškozené svodnice (typ T8)	32
10.8	Vady nouzových výklenků (typ T9)	32
11	OPRAVA DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU TUNELU	32
12	OPRAVA PORTÁLOVÝCH STĚN A KŘÍDEL	34
12.1	Utěsnění průsaků trhlinami v portálové konstrukci	34
12.2	Odstranění a doplnění degradovaného betonu	35
12.2.1	Ověření soudržnosti sanačních materiálů s podkladem	35
12.2.2	Odstranění degradovaných částí betonové konstrukce	35
12.2.3	Předúprava povrchu podkladu	36
12.2.4	Spolupůsobení betonu podkladu a sanačního materiálu	36
12.2.5	Kritéria použití sanačních materiálů	36
13	OBNOVA KABELOVODŮ	36
14	ZNAČENÍ V TUNELU	37
14.1	Požadavky předpisu SŽ S6 (2018)	37
14.2	Požadavky evropského předpisu TSI SRT	38
15	SEZNAM DOKUMENTACE	39

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

1.1 Údaje o stavbě

Název stavby:	Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov
Specifikace stavby:	Veřejná drážní stavba liniového charakteru
Stupeň dokumentace:	DSP a PDPS
Dílčí část – objekt (SO/PS):	SO 04-17-01 Tunel Polubenský km 32,691 – 33,631
Charakter dílčí části:	Oprava železniční trati
Kraj:	Liberecký
Okres:	Jablonec nad Nisou
Katastrální území:	Šumburk nad Desnou [765031]; Tanvald [765023]; Desná [563552]; Desná I [625574]; Desná III [625591]; Polubný [669750]
Místo stavby:	km 27,533 – km 34,115
Trať dle Prohlášení o dráze:	507 00 Tanvald – Harrachov státní hranice
Traťový úsek TU:	TU 1671 Liberec – Harrachov státní hranice
Trať dle NJŘ:	548 Harrachov – Liberec
Kategorie dráhy:	Regionální
Období realizace:	předpoklad – 2023

Údaje o stavebníkovi:

Stavebník/investor:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 - Nové Město IČ: 70994234, DIČ: CZ 70994234
Zástupce investora:	Oblastní ředitelství Hradec Králové U Fotochemy 259 501 01 Hradec Králové

Údaje o zpracovateli dokumentace a části dokumentace:

Hlavní projektant stavby: (dle SOD)	TÝM/SAGASTA – Tanvald – Kořenov Moskevská 532/60 101 00 Praha 10 Hlavní projektant stavby: Ing. Miroslav Rykl ČKAIT – 0400329 Autorizovaný inženýr pro dopravní stavby
----------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Odpovědný projektant: SAGASTA s.r.o.
(dílčí části SO/PS) Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4
IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555
Odpovědný projektant SO: Ing. Libor Mařík
ČKAIT – 0007841
Autorizovaný inženýr pro geotechniku
Báňský projektant OBÚ 4893/06

Ostatní zpracovatelé: SAGASTA s.r.o.
(dílčí části SO/PS) Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4
IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555
Zpracovatel SO: Ing. Martin Svoboda

Ostatní zpracovatelé: SAGASTA s.r.o.
(dílčí části SO/PS) Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4
IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555
Zpracovatel SO: Ing. Petr Lapiš

Ostatní zpracovatelé: SAGASTA s.r.o.
(dílčí části SO/PS) Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4
IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555
Zpracovatel SO: Bc. Jakub Vladík

2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

2.1 Výchozí podklady

Pro zpracování dokumentace pro stavební povolení byly použity následující podklady:

- Zvláštní technické podmínky (25.5.2020)
- Vstupní porada (vč. pochůzky) konaná dne 16.9.2020 na adrese Nádraží 344/1, Liberec
- Záměr projektu neinvestiční akce „Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov“
- Digitální katastrální mapa
- Archivní podklady získané od Státního oblastního archivu v Praze
- Zaměření stávajícího stavu (SŽG)
- Geodetické doměření jednotlivých míst a laserové skenování povrchu tunelu
- Místní šetření v průběhu zpracování dokumentace a fotodokumentace poruch
- Kopané sondy pro ověření tvaru počvy tunelu, polohy kabelovodů a drenáží

2.2 Hlavní související provozní soubory a stavební objekty

SO 00-10-01 Výstroj trati

SO 00-21-01 Přeložky kabelů

SO 04-10-01 Dolní Polubný (mimo) - Kořenov (mimo), železniční svršek

SO 04-11-01 Dolní Polubný (mimo) - Kořenov (mimo), železniční spodek

SO 04-14-07 Zeď v km 33,631 - 33,704

2.3 Přehled použitých norem, předpisů, vzorových listů apod.

2.3.1 Normy

- ČSN 737501 Navrhování konstrukcí ražených podzemních objektů - společná ustanovení (01/1993)
- ČSN 737508 Železniční tunely (09/2002)
- ČSN 736320 Prostorová průchodnost na dráze celostátních, drahách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky (02/2019)
- ČSN EN 206-1 Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
- ČSN EN 14487-1 Stříkaný beton – část 1: Definice, specifikace a shoda
- ČSN EN 14488-1 Zkoušení stříkaného betonu - část 1: Odběr vzorků čerstvého a ztvrdlého betonu

2.3.2 Technické kvalitativní podmínky

- TKP 3 Zemní práce, třetí aktualizované vydání, změna č. 6 (07/2008)
- TKP 4 Odvodnění tratí a stanic, třetí aktualizované vydání, změna č. 6 (07/2008)
- TKP 7 Kolejové lože, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (03/2013)
- TKP 12 Chráničky a kolektory, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (03/2013)
- TKP 17 Beton pro konstrukce, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (05/2013)

Technická zpráva

TKP 18 Betonové mosty a konstrukce, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (03/2013)
TKP 20 Tunely, třetí aktualizované vydání, změna č. 2 (01/2002)
TKP 22 Izolace proti vodě, třetí aktualizované vydání, změna č. 1 (11/2001)
TKP 23 Sanace inženýrských objektů, třetí aktualizované vydání, změna č. 5 (09/2006)

2.3.3 Předpisy

SŽ S4 Železniční spodek (01/2021)
SŽDC S6 Správa tunelů (09/2018)

2.3.4 Technická literatura a informační zdroje

Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů (Amberg Engineering Brno, a.s. 03/2016)
https://www.ita-aites.cz/files/edice_CTuK/161209-sanace-tunelu.pdf

Permanent Sprayed Concrete Linings (ITA Report No. 24 - 10/2020)
Design Guidance For Spray Applied Waterproofing Membranes (ITAtch Report No. 2 - 04/2013)
<https://about.ita-aites.org/wg-committees/itatch/publications>

2.4 Odchytky od platných norem a předpisů

Podle čl. 3.43 se pro potřeby normy ČSN 737508 rekonstrukcí tunelu rozumí takové stavební práce při, kterých dochází zpravidla k výměně a zesilování tunelového ostění v rozsahu celého objektu, případně se přitom zvětšuje světlý tunelový průřez; zpravidla dochází ke změně polohy jednotlivých konstrukcí s ohledem na směrovou nebo výškovou úpravu osy tunelu. V případě rekonstrukce tunelu je pak nutno postupovat podle příslušných ustanovení této normy.

Zásahy do konstrukčního systému (tunelové portály, obezdívky a ostění) spojené s opravami objektů tunelů na trati Tanvald – Kořenov proto nejsou ve smyslu znění čl. 3.43 normy ČSN 737508 považovány za rekonstrukci tunelu. I když tunelové objekty po provedení opravy nebudou splňovat požadavky této normy, nejedná se v případě navržených technických řešení a úprav o technická řešení vyžadující výjimku z této normy.

3 ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA

3.1 Obecně

Trať Tanvald – Kořenov je dle kategorie železničních drah podle zákona č. 266/94 Sb. o drahách drahou regionální, vlastníkem je ČR zastoupena SŽ, státní organizace, provozovatelem dráhy je SŽ, státní organizace. Jedná se o jednokolejnou, neelektrifikovanou trať. V předmětném úseku je trať ozubnicová. Jde o jednu z posledních normálně rozchodných ozubnicových železnic v Evropě a také o nejstrmější železnici v Čechách. V roce 1992 ji Ministerstvo kultury prohlásilo za kulturní památku.

Předmětem opravy je komplexní oprava traťového úseku Tanvald (mimo) – Kořenov (mimo), dopravní D3 Desná a odbočné výhybky na vlečku Preciosa Ornela a.s. (zatím v majetku vlečkaře) a zajistit tak bezpečné a spolehlivé provozování drážní dopravy a dlouhodobé udržení požadovaných parametrů trati (adhezní i ozubnicový provoz). Oprava proběhne v km 27,533 – 30,590; 30,730 – 34,115. Dopravní D3 Dolní Polubný není součástí této stavby a bude řešena

samostatnou investiční stavbou. Součástí opravných prací bude oprava železničního svršku vč. nové ozubnice na Y pražcích, železničního spodku, sanace skalních zářezů, sanace železničního spodku na přejezdech, oprava odvodnění, nástupišť (zast. Kořenov, dopravná D3 Desná), stezek, osvětlení, osazení EOY a elektromotorických přestavníků na krajních výhybkách v dopravně D3 Desná a s tím spojené zřízení technologického objektu, výpichy pro DDTS, oprava mostů, tunelů, zdí a propustků a oprava přejezdů P5545, P5546, P5547, P5548, P5550 a P5551.

Projektová dokumentace tunelu zcela naplňuje požadavky zadávací dokumentace na opravy a dále technicky řeší i vady, které byly zjištěny v průběhu zpracování projektové dokumentace po vyhodnocení místního šetření a dostupných informací o konstrukčním řešení a geotechnických podmínkách horninového masivu, ve kterém je tunel vyražen.

V původním staničení ŽKM před rekonstrukcí celého traťového úseku byla jeho poloha dána staničením 32,691 až 33,631. Pod tímto označením je evidován v celé řadě dokumentů a statistik. Při úpravě geometrické polohy koleje (GPK) došlo vlivem úprav ke změně staničení, která se s přibývajícím délkou od počátku úseku zvětšuje. Na výkresové dokumentaci je proto z hlediska kontinuity pouze v názvu tunelu uváděno původní staničení, pro určení polohy portálů a konstrukcí v tunelu je již v situaci a řezech používáno nové staničení po úpravě GPK.

3.2 Základní popis objektu Polubenského tunelu

Tunel délky 940 m se nachází v definičním úseku Tanvald – Desná. Jeho vjezdový portál se nachází ve staničení km 32,691 000 a výjezdový portál je pak ve staničení km 33,631 000. Původně byla délka tunelu o 7 m kratší, ale po rekonstrukcích v letech 1958–1962 byl o cca 7 m prodloužen, kvůli rozšíření místní komunikace, která nyní vede nad jeho vjezdovým portálem.

Z hlediska směrových a výškových poměrů tunel začíná přímoú délkou cca 70 m ve stoupání 53 ‰. Po necelých 70 m v tunelu začíná jediný směrový oblouk o poloměru $R = 500$ m bez přechodnic. Délka oblouku je 156,79 m. Poté už leží trasa tunelu v přímé. Z hlediska výškového řešení téměř celý tunel stoupá sklonem 53 ‰, kromě výškového zaoblení na samotném konci tunelu. Ve staničení km 33,649 000 se nachází výškový lom, kde se stoupání 53 ‰ mění na klesání 6 ‰. Tento lom je zaoblen výškovým obloukem o poloměru $R = 1500$ m a délce 106 m a zasahuje z části do tunelu.

Pro zajištění stability výrubu a zachování průjezdného průřezu má tunel několik druhů ostění, a to včetně úseků v dobrých geotechnických podmínkách tvořených pouze nezajištěným lícem výrubu. Od vjezdového portálu začíná úsek délky 232,74 m, ve kterém je ostění tvořeno betonovými tvárnicemi. Následují dva pasy zajištěné prepakt-betonem a poté se střídají pasy zajištěné ostěním ze stříkaného betonu vyztuženého ocelovými sítěmi, stříkaným betonem bez výztuže a betonovými tvárnicemi. Od tunelového metru 361,08 se pak střídá ostění z betonových tvárnic se skalním lícem bez zajištění. V oblasti blíže k výjezdovému portálu je opět úsek s ostěním z betonových tvárnic dlouhý 140,76 m.

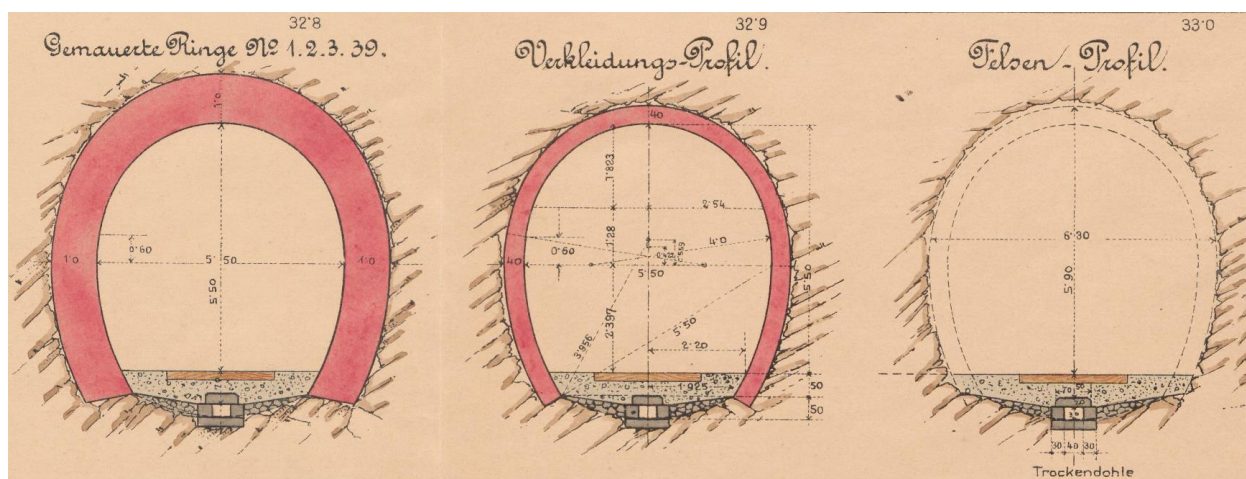
Vjezdový portál tunelu je celý z betonu, samotný tunel je obložen zvenku betonovými tvárnicemi. Předzářez zajišťují dvě betonové zárubní zdi. Pravá zeď dosahuje délky 146 m, levá je o dost kratší a měří cca 20 m. Celý předzářez je poměrně hustě porostlý vegetací, která však nezasahuje do prostoru kolejiště. Na stěnách jsou na první pohled parné výluhy a degradace betonu spojená s průsakem vody. Povrch stěn je částečně porostlý mech, který povrchovou degradaci urychluje.

V předzářezu na výjezdovém portále jsou po obou stranách situované betonové zárubní zdi o délce cca 70 m. Výjezdový portál je celý proveden z monolitického betonu, v pohledu je jednolitý. Předzářez je opět hojně obrostlý vegetací. Zárubní zdi jsou stejně jako u vjezdového portálu porostlé mechem a místy jsou vidět výluhy vody prosakující pracovními spárami betonáže. Lokálně degradace betonu postoupila do hlubších vrstev a dochází k opadům takto rozvolněné části zdi.

V tunelu je použit železniční svršek A s ocelovými pražci a ozubnicí. Podle stávajícího technického stavu je hodnocen stupněm 2 ve smyslu čl. 4.7.6 předpisu SŽDC S6, tj. stavební stav tunelu, ve kterém byly zjištěny závady vyžadující zásah většího rozsahu, rekonstrukci nebo úplnou přestavbu, nebo výměnu nosné konstrukce, popř. jen opravu nebo výměnu některých částí, jejichž stav může být příčinou omezení provozu (např. by bylo nutné omezit rychlost). Hodnocení stupněm „3“ nemusí zavdávat okamžitou příčinu na změnu podmínek provozuschopnosti. Toto hodnocení indikuje správci tunelu potřebu vážně se zabývat dalším užíváním objektu, to je například zajistit plánování stavebního zásahu, zajistit zvýšený dohled a nárokovat přidělení finančních prostředků dle příslušných postupů. Z hlediska průsaků podzemní vody do tunelu je tunel hodnocen stupněm zavodnění V3 (plošné zamokření podle předpisu SŽDC S6).

3.3 Dostupné informace z historických zdrojů

Pro návrh oprav patří k základním okrajovým podmínkám informace o výstavbě tunelu, stavu horninového masivu a stavebních úpravách, které v průběhu provozování prodělal. Ve Státním oblastním archivu v Praze se podařilo objevit výkresovou dokumentaci tunelu (kolaudační elaboráty z 11/1902) se zakreslením základních typů obezdívky v podélném směru, situováním záchranných výklenků a stručným popisem geotechnických podmínek. Vjezdový portál byl původně situován o 7 m dále ve směru staničení, než je stávající portál. Základní typy dispozičního uspořádání příčného řezu ukazuje Obr. 1.



Obr. 1 Příčné řezy tunelem podle archivní dokumentace 11/1902

3.3.1 Geotechnické podmínky a zajištění líce výrubu

Z roku 1902 jsou i základní informace o horninovém masivu. Z nich vyplývá, že kromě portálových úseku tvoří horninový masiv pevná až tvrdá hornina (granodiorit) s vysokou

samonosnou funkcí. Problémy tvoří pouze její lokální rozpukání, které může být příčinou lokálních nestabilit, pokud jsou úseky tunelu bez obezdívky. Popis vlastností horninového masivu a procentuální zastoupení po délce tunelu uvádí Tab. 1. Z ní vyplývá, že s výjimkou portálových úseků s výskytem bludných kamenů na tehdejší vjezdovém portále a eluvia na výjezdovém portále je celý tunel v poměrně kvalitní hornině a 77% délky tunelu se nachází v horninovém masivu klasifikovaném jako „velmi tvrdá skála“.

Popis horninového masivu	Zastoupení
Eluvium	4,6%
Velké bludné kameny	3,9%
Rozpukaný masiv	6,5%
Pevná skála rozpukaná	6,5%
Pevná skála mírně rozpukaná	1,1%
Velmi tvrdá skála mírně rozpukaná	13,1%
Velmi tvrdá skála	21,0%
Velmi tvrdá skála bez puklin	43,4%

Tab. 1 Charakteristika horninového masivu a jeho předpokládané zastoupení v trase tunelu

Kvalitě horninového masivu odpovídá i způsob zajištění stability výrubu. Vjezdový a výjezdový portál tvořila obezdívka tloušťky 1000 mm, která pak přecházela do tunelových pásů tloušťky 650 mm a 500 mm. V tunelu pak byla standardně používána obezdívka tloušťky 400 mm. Výrazná část délky tunelu (60 %) pak byla bez jakéhokoli zajištění stability výrubu a tu zajišťovala pouze samonosnost horniny. Zastoupení obezdívky různých tloušťek a úseků bez obezdívky ukazuje Tab. 2. Tunelová obezdívka tloušťky 400 mm nebyla použita jen tam, kde to vyžadovala její statická funkce, ale i v úsecích klasifikovaných jako tvrdá hornina, ve kterých ale docházelo k výronům puklinové vody a obezdívka plnila hydroizolační funkci.

Zajištění líce výrubu	Zastoupení
Skalní líc	60,2%
Ostění 400 mm	33,3%
Ostění 500 mm	3,0%
Ostění 650 mm	1,1%
Ostění 1000 mm	2,4%

Tab. 2 Tloušťka ostění a jeho předpokládané zastoupení v trase tunelu

Zásadní rekonstrukcí tunel prošel v roce 1959, kdy byly prováděny následující práce:

- Rekonstrukce obezdívky a povrchové úpravy
- Přestavba Kořenovského portálu
- Sanace průsaků vody v oblasti stropu (horní klenby)

Technické řešení tunelu po rekonstrukci je vstupní informací pro návrh oprav. Hlavním důvodem rekonstrukce v roce 1959 byl špatný stav obezdívky (porušené spárování, zvětrání bloků horniny, místní vyboulení boků) a silné průsaky, které vedly v zimním období ke vzniku rampouchů a ledopádů. Stávající obezdívka byla podskružena kolejnicovými ramenáty a postupně byla po prstencích odbourána.

3.3.2 Drenážní a hydroizolační systém tunelu

Po snesení obezdívky byly zbudovány nové odvodňovací stoky z betonových prefabrikátů uložených do betonového lože. Do nových stok byly vysekány drážky pro zaústění nových svodnic. Skalní líc by očištěn otryskáním pískem a následně tlakovou vodou. Do čistého skalního líce byly vyhloubeny drenážní kanálky (svodnice) a v místech velkých průsaků byla provedena drenáž hadicovou metodou. Nová drenáž se následně opatřila vrstvou stříkaného betonu tloušťky 20 mm. Poté byla na vrstvu umístěna výztužná síť $\varnothing = 3,15$ mm s oky 100 x 100 mm, která byla znovu zastříkána vrstvou betonu tloušťky 40 mm. V místech, kde měla být vrstva stříkaného betonu 100 mm, byl nástřik proveden po vrstvách. Veškeré svodnice a drážky vysekávané do skalního líce byly prováděny bez trhacích prací. Bylo dbáno na co možná nejpřesnější kopírování skalních puklin (pouze pokud byl velmi malý sklon, byla drenáž nejkratší cestou s dostatečným sklonem svedena do drážky). Rozměry drážek byly zhruba 100 x 100 mm a před nanesením vrstvy betonu byly očištěny.

Drenáž puklin horninového masivu byla prováděna hadicovou metodou. Na dno drážky se vložila gumová hadice délky cca 1 m a zhruba $\frac{3}{4}$ z této délky se překrylo první vrstvou rychletuhnoucí cementové malty. Bylo nutné dbát na to, aby se malta nedostala pod trubku a nezakryla tak puklinu, kterou měla voda do dutiny přitékat. Po zatvrdnutí malty se gumová hadice povytáhla, část zhruba 10 cm se ponechala v původní dutině a proces byl opakován, dokud nebyla tímto způsobem vytvořena drenáž. V případě, že nově zbudované ostění mělo pouze obkladní funkci, bylo vytvořeno z betonových tvárnic klenby tunelu B 170 (C12/15) a betonu základu B 135 (C8/10). Veškeré vzniklé prostory mezi rubovou izolací a skalním masivem byly vyplněny betonem B 105. V místě většího zvodnění horninového masivu byla ve výplňovém betonu zřízena šterková žebra šířky 1 m a hloubky cca 150 mm ve vzdálenosti 2 m od sebe. Z těchto žebor byla podzemní vody sváděna příčnými betonovými trubkami $\varnothing = 100$ mm, které byly zabetonovány do základových pasů. Tyto trubky ústily do podélných odvodňovacích žlabů situovaných podél tunelových opěr.

Hydroizolační deštníkový systém zajišťovala PVC fólie (ISOFOL BB) tloušťky 0,9 mm, která byla instalována současně s obezdívkou směrem od tunelových opěr k vrcholu klenby. Hydroizolační fólie se upevňovala na výplňový beton s vyhlazeným povrchem (omítkou), který byl betonován v předstihu. Na vrstvu hydroizolační PVC fólie byla přiložena ochranná vrstva nepískované lepenky a přizděna řada betonových tvárnic. Takto se postupovalo až k vrcholu klenby. V klenbě byl postup opačný. Nejprve se dozdíla obezdívka z betonových tvárnic, na kterou se uložila vrstva lepenky a izolační fólie. Nakonec se doplnil výplňový beton B 105. Závěr izolace se prováděl samostatným závěrným pásem fólie, který se přivařil k oběma bočním prefabrikátům. Další folií, volně položenou, byl závěr ochráněn. Poté se vložila ochranná tvárnice a klenbový uzávěr byl nadezděn. Na styku pasů byla foliová izolace také přivařena. Z hlediska návrhu opravy je podstatné, že za obezdívkou není kamenná rovinanina, ale hydroizolační fólie a výplňový beton. Pokud voda prosakuje spárami mezi tvárnicemi, jedná se zřejmě o lokální poškození foliové izolace za rubem ostění.

3.3.3 Obnova obezdívky a zajištění stability výrubu

Skalní líc byl okamžitě po snesení původní obezdívky zajišťován případně kotven. Po zabezpečení líce výrubu byly skruže odstraněny. V neobezděných pasech proběhlo podskružení obdobně, ale kotvení bylo zapotřebí z důvodů lepší kvality horninového masivu pouze ojediněle.

V případě **ostění ze stříkaného betonu** byl postup provádění následující. Osazení kotev pro ukotvení výztužné sítě probíhalo do předem připravených vrtů $\varnothing = 30$ mm dlouhých zhruba 300 mm, které byly vyplněny cementovou maltou. Do vrtu se následně vložilo kotevní železo a vrt byl vzápětí utěsněn rychletuhnoucí maltou. Sít se na kotvy připevnila pomocí vázacího drátu $\varnothing = 3$ mm. V případech nerovností, nebo problémů s ohybem sítě, byla síť nastříhána na přiměřeně malé díly. Následně byl proveden nástřik betonu v tloušťce cca 60 mm. Odvodnění horninového masivu za ostěním ze stříkaného betonu je provedeno systémem svodnic a hadicovou metodou.

V místě, kde bylo nutné provést celoplošnou izolaci PVC fólií IZOFOM BB 0,9 mm byla provedena tunelová **obezdívka z betonových tvárnic**. Tento typ ostění nemá nosnou funkci a je prováděn dříve popsáním postupem.

V případě, kdy stabilizace výrubu vyžadovala nosnou funkci ostění bylo provedeno ostění z monolitického vibrovaného betonu. Systém izolace tohoto typu ostění je obdobný jako u obkladní obezdívky. Pro uzavření klenby bylo předem vyzděno několik řad tvárnic z obkladu, které byly zaizolovány, a následně byla vybetonována nosná klenba. Základy byly navrženy z betonu B 135 (C8/10), opěry z B 170 (C12/15), stejně jako klenba včetně tvárnic. Odvodnění bylo zajištěno pomocí žeber z kamenné rovnániny o šířce 1 m a tloušťce 150 mm, která byla zapuštěna do nosného zdiva opěr. V klenbě byla provedena plošná drenáž z pórobetonu, která byla ukládána na obklad z lomového kamene. Větší výrony vody byly svedeny do odvodňovacích žeber. Později bylo navrženo jímání stropních výronů pomocí odvodňovací štol o průřezu 600 x 600 mm a délce 30 m. Z ní se voda odváděla betonovými trubkami za rubem obezdívky do podélného odvodnění.

3.4 Předmět projektu Polubenského tunelu SO 04-17-01

V rámci opravy koleje je podle požadavků zadávací dokumentace nutné obnovit podélné odvodnění tunelu, odstranit degradovaný stříkaný beton z ostění, lokálně provést nové ostění a rubové odvodnění, obnovit nebo instalovat nové svodnice. V zimním období zalednění ohrožuje bezpečnost provozu.

Cílem oprav prováděných v Polubenském tunelu je zejména:

- a) Zamezení průsaků podzemní vody do tunelu (obnova hydroizolační funkce).
- b) Zajištění stability líce tunelu (zejména v úsecích bez ostění)
- c) Sanace poruch tunelové obezdívky nebo tunelového ostění ze stříkaného betonu
- d) Obnova drenážního systému
- e) Obnova kabelovodů

Technické řešení bude navrženo s cílem zvýšení životnosti tunelových konstrukcí a minimalizace nákladů spojených s provozem a údržbou tunelů.

3.5 Koncepce technického řešení v dokumentaci

- a) Tunel je rozdělen na úseky podle typu zajištění stability výrubu podle Tab. 4
- b) Pro tunel je vypracovaná podrobná pasportizace vad včetně fotodokumentace po tunelových pásích
- c) Vady jsou označeny typem vady T1 až T9 podle Tab. 5 a Tab. 6. A pro typy poruch je navržen návrh opravy nebo sanace.
- d) Označování typů zajištění stability výrubu, vad a jejich oprav je jednotné pro všechny tunely na traťovém úseku.
- e) Hodnocení poruch a popis typu sanace je provedeno pro každý tunelový pás v příloze č. 12.

4 POUŽITÁ TERMINOLOGIE

V rámci projektové dokumentace tunelových objektů na traťovém úseku Tanvald – Kořenov je pro zvýšení přehlednosti dokumentace používána jednotná, níže uvedená terminologie. Další terminologie používaná v projektové dokumentaci odpovídá znění uvedeném v normě ČSN 737508 a předpise SŽDC S6 (09/2018).

Obezdívka: Zděná konstrukce z betonových nebo kamenných kvádrů, která zajišťuje stabilitu výrubu.

Ostění: Nosná konstrukce z monolitického nebo stříkaného betonu, která zajišťuje stabilitu výrubu.

Tunelový metr: Pro potřeby návrhu technického řešení tunelu je v projektové dokumentaci pro každý tunel zaveden pojem "tunelový metr" (označení TM), který definuje v ose tunelu vzdálenost od vjezdového k výjezdovému portálu (koresponduje se směrem staničení tratě). Staničení v tunelových metrech je lokálně zavedeno pro každý tunel samostatně. Tunelový metr TM 0,000 je definován jako průsečík roviny portálu s osou tunelu. Značení v tunelových metrech usnadňuje polohu navržených opatření a následně orientaci pracovníků během realizace stavebních prací.

Délka tunelu: Podle požadavků normy ČSN 737508 je délka tunelu ve čl. 3.39 určena jako „průměrná vzdálenost mezi líci čelních portálových zdí (portálových věnců) vjezdového a výjezdového portálu, měřená po obou tunelových opěrách ve výši 1,0 m nad niveletou koleje“. Tuto definici doslovně přebírá i Příloha A (normativní) předpisu SŽDC S6.

Tunelový pás: Evidenční část tunelu umožňující orientaci v tunelu, obvykle vymezená dělicími spárami od sousedních tunelových pásů nebo značením na líci ostění, obezdívky nebo v úsecích bez zajištění na líci výrubu. Portálové pásy se označují P1 a P2, za portálovým pásem P1 následuje pás č. 1. Délka tunelových pásů u opravovaných tunelů není zpravidla konstantní a po opravě bude zachována podle původního rozdělení i značení.

Typ zajištění: Typ tunelového ostění nebo obezdívky zajišťující stabilitu výrubu. Tam, kde je stabilita výrubu zajištěna samonosností horninového masivu bez jakéhokoli dalšího opatření je jako typ zajištění uveden „skalní líc“

5 PROVĚŘENÍ PROSTOROVÉ PRŮCHODNOSTI TUNELU

Provedení oprav souvisejících se zajištěním stability výrubu, vodonepropustnosti tunelu nebo sanacemi původní obezdívky nebo ostění je závislé na prostorových možnostech stávajícího tunelu. Základním principem je nezasahování do obezdívky z betonových nebo kamenných kvádrů, která je obecně v relativně dobrém stavu. V případě ostění z monolitického nebo stříkaného betonu se lokálně předpokládá odstranění degradovaných míst nebo celkové odstranění poškozené části ostění a jeho náhrada.

Proto bylo před zahájením prací na projektové dokumentaci provedeno zaměření stávajícího světlého líce tunelu pomocí laserového skenování mračnem bodů. Mračna bodů z laserového skeneru Trimble SX10 byla georeferencována přímo v terénu. Připojení bylo provedeno metodou zpětného protínání s orientací na body ŽBP. Georeferencované skeny byly převedeny do jednotného mračna bodů. Dalším krokem byla finalizace mračna bodů. Nejprve byl stanoven maximální rozsah mračna. Následovalo očištění mračna od šumu a selekce na světlý líc tunelu a ostatní objekty. Výsledné mračno bodů bylo „naředěno“ na minimální vzdálenost mezi body 1 cm.

Pro prověření prostorové průchodnosti tunelu bylo použito 3D modelu stávajícího světlého líce tunelu, do kterého bylo na příslušnou variantu GPK nasazeno 3D těleso příslušného průjezdného průřezu (viz dále).

V programu CloudCompare byla vyšetřena vzájemná poloha tělesa průjezdného průřezu a 3D polohy světlého líce tunelu. Proces vyhledávání GPK se zohledněním vazby na další objekty trasy probíhal ve spolupráci s traséry „iteračně“, až bylo při zajištění požadované prostorové průchodnosti dosaženo optimální geometrické polohy koleje a vzájemné polohy průjezdného průřezu a líce tunelového ostění.

5.1 Prověřované průjezdné průřezy

Tímto postupem je vzhledem k přesnosti laserového zaměření a použitím 3D modelu průjezdného průřezu i líce tunelového ostění zaručeno, že je prostorová průchodnost prověřena kontinuálně v celé délce a ploše líce tunelu.

Prostorová průchodnost byla po naskenování světlého líce tunelu prověřována pro tyto průjezdné průřezy:

- a) Průjezdný průřez Z-GC
- b) **Průjezdný průřez Z-G2**
- c) Průjezdný průřez Z-GC Z3
- d) Průjezdný průřez M-GC

Průjezdný průřez byl do 3D modelu zadán s tolerancí 50 mm. Každý z uvedených průjezdných průřezů byl ještě prověřován s volným postranním prostorem (VPP dle čl. 3.6 ČSN 736320) šířky 2500 mm, 2200 mm a bez tohoto prostoru. Dále byla prověřována možnost umístění volného schůdného a manipulačního prostoru (VSMP dle čl. 3.7 ČSN 736320). Průjezdné průřezy byly zkonstruovány se zohledněním všech rozšíření plynoucích ze směrového a výškového vedení tratě.

Princip průkazu prostorové průchodnosti tunelu je patrný z Obr. 2, na kterém jsou červeně vyznačena místa kolize průjezdného průřezu se světlým lícem tunelu.



Obr. 2 Průkaz prostorové průchodnosti na 3D modelu (Žďárský tunel)

Výsledkem optimalizace GPK a prostorové průchodnosti v tunelech je zajištění prostorové průchodnosti pro **průjezdový průřez Z-G2 s VPP šířky 2200 mm bez VSMP s tolerancí 50 mm**. V projektové dokumentaci navržené tunelové konstrukce a vestavby v žádném případě nezasahují takto definovaného průjezdového průřezu.

5.2 Stanovení délky tunelových pásů

Skenování mračnem bodů bylo využito kromě stanovení prostorové průchodnosti i k přesnému stanovení rozhraní tunelových pásů. Po zaměření tunelu skenováním bylo zjištěno, že délky tunelových pásů z dostupné dokumentace neodpovídají rozhraní a délce tunelových pásů podle zaměření. Proto je v projektové dokumentaci používána poloha a délka tunelových pásů stanovená na základě skutečného zaměření. Značení ani počet tunelových pásů se nemění, aby byla zachována kontinuita s dříve prováděnými prohlídkami a sledováním stavu tunelu.

5.3 Poloha portálů a délka tunelu

Pro potřeby projektové dokumentace byla na základě skutečného zaměření a v souladu s požadavky normy ČSN 737508 stanovena poloha vjezdového a výjezdového tunelu a z ní stanovena skutečná délka tunelu. Tab. 3 uvádí vztah mezi staničením tratě v km a lokálním staničením tunelu v TM na vjezdovém a výjezdovém portále tunelu včetně výšky TK pro optimalizovanou GPK.

Tunel	Vjezdový portál			Výjezdový portál		
	km	TM	Výška TK	km	TM	Výška TK
Polubenský	32,695 137	0,000	649,974	33,635 571	940,434	699,111

Tab. 3 Vztah staničení km a TM - upřesnění polohy portálů

5.4 Směrové a výškové vedení po úpravě GPK

Po vyhodnocení prostorové průchodnosti tratě v tunelu byla provedena úprava směrové a výškové vedení trasy tak, aby byl bez zásahu do nosných konstrukcí tunelu zachován požadovaný průjezdný průřez.

Z hlediska směrových poměrů tunel začíná směrovým obloukem o poloměru $R = 4000$ m, který končí v km 32,706 089 následovaný krátkým úsekem v přímé bez směrových oblouků délky cca 57 m. V km 32,763 500 začíná směrový oblouk o poloměru $R = 487$ m délky cca 155 m. Za tímto směrovým obloukem je zbytek trati v tunelu vedený v přímé.

Z hlediska výškových poměrů celá trať v tunelu stoupá směrem k výjezdovému portálu. Od vjezdového portálu až po km 33,482, kde se nachází lom nivelety, je trať vedena ve sklonu 53,108 ‰. Za tímto lomem, který je zaoblen výškovým obloukem o poloměru $R = 5000$ m, se sklon zmenší na 49,18 ‰.

6 POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ STÁVAJÍCÍHO TUNELU

Polubenský tunel je rozdělen ve smyslu předpisu SŽDC S6 na celkem 155 tunelových pásů označených P1 (vjezdový portál), P2 (výjezdový portál) a mezilehlé tunelové pásy 1 až 153. Pro potřeby projektové dokumentace jsou typy zajištění definovány pro všechny tunely s tím, že příslušný tunel nemá obecně všechny typy zajištění. Označení typů je uvedeno v Tab. 4.

Typ zajištění	Zkratka	Popis
Obezdivka z kamenných bloků	A	Spárované zdivo z kamenných bloků
Obezdivka z betonových tvárnic	B	Spárované zdivo z betonových tvárnic
Ostění z betonu	C	Monolitické ostění (zpravidla nevyztužené)
Ostění z „prepakt-betonu“	D	Ostění prováděné technologií prolévání štěrkového skeletu cementovým mlékem (prepakt-beton).
Ostění z vyztuženého stříkaného betonu	E	V ostění ze stříkaného betonu byly při prohlídce identifikovány výztužné sítě.
Ostění z nevyztuženého stříkaného betonu	F	Ostění ze stříkaného betonu, ve kterém při prohlídce nebyla identifikována výztuž
Skalní líc bez zajištění	G	Skalní masiv je samonosný bez dalšího zajištění. Voda prosakující diskontinuitami je lokálně zachycována pomocí svodnic. Může docházet k lokálním nestabilitám a vypadávání skalních bloků ohraničených systémem diskontinuit.

Tab. 4 Typy zajištění stability výrubu

V Polubenském tunelu se vyskytují typy zajištění stability výrubu B a D až G.

7 TYPY ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD TUNELŮ

7.1 Typy vad tunelové obezdívky / ostění



Základní principy oprav a sanací vyplývají z charakteru poruchy a možností jejich opravy a jsou uvedeny v Tab. 5, která představuje základní katalog poruch a možností jejich oprav




Popis poruchy	Typ	Možnosti opravy/sanace
Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) na boku a v patě klenby.	T1	Přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdívky. Vyčištění příčných svodnic.
Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) ve vrcholu klenby.	T2	Podle charakteru průsaku a geometrických možností buď přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdívky nebo provedení „deštníku“ ze stříkané hydroizolační membrány a stříkaného betonu.
Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu, kterým byly dříve sanovány průsaky ve spárách původní obezdívky z kamenných nebo betonových kvádrů.	T3	V případě neporušeného povrchu stříkaného betonu a jeho dobré přilnavosti k podkladu bude po očištění využit jako podklad pro nástřik hydroizolační membrány a vrstvu stříkaného betonu. V případě nekvalitního stříkaného betonu bude odstraněn a nahrazen podkladní vrstvou jemnozrnného stříkaného betonu, stříkanou hydroizolační membránou a vrstvou stříkaného betonu.
Vady (odprsky) na ostění ze stříkaného betonu doprovázené průsaky (výluhy) v trhlinách.	T4	Odstranění stávajícího ostění ze stříkaného betonu, provedení podkladní vrstvy, stříkané hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.
Vady (odprsky) na ostění z monolitického betonu nebo prepakt-betonu doprovázené průsaky v trhlinách.	T5	Odstranění degradované vrstvy monolitického betonu až na kvalitní podklad. Nástřik podkladní vrstvy hydroizolační membrány z jemnozrnného stříkaného betonu, nástřik hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.
Nestabilita horninového masivu v úsecích bez ostění a výrony puklinové vody.	T6	Odstranění uvolněných bloků horniny, provedení svodnic podle situování puklin, aplikace podkladní vrstvy z jemnozrnného stříkaného betonu, stříkané hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.
Průsaky na portálových stěnách a povrchové poškození portálových stěn.	T7	Vyčištění a oprava všech odvodňovacích prvků (žlaby nad portály). Odstranění náletové vegetace nad portálem, která může pádem ohrožovat bezpečnost provozu. Injektáže portálových stěn a sanace povrchů v souladu s požadavky předpisu TKP23.




Zdegradované nebo poškozené svodnice.	T8	Obnova svodnic a jejich případné doplnění do diskontinuit vedoucích podzemní vodu nebo na líci stávajícího ostění/obezdívky.
Vady nouzových výklenků, popraskaný beton podlahy, průsaky, poškozené hrany, vypadlý kvádr/tvárnice z obezdívky apod.	T9	Doplnění chybějících částí ostění nebo podlahy výklenku, těsnění pomocí injektáže a spárování zdiva.


Tab. 5 Typy poruch a návrh opravy/sanace

Příklady reálných poruch na fotodokumentaci jsou uvedeny v Tab. 6.

Typ poruchy	Popis poruchy	Příklad na fotodokumentaci tunelu
T1	Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) na boku nebo v patě klenby.	
T2	Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) ve vrcholu klenby.	

T3	Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu, kterým byly dříve sanovány průsaky ve spárách původní obezdívky z kamenných nebo betonových kvádrů.	
T4	Vady (odprysky) na ostění ze stříkaného betonu doprovázené průsaky (výluhy) v trhlinách.	
T5	Vady (odprysky) na ostění z monolitického betonu nebo prepaktbetonu doprovázené průsaky v trhlinách.	

T6	Nestabilita horninového masivu v úsecích bez ostění a výrony puklinové vody.	
T7	Průsaky na portálových stěnách a povrchové poškození portálových stěn.	
T8	Zdegradované nebo poškozené svodnice.	

T9	Vady nouzových výklenků, popraskaný beton podlahy, průsaky, poškozené hrany, vypadlý kvádr/tvárnice z obezdívky apod.	
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 6 Reálné příklady typů poruch (T1 až T9)

7.2 Drenážní systém tunelu

Podle archivní dokumentace bylo odvodnění Polubenského tunelu zajištěno centrální tunelovou stokou a dostředným sklonem počvy tunelu. Prostor na obou stranách centrální tunelové stoky byl vyrovnán kameny, kterými podzemní voda proudila z rubové drenáže po počvě tunelu do centrální tunelové stoky (viz Obr. 1). Při rekonstrukci tunelu v roce 1959 došlo ke změně koncepce odvodnění tunelu. Jedním z cílů rekonstrukce bylo zachycení vývěřů puklinové podzemní vody ze skalního líce pomocí systému svodnic a utěsnění líce výrubu ostěním ze stříkaného betonu. Tímto způsobem se mělo zabránit tvorbě rampouchů a ledopádů, které se v tunelu v mrazivých měsících tvořily. Svodnice byly zaústěny do postranních odvodňovacích stok, které byly vybudovány v celé délce tunelu. Pasivní ochranou proti zamrznutí vody v bočních stokách je vysoká rychlost proudění vody díky podélnému sklonu 5,3 % a překrytí odvodňovacích žlabů betonovými deskami. Odvodňovací stoky jsou provedeny z betonových žlabů o světlém průřezu 250 x 400 mm.

Základním předpokladem pro návrh technického řešení oprav a sanací průsaků je odvedení podzemní vody za stávajícím ostěním/obezdívkou pomocí systému svodnic nebo drenážních žeber, a puklinový systém proudění podzemní vody s možností odvodnění lokálních přítoků.

7.3 Kabelovody a zajištění vedení inženýrských sítí

V tunelu jsou použity prefabrikované kabelové žlaby, jejichž technický stav odpovídá době instalace a provozování. U kabelových žlabů lokálně chybí krycí desky a beton žlabů je poškozený.

7.4 Portálové stěny a portálová křídla

Portálové stěny jsou postiženy trhlinami, kterými prosakuje voda a vyplavuje se sintr. Beton portálových stěn je lokálně povrchově poškozen. Beton portálových křídel je povrchově degradovaný, povrch je porostlý vegetací, trhlinami a pracovními spárami prosakuje voda s vyplavováním sintru. Lokálně degradace betonu zasahuje do hlubších částí konstrukce a tvoří se kaverny. Podobné poruchy se vyskytují i v odvodňovacích betonových žlabech, které jsou nedílnou součástí portálových křídel.

8 NEJISTOTY V OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH A VYPLÝVAJÍCÍ RIZIKA

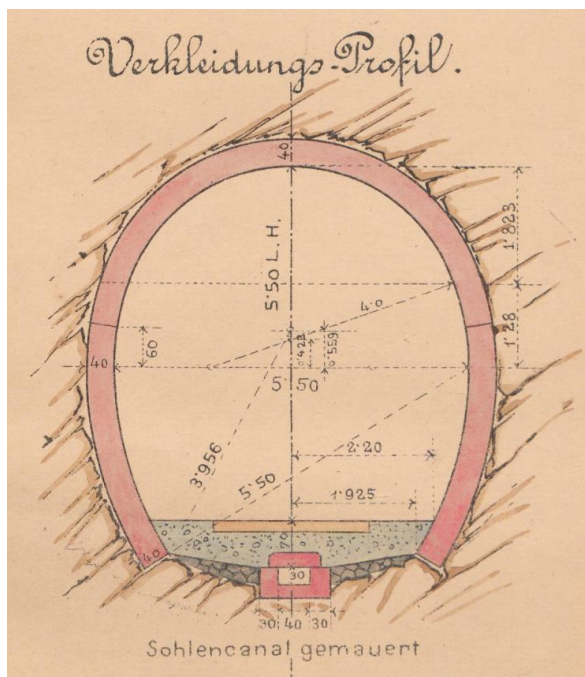
8.1 Nejistoty v okrajových podmínkách technického řešení

Výstavba tunelů na trati Tanvald – Kořenov probíhala v letech 1899 až 1902 a z tohoto období byla v archivu objevena dokumentace, ze které by bylo možné získat podrobnější informace zejména o tvaru dna tunelového profilu a drenážním systému. Další dostupnou dokumentací jsou projekty oprav a sanací tunelů, které vznikly v 50. a 60. letech minulého století. Mezi původní dokumentací z přelomu 19/20. století a projekty z poloviny 20. století jsou však disproporce, které mohou mít dopad do návrhu technického řešení, resp. provádění navržených opatření po sejmutí kolejového lože a zjištění skutečného technického stavu. Vzniklou situaci pouze částečně upřesnily kopané sondy prováděné ve všech tunelech.

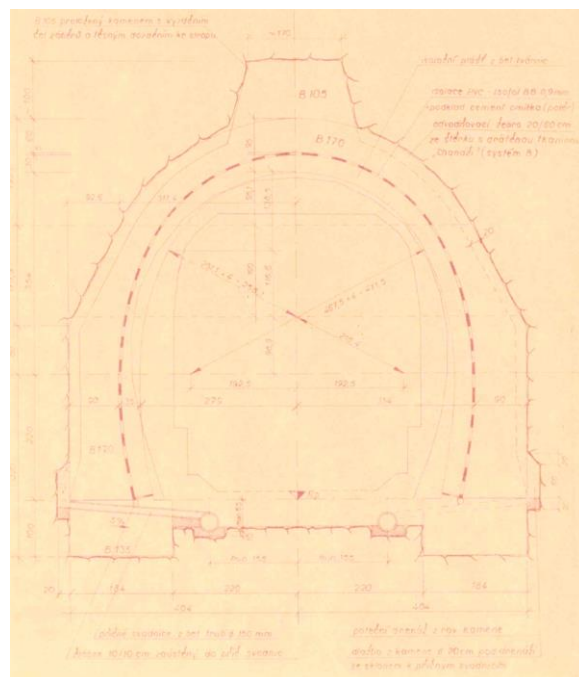
K zásadním nejistotám v okrajových podmínkách technického řešení patří:

- a) Funkce rubové drenáže a tunelových svodnic.
- b) Poloha tunelových drenáží pro odvodnění pláně železničního svršku. Podle původních výkresů je ve všech tunelech navržena střední tunelová stoka, podle dokumentace pro rekonstrukci tunelů se tento předpoklad ne vždy potvrzuje. Není jisté, jestli při rekonstrukci nedošlo k zabetonování středových drenáží a změně sklonu počvy tunelu na střechovitý s bočními tunelovými drenážemi (viz porovnání příčných řezů na Obr. 3 a Obr. 4).
- c) Technický stav tunelových drenáží. K některým drenážím se nebylo možné vůbec dostat (střední tunelová stoka), u některých (boční drenáže) bylo při místním šetření zjištěno, že se z nich voda ztrácí, teče zřejmě ve štěrku kolejového lože a pak se u portálu do boční drenáže zase vrací.
- d) Průchodnost příčných propojení z rubu tunelového ostění do drenážního systému pro odvodnění pláně.
- e) Poloha a výška vstupu a výstupu drenážního potrubí na portálech.

Pro všechny tunely je podle původní dokumentace charakteristický příčný řez tunelu se střední stokou, který je uvedený na Obr. 3. Podle dokumentace z roku 1964 je koncepce příčného řezu tunelu a jeho odvodnění jiná (viz Obr. 4). Střední tunelová stoka byla nahrazena dvěma bočními drenážemi situovanými do základových pasů horní klenby tunelu. Není známo, jestli byla počva tunelu vyrovnána např. spádovým betonem, nebo je střední tunelová stoka ponechána.



Obr. 3 Typický řez tunelem podle původní dokumentace (1902)



Obr. 4 Typický řez tunelem podle dokumentace (1964)

8.2 Rizika vyplývající z nejistoty okrajových podmínek

Pro návrh technického řešení je nutno v případě nejistoty zvolit předpoklady, za kterých je technické řešení navrženo. Případě, že se při vlastní rekonstrukci ukáže, že předpoklad nebyl správný, může to vést k nutnosti změny technického řešení v průběhu výstavby. Pokud je to možné, je návrh technického řešení volen tak, aby se riziko změny technického řešení během výstavby minimalizovalo. Návrh technického řešení a předpoklady návrhu jsou podrobně popsány v dalším textu a ve výkresové dokumentaci.

Při návrhu technického řešení se vychází:

- a) z dostupné projektové dokumentace,
- b) z výsledků kopaných sond
- c) z výsledků místního šetření a fotodokumentace pořízené v průběhu místního šetření
- d) ze zaměření skutečného líce tunelů (lic ostění nebo lic výrubu v úsecích bez ostění)

9 POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY

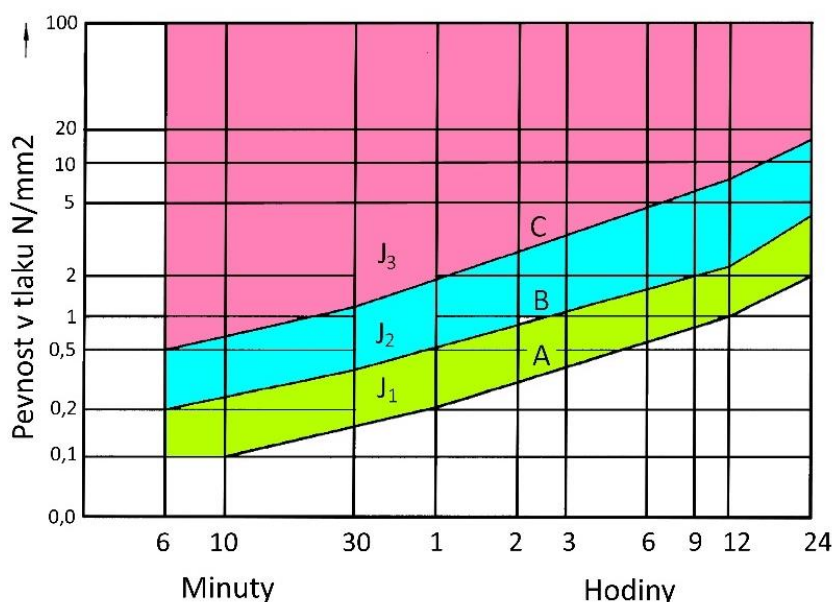
9.1 Stříkaný beton

Stříkaný beton bude technologicky prováděn mokřím způsobem nástřiku. Suchá směs bude použita pouze v případě, že by v době provádění byly zastíženy silné přítoky puklinové podzemní vody, které by nebylo možné zvládat pomocí organizovaných svodů. Před nástřikem betonu je nutné lic výrubu nebo stávajícího ostění či obezdívky očistit od nečistot, mastnoty z exhalací výfukových plynů lokomotiv, uvolněných částí původního ostění nebo horniny apod. Případné výrony vody musí být organizovaně svedeny pomocí svodnic tak, aby nemohlo dojít k rozplavení betonové směsi vodou.

Technická zpráva

Stříkaný beton podkladní vrstvy pod hydroizolační membránu bude proveden z jemné frakce 0-4 mm, aby byla spotřeba následně prováděné hydroizolační membrány při požadované tloušťce minimální.

Stříkaný beton je navržen v pevnostní třídě C25/30-X0 s požadovanou třídou rané pevnosti J2 podle ČSN EN 14487-1 a bude proveden jako nevyztužený. Nárůst pevnosti v prvních minutách po nástřiku má, vedle významu pro nástřik nad hlavou v odpovídajících tloušťkách vrstev, také velký vliv na spad, protože při příliš rychlém nárůstu pevnosti stříkaný beton bezprostředně po nanesení na stěnu ztvdne a hrubší částice následujícího stříkaného betonu se již nemohou uložit a ztuhnout. Proto nesmí hodnota pevnosti po 2 minutách (např. zkouška penetrační jehlou) přestoupit hodnotu 0,2 MPa, aby se za normálních poměrů pro nanášení stříkaného betonu snížil spad. Při silném přítoku vody nebo při nevhodném povrchu podkladu je vyšší pevnost v prvních minutách potřebná, je však nutno přitom počítat krátkodobě s větším množstvím spadu.



Obr. 5 Nárůst rané pevnosti stříkaného betonu podle ČSN EN 14487-1

Pro stříkaný beton budou před jeho aplikací v tunelu provedeny zkoušky dle platných norem a předpisů.

9.2 Stříkaná hydroizolační membrána

K zamezení průsaků podzemní vody do tunelu je zvolena technologie stříkané hydroizolační membrány v předpokládané tloušťce min. 3 mm. Pokud je tloušťka menší než 2 mm, nepovažuje se membrána za vodotěsnou a je nutné tloušťku zvýšit nástřikem další vrstvy. Tloušťky vyšší než 10 mm se nedoporučují z důvodu rizika nedokonalého vyvržení membrány.

Důvodem použití je značná flexibilita oproti hydroizolační fólii, možnost použití na nerovných površích ve stávajících úsecích bez zajištění líce výrubu, snížení spotřeby krycí vrstvy stříkaného betonu, která může být prováděna pouze v požadované tloušťce bez nároků na dodržení geometrického tvaru líce ostění ze stříkaného betonu. Nástřik membrány bude

prováděn ve třech vrstvách. Pro snadnou vizuální kontrolu tloušťky nástřiku je pro každou vrstvu zvolen jiný barevný odstín.

Stříkaná hydroizolační membrána se vyznačuje dobrou přidržitelností k materiálu z obou stran a trvale pružným chováním. Výrobce obecně garantuje schopnost protažení membrány 100 %, maximálně však 3 mm. Chování mezilehlé hydroizolační membrány v kompozitní struktuře s betonem ukazuje Obr. 6.



Obr. 6 Stříkaná hydroizolační membrána a její chování při zatížení

Jako mezilehlá hydroizolace vytváří s oběma vrstvami stříkaného betonu (podkladní a krycí) sendvičovou konstrukci. Vznikne tak zcela svázaný systém izolace proti vodě, který zaručuje dobré vodotěsné vlastnosti a zabraňuje migraci vody ve spáře mezi izolací a oběma vrstvami stříkaného betonu. Předpokladem správné funkce systému jako celku je odvedení puklinové vody systémem rubových svodnic tak, aby podzemní voda ostění (hydroizolační souvrství) ze stříkaného betonu a hydroizolační membrány nezatěžovala hydrostatickým tlakem.

Požadované vlastnosti materiálu hydroizolační membrány:

Odolnost proti tlakové vodě:	min. 3,0 bar (0,3 MPa)
Aplikační tloušťka (celé souvrství):	min. 3 mm, max. 6 mm
Aplikační teplota vzduch:	+ 5°C až + 40°C
Aplikační teplota podklad:	+ 5°C až + 40°C
Mez pevnosti hmoty v tlaku (při 20 °C, po 28 dnech):	min. 1,0 MPa
Tažnost při přetržení (při 20 °C, po 28 dnech):	min. 100 %
Přidržitelnost k betonu (po 28 dnech):	min. 1,0 MPa
Tvrdost podle Shore A:	min. 70
Hořlavost:	samozhášivý (podle ČSN EN 13501-1)

Nástřik hydroizolační membrány se provádí na čistý, suchý a soudržný povrch. Před nástřikem je nutné povrch očistit tlakovou vodou (min. 140 bar). Vlastní nástřik membrány je možný pouze po oschnutí podkladu, není možné ji aplikovat na aktivní průsaky vody a na zavlhlá místa. V případě, že po povrchu určeném k nástřiku stéká voda, je bezpodmínečně nutné průsakům, příp. výronům vody vhodným technologickým zásahem zabránit. Stejně tak je nutné zabránit výronům a stékání vody po již provedeném nástřiku hydroizolační membrány, aby nedocházelo k rozplavení a degradaci doposud nevyzrálé hydroizolační vrstvy. Proto je nutné případné výrony vody lokalizovat a před nástřikem podkladní vrstvy hydroizolační membrány organizovaným svodem nebo utěsněním zabránit průsakům přes tuto vrstvu.

Kvalita provedení hydroizolační membrány i spotřeba materiálu výrazně závisí na kvalitě podkladu. První vrstvu hydroizolačního sendviče proto tvoří vrstva jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm. Pro případnou lokální úpravu problematických míst se doporučuje zbroušení hrubého povrchu nebo přestěrkování. Nástřik hydroizolační membrány se provádí ve třech vrstvách, přičemž první vrstva je prováděna materiálem řidší konzistence jako penetrace podkladu, další dvě vrstvy jsou prováděny materiálem stejných vlastností již jako hydroizolační vrstvy. Pro kontrolu celistvosti nástřiku je nutné vrstvy barevně odlišit. V průběhu provádění je nutno kontrolovat kvalitu podkladu i vlastního provádění hydroizolační membrány (teplota, očištění, soudržnost a integrita podkladní vrstvy stříkaného betonu, eliminace defektů a tloušťka penetrační vrstvy, měření celistvosti, tvrdosti a tloušťky dalších dvou vrstev).

Kontrola protažení membrány (přemostění trhlin): S protažením membrány souvisí její křehkost a plasticita. Většinou se zkoušky protažení membrány provádí pouze v přípravné fázi stavby, nikoli ve fázi výstavby. Nicméně na stavbě kontrolovatelné parametry ovlivňující tuto vlastnost jsou tloušťka membrány, vodní součinitel aplikované hydroizolační směsi, tvrdost membrány (ShoreA) a vhodné podmínky pro zrání (teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu). Konkrétní parametry závisí na použitém výrobku a podmínkách výrobce na přípravu a provádění a budou podrobně navrženy v realizační dokumentaci.

9.3 Těsnící injektáž a spárování zdiva

V případě Polubenského tunelu bude těsnící injektáž používána na utěsnění spár mezi betonovými kvádry nebo pro těsnění spár v ostění z monolitického nebo stříkaného betonu. Není určena pro těsnění puklin horninového masivu nebo prostoru za obezdívkou/ostěním. Tlak injektážní směsi musí být v případě těsnění spár ostění nastaven podle viskozity použité látky tak, aby došlo pouze k vyplnění ložné spáry mezi kamennými kvádry nebo betonovými bloky obezdívky a nedošlo k poškození PVC hydroizolace za obezdívkou. Nepředpokládá se tlak větší, než 3 Bary. Podrobněji bude řešeno pro konkrétní materiály a technologické postupy v RDS.

9.3.1 Těsnící injektáž spár kamenného / betonového zdiva

Podle dochovaných historických zdrojů je za stávající obezdívkou PVC izolační fólie chráněná nepískovanou lepenkou a prostor mezi fólií a lícem výrubu je vyplněn betonem. Vzhledem k charakteru horninového masivu lze předpokládat, že šterková žebra ve výplňovém betonu za ostěním nejsou zanesena jemnou frakcí a jsou funkční. K průsakům spárami dochází v místě pravděpodobných vad hydroizolační fólie. Technickým řešením je utěsnění spár injektáží a hloubkovým spárováním míst průsaků tak, aby se podzemní vody cestou nejmenšího odporu

vrátila do rubových drenáží. Na obezdívce budou místa průsaků před zahájením prací vyznačena a těsnící injektáž se spárováním bude provedena v rozsahu min. 0,5 m od hranice vyznačené oblasti. Tímto způsobem nebude puklinová voda za obezdívkou uzavřena a po zabránění průsakům bude odváděna stávajícím drenážním systémem. Ostění tak i nadále nebude zatíženo hydrostatickým tlakem.

9.3.2 Těsnící injektáž ostění z monolitického/stříkaného betonu

Při pochůzce byly identifikovány pracovní spáry nebo trhliny v ostění, ze kterých při větším zvodnění horninového masivu vytéká voda. To se projevuje jednak vlhkými mapami nebo úkapy, jednak vyluhováním sintru. Horninový masiv vykazuje vysokou samonosnost, takže horninový tlak na ostění je minimální a trhliny nejsou způsobeny statickým zatížením, ale kombinací průsaků ostěním a mrazových cyklů, kdy se spára vlivem objemových změn rozšiřuje. Z hlediska vývoje šířky trhliny v čase se jedná o trhliny pasivní, které v ostění vznikly, a kromě případného mechanického působení mrazu se nerozvírají. Při větším promáčení povrchové vrstvy betonu dochází k lokálním odpryskům betonu, které při oddalování sanace postupují dále do průřezu ostění.

Vzhledem k tomu, že trhlinou prosakuje do tunelu voda, je zřejmé, že hloubka trhliny odpovídá tloušťce ostění. Pokud není povrch ostění degradován, nebo jinak poškozen, lze přistoupit přímo k injektování pracovních spár a trhlín těsnící injektáží pomocí pakrů. Pokud jsou průsaky ostěním doprovázeny plošnou degradací povrchu betonu, je nutno nejprve v souladu s požadavky předpisu TKP23 provést odstranění degradované vrstvy betonu. Následně je provedena těsnící injektáž spár a trhlín. Těsnící injektáž bude prováděna injektážní pryskyřicí na bázi polyuretanu. Injektáž bude probíhat přes pakry tlakem do 25 barů. Kritériem pro ukončení injektáže je dosažení limitního tlaku, nebo vytékání injektážní směsi ze sanovaného místa ostění.

Po ukončení injektážních prací a odstranění pakrů budou vzniklé otvory zapraveny sanačním materiálem. Na závěr je povrch ostění sanován v souladu s požadavky předpisu TKP23 nebo je provedena vrstva stříkaného betonu a hydroizolační membránou (v závislosti na tloušťce odstraněného materiálu)

9.3.3 Spárování a injektování obezdívky – sanace vydrolených spár a průsaků

Vypadávající spárování bude řešeno hloubkovým spárováním do hloubky min. 70 mm od líce obezdívky. Tato technologie sestává z několika důležitých kroků, přičemž všechny musí být dodrženy.

a) Vyčištění spár mezi kameny/tvárnici obezdívky

V místech, kde spárovací malta ještě drží, musí být spáry vyčištěny a vyřezány tlakovou vodou na hloubku minimálně 70 mm, doporučeně 100 mm. Je nutné dosáhnout rovnoměrné tloušťky nového spárování. Postup odstranění spárovací hmoty bude po menších plochách, aby nedošlo k vypadávání zdících kamenů/betonových tvárnic. Prázdné spáry bez pojiva je možné vyčistit pouze stlačeným vzduchem.

b) Materiál pro spárování

Spárovací hmota musí splňovat požadavky na vodonepropustnost, mrazuvzdornost a objemovou roztažnost (při vytvrzení vyplní lépe spáry). Volba materiálu pro spárování v zásadě koresponduje se základním materiálem obezdívky. Pro obezdívku z tvrdého kamene nebo z betonových tvárnic bude použita spárovací malta na bázi cementu, neboť v tomto případě nehrozí nebezpečí, že kámen obezdívky bude degradovat a výplň spár zůstane. Z hlediska výsledné vodotěsnosti je nezbytné, aby spárovací objemově kompenzovaná cementopolymerní malta měla objemové změny menší než 0,4 mm/m (smrštění spárovací malty).

c) Spárování

Spárování bez ohledu na použitý materiál lze bez zvláštních opatření provádět pouze při teplotách nad +5°C. Nesmí být prováděno v mrazech. Vzhledem ke sklonu tunelu se uplatňuje komínový efekt a tunel promrzá do větších vzdáleností od portálu. Požadované teploty lze dosáhnout uzavřením portálů, případně vyhříváním tunelu, což je ale velmi nákladné a musí být zvážena hospodárnost tohoto opatření i s ohledem na délku výluky. Při větších plochách s vypadaným nebo zvětralým spárováním lze s výhodou využít technologii strojního spárování. Dojde tím ke kvalitnějšímu vyplnění spár, postup je rychlejší. Další způsob, jak provádět hloubkové spárování, je nejdříve ručně nebo strojně provést první vrstvu malty na hloubku min. 70 mm. Při použití spárovací pistole bude použit tlak do 0,5 MPa. Následně po vytvrzení spárovací hmoty bude provedena výplňová a těsnící injektáž prostřednictvím pakrů.

d) Injektování spár zdiva

Před zahájením injektáže je nutné zdivo přespárovat na hloubku nejméně 70 mm, aby nedošlo k výronům suspenze na povrchu zdiva. Těsnící injektáž bude prováděna injektážní pryskyřicí na bázi polyuretanu. Injektáž bude probíhat přes pakry osazené do spárovací hmoty. Po dokončení injektáže a odstranění pakrů budou poškozená místa spárování po pakrech zapravena sanační hmotou.

9.4 Drenážní potrubí

Pro odvodnění tunelů smí být podle požadavků TKP 20 používány pouze výrobky k tomuto účelu určené, které odpovídají příslušným normám, předpisům i konkrétním podmínkám stavby. Odvodňovací potrubí musí bez poškození snášet vnitřní přetlak 12 MPa (čištění tlakovou vodou). Částečně perforované drenážní trubky musí mít pro zajištění správné polohy při ukládání a vycentrování perforované části označení jejího vrcholu. Odvodňovací plastové potrubí musí být uvnitř (v místech mimo spoj) zcela hladké.

Pro boční tunelovou drenáž vkládanou do původních odvodňovacích žlabů, které jsou součástí patky ostění, jsou navrženy plnostěnné polypropylenové drenážní trubky DN 200 s perforací šířky 5 mm na 120°. Požadovaná třída kruhové tuhosti je SN8.

9.5 Kanalizační potrubí

Ve stávajícím řešení je voda z povodí předzářezu výše položeného portálu převáděna gravitačně drenážním systémem tunelu k níže položenému portálu. Velký podélný sklon tratě je příčinou vysoké rychlosti proudění a tím i vysoké unášecí schopnosti pro naplavený materiál,

který se hromadí v odvodňovacích příkopech před tunelem (listí, větve, odpadky). To zvyšuje riziko zanesení drenážního systému tunelu materiálem z prostoru před portálem. Proto je pro převedení vody navrženo v ose tunelu pod štěrkovým ložem kanalizační potrubí DN 300.

Oddělením drenážního systému tunelu od kanalizačního převedení vody z předportálových úseků je minimalizováno riziko zanesení drenážního systému tunelu a problémů s tím spojených. Pro kanalizační potrubí jsou navrženy plnostěnné polypropylénové trouby určené pro dynamické zatížení a použití v tunelech SN 16. Na obou portálech jsou kanalizační trouby zaústěny do šachet. Vzhledem k umístění v ose tunelu se předpokládá, že pro umístění kanalizačního potrubí bude použita původní střední tunelová stoka. Pro zmírnění oděru způsobeného obsypovým materiálem je kanalizační potrubí obaleno geotextilií 500 g/m² a obsypáno nedrceným zásypovým materiálem frakce 0/4 mm.

9.6 Geotextilie

Pro ochranu kanalizačního potrubí je navržena separační geotextilie (viz kap. 9.5), která musí splňovat minimální požadavky uvedené v Tab. 7.

Měrná hmotnost	> 500 g/m ²
Jmenovitá tloušťka	> 4 mm
Průměr otvoru	< 0.5 mm
Pevnost v tahu	> 10 kN/m
Protažení při tvorbě trhlin	> 70 %
Odolnost vůči proražení	> 2.5 kN (dle DIN EN 776)
Chemické nároky	chemická stálost při pH 2 až 13
Požární kritéria	třída B2 dle DIN 4102

Tab. 7 Minimální požadavky separační geotextilie kanalizačního potrubí

9.7 Kabelové žlaby – kabelovody

Kvalita stávajících kabelových žlabů nevyžaduje výměnu. Pro sanaci budou použity stávající žlaby, které budou vyčištěny. Krycí desky budou vyměněny v celé délce tunelu. V případě poškození kabelových žlabů budou nahrazeny novými. Předpokládá se výroba zhotovitelem v rozsahu do 10% délky kabelovodů.

9.8 Sanační malty pro opravy betonových konstrukcí

Pro opravu betonových konstrukcí budou použity vhodné materiály k tomu určené, které odpovídají požadavků skupiny norem ČSN 1504. Požadavky na sanační materiály pak definuje norma ČSN EN 1504-3, ze které pro sanaci konstrukcí bez statické funkce platí požadavky uvedené v Tab. 8.

P. č.	Funkční vlastnost	Referenční podklad (EN 1766)	Zkušební metoda	Požadavek	
				Bez statické funkce	
				Třída R2	Třída R1
1	Pevnost v tlaku	Žádný	EN 12190	>15 MPa	>10 MPa

2	Obsah chloridových iontů	Žádný	EN 1015-17	< 0,05 %	
3	Soudržnost	MC(0,40)	EN 1542	> 0,8 MPa	
4	Vázané smršťování/ rozpínání	MC(0,40)	EN 12617-4	Soudržnost po zkoušce >0,8 MPa	Žádný požadavek
7	Tepelná slučitelnost Část 1, Zmrazování a tání	MC(0,40)	EN 13687-1	Soudržnost po 50 cyklech > 0,8 MPa	Vizuální prohlídka po 50 cyklech
8	Tepelná slučitelnost Část 2, Náporové skrápění	MC(0,40)	EN 13687-2	Soudržnost po 30 cyklech >0,8 MPa ^a	Vizuální prohlídka po 30 cyklech
9	Tepelná slučitelnost Část 4, Cyklování za sucha	MC(0,40)	EN 13687-4	Soudržnost po 30 cyklech >0,8 MPa	Vizuální prohlídka po 30 cyklech
10	Proti smykové vlastnosti	Žádný	EN 13036-4	Třída I: > 40 jednotek při zkoušce mokrého povrchu Třída II: > 40 jednotek při zkoušce suchého povrchu Třída III: > 55 jednotek při zkoušce mokrého povrchu	
11	Součinitel teplotní roztlačnosti	Žádný	EN 1770	Jsou-li provedeny zkoušky 7, 8 nebo 9, není vyžadován. V opačném případě deklarovaná hodnota.	
12	Kapilární absorpce	Žádný	EN 13057	<0,5 kg m ⁻² h ^{0,5}	Žádný požadavek

Tab. 8 Požadavky na funkční vlastnosti výrobků pro opravy bez statické funkce

10 OPRAVY A SANACE ZJIŠTĚNÝCH VAD KLENBY TUNELU

10.1 Průsaky ve spárách na boku a v patě klenby (typ T1)

Z dostupných podkladů i při místním šetření bylo zjištěno, že se na bocích tunelu a zejména nad úrovní služebního chodníku objevují ve stávajícím zdivu průsaky, které jsou vzhledem ke zmrazovacím cyklům potenciálním rizikem zvětšování vady vypadáváním spárování zdiva a zvětšování průsaků do tunelu. Z preventivních důvodů je preferována okamžitá oprava menších vad před oddalováním problému s následnou nutnou sanací větších vad tunelové obezdívky. Proto je v místě zjištěných vad navrženo přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdívky podle popsaných postupů. Podle rozsahu poškození spárování je možné před prováděním těsnící injektáže spár v obezdívce zvolit povrchové, nebo hloubkové spárování. V každém případě je nutné vyčištění příčných svodnic, které odvádějí podzemní vodu z rubových drenáží do boční tunelové drenáže.

10.2 Průsaky ve spárách ve vrcholu klenby (typ T2)

Průsaky ve spárách ve vrcholu klenby mohou v zimním období bezprostředně ohrožovat tvorbou rampouchů bezpečnost provozu, resp. zvyšují provozní náklady spojené se zajištěním provozuschopnosti trati. V případě lokálních průsaků bude použito přespárování vadných míst s následným provedením těsnící injektáže.

10.3 Vady na ostění ze stříkaného betonu (typ T4)

Vady (odprysky) na ostění ze stříkaného betonu doprovázené průsaky (výluhy) v trhlinách budou opraveny:

- odstraněním stávajícího ostění ze stříkaného betonu,
- obnovením svodnic podle rozsahu puklinového systému tak, aby po obnovení ostění ze stříkaného betonu nebylo namáháno hydrostatickým tlakem,
- provedením podkladní vrstvy stříkané hydroizolační membrány z jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm v tloušťce do 40 mm,
- nástřikem hydroizolační membrány v tl. 3 mm a
- závěrečné vrstvy stříkaného betonu tl. min. 100 mm.

Tímto způsobem bude obnoven drenážní systém za ostěním a nahrazeno původní ostění ze stříkaného betonu novým ostěním s mezilehlou hydroizolační membránou.

10.4 Vady na ostění z monolitického betonu (typ T5)

Jedná se o vady (odprysky) na ostění z monolitického betonu nebo prepakt-betonu doprovázené průsaky v trhlinách. Oprava bude provedena:

- odstraněním degradované vrstvy monolitického betonu až na kvalitní podklad,
- sanace trhlin v betonovém ostění těsnící injektáží dle dříve popsaného postupu;
- nástřik podkladní vrstvy hydroizolační membrány z jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm v tl. do 40 mm,
- nástřik hydroizolační membrány v tl. min. 3 mm,
- nástřik závěrečné vrstvy stříkaného betonu min. do tloušťky odstraněné vrstvy degradovaného betonu.

10.5 Nestabilita horninového masivu (typ T6)

Jedná se o nestabilitu horninového masivu v úsecích bez ostění s výrony puklinové vody. Oprava bude provedena:

- obtrháním líce nezajištěného výrubu od uvolněných kusů horniny (cca 2% z celkové plochy nezajištěného výrubu);
- obnovení nebo doplnění svodnic podle puklinového systému v daném úseku tak, aby byla prosakující voda svodnicemi odvedena k patě klenby tunelu a dále do podílných bočních drenáží (zajištění odpovídajícího podkladu pro nástřik podkladní vrstvy hydroizolační membrány);
- nástřik podkladní vrstvy jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm v tloušťce do 40 mm.
- nástřik hydroizolační membrány v tl. min. 3 mm,

- nástřik závěrečné vrstvy stříkaného betonu min. tloušťky 100 mm.

10.6 Průsaky na portálových stěnách (typ T7)

Oprava bude provedena:

- vyčištěním a opravou všech odvodňovacích prvků (žlaby nad portály).
- odstraněním náletové vegetace nad portálem, která může pádem ohrožovat bezpečnost provozu.
- těsnící injektáží portálových stěn a sanací povrchů portálových a bočních stěn (křídel) v souladu s požadavky předpisu TKP23.

10.7 Zdegradované nebo poškozené svodnice (typ T8)

V úseku tunelu bez obezdívky, kde nedochází k nestabilitě horninového masivu vlivem rozvolňování nechráněného líce výrubu bude obnoven nebo doplněn systém svodnic tak, aby byl schopen odvést puklinovou vodu do bočních tunelových drenáží bez rizika tvorby rampouchů a ledopádů. Počet a délka svodnic bude odpovídat zastiženému puklinovému systému. Stabilita výrubu bude v těchto úsecích i nadále zajištěna samonosností horninového masivu.

10.8 Vady nouzových výklenků (typ T9)

Tento typ oprav řeší vady specifické pro nouzové výklenky. Jedná se o:

- vyčištění výklenků od nečistot;
- opravu poškozených hran dozděním (vypadlý kvádr obezdívky) nebo dobetonováním (uražená hrana u monolitického ostění);
- opravu poškozeného dna výklenku vybetonováním nové betonové podlahy;
- sanace průsaků podle dříve popsanych postupů.

11 OPRAVA DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU TUNELU

Drenážní systém tunelu tvoří:

- Rubové drenáže za stávající obezdívkou nebo ostěním tunelu. Ty tvoří buď svodnice, nebo šterková žebra, která jímají puklinovou vodu z horninového masivu a odvádějí ji příčnými svody do podélné tunelové drenáže. Návrh drenážního systému je proveden za předpokladu, že tento typ drenáží za stávající obezdívkou je funkční a nelze sanovat. Svodnice, které jsou přístupné v úsecích tunelu bez ostění, nebo které budou přístupné po odstranění ostění ze stříkaného betonu budou opravené nebo doplněné podle zastiženého puklinového systému.
- Příčné svody, které odvádí podzemní vodu z rubových drenáží do podélné drenáže. Tyto příčné svody budou v rámci prováděných oprav vyčištěny tlakovou vodou, případně dojde k odstranění mechanických nečistot po otevření stávajících podélných odvodňovacích žlabů.
- Podélné tunelové drenáže, které jsou ve stávajícím řešení tvořeny drenážními kanály (žlaby), které jsou v úsecích s obezdívkou/ostěním součástí základové konstrukce, v úsecích bez obezdívky jsou volně uloženy ve šterkové výplni počvy tunelu. Tyto žlaby

budou po opravě tunelu ponechány pouze jako ochrana drenážního potrubí DN 200, SN 8 s perforací šířky 5 mm v rozsahu 120°, které bude do žlabů vloženo. Důvodem je poškození (netěsnost) odvodňovacích žlabů (voda se z nich ztrácí a teče zřejmě volně po počvě tunelu ve štěrkovém loži).

Technický návrh obnovení drenážního i hydroizolačního systému tunelu vychází z předpokladu, že:

- horninový masiv má puklinový režim podzemní vody,
- stávající systém rubové drenáže a příčných drenážních svodů je funkční, nebo bude v popsanych úsecích s volným skalním lícem obnoven/doplněn,
- hydroizolační systém nebude vzhledem k funkčnímu rubovému drenážnímu systému zatížen tlakovou vodou (dešťníkový systém);
- oddělení drenážního systému tunelu od kanalizačního systému převádějícího povrchovou vodu z předportálových zářezů minimalizuje riziko zanesení drenážního potrubí tunelu;
- prostorové možnosti stávajícího tunelu neumožňují vytvoření šachet na čišění tunelové drenáže ani revizních šachet tunelové kanalizace vedené v ose koleje (v místě původní centrální tunelové stoky);
- profily drenážního i kanalizačního potrubí jsou navrženy s dostatečnou kapacitní rezervou;
- s ohledem na dobu provozování tunelu se nepředpokládá vyluhování jemných částic z horninového masivu a při daném podélném sklonu tunelu a rychlosti proudění vody v potrubí ani jejich případná sedimentace;
- použití stříkané hydroizolační membrány a puklinový režim podzemní vody neumožňuje proudění podzemní vody podél ostění ze stříkaného betonu, resp. hydroizolace, čímž je minimalizováno riziko vniku sintru v drenážním potrubí.

V tunelu bude v celé délce na bocích tunelu umístěno nové drenážní potrubí DN200 s drenážními štěrbinami šířky 5 mm v rozsahu 120 stupňů. V úsecích tunelu s ostěním bude pro instalaci drenážního potrubí použit prostor stávajících drenážních žlabů (součást základového pasu horní klenby tunelu). V úsecích bez ostění bude drenážní potrubí uloženo na betonovém lůžku v přibližně stejné poloze, jako v úsecích s ostěním. Poloha drenážního potrubí by měla být upravena podle místních podmínek, pokud možno v blízkosti paty výrubu, aby odváděla vodu vytékající svodnicemi z boků ostění. Prostorové poměry v tunelu umožňují provedení šachet na čišění boční tunelové drenáže. Ty budou provedeny jako čišící kusy drenážního potrubí (viz Obr. 7) s odnímatelným víkem pro zavedení čišícího „krčka“ (čišění vysokotlakou vodou). Přístup k čišícím kusům osazeným na drenážním potrubí ve vzdálenosti 60 m bude po odkrytí betonové desky původní tunelové drenáže.



Obr. 7 Čistící kus s odnímatelným víkem na drenážním potrubí

Voda přitékající z úseku před výjezdovým portálem bude příčně svedena v šachtách před portálem plnostěnným potrubím DN 200 do šachty DN600 s napojením na tunelovou kanalizaci DN300 umístěnou v celé délce tunelu v místě původní tunelové stoky. Tato kanalizace je určena pouze pro převedení vody z oblasti výše položeného výjezdového portálu k vjezdovému portálu. Tímto opatřením je zaručeno, že nečistoty unášené vodou z oblasti před výjezdovým portálem nebudou zanášet boční tunelovou drenáž a snižovat její kapacitu.

Na vjezdovém portále bude boční tunelová drenáž a tunelové kanalizace spojena a opět v šachtách před níže položeným vjezdovým portálem příčně svedena plnostěnným potrubím DN 315 ve sklonu 1,1% do drážního příkopu na pravou stranu ve směru staničení. Technické řešení je patrné z výkresové části dokumentace.

12 OPRAVA PORTÁLOVÝCH STĚN A KŘÍDEL

Portálové stěny tvoří železobetonové konstrukce, křídla portálů jsou opěrné stěny z prostého betonu. Společnou vadou monoliticky prováděných konstrukcí jsou průsaky trhlinami a povrchová degradace, která v případě nevyztuženého betonu proniká do větších hloubek a vede k vytvoření kaveren.

Sanace bude probíhat:

- Utěsněním průsaků trhlinami v portálové konstrukci
- Odstraněním degradovaného materiálu a jeho doplněním sanační hmotou.

12.1 Utěsnění průsaků trhlinami v portálové konstrukci

Průsaky trhlinami nebo pracovními spárami budou řešeny dodatečnou chemickou injektáží pro zajištění a obnovení vodonepropustnosti konstrukce. Těsnící injektáž bude prováděna injektážní pryskyřicí na bázi polyuretanu. Místa průsaků budou opatřeny min. 3 plnicími otvory/vrty tak, aby vždy došlo k ideálnímu vyplnění oslabeného místa injektážní směsí. Injektáž bude probíhat přes pakry tlakem do 25 barů. Kritériem pro ukončení injektáže je dosažení

limitního tlaku, nebo vytékání injektážní směsi ze sanovaného místa konstrukce. Po ukončení prací a odstranění pakrů budou vzniklé otvory sanovány sanačním materiálem pro plošné sanace povrchu konstrukce.

12.2 Odstranění a doplnění degradovaného betonu

12.2.1 Ověření soudržnosti sanačních materiálů s podkladem

Cílem sanací vadných částí konstrukce je obnovení její požadované funkce. Pro úspěšné provedení sanace je třeba zkouškou ověřit soudržnost sanačních materiálů k podkladu, který tvoří plocha konstrukce po odstranění kvalitativně nevyhovujících vrstev betonu. Zkouška bude provedena na vytipované referenční ploše konstrukce po odstranění degradované části materiálu. Referenční plocha bude pro zkoušku připravena podle standardního postupu prací pro odstranění vadných vrstev betonu a přípravu podkladu. Dle TKP 23, čl. 23.3.1.4 se doporučuje na počátku sanačních prací provést referenční plochy za přítomnosti investora, projektanta, zhotovitele, případně dodavatele nátěru a následně jejich vzhledové i fyzikálně mechanické vlastnosti odsouhlasit. Referenční plocha slouží též k odsouhlasení kvality povrchových úprav mezi zadavatelem stavby a dodavatelem, zejména struktury povrchů, barevnosti a přípustných odchylek od rovnosti ploch a přímosti hran opravovaných konstrukcí. Kritériem pro vyhodnocení odtrhové zkoušky je průměrná pevnost v tahu povrchových vrstev podkladu. Podle TKP 23, tab. 23-1 platí pro kontrolní zkoušky průměrná soudržnost správkové hmoty s podkladem min. 1,1 MPa, přičemž žádná z hodnot nesmí klesnout pod 0,8 MPa.

Zkouška bude probíhat podle metodiky uvedené v ČSN 73 6242, přílohy B (normativní). Zde jsou rovněž uvedeny požadavky na vyhodnocení zkoušky a minimální obsah protokolu o odtrhové zkoušce. Po provedení zkoušky je plocha ostění sanována podle zásad uvedených v této projektové dokumentaci.

12.2.2 Odstranění degradovaných částí betonové konstrukce

Při odstraňování povrchových vrstev betonu nesmí být narušen kvalitou vyhovující beton konstrukčních prvků a beton v jádře průřezů, nesmí být narušena homogenní struktura betonu trhlinami a mikrotrhlinami, podrcen beton apod. Vrstva betonu, která neodpovídá kvalitativním a pevnostním požadavkům bude z porušených míst odstraněna pomocí vysokotlakého vodního paprsku (VVP) o tlaku 1000 barů, při spotřebě vody min. 30 l/s a hydrodynamickém výkonu 27 000 HDE (l/s x bar). Nastavení tlaku a dalších parametrů přístroje bude ověřeno a optimalizováno před zahájením sanací na referenční ploše konstrukce, která bude tímto způsobem sanována. Navržený „výběrový“ způsob odstraňování betonu je pro dané použití optimální, neboť odstraňuje pouze nekvalitně provedené části betonu konstrukce zatímco „zdravý“ beton v konstrukci ponechává a neporušuje vrstvy podkladu.

Alternativně, pokud nebude možné pomocí VVP vrstvy poškozeného betonu bezezbytku odstranit, je možno použít mechanické odstraňování povrchových vrstev nekvalitního betonu pomocí lehkých elektrických, nebo pneumatických kladiv o hmotnosti do max. 4 kg. Jedná se o "nevýběrový" pracovní postup, při kterém často dochází kromě odbourávání nesoudržného betonu i k odbourávání kvalitního betonu.

12.2.3 Předúprava povrchu podkladu

Předúprava povrchu betonu před zahájením sanací bude provedena tak, aby byly odstraněny všechny nesoudržné a neúnosné části z povrchu sanované konstrukce. Cílem předúpravy betonu je otevření struktury betonu tak, aby mohlo dojít k dobrému zakotvení reprofilačních vrstev. Otevření povrchu betonu se nejlépe identifikuje tak, že jsou na povrchu vizuálně patrná zrna drobného i hrubého kameniva včetně větších vzduchových pórů. Takto odhalený podklad musí být dostatečně únosný. Při odstraňování vadného betonu mechanickým rozrušováním (elektrickým/pneumatickým kladivem) je nutné na závěr podklad očistit od málo únosných vrstev ostění, nebo od přípovrchových vrstev původně kvalitního betonu, které mohly být při šramování poškozeny. Pro očištění se použije vodní paprsek s rotační tryskou. Tlak vody se při dočišťování plochy podkladu se nesmí snížit pod 200 barů.

12.2.4 Spolupůsobení betonu podkladu a sanačního materiálu

Konstrukce se nacházejí v klimaticky exponovaném prostředí. Proto je nutné zajistit kvalitní provedení, které je závislé na kvalitě provedení a volbě vhodných materiálů. Pro napojení podkladu a sanačního materiálu aplikovaného ručním nanášením bude použit pevnostní můstek. Při aplikaci pevnostního můstku na beton podkladu bude hmota pevnostního můstku do podkladu vetřena tak, aby všechny nerovnosti podkladu byly celoplošně pokryty v síle cca 0,5 mm až 1 mm. Prodleva mezi nanesením pevnostního můstku a sanačního materiálu závisí na klimatických podmínkách a obvykle se pohybuje od 20 do 30 min., přičemž rozhodující je, aby se sanační materiál nanášel do ještě vlhkého povrchu pevnostního můstku. Tím je docíleno optimálního spojení sanační hmoty s betonem podkladu. Kritéria pro stanovení soudržnosti sanačního materiálu a podkladu definuje tabulka 23-1 TKP23.

Zkoušky provedené s cílem odhalit vliv technologie aplikace na soudržnost prokazují, že strojní aplikace správkové hmoty stříkáním dosahuje v průměru o 0,5 MPa vyšší soudržnosti s podkladem než technologie ručního nanášení při použití stejné správkové malty ve shodných podmínkách a na shodném podkladě. Naopak aplikace správkové malty pouhým natahováním vykazala o cca 0,5 MPa nižší soudržnost než aplikace ručním nahazováním. V případě, že bude sanační hmota nanášena stříkáním, není nutné pevnostní můstek na beton podkladu aplikovat. Při strojním stříkání sanačního materiálu je nutno dodržovat zejména požadavky čl. 23.3.1.4 TKP 23.

12.2.5 Kritéria použití sanačních materiálů

Zásady použití sanačních materiálů zpravidla závisí na konkrétním typu výrobku a doporučeních výrobce pro jejich aplikaci. Jedná se zejména o maximálně přípustnou tloušťku vrstvy nanesenou v jednom kroku, délku prodlevy mezi jednotlivými vrstvami, a to v závislosti na způsobu nanášení (ruční/strojní). Sanační materiály je proto nutné volit s ohledem na velikost plochy sanovaného místa a zejména hloubku degradované vrstvy. U zdí portálových křídel se nepředpokládá větší hloubka degradované vrstvy, než 100 mm.

13 OBNOVA KABELOVODŮ

V letech 2022 – 2024 má být současně realizována stavba „opravy trati Tanvald – Kořenov“ a stavba D1, která zahrnuje zejména montážní práce k pořízení technických zařízení souvisejících s namontováním

rozsáhlejšího a složitějšího zabezpečovacího zařízení než dosud, což znamená nová návěstidla se signálními a ovládacími kabely, počítače náprav se signálními a ovládacími kabely. Pro realizaci stavby D1 je nutné vybudovat v tunelech předem technická zařízení a zajistit stavební připravenost umožňující namontovat velké množství nových kabelových tras, které budou vedeny vnitřkem tunelů a podél celé trati. Podle dostupných informací pro převedení kabelů kapacitně postačují stávající kabelovody, které budou po vyčištění v tunelu ponechány. Desky pro zakrytí kabelovodů se předpokládají vyměnit za nové.

14 ZNAČENÍ V TUNELU

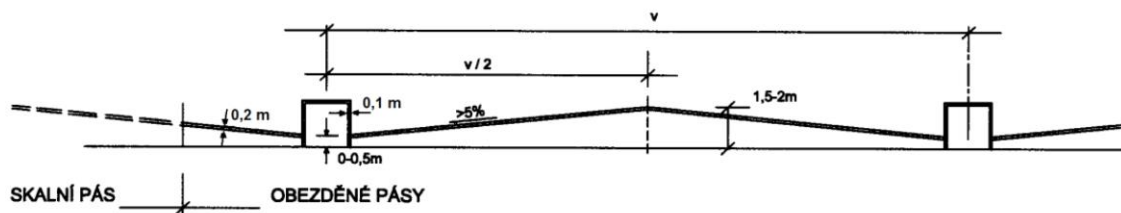
14.1 Požadavky předpisu SŽ S6 (2018)

Značení v tunelu je předmětem normativní přílohy G předpisu SŽ S6. Značení podle tohoto předpisu nesouvisí s bezpečností provozu, ale s bezpečností osob provádějících za provozu práce v tunelu (záchranné výklenky a nejkratší cesta k nim) a lokalizací zjištěných nedostatků v tunelu (značení tunelových pásů). Obrys výklenků bude označen bílým pruhem v šířce 100 mm na straně líce obezdívky a po vnitřní straně hrany výklenku. Pro informaci o vzdálenosti k nejbližším záchranným výklenkům budou na bocích tunelu vyznačeny bílé pruhy s vrcholem uprostřed vzdálenosti mezi výklenky klesající směrem k záchrannému výklenku. Požadavky na rozměry viz Obr. 8.

Příloha G (normativní)

Vzor bezpečnostního značení

ORIENTAČNÍ PÁSY

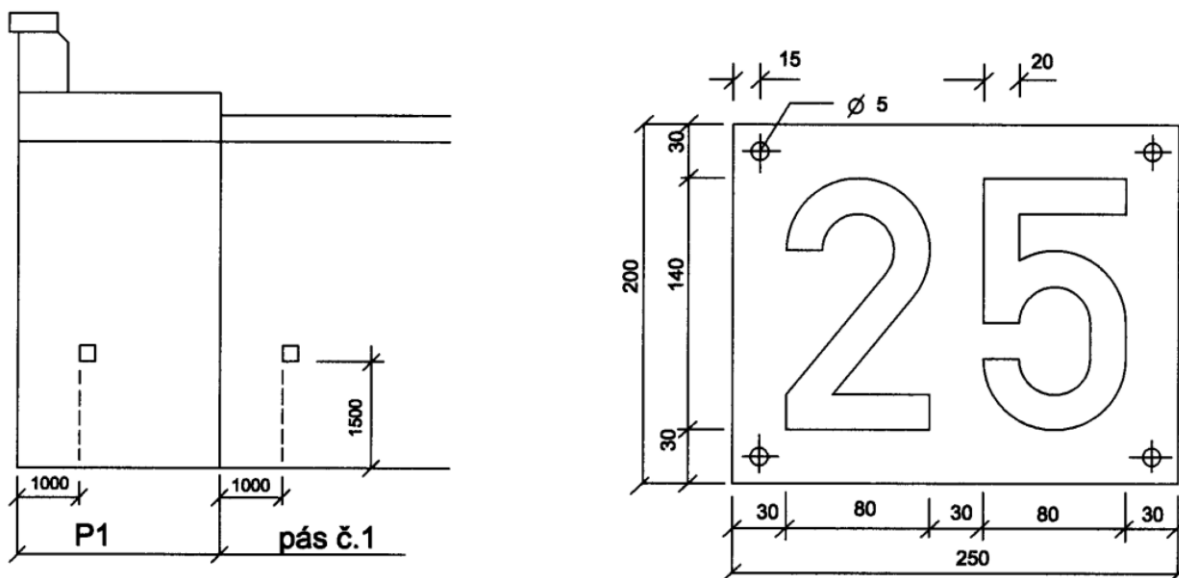


OBrys ZÁCHRANNÉHO VÝKLENKU JE OPATŘEN BÍLÝM TRVANLIVÝM NÁTĚREM V PRUHU ŠÍŘKY 0,1 m VNĚ I DOVNITŘ OD JEHO HRANY

Obr. 8 Značení záchranných výklenků a směrů úniku

V souvislosti s údržbou tunelu a lokalizací případných závad v tunelu je nutné obnovit svislým značením na ostění tunelu hranice mezi tunelovými pásy a tabulky s čísly tunelových pásů. S ohledem na kontinuitu sledování technického stavu tunelu budou rozhraní mezi tunelovými pásy vyznačeny ve stejné poloze, jako před rekonstrukcí.

OZNAČENÍ TUNELOVÝCH PÁSŮ



Obr. 9 Značení tunelových pásů

14.2 Požadavky evropského předpisu TSI SRT

Značení únikových cest v tunelu se bez ohledu na jejich délku řídí evropským předpisem TSI SRT. Požadavky předpisu souvisí se zajištěním bezpečnosti provozu. V době zpracování projektové dokumentace se jedná o NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1303/2014

ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu týkající se „bezpečnosti v železničních tunelech“ železničního systému Evropské unie ve znění Nařízení Komise (EU) 2016/912 ze dne 9. června 2016 a Prováděcího nařízení Komise (EU) 2019/776 ze dne 16. května 2019. V článku 4.2.1.5.5 tohoto předpisu se uvádí:

- Značení únikových cest označuje únikové cesty, **vzdálenost a směr k bezpečné oblasti**.
- Vzhled všech značek odpovídá požadavkům směrnice 92/58/EHS ze dne 24. června 1992 o minimálních požadavcích na bezpečnostní nebo zdravotní značky na pracovišti a specifikacím, na které je uveden odkaz v indexu 1 dodatku A.
- Únikové značky musí být instalovány **na bočních zdech** podél únikových chodníků.
- Největší vzdálenost mezi únikovými značkami **musí být 50 m**.
- Značky se do tunelu umísťují také z důvodu označení umístění nouzového vybavení, pokud se v tunelu takové vybavení vyskytuje.
- Všechny dveře vedoucí k únikovým cestám nebo propojkám musí být označeny.



V tunelu budou ve vzdálenosti po 50 m instalovány značky s vyznačením směru a vzdálenosti k oběma portálům.

15 SEZNAM DOKUMENTACE

E.1.7.4	SO04-17-01.01	Technická zpráva	-
E.1.7.4	SO04-17-01.02	Situace - Část 1	1:500
E.1.7.4	SO04-17-01.03	Situace - Část 2	1:500
E.1.7.4	SO04-17-01.04	Situace - Část 3	1:500
E.1.7.4	SO04-17-01.05	Podélný řez v ose tunelu - Část 1	1:500
E.1.7.4	SO04-17-01.06	Podélný řez v ose tunelu - Část 2	1:500
E.1.7.4	SO04-17-01.07	Podélný řez v ose tunelu - Část 3	1:500
E.1.7.4	SO04-17-01.08	Vzorové příčné řezy tunelu	1:50
E.1.7.4	SO04-17-01.09	Charakteristické příčné řezy tunelu	1:100
E.1.7.4	SO04-17-01.10	Vjezdový portál - dispozice	1:100
E.1.7.4	SO04-17-01.11	Výjezdový portál - dispozice	
E.1.7.4	SO04-17-01.12	Vyhodnocení zjištěných závad	
E.1.7.4	SO04-17-01.13	Sanace portálů	1:100