



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Doprava

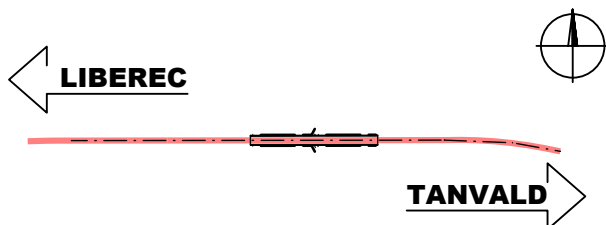
Ministerstvo dopravy  
Státní fond dopravní  
infrastruktury



Jiná ověření:

Paré:

Orientační schéma:



Razítko oprávněné osoby:

Podpis:

Datum:

Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
O01	16.01.2024	Definitivní vypořádání připomínek	Ing. Vladimír Prajzler
O00	27.10.2023	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Vladimír Prajzler

Stavebník/Investor: **Správa železnic, státní organizace**  
Adresa: Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1  
Zástupce investora: Ing. Jiří Záruba  
Adresa: Ke Štvanici 656/3, 186 00 Praha 8 - Karlín



Zhotovitel díla: **Sdružení "SAGAMB Liberec - Tanvald"**  
Adresa: Novodvorská 1010/14, 142 00, Praha 4 - Lhotka  
Kontakt: T: +420 261 344 100  
E: info@sagasta.cz



Zhotovitel části/objektu: **SAGASTA s.r.o.**  
Adresa: Novodvorská 1010/14, 142 00, Praha 4 - Lhotka  
Kontakt: T: +420 261 344 100  
E: info@sagasta.cz



Hlavní projektant (HIP): Ing. Libor Mařík Specialista: Ing. Vladimír Prajzler

Název stavby/akce:	REKONSTRUKCE DOLNOLUČANSKÉHO TUNELU V TRATI LIBEREC - HARRACHOV	Označení investora: S631600409
		Zakázka: 120 142
Název části:	INŽENÝRSKÉ OBJEKTY - TUNELY	Označení části: <b>D.2.1.7</b>
Název objektu/dílní části:	DOLNOLUČANSKÝ TUNEL 07 GEOTECHNICKÝ MONITORING	Označení objektu/komplexu: <b>SO 11-40-01</b>
Název přílohy:	TECHNICKÁ ZPRÁVA	Číslo přílohy (typ/pořadí): <b>1.001</b>
Název dílní části přílohy:		
Odpovědný projektant: Ing. Libor Mařík	Zpracovatel přílohy: Bc. Jozef Kostúrik	Měřítko: - Formáty: 42 x A4
Kraj: Liberecký	Katastrální území: Lučany nad Nisou [688258]	TUDU: 167114
		Smluvní datum zpracování: <b>10/2023</b>

S-kód:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podoblast:	Příloha:	Revize:
5 5 1 3 5 2 0 0 3 3	- P D P S	- D 2 1 7 X	- S O 1 1 4 0 0 1	- 0 7	- 1 - 0 0 1	- 0 0 1



# OBSAH

<b>1</b>	<b>IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....</b>	<b>4</b>
1.1	Identifikační údaje stavby .....	4
1.2	Členění objektu na podobjekty .....	4
1.3	Kontaktní údaje.....	5
<b>2</b>	<b>POUŽITÁ TERMINOLOGIE .....</b>	<b>6</b>
2.1	Tunelová obezdívka .....	6
2.2	Tunelové ostění .....	6
2.3	Tunelový metr .....	6
<b>3</b>	<b>POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>PŘEDMĚT PROJEKTU A STRUČNÝ POPIS ŘEŠENÍ.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>SMĚROVÉ A VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ, TUNELOVÉ PÁSY .....</b>	<b>9</b>
6.1	Vedení trasy .....	9
6.2	Bloky betonáže, tunelové pásy.....	9
<b>7</b>	<b>ZMĚNY OPROTI ZÁMĚRU PROJEKTU .....</b>	<b>9</b>
7.1	Prodloužení tunelu.....	9
7.1.1	Záměr projektu.....	9
7.1.2	Projektová dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby (DSP a PDPS) .....	9
7.1.3	Zdůvodnění změny .....	10
<b>8</b>	<b>MORFOLOGICKÉ, GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>10</b>
8.1	Přírodní poměry.....	10
8.1.1	Geomorfologie .....	10
8.1.2	Geologie.....	10
8.1.3	Hydrogeologie.....	11
8.1.4	Klíma a pedologie .....	11
8.1.5	Zemětřesení.....	11
8.1.6	Důlní díla, sesuvy, ochranná pásma vodních zdrojů .....	11
8.2	Geotechnické zhodnocení .....	11
8.2.1	Zemní práce.....	12
8.2.2	Podzemní voda .....	12
<b>9</b>	<b>POSTUP VÝSTAVBY .....</b>	<b>12</b>
9.1	Výkopy a zajištění svahů v oblasti portálů .....	12
9.2	Rozšiřování profilu výrubu .....	12
9.3	Technologické třídy výrubu .....	13
9.3.1	Nadvýšení výrubu .....	13
9.3.2	Technologická třída výrubu TTV3.....	13

9.3.3	Technologická třída výrubu TTV4 .....	14
9.3.4	Technologická třída výrubu TTV4 – MP .....	14
9.4	Falešné primární ostění .....	14
<b>10</b>	<b>MĚŘENÍ A SLEDOVÁNÍ PROVÁDĚNÁ V RÁMCÍ GTM .....</b>	<b>14</b>
10.1	Geodetická měření 3D deformací svahů hloubených úsek .....	14
10.1.1	Osazení měřických bodů a nulté měření .....	14
10.1.2	Počet měřických bodů .....	15
10.1.3	Požadována přesnost měření .....	15
10.1.4	Četnost měření .....	15
10.2	Geologická a geotechnická pasportizace dna a svahů hloubených úseků .....	15
10.3	Geotechnická pasportizace rozšířeného líce výrubu .....	16
10.3.1	Minimální rozsah dokumentace nezajištěného líce výrubu .....	17
10.3.2	Zatřídění hornin a tunelářská klasifikace .....	18
10.3.3	Četnost provádění .....	18
10.4	Geodetická měření 3D deformací výrubu (primární ostění) .....	18
10.5	Vzdálenost měřických profilů .....	19
10.5.1	Okamžik osazení měřického bodu .....	19
10.5.2	Nulté měření .....	19
10.5.3	Pravidla pro četnost měření .....	19
10.5.4	Požadovaná přesnost měření .....	20
10.5.5	Vyhodnocení výsledků měření .....	20
10.6	Laserové skenování líce primárního ostění .....	21
10.6.1	Přesnost měření .....	21
10.6.2	Vyhodnocení výsledků měření .....	21
10.7	Měření 3D deformací sekundárního ostění .....	21
10.7.1	Měřický profil .....	22
10.7.2	Nulté měření .....	22
10.7.3	Četnost měření .....	22
10.7.4	Poloha měřických bodů .....	23
10.8	Měření pH a neutralizace vody .....	23
10.8.1	Přesnost měření .....	24
10.8.2	Četnost měření .....	24
10.8.3	Výstup měření .....	24
10.9	Měření množství vody odtékající ze stavby tunelu .....	24
10.9.1	Četnost měření .....	24
10.9.2	Výstup měření .....	24
<b>11</b>	<b>VAROVNÉ STAVY .....</b>	<b>24</b>

11.1	Deformace skalních svahů hloubených úseků.....	26
11.2	Deformace primárního ostění.....	26
11.2.1	Stav vysoké míry bezpečnosti.....	26
11.2.2	Stav přípustných změn.....	27
11.2.3	Stav mezní přijatelnosti.....	27
11.2.4	Kritický stav.....	28
11.2.5	Havarijní stav.....	29
11.3	Deformace sekundárního ostění.....	30
<b>12</b>	<b>NADVÝRUBY A JEJICH DOKUMENTACE.....</b>	<b>30</b>
12.1	Technologicky podmíněný nadvýrub.....	30
12.2	Geologicky podmíněný nadvýrub.....	30
12.3	Nadvýrub způsobený technologickou nekázní zhotovitele.....	31
<b>13</b>	<b>ODCHYLKY OD TEORETICKÉ TLOUŠŤKY SEKUNDÁRNÍHO OSTĚNÍ.....</b>	<b>31</b>
13.1	Přípustné zvětšení tloušťky sekundárního ostění.....	31
13.2	Lokální zmenšení tloušťky sekundárního ostění.....	32
13.3	Nadvýšení líce ostění a stavební tolerance.....	32
<b>14</b>	<b>ORGANIZACE A POŽADAVKY NA VYHODNOCOVÁNÍ GTM.....</b>	<b>32</b>
<b>15</b>	<b>ŘEŠENÍ NEOČEKÁVANÝCH SITUACÍ BĚHEM RAŽBY.....</b>	<b>32</b>
15.1	Nestabilita obnaženého líce výrubu.....	32
15.2	Nadměrné deformace ostění, nepříznivý vývoj deformací v čase.....	33
15.3	Sedání kaloty jako celku.....	33
15.4	Nadměrné deformace nadloží a povrchu území.....	34
<b>16</b>	<b>BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ.....</b>	<b>34</b>
<b>17</b>	<b>NORMY, VYHLÁŠKY A PŘEDPISY.....</b>	<b>35</b>
17.1	Normy.....	35
17.2	Zákony.....	36
17.3	Vyhlášky.....	37
17.4	Závazné předpisy správy železnic.....	39
17.5	Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah.....	39
<b>18</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH DOKUMENTACE.....</b>	<b>40</b>

# 1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

## 1.1 Identifikační údaje stavby

<b>Název stavby:</b>	Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec – Harrachov
<b>Stavební objekt:</b>	SO 11-40-01 Dolnolučanský tunel
<b>Podobjekt:</b>	SO 11-40-01.07 Geotechnický monitoring
<b>Stavební úsek:</b>	TUDU 167114 Nová Ves nad Nisou – Smržovka
<b>Stupeň dokumentace:</b>	Projektová dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby (DSP a PDPS)
<b>Charakter stavby:</b>	Liniová stavba, rekonstrukce a modernizace
<b>Odvětví:</b>	Železniční doprava
<b>Místo stavby:</b>	Železniční trať Liberec – Tanvald – Harrachov, traťový úsek Jablonecké Paseky – Lučany nad Nisou
<b>Kraj:</b>	Liberecký
<b>Okres:</b>	Jablonec nad Nisou
<b>Městský úřad:</b>	Lučany nad Nisou
<b>Katastrální území:</b>	Lučany nad Nisou, kód katastrálního území: 688258

## 1.2 Členění objektu na podobjekty

V rámci záměru projektu nebylo provedeno členění stavebního objektu tunelu na podobjekty. Pro úroveň projektové dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby (DSP a PDPS) byl stavební objekt tunelu rozdělen do následujících podobjektů:

- SO 11-40-01.00 Obecné
- SO 11-40-01.01 Výkopy a zajištění svahů
- SO 11-40-01.02 Rozšíření a zajištění výrubu
- SO 11-40-01.03 Hydroizolace a drenáže
- SO 11-40-01.04 Železobetonové ostění tunelu
- SO 11-40-01.05 Vnitřní vybavení
- SO 11-40-01.06 Zásypy
- SO 11-40-01.07 Geotechnický monitoring

Rozdělení stavebního objektu na podobjekty bylo schváleno ze strany Objednatele.

### 1.3 Kontaktní údaje

Zadavatel/Investor:	<b>Správa železnic, státní organizace</b> Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 Stavební správa západ Sokolovská 1955/278 190 00 Praha 9
Zástupce investora:	<b>Ing. Jiří Záruba</b> SŽ – Stavební správa západ Budova Diamond Point, Ke Štvanici 656/3 186 00 Praha 8 – Karlín mob. +420 725 501 038 e-mail: <a href="mailto:zaruba@spravazeleznic.cz">zaruba@spravazeleznic.cz</a>
Projektant:	<b>Sdružení „SAGAMB Liberec – Tanvald“</b> Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4 tel. +420 261344100 e-mail: <a href="mailto:Info@sagasta.cz">Info@sagasta.cz</a>
Hlavní projektant (HIP):	<b>Ing. Libor Mařík</b> Sagasta, s.r.o. Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4 mob. +420 605 707 767 e-mail: <a href="mailto:libor.marik@sagasta.cz">libor.marik@sagasta.cz</a>

## 2 POUŽITÁ TERMINOLOGIE

### 2.1 Tunelová obezdívka

Pod pojmem tunelová obezdívka se rozumí zdivo z žulových kvádrů zajišťující stabilitu výrubu původního tunelu. Obezdvka ve tvaru klenby tvoří základní nosnou konstrukci stávajícího tunelu.

### 2.2 Tunelové ostění

Pod pojmem tunelové ostění se rozumí ostění nově vzniklého tunelu po rozšíření profilu. Tunelové ostění se dělí na primární ostění ze stříkaného betonu, které zajišťuje stabilitu výrubu okamžitě po provedení záběru (kroku rozšiřování profilu tunelu) a sekundární ostění z monolitického betonu, které tvoří spolu s horninovým masivem a primárním ostěním hlavní nosnou konstrukci tunelu po celou dobu jeho životnosti (100 let.) Sekundární ostění se dimenzuje podle předpokládaného zatížení a v případě dobrých geotechnických podmínek může být provedeno z prostého betonu.

### 2.3 Tunelový metr

Pro potřeby výstavby se kromě staničení tratě zavádí pojem „tunelový metr“ (TM). Tunelový metr je zaveden s ohledem na postup výstavby a jeho smyslem je minimalizace chyb při provádění a snazší orientace v tunelu, tj. např. situování spár mezi bloky betonáže (tunelovými pasy), poloha záchranných výklenků, kabelových nebo drenážních šachet a snazší výpočet vzájemných vzdáleností. V případě Dolnolučanského tunelu bude výstavba probíhat od výjezdového směrem ke vjezdovému portálu. Tunelové staničení je proto navrženo v opačném směru, než je staničení tratě a tunelová nula je v poloze budoucího výjezdového portálu a odpovídá staničení **TM 0,000 = žkm 17,927 550**. Vjezdový portál má staničení **TM 90,000 = žkm 17,837 550**.

## 3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Dolnolučanský tunel leží na trati z Jablonce nad Nisou do Tanvaldu, která byla uvedena do provozu v roce 1894 jako součást železničního spojení Liberec – Tanvald – Harrachov a sloužila k propojení Rakousko-Uherska s Pruskem. K vlastnímu provádění tunelu se nedochovaly žádné historické dokumenty, není známa použitá tunelovací metoda. Lze však předpokládat, že byl použit obdobný postup výstavby, jako u dalších tunelů na této trati v obdobných geotechnických podmínkách.

Jednokolejný tunel délky 82,3 m byl vyražen v horninovém masivu z liberecké žuly. Tunelová trouba je v celé délce vystrojena obezdívkou ze žulových kvádrů. Do tunelu proniká puklinová voda, což se projevuje vodními průsaky a vyluhováním spár tunelového zdiva, které lokálně narušuje stabilitu jednotlivých bloků obezdívky. V portálových, tunelových pasech č. P1 a č. P2 jsou v klenbě výrazné příčné trhliny (šířky do 30 mm). Spárování zdiva/obezdvky je vypadané. Zvodnění horninového masivu závisí na klimatických podmínkách. Ostění tunelu je silně zavodněné, hydroizolační systém již není funkční. Podle závěrů z podrobné prohlídky je ostění v klenbě zamokřené a v závislosti na klimatických podmínkách může docházet až k proudění vody charakteru deště. Žula kvádrů tvořících tunelovou obezdívku se v portálových pasech v důsledku zvětvávání postupně rozpadá. Tunelové pasy uvnitř



tunelu mají obecně obdobné závady, tj. vypadané spárování zdiva a průsaky přes ostění. V zimních měsících tak dochází v tunelu k tvorbě rampouchů a ledopádů se zaledněním koleje. Ledy ohrožující projíždějící vozidla a musí být průběžně odstraňovány. Z hlediska statické funkce je klenba tunelu i přes popsané závady stabilní, vypadávání jednotlivých bloků ostění s následným řícením klenby nehrozí a jako celek není statická funkce obezdívky narušena.

V oblasti před portály prosakující voda a mrazové cykly destabilizují skalní bloky, které jsou v současné době zajištěny vysokopevnostními sítěmi a horninovými svorníky. Přesto dochází ke splavování degradované horniny do prostoru před portály. Tunel nevyhovuje současným požadavkům na prostorovou průchodnost a bezpečnost provozu (únikové cesty, nouzové výklenky).

V rámci rekonstrukce trati Liberec – Tanvald v roce 2015 byla obnovena střední tunelová stoka. Průjezdny průřez je J-GC Z3. V celém tunelu je železniční svršek 49 E1, betonové pražce B91 a bezстыková kolej.

Železniční svršek a spodek byl rekonstruován v roce 2015 v rámci investiční stavby „Rekonstrukce trati Liberec – Tanvald“. V tunelu a v přilehlých úsecích je železniční svršek na betonových pražcích B91S/2 s pružným upevněním s kolejnicemi 49E1 R350HT a je zde zřízena bezстыková kolej. Kolejové lože je šterkové, neznečištěné. V předmětném úseku je zaveden rychlostní profil V<sub>130</sub>.

Dolnolučanským tunelem vede metalický kabel 3P1 od spouštěcího obvodu počítače náprav pro přejezdy v km 18,885 (P5533); 18,982 (P5534) a 19,219 (P5535) a vazební metalický kabel 24P1 mezi přejezdy v km 16,368 (P5531) a 18,885 (P5533). Dolnolučanským tunelem vede kabelová trasa traťového kabelu TK 10XN0,8 a dálkový optický kabel DOK 36 vláken.

## 4 PŘEDMĚT PROJEKTU A STRUČNÝ POPIS ŘEŠENÍ

Předmětem projektu je projektová dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby rekonstrukce Dolnolučanského tunelu na traťovém úseku Liberec – Harrachov. Tomuto tunelu bylo přiděleno číslo stavebního objektu **SO 11-40-01**.

Tunel je dále v souladu s požadavky na zohlednění skutečných geotechnických podmínek, konkrétně prováděných prací na stavbě apod. rozdělen do osmi podobjektů. Tato technická zpráva se zabývá podobjektem č. **SO 11-40-01.07 Geotechnický monitoring**.

Stávající délka raženého tunelu je 82,5 m včetně dvou krátkých portálových úseků, které slouží k zamezení pádu uvolněných balvanů z portálových svahů přímo do kolejíště. Rekonstrukce předpokládá zvětšení světlého průřezu tunelu tak, aby vyhovoval pro průjezdní průřez Z-GC. Tunel bude prodloužen ze stávajících 82,5 m na 90 m. Toto prodloužení obsahuje 9 bloků ostění délky 10 m a dvě portálové stěny tloušťky 0,5 m. Bloky jsou očíslovány v souladu se směrnici SŽ, tedy P1, 1–7 a P2. Všechny tunelové bloky jsou založeny na patkách. Podélný sklon tunelu sleduje sklon koleje, která ve směru staničení stoupá ve sklonu 26,526 ‰. Tunel se nachází v přímém úseku bez směrových oblouků.

V rámci rekonstrukce tunelu bude rozebráno stávající kamenné ostění a základka za tímto ostěním. Tunel bude přeprofilován pro tunelový průjezdní průřez TPP dle ČSN 73 7508 bez elektrizačního nástavce, vč. kinematického obrysu pro vozidla GC dle ČSN 73 6320 a pojistného prostoru 300 mm dle ČSN 73 7508. Podle zastižených geotechnických podmínek může být pro rozšíření profilu použito

mechanické rozpojování nebo i trhací práce. U portálů budou provedeny hloubené úseky do falešného primárního ostění v délce cca 4,5 m na obou portálech, portálové bloky sekundárního ostění délky 10 m budou tak částečně pod primárním ostěním a částečně pod falešným primárním ostěním postaveným před portály stávajícího tunelu.

Primární ostění ze stříkaného betonu C20/25-X0 tloušťky 150 a 200 mm tvoří dále ocelové příhradové rámy, výztužné sítě, kotvy a v oblasti ohrožené nestabilitou přístropí i předrážené ocelové jehly. Použití prvků zajištění výrubu je řízeno technologickou třídou výrubu NRTM. Třídy výrubu slouží jako základní definice prvků zajištění stability výrubu a v případě potřeby jsou dále upravovány na základě výsledků geotechnických měření prováděných během výstavby. Tento základní princip NRTM umožňuje operativní návrh všech prvků zajištění stability výrubu v závislosti na zastižených inženýrskogeologických podmínkách a dává předpoklad k ekonomickému provádění ražby.

Ražba je prováděna úpadně od východního raženého portálu v TM 0,00 a končí v TM 90,00. Směr ražby tedy vede proti směru staničení v žkm, tj. směrem od Tanvaldu k Liberci. Směr ražby byl zvolen s ohledem na možnosti umístění zařízení staveniště a přístupové cesty. Vzhledem k tomu, že stávající tunel bude během rekonstrukce průchozí či průjezdný mezi oběma portály, nebude nutné uvažovat s opatřeními pro odvodnění a větrání během výstavby.

Na obou portálech bude vybudováno falešné primární ostění, které bude sloužit jako vnější bednění části portálových bloků.

Sekundární ostění je navrženo jako monolitické, betonované do posuvného bednění s délkou bloku betonáže v ose tunelu 10 m. Tloušťka sekundárního ostění je v klenbě min. 300 mm a směrem do boku se rozšiřuje. Vzhledem k očekávaným geotechnickým podmínkám je v celé délce tunelu navržen konstrukční typ ostění založený na patkách (základových pasech), které jsou betonované v předstihu před betonáží horní klenby. Příčné spáry mezi bloky betonáže patek a horní klenby musí být průběžné.

Ostění je v celé délce tunelu projektováno jako vyztužené. Konstrukčně není propojena výztuž patek ostění a horní klenby tunelu, což zjednodušuje zejména provádění drenážního systému a snižuje riziko poškození mezilehlé hydroizolační fólie. První a poslední blok betonáže sekundárního ostění (portálové pásy P1 a P2) je navržen vždy z betonu odolného proti průsakům, neboť portálové tunelové pásy nejsou izolované hydroizolační fólií.

## 5 PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ

- Stavebně geologické posouzení Dolnolučanského tunelu a přilehlých předzářezů, Geotest 06/1989
- Rekonstrukce trati Liberec – Tanvald, SO 06–11–03 Dolnolučanský tunel, stabilizace skalních struktur, Valbek 03/2013
- Záměr projektu pro rekonstrukci Dolnolučanského tunelu
- Místní šetření a fotodokumentace
- Dolnolučanský tunel, skenování portálů a líce ostění, Hrdlička 02/2021
- Stavebnětechnický průzkum, Tesia 06/2023

## 6 SMĚROVÉ A VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ, TUNELOVÉ PÁSY

### 6.1 Vedení trasy

Niveleta stávajícího železničního tunelu stoupá od vjezdového portálu v **žkm 17,836 300** až do výjezdového portálu v **žkm 17,918815** v jednotném sklonu 26,526 ‰. Rekonstruovaný tunel bude mít vjezdový portál ve staničení **žkm 17,837 550** a výjezdový ve staničení **žkm 17,927 550**.

Kolej již prošla obnovou a její výškové a směrové vedení zůstává nezměněné. Nový tunel bude rovněž sledovat niveletu koleje, která stoupá v celé délce tunelu a nachází se v přímém úseku bez směrových oblouků.

### 6.2 Bloky betonáže, tunelové pásy

Z hlediska výstavby je ostění tunelu rozděleno na 9 bloků betonáže délky 10 m. Číslování bloků betonáže je pracovně provedeno ve směru betonáže od výjezdového k vjezdovému portálu ve směru staničení v TM. Čísla bloků betonáže nekorespondují s čísly tunelových pásů, která budou vyznačena na klenbě ostění podle požadavků směrnice SŽDC S6. Důvodem je označení portálových pásů značením P1 (vjezdový portál) a P2 (výjezdový portál) a číslování pásů ve směru staničení v ŽKM.

## 7 ZMĚNY OPROTI ZÁMĚRU PROJEKTU

### 7.1 Prodloužení tunelu

#### 7.1.1 Záměr projektu

V záměru projektu bylo uvažováno prodloužení tunelu na celkovou délku 100 m přidáním tunelových pásů na obou portálech tak, aby byly stabilizovány portálové svahy. Tunelové pásy byly projektovány jako hloubené tunely stejného tvaru líce, jako ražená část tunelu. Konstrukce hloubených tunelů měla být zasypána cca 1 m nad úroveň vrcholu klenby vytěženou rubaninou. Pro stabilizaci zásypového materiálu byly navrženy gabionové stěny. Jako alternativa byl uvažován zásyp vyztuženou zeminou se stabilizací čela trvanlivou konstrukcí.

#### 7.1.2 Projektová dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby (DSP a PDPS)

V projektové dokumentaci pro provádění stavby je uvažováno s prodloužením tunelu na celkovou délku 90 m. Tunel bude tvořit 9 tunelových pásů o délce 10 m a dvě portálové stěny z monolitického betonu, zajišťující stabilitu zásypového materiálu. Portálové bloky budou prováděny metodou falešného primárního ostění, sekundární ostění bude mít stejný tvar a tloušťku jako v ražených částech tunelu, ale budou provedeny z betonu odolného proti průsakům. Na koncích portálových bloků bude vytvořen „límeček“ výšky 400 mm a šířky 500 mm, který bude součástí bloku. Zásyp bude proveden pomocí popílko-cementu, který zajistí příznivou distribuci namáhání tunelového ostění. Portálové stěny budou provedeny jako obklad tl. 400 mm. Pro vytvoření stěn budou použity kamenné kvádry získané ze staré tunelové obezdívky, které budou upraveny (očištěny) pískováním.

### 7.1.3 Zdůvodnění změny

V rámci sjednocení tunelových pásů byla zvolena varianta s délkou 90 m. Tato varianta eliminuje hloubené tunelové pásy i dva atypické pásy, které na ně navazovaly. Jedná se o výhodu zejména z hlediska betonáže. Pro všechny tunelové pásy bude použit stejný bednicí vůz.

## 8 MORFOLOGICKÉ, GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Tato kapitola rekapituluje především závěry doplňkového stavebnětechnického průzkumu provedeného firmou Tesia v 06/2023 se zohledněním stavebně geologického posouzení provedeného firmou Geotest v 06/1989.

### 8.1 Přírodní poměry

#### 8.1.1 Geomorfologie

Z pohledu geomorfologického členění spadá zájmové území do geomorfologické subprovincie Krkonoško-Jesenické, provincie Krkonošská oblast, celku Jizerské hory a podcelku Jizerská hornatina.

Trat' v zájmové lokalitě protíná plochá záda Paseckého vrchu s vyvinutou zádivou plošinou v přibližné šířce 80 m. V podélném směru je plošina skloněna v rozsahu  $1^{\circ}$  –  $3^{\circ}$  v severním směru. Ve směru kolmém se sklon ze střední části přibližuje k  $5^{\circ}$ . Vodorovná část dosahuje v prostoru tunelu přibližné šířky 30 m. Sklon úbočí v západním směru dosahuje  $10^{\circ}$  a ve východním směru  $13^{\circ}$ . Důsledkem mírných sklonů úbočí jsou předzářezové úseky táhlé a dosahují hloubky až 21 m.

#### 8.1.2 Geologie

Dolnolučanský tunel vede přes západní část Krkonoško-jizerského žulového masivu. Stratigraficky se řadí do algonkického a staropaleozoického věku. Žulový masiv je petrograficky homogenní, složený převážně z hrubě až středně zrnitých žul. Hlavní horninotvorné minerály představují křemen, draselný živec, plagioklas a biotit. Vedlejší minerální součásti tvoří muskovit a amfibolit. Žulový masiv je součástí Krkonoško-jizerského krystalinika, porušeného mnoha plochami nespojitosti. Jedná se o převážně mladou diskontinuítní strukturu pokřídového věku, založenou v průběhu variské až kaledonské orogeneze. Nejznámější zlomy ve směru SV-JZ jsou v oblasti Dolnolučanského tunelu méně významné. Četnější poruchy zjištěné v předzářezech tunelu mají směr SV-JZ, méně S-J. V rámci Krkonoško-jizerského krystalinika jsou považovány za poruchy podružné.

Kvarterní pokryv tvoří zvětraniny žuly. V důsledku zvětrávacích procesů se žuly rozkládají na písečné eluvium. Vrchní horizont eluviální vrstvy postupně přechází do vrstvy deluviálních sedimentů svahových písčitých hlín. Nejsvrchnější vrstva kvartérního pokryvu je tvořena antropogenními navážkami. Hloubka zóny zasažené zvětráváním je v důsledku množství přítomných poruch proměnná. Zvětrávací proces postupuje přes poruchu rychleji a do značných hloubek. Stupeň narušení horniny je vysoký. Bloky zdravé horniny se ve stěnách předzářezových úseků vyskytují jen zřídka, převládá zejména hornina zvětralá a navětraná. V určitých částech předzářezových úseků je hornina zcela rozložena po celé výšce stěn.

### 8.1.3 Hydrogeologie

Oblast se řadí v základní vrstvě k hydrogeologické rajonizaci 6413 Krystalinikum Jizerských hor v povodí Lužické Nisy v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika.

Hydrogeologické podmínky lze popsat jako mírné. Zájmové území nevyniká vysokým objemem podzemních vod. Výskyt vody lze zaznamenat hlavně během období bohatých na srážky, a to jen v systému poruch a puklin – puklinová propustnost a mělký oběh podzemních vod. Z chemické perspektivy se jedná o vody málo mineralizované, s nízkou tvrdostí, které se mohou projevit jen mírně agresivními účinky na betonové konstrukce. Severně od tunelu protéká Lužická Nisa. Tunel se nenachází v záplavovém území.

### 8.1.4 Klima a pedologie

Podle klimatické klasifikace náleží zájmová lokalita do mírně chladného, vlhkého klimatického regionu (MCH). Z pedologického hlediska jsou přítomny kambizemě dystrikové, podzoly a kryptopodzoly převážně na mírných svazích s jižní expozicí (jihozápadní až jihovýchodní) nebo se západní či východní (jihozápadní až severozápadní či jihovýchodní až severovýchodní) a celkovým obsahem skeletu 25–50 %. Jedná se o půdy hluboké až středně hluboké v mírně chladném klimatickém regionu a produkčně málo významné, bodová výnosnost této půdy je na stupnici od 6 do 100 vyjádřena hodnotou 16. V tunelové části se nevyskytují.

### 8.1.5 Zemětřesení

Zemětřesení (ČSN EN 1998) – Podle mapy seismických oblastí ČR, dle ČSN EN 1998-1, spadá zájmové území do seismických oblastí s referenčním zrychlením  $a_{gR}$  0,04 g. Podle NA 2.8. článku 3.2.1. výše uvedené normy se za případy velmi malé seismicity, kdy není třeba dodržovat ustanovení ČSN EN 1998-1, v ČR považují takové oblasti, kdy hodnota  $a_{gR}$ , použitého pro výpočet seismického zatížení, není větší než 0,05 g.

### 8.1.6 Důlní díla, sesuvy, ochranná pásma vodních zdrojů

V zájmové oblasti nejsou evidována důlní díla a poddolování.

V širším okolí se nevyskytují svahové nestability – sesouvání.

Zájmová oblast se nenachází v ochranném pásmu vodního zdroje.

## 8.2 Geotechnické zhodnocení

Dolnolučanský tunel byl vyražen v granitu (liberecká žula), který vykazuje variabilní stupeň narušení a zvětrávání jak ve vertikálním, tak horizontálním směru. Skalní masiv je budován převážně hrubozrnnými granity, místy proráženými pegmatity odpovídajícími granitoidní hornině a aplitickými leukokrátiními, intenzivně rozpukanými žílami. Je vystrojen obezdívkou z opracovaných granitoidních kvádrů o tloušťce 0,3–0,6 m. Skalní výrub se, ve vrcholu klenby, nachází ve vzdálenosti 0,6–0,9 m od líce ostění. Zakládka je tvořena ostrohrannými úlomky granitů, většinou kamenité velikosti. Pevnost v prostém tlaku těchto úlomků odpovídá hornině třídy R2, tzn. zakládka je tvořena úlomky mírně

zvětralého granitu. Na základě endoskopického posouzení otvorů po jádrových vrtech se zdá být základka volně ložená, bez zjevné aktivace klenby.

Celkově lze horninový masiv charakterizovat jako horninu třídy R4 a R3 (ČSN P 73 1005), méně pak byly zjištěny i polohy s pevností R2. V rámci skalního masivu bylo zjištěno střídání kvality horniny v subvertikálních „pásech“ se skokovými změnami pevnosti a míry zvětrávání.

### 8.2.1 Zemní práce

Zastižené horniny nad hranicí současného výrubu jsou z pohledu klasifikace tříd rozpojitelnosti a těžitelnosti (ČSN 73 6133) řazeny do třídy II., kde pro těžbu a rozpojování horniny bude nutné použít speciální rozpojovací mechanismy (rozzřývače, skalní lžíce, kladiva). Bude možné využít i trhací práce, pokud to bude z hlediska výsledné fragmentace anebo hospodárnosti výhodné. Částečně jsou tyto horniny zařazeny do třídy III., kdy bude nejspíše nutné použít trhací práce, pokud nebude z technologické nutnosti nebo např. ohrožení okolní výstavby nutno použít kladiva, rozzřývače nebo jiné technologie. Z hlediska vrtatelnosti pro kotevní vrty se jedná o třídu III.

### 8.2.2 Podzemní voda

Chemismus podzemních a povrchových vod reflektuje chemismus podložních hornin. Dle ČSN EN 206+A1 vytvářejí analyzované vody slabě agresivní prostředí XA1 z důvodu přítomnosti agresivního CO<sub>2</sub>, místy v kombinaci s mírně sníženým pH. Podzemní i povrchová voda působí jako velmi agresivní prostředí na ocel.

## 9 POSTUP VÝSTAVBY

### 9.1 Výkopy a zajištění svahů v oblasti portálů

V rámci rekonstrukce tunelu bude částečně demontován stávající systém zajištění skalních svahů (vysokopevnostní sítě, gabionová zeď apod.) a skalní svahy budou s minimálním zásahem rozšířeny tak, aby vznikl dostatečný prostor pro výstavbu hloubených úseků tunelu do falešného primárního ostění v délce cca 4,5 m na obou portálech. Toto rozšíření pak bude umožňovat umístění konstrukcí odvodnění tunelu (šachty a drenážní potrubí) a technologického vybavení tunelu. Dočasně demontované sítě budou po skončení výkopových prací opět aktivovány a dále budou tvořit trvalé zajištění nového tvaru skalních svahů.

### 9.2 Rozšiřování profilu výrubu

Podle výsledků stavebně-technických průzkumů (1989 a 2023) jsou vlastnosti horninového masivu za rubem stávající obezdívky značně proměnlivé a mění se od zcela zvětralé až po zdravou skalní horninu. Tomu musí být přizpůsoben technologický postup výstavby. Době trvání dočasné stability výrubu bude muset být přizpůsoben pracovní cyklus, který se bude skládat z

- 1) odstranění stávající obezdívky a odtěžení základky, případně uvolněné horniny;
- 2) rozšíření profilu tunelu pomocí mechanického rozpojování nebo trhacích prací;
- 3) odvětrání pracoviště (v případě použití trhacích prací);

- 4) zajištění obnaženého líce výrubu primárním ostěním ze stříkaného betonu;
- 5) provedením radiálního kotvení pro vyztužení horninového prstence a jeho zapojení do nosného systému „ostění-hornina“;
- 6) provedení jehlování nad současnou obezdívkou v každém záběru.

### 9.3 Technologické třídy výrubu

Technologická třída výrubu určuje:

- členění výrubu; v případě této rekonstrukce se předpokládá ražba, resp. dobírání horniny do profilu nového tunelu v plném profilu,
- maximální délku záběru,
- tloušťku primárního ostění, parametry betonu a výztuže (nárůst pevnosti betonu v čase, konečná pevnost betonu, velikost ok sítí, počet vrstev sítí, způsob osazování apod.),
- geometrické schéma systémového kotvení, typ, délku a požadovanou únosnost kotev,
- maximální přípustnou vzdálenost provádění systémového kotvení od čelby, vzdálenost se udává se zpravidla počtem záběrů od čelby,
- opatření prováděná v předstihu pro zvýšení stability výrubu (např. jehlování),
- předpokládanou velikost deformace výrubu, resp. primárního ostění,
- případná další opatření či omezení bezprostředně související s ražbou a zajištěním výrubu.

Při vlastní ražbě je možno na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek provádět změny nejen v procentuálním zastoupení technologických tříd výrubu, ale i ve způsobu zajištění výrubu v rámci technologické třídy výrubu (úprava systému kotvení, jehlování, délky záběru apod.). Každá taková změna má dopad (pozitivní nebo negativní) do času výstavby, ceny tunelu ale i bezpečnosti práce. Optimalizace způsobu zajištění stability výrubu a postupu výstavby na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek a zajištění bezpečného provádění díla umožňuje při realizaci vynaložení pouze nezbytně nutných investičních nákladů.

#### 9.3.1 Nadvýšení výrubu

Nadvýšení výrubu je pro všechny třídy uvažováno 50 mm, což zahrnuje stavební tolerance i případné deformace (dle statického výpočtu max. 10 mm), plus 30 mm na vyrovnávací vrstvu jemného stříkaného betonu, tj. celkem 80 mm.

#### 9.3.2 Technologická třída výrubu TTV3

Technologická třída výrubu 3 je určena do lepších geotechnických podmínek s vyšším nadložím a pokrývá úsek ve vzdálenosti cca 15 m od obou portálů, tj. délku cca 50 m. Předpokládaná délka záběru je 2 m.



### 9.3.3 Technologická třída výrubu TTV4

Technologická třída výrubu 4 je určena pro úseky navazující na příportálové úseky ražené pod deštníkem z vodorovných jehel. Předpokládaná délka záběru je 1,5 m.

### 9.3.4 Technologická třída výrubu TTV4 – MP

Technologická třída výrubu 4 – MP je modifikovaná třída 4 pro portálové úseky ražené pod ochranou deštníku ze subhorizontálních jehel. Předpokládaná délka záběru je 1,0 m.

## 9.4 Falešné primární ostění

Falešné primární ostění bude tvořit kontrabednění pro betonáž portálových bloků nového tunelu. Tyto portálové bloky budou mít stejnou tloušťku ostění jako sekundární ostění raženého tunelu, a budou betonovány na stejné vnitřní formě, liší se pouze provedením z betonu odolného proti průsakům pro ukončení izolace.

Falešné primární ostění je tvořeno vrstvou stříkaného betonu C20/25-X0 celkové tloušťky 300 mm se dvěma vrstvami sítě KARI  $\varnothing$  8/150x8/150 mm a příhradovým rámem P5 výšky 180 mm. Z vnější strany bude jako podklad pro stříkaný beton použito ocelové pletivo, tzv. „B-systém“.

Provedení falešného primárního ostění bude na obou portálech stejné, liší se pouze opačným sklonem, přičemž výztužné rámy budou vždy svislé. Předpokládaná délka konstrukce je 4,5 m na každém portálu.

## 10 MĚŘENÍ A SLEDOVÁNÍ PROVÁDĚNÁ V RÁMCI GTM

V rámci geotechnického monitoringu je prováděn soubor měření a sledování zaměřených na kontrolu reakce horninového masivu na výstavbu a ověřování skutečně zastižených geotechnických podmínek s předpoklady technického návrhu nosných konstrukcí v projektové dokumentaci. Předmětem GTM je také sledování vlivu výstavby na režim a chemizmus podzemní vody. Nedílnou součástí GTM je i komplexní vyhodnocování jeho výsledků. Cílem GTM je získání podkladů pro optimalizaci technického řešení s ohledem na skutečně zastižené geotechnické podmínky podle principů observační metody.

### 10.1 Geodetická měření 3D deformací svahů hloubených úsek

V oblasti předzářezu vjezdového i výjezdového portálu jsou navržena trigonometrická měření bodů pevně zafixovaných do svahů přiléhajících skalních stěn. Cílem měření je sledování 3D posuvů těchto bodů a tím i vývoje deformace svahů skalních stěn v průběhu výkopových prací. Měřické body musí být do svahu upevněny tak, aby výsledky měření neovlivňovaly povrchové pohyby degradovaného horninového masivu. Minimální hloubka vetknutí trnu, na který je bod instalován je 1 m.

#### 10.1.1 Osazení měřických bodů a nulté měření

Měřické body budou osazeny před počátkem výkopových prací a na zafixovaném bodě bude provedeno nulté měření. Ochranu měřického bodu před poškozením v průběhu výstavby musí zajistit stavba.



### 10.1.2 Počet měřických bodů

Poloha ve svahu		Počet	Poznámka
Vjezdový portál	Portálový svah, vjezd	4	2 řady po 2 bodech, rozteč bodů $\check{S} \times V = 5 \times 4$ [m]
	Levý boční svah, vjezd	6	4 body v oblasti hloubeného tunelu, 2 body v předportáli
	Pravý boční svah, vjezd	6	4 body v oblasti hloubeného tunelu, 2 body v předportáli
Výjezdový portál	Portálový svah, výjezd	6	2 řady po 3 bodech, rozteč bodů $\check{S} \times V = 5 \times 4$ [m]
	Levý boční svah, výjezd	6	4 body v oblasti hloubeného tunelu, 2 body v předportáli
	Pravý boční svah, výjezd	6	4 body v oblasti hloubeného tunelu, 2 body v předportáli
CELKEM VJEZDOVÝ PORTÁL		16	
CELKEM VÝJEZDOVÝ PORTÁL		18	
CELKEM VJEZD+VÝJEZD		34	

### 10.1.3 Požadována přesnost měření

Měření se provádí optickou totální stanicí s přesností měření směru minimálně 0,3 mgon a s přesností měření délky  $\pm 1$  mm + 1,5 ppm.

### 10.1.4 Četnost měření

Četnost měření bude záviset na rychlosti odtěžování svahů, přičemž se předpokládá vždy jedno měření za 24 hodin. Po dokončení výkopových prací bude počáteční interval měření nastaven na 1 týden po dobu 6 týdnů (tj. 6 měření). Při trendu deformace k ustálení bude tento interval prodloužen na 1 měsíc až do doby provedení zásypů úseků hloubených tunelů. Ke zkrácení intervalu může dojít v případě tání sněhu nebo při deštivém období, tj. v případě, kdy mohou klimatické podmínky ovlivnit geotechnické parametry horninového masivu s dopadem do stability skalních svahů.

## 10.2 Geologická a geotechnická pasportizace dna a svahů hloubených úseků

Sledování kvality horninového masivu a jeho vlastností je součástí výstavby jak z důvodů geotechnických, tak fakturačních. V průběhu prací budou před zakrytím dokumentovány všechny rozšiřované úseky skalních svahů a jejich dna. Při geotechnické dokumentaci je kladen důraz na grafické znázornění výrazných geologických struktur (vrstevnatost, puklinatost, ohlazové plochy a tektonické poruchy) a zejména jejich orientace vzhledem k rovině svahu, tj. měření orientace diskontinuit geologickým kompasem za účelem zjištění strukturní stavby horninového masivu a posouzení rizika nestability vlivem vyjíždění nepříznivě ukloněných bloků horniny. Na základě těchto měření bude možné v závislosti na orientaci diskontinuit případně upravit sklon vrtání tyčových kotev (SN, resp. IBO) pro zajištění stability skalních svahů, nebo jejich délku. Úpravu je nutné odsouhlasit projektantem PDPS a RDS.

Přímo bude prováděn makroskopický petrograficko-geologický popis horniny. Dále budou odebrány typické dokumentační vzorky, které slouží ke studiu změn v petrografickém složení horniny.

Dokumentace bude v průběhu zemních prací prováděna zvlášť pro každou stranu zářezu a pro dno výkopu do samostatného tiskopisu. Dokumentace bude spočívat v zachycení základních inženýrskogeologických a geotechnických poměrů:

a) Grafické zpracování, popis a zařídění zastižených zemin a skalních hornin do geotechnických typů zemin a hornin definovaných v doplňkovém geotechnickém průzkumu.

b) Zaměření směru a sklonu vrstevnatosti a jednotlivých diskontinuit.

c) Dokumentace a popis tektonických linií.

d) Zařídění hornin podle pevnostní třídy a třídy těžitelnosti podle ČSN 73 6133:2010 ve smyslu požadavků TKP-3:2008.

e) Hustota diskontinuit skalního masivu.

f) Stupeň zvětrání (alterace) hornin.

g) Homogenity horninového masivu.

h) Klasifikace stupně rozvolnění horninového masivu.

i) Přítoky podzemní vody, jejich soustředěnost a vydatnost,

j) Odběr vzorků pro hodnocení chemismu, agresivity na stavební konstrukce a parametrů rozhodujících pro vypouštění vody do vodotečí.

k) Fotodokumentace.

Z technologických údajů se při dokumentaci bude zaznamenávat především:

l) Rozsah a postup prací (provádění výkopů, kotvení svahů, postup zasypávání konstrukcí atp.).

m) Události zhoršující vlastnosti zemin a hornin, (technologické vlivy, náhlé změny klimatických podmínek atp.).

n) zvláštní opatření, mimořádné události a obtíže.

Při hodnocení horninového masivu bude navázáno na klasifikaci geotechnických typů, která byla použita v geotechnickém průzkumu. Průběžně se budou hodnotit odchylky skutečných geologických poměrů od předpokladů stanovených geotechnickým průzkumem.

Vertikální nebo horizontální řezy budou doplněny hodnocením kvality horniny podle geotechnického typu, údaji o nadvýlomech a jejich příčinách (zaviněný/nezaviněný zhotovitelem zemních prací), přítocích podzemní vody a průměrnou maximální vzdáleností všech ploch diskontinuity o nulové nebo velmi malé tahové pevnosti. Při geotechnickém sledování bude nutné věnovat značnou pozornost tektonickým poměrům. Výsledky měření v terénu budou zpracovány do bodových, konturových a růžicových diagramů. Nepříznivá orientace směru a sklonu diskontinuit ke směru hloubení může negativně ovlivnit celkovou stabilitu svahů, nebo způsobit vypadávání a vyjíždění bloků horniny do výkopu. V rámci této činnosti budou prováděny práce pro vytvoření geotechnické dokumentace zemních prací. Součástí bude i komplexní zhodnocení a zpracování výsledků geomonitoringu v závěrečné zprávě.

### 10.3 Geotechnická pasportizace rozšířeného líce výrubu

Technologický postup rozšíření a zajištění výrubu po odstranění současné obezdívky spadá do činností prováděných hornickým způsobem. Vedení podzemního díla je dovoleno, je-li zpracována a doplňována geologická a inženýrskogeologická dokumentace, která zajišťuje potřebné informace o

poměrech, ve kterých má být dílo bezpečně vedeno. Pro vypracování geologické a inženýrskogeologické dokumentace platí požadavky §17 vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb. v platném znění.

Pasportizace líce výrubu se provádí v každém záběru dílčího výrubu před nanesením první vrstvy stříkaného betonu. Kromě zakresu geotechnických podmínek na líci výrubu se provádí fotodokumentace. Pro fotodokumentaci musí být vytvořeny podmínky (nasvícení odpovídající požadované kvalitě snímku). Fotografická dokumentace je součástí formuláře „Geotechnické a geologické sledování výrubů“ a obsahuje:

- datum a čas provedení fotografické dokumentace
- staničení v TM
- jméno a příjmení pracovníka, který fotografickou dokumentaci zhotovil

#### **10.3.1 Minimální rozsah dokumentace nezajištěného líce výrubu**

Výsledky pasportizace nezajištěného líce výrubu se provádí do formuláře, jehož konkrétní podoba a obsah „Geotechnické a geologické sledování výrubů“ musí být stanovena v realizační dokumentaci monitoringu a společně s projektem odsouhlasena před zahájením ražby.

- a. datum, čas provedení dokumentace,
- b. staničení v tunelových metrech (TM) s uvedením způsobu jeho stanovování (poslední výztužný rám, staničení určeno zhotovitelem tunelu, pata čelby měřená geologem atp.). Doporučená přesnost je v dm.
- c. tvar nezajištěné části výrubu ve formě nákresu. Musí být vhodně vyznačena měřítko.
- d. zakres zjištěných geologických poměrů na stěnách výrubu. Geologickými poměry se rozumí stratigrafické poměry, včetně rozdělení geologického prostředí na geotechnické typy používané v realizační dokumentaci tunelu.
- e. sklon, orientace a popis hlavních diskontinuit (výplň diskontinuit, jejich rozevření, drsnosti povrchu a podobně).
- f. popis hydrogeologických poměrů (lokalizace a vydatnost přítoků podzemní vody),
- g. určení výšky nadloží, případně předpokládané výšky skalního nadloží s uvedením zdroje informací,
- h. zakres předstihového opatření k zajištění stability výrubu (mikropilotové deštníky, jehlování apod.),
- i. popis a zatřídění výrubu dle tunelářské klasifikace a/nebo normy ve vazbě na závěry podrobného geotechnického průzkumu a realizační dokumentaci tunelu,
- j. informace o skutečně použité technologii ražby - způsob rozpojování horniny, délka záběru,
- k. srovnání skutečných a předpokládaných geotechnických podmínek (tzn. zhodnocení odlišností geotechnických podmínek),
- l. prognózu geologických poměrů a to minimálně na délku 2 až 3 záběrů,

m. doporučení pro zařazení horninového masivu do technologické třídy výrubu pro další ražbu na základě prognózy geotechnických poměrů,

n. zakres případných geologicky podmíněných nadvýrubů včetně objemu a předpokládaná příčina jejich vzniku. V případě nároku zhotovitele na uznaný geotechnicky podmíněný nadvýrub musí být provedeno jeho zaměření (např. od ustaveného výztužného rámu primárního ostění) a určen objem nad smluvní hranicí pro geologicky podmíněný nadvýrub.

o. jméno, příjmení a podpis pracovníka, který dokumentaci provedl,

p. jméno a podpis pracovníka, který formulář převzal.

### 10.3.2 Zatřídování hornin a tunelářská klasifikace

Nedílnou součástí monitoringu a geotechnického hodnocení horninového masivu v průběhu rozšiřování a zajišťování výrubu tunelu je zatřídování hornin do horninových geotypů a technologických tříd výrubu. Pro zařazení horninového masivu se používají geotypy definované na základě archivního stavebnětechnického průzkumu (Geotest, 1989) a doplňkového stavebnětechnického průzkumu (Tesia, 2023). Těmto geotypům odpovídají geotechnické parametry zjišťované v rámci jednotlivých fází geotechnického průzkumu. Zařazení do pevnostních tříd, rozpojitelnosti a těžitelnosti se provádí podle ČSN 73 6133 v platném znění.

Pokud se provádí zařazení horninového masivu podle některých z tunelářských klasifikací, je nutné uvést i vstupní informace podle konkrétní metodiky příslušné tunelářské klasifikace, na základě kterých bylo zařazení provedeno. Hodnocení horninového masivu bude případně prováděno pouze podle jedné tunelářské klasifikace, která bude před zpracováním realizační dokumentace GTM odsouhlasena projektantem, zhotovitelem a objednatelem.

### 10.3.3 Četnost provádění

Pasportizace líce výrubu se provádí při každém dílčím záběru v závislosti na rychlosti ražby zhotovitele. Doporučení pro další postup ražení se provádí okamžitě se zohledněním komplexního vyhodnocení výsledků GTM a znalostí o chování horninového masivu získaných při ražbě.

## 10.4 Geodetická měření 3D deformací výrubu (primární ostění)

Dle požadavků vyhlášky ČBÚ 55/1996 Sb., zejména §17 musí být při ražení vyhodnocován vývoj deformací horninového masivu v čase pomocí geotechnického monitoringu stanoveného projektem. Podle §28 slouží výsledky geotechnického monitoringu k zařazení horninového masivu do technologické třídy výrubu, která definuje způsob zajištění stability výrubu a technologický postup výstavby. Pro sledování deformace výrubu, resp. primárního ostění slouží měřické profily sestavené z pětice geodetických bodů osazených na líci primárního ostění na ocelových trnech, které jsou pevně zakotvené do horninového masivu. Umísťování měřických bodů na příhradové rámy primárního ostění není dovoleno. Body jsou polohově určeny souřadnicemi  $[x, y, z]$ .

Jedná se o metodu 3D měření absolutních změn, tj. zaznamenání absolutního posunu bodů vyjádřeného ve vztažném souřadnicovém systému, ze kterého se tento posun přepočítá na tři složky: ve směru podélné osy tunelu a ve směru svislém a vodorovném.

## 10.5 Vzdálenost měřických profilů

Poloha měřických profilů je znázorněna ve výkresové části dokumentace a byla navržena s ohledem na prognózu geotechnických podmínek určených na základě provedených stavebnětechnických průzkumů, a rozdělení ražených úseků tunelu do technologických tříd výrubu.

Kromě těchto měřických profilů je možné operativně osadit další doplňkové profily v případě, kdy lze očekávat nestandardní chování horninového masivu (např. při ražbě zastižené poruchové zóny apod.), nebo k těmto nestandardním projevům již dochází. Stejně tak je možné počty měřických profilů redukovat v případě, že horninový masiv nevykazuje žádné odchylky od předpokladů projektu a jeho chování při ražbě je možné předvídat na základě zkušeností z ražby a předchozích měření a sledování prováděných v rámci GTM. Osazení doplňkových profilů musí být schváleno kompetentními zástupci objednatele, projektanta a zástupce zhotovitele (závodního). Vzdálenosti měřických profilů jsou dále upravovány v souvislosti s umístěním výklenků tak, aby při ražbě nedocházelo k likvidaci měřických bodů v místě výklenků na bocích tunelu. Tato zásada platí i při návrhu doplňujících měřických profilů.

Měřické profily jsou označeny podle následující konvence: MP (měřický profil) a číslo měřického profilu, tj. např. MP5.

Situování měřických profilů pro měření 3D deformací primárního ostění uvádí Tab. 1.

Měřické profily 3D deformace primárního ostění (MP1 – MP5)					Měřický profil č.
TTV	Délka úseku [m]	Od [TM]	Do [TM]	Poloha [TM]	
4-MP	6,0	5,0	11,0	5,0	1
4	9,0	11,0	20,0	12,5	2
3	50,0	20,0	70,0	45,0	3
4	9,0	70,0	79,0	77,5	4
4-MP	6,0	79,0	85,0	85,0	5

Tab. 1 Situování měřických profilů pro měření 3D deformací primárního ostění

### 10.5.1 Okamžik osazení měřického bodu

Měřický bod je osazen vždy v posledním záběru před provedením dalšího záběru v intervalu dle tabulky rozmístění měřických profilů. Bod je osazen tak, aby nebyl při dalším postupu poškozen vlivem ražby. Pro výsledky měření deformací je významná rychlá instalace měřených bodů do měřického profilu a jejich dokonalá fixace. Měřické body musí umožňovat libovolný počet bezchybně opakovatelných měření i při měnící se geometrii výrubu.

### 10.5.2 Nulté měření

Nulté měření je provedeno bezprostředně po osazení měřického profilu, v každém případě však před provedením dalšího záběru. Co nejrychlejší osazení měřického profilu a provedení nultého měření výrazně ovlivňuje věrohodnost výsledků měření pro hodnocení deformačního chování horninového masivu.

### 10.5.3 Pravidla pro četnost měření

Četnost měření je závislá na průběhu deformací v čase, resp. na jejich tendenci k ustálení. Měření následující po nultém měření probíhají ve 24 hodinových cyklech. V případě rychlého nárůstu

deformace je možno tento interval zkrátit. Prodloužení intervalu měření je možno provést v případě, kdy 3 po sobě následující měření vykazují výrazné snížení rychlosti nárůstu deformací (tendence k ustálení deformací). V tomto případě je možné prodloužit interval měření na 3 dny. Prodloužení intervalu měření na 7 dnů je možné, pokud 5 po sobě následujících měření vykazuje výrazné snížení rychlosti nárůstu deformací. O dalším prodloužení intervalu měření je rozhodnuto na základě vyhodnocení vývoje deformace na kontrolním dnu monitoringu za přítomnosti kompetentních zástupců objednatele, projektanta a zhotovitele provádějícího ražení. Obvyklý interval měření při ustálení deformací je 1 měsíc. Měření se provádějí až do okamžiku betonáže sekundárního ostění a jsou podkladem pro porovnání skutečných deformačních projevů horninového masivu s předpoklady projektové dokumentace PDPS, resp. RDS.

#### 10.5.4 Požadovaná přesnost měření

Měření se provádí optickou totální stanicí s přesností měření směru minimálně 0,3 mgon a s přesností měření délky  $\pm 1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$ .

#### 10.5.5 Vyhodnocení výsledků měření

Opakovaným měřením bodů se zjišťují absolutní změny polohy (posuny) měřicích bodů, které se přepočtou na složky vertikální a horizontální. Výsledkem měření bude:

- graf časového vývoje vektoru prostorové změny v rovině daného profilu
- graf vývoje sedání měřicích bodů v čase
- graf vývoje příčného posunu měřicích bodů v čase
- graf vývoje podélného posunu měřicích bodů v čase

Součástí grafů bude informace o vzdálenosti měřického profilu od roviny dané posledním provedeným záběrem. Výsledky je nutné do informačního systému zadat do 1 hodiny po ukončení měření. Pro každý z bodů měřického profilu je v grafickém vyhodnocení možné zobrazit jednak vektor deformace, jednak jednotlivé složky vektoru deformace v čase. Současně je nutno v grafu zaznamenat časový průběh jednotlivých fází ražby vzhledem k měřickému profilu. Tak je možno určit vliv technologického postupu ražby na vývoj deformací a společně s dalšími geotechnickými měřeními a dokumentací výrubu v každém záběru provést správnou interpretaci výsledků.

Všechny výsledky měření deformací primárního ostění musí být vyhodnoceny ihned (v tomtéž dni, kdy byla měření provedena), nejpozději však do 24 hodin. Jestliže jsou při měření zjištěny okolnosti vyžadující rychlou změnu technologické třídy výrubu nebo úpravu prvků zajištění stability výrubu v rámci technologické třídy výrubu, musí opatření proběhnout co nejdříve. Kromě sledování absolutní hodnoty deformace je nutno velmi pečlivě sledovat a vyhodnocovat časový průběh deformace, zejména rychlost přírůstků.

V případě poškození bodu je nutno v co nejkratší době osadit a zafixovat náhradní bod a provést nulté měření. Informace o nultém měření jsou uvedeny přímo na formuláři grafického znázornění průběhu deformací.

## 10.6 Laserové skenování líce primárního ostění

Před instalací hydroizolační fólie bude zaměřen povrch primárního ostění pomocí laserového skenování s využitím mračna bodů. Cílem skenování je zjistit skutečnou polohu líce primárního ostění a provést porovnání s předpokládaným teoretickým tvarem.

Cílem měření je:

1. Zjistit, zda primární ostění nezasahuje do prostoru určeného pro sekundární ostění, resp. hydroizolační souvrství. V případě, že tomu tak je, stanovit na primárním ostění oblasti, ve kterých je nutno provést jeho profilaci v případě úseků tunelu s vyztuženým sekundárním ostěním, kde zásah do profilu sekundárního ostění není možný;
2. Zjistit, zda celkové nadvýšení primárního ostění neumožňuje použití větší tloušťky sekundárního ostění a tím dosažení úspory výztuže ve vyztužených úsecích tunelu.
3. Poskytnout podklad pro stanovení skutečné tloušťky sekundárního ostění.
4. Posoudit přípustné odchylky od teoretické tloušťky sekundárního ostění.

### 10.6.1 Přesnost měření

Získané mračno bodů bude přímo v terénu georeferencováno s připojením metodou zpětného promítání s orientací na pevné body před portály. Mračno bodů bude pro použití připraveno tak, aby z něj byly odstraněny případné předměty nacházející se na povrchu primárního ostění. V případě „naředění“ mračna bodů bude minimální vzdálenost mezi body 10 mm.

Měření umožní stanovit odchylku projektovaného a skutečného tvaru primárního ostění s přesností minimálně  $\pm 10$  mm.

### 10.6.2 Vyhodnocení výsledků měření

V rámci vyhodnocení měření bude vytvořen 3D model teoretického a skutečného povrchu primárního a sekundárního ostění, který umožní sledovat v libovolném staničení tunelu geometrický vztah mezi skutečným lícem primárního ostění a teoretickým rubem a lícem sekundárního ostění. Výstupem měření budou mapy odchylek, příčné řezy a tabulky kubatur betonu k broušení či dostřikání. Plochy určené k broušení či dostřikání budou definovány lomovými body v absolutních souřadnicích pro snadné vytyčení v tunelu. Zároveň bude možné určit skutečný objem monolitického betonu sekundárního ostění na blok betonáže.

## 10.7 Měření 3D deformací sekundárního ostění

Pro měření deformačních projevů ostění tunelu od provedení bloku betonáže po uvedení tunelu do provozu slouží měřické profily sestavené z pětice geodetických bodů osazených na líci ostění uvnitř tunelu vždy uprostřed standardního bloku betonáže. Jednotlivé body jsou polohově určeny souřadnicemi  $[x, y, z]$ . Z bodů v podélné ose tunelu bude společně s měřeními prováděnými v hloubených úsecích tunelu vynášen vývoj podélné deformační vlny, resp. případné nerovnoměrné sedání sledovaných bloků betonáže.



Body v příčných řezech budou sloužit k ověření předpokladů deformačního chování a z něj odvozeného namáhání konstrukce tunelu podle realizační dokumentace. Pro určení vektoru deformace sledovaných bodů na ostění se bude používat přesná trigonometrická metoda. Při všech měřeních je nutno vycházet z fixních bodů, které leží vně možné ovlivněné oblasti. Poloha těchto výchozích bodů se bude muset v určitých intervalech měření přezkoušet, aby nedocházelo ke zkreslení přesnosti měření. Již v průběhu měření bude kontrolována jeho kvalita, například několikanásobným zacílením jednoho dostatečně vzdáleného bodu v průběhu měření na jednom stanovišti a porovnáním takto získaných úhlů, které se mohou statisticky lišit pouze v rámci možné dosažitelné přesnosti.

#### **10.7.1 Měřický profil**

Každý měřický profil je osazen 5 body, přičemž jeden je osazen ve vrcholu klenby v ose tunelu a dva na každém boku tunelu (viz výkresová dokumentace). Tento systém umožňuje identifikovat případné nesymetrické chování konstrukce vlivem zatížení horninovým tlakem.

Pro měření 3D deformací sekundárního ostění je zachována konvekce značení z měření 3D deformací primárního ostění z důvodu shodného rozložení měřických profilů podél tunelu.

#### **10.7.2 Nulté měření**

Měřický profil se osazuje ihned po obnažení líce sekundárního ostění, tj. v případě použití ošetřovacího „klíma“ vozu délky dvou bloků betonáže ve třetím bloku betonáže od právě odbedněného bloku. Nulté měření se provede okamžitě po osazení měřického profilu. Vzhledem k tomu, že deformaci ostění může způsobit i teplotní namáhání, je nutné měření doplnit o informaci o teplotě vzduchu v době měření.

#### **10.7.3 Četnost měření**

Měření bude prováděno s následující četností:

- po osazení měřického profilu a provedení nultého měření budou provedena 4 měření s četností 1 týden;
- následují 4 měření s četností dva týdny;
- další měření se provádí s četností 1 měsíc. V případě, že přírůstek deformace nepřekročí rychlost 2 mm/měsíc s trendem k nárůstu deformace, bude měření ukončeno. O ukončení měření bude rozhodnuto na kontrolním dni monitoringu za účasti projektanta PDPS, RDS, zástupce objednatele a zhotovitele.

Měřické profily budou po dokončení stavby zachované pro měření prováděná v rámci monitoringu tunelu po uvedení do provozu.



#### 10.7.4 Poloha měřických bodů

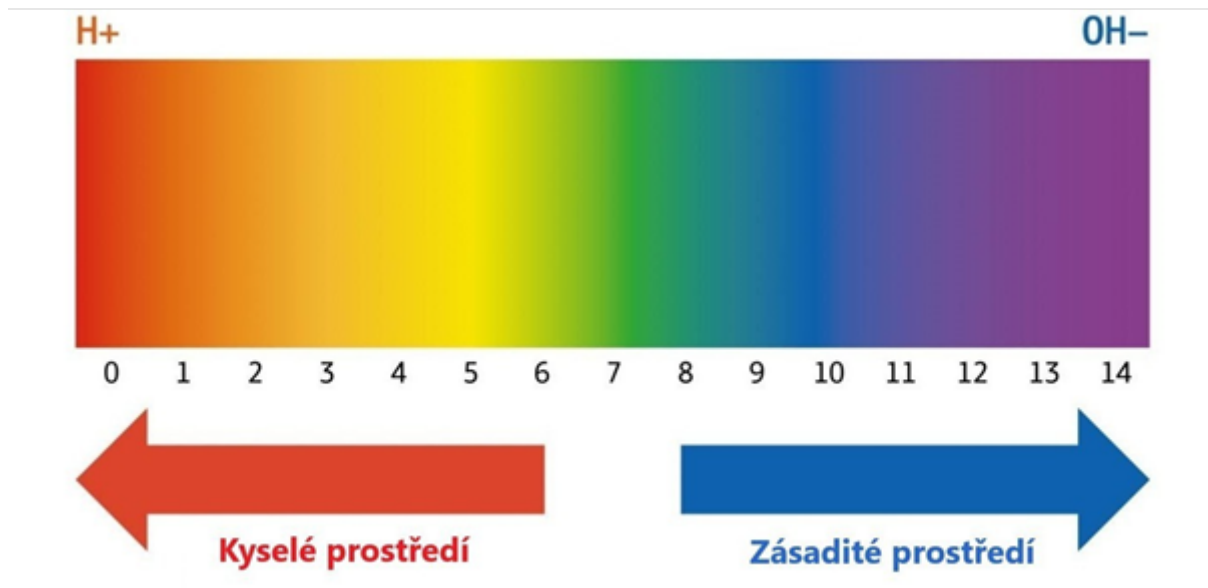
Poloha měřických profilů pro měření 3D deformací sekundárního ostění je shodná s rozdělením měřických profilů pro měření 3D deformací primárního ostění (Tab. 2).

Měřické profily 3D deformace primárního ostění (MP1 – MP5)				Měřický profil č.
Blok betonáže č.	Od [TM]	Do [TM]	Poloha [TM]	
9	0,0	10,0	5,0	1
8	10,0	20,0	12,5	2
5	40,0	50,0	45,0	3
2	70,0	80,0	77,5	4
1	80,0	90,0	85,0	5

Tab. 2 Poloha měřických profilů 3D deformací sekundárního ostění

#### 10.8 Měření pH a neutralizace vody

Při styku vody s betonovými konstrukcemi a zejména pak vody prosakující zásaditým stříkaným betonem primárního ostění hloubených i ražených úseků tunelu dochází k nárůstu pH nad povolenou hodnotu. Hodnota pH (angl. potential of hydrogen, lat. pondus hydrogenia, tj. „potenciál vodíku“), je číslo, kterým se v chemii vyjadřuje, zda vodný roztok reaguje kyselé či naopak zásaditě (alkalicky). Jedná se o logaritmickou stupnici s rozsahem hodnot od 0 do 14, přičemž neutrální hodnota vody má pH při standardních podmínkách rovno 7. U kyselin je pH menší než sedm; naopak zásady mají  $\text{pH} > 7$  (viz Obr. 1).



Obr. 1 Škála hodnoty pH

Proto bude na portále tunelu situována neutralizační jednotka, která bude na principu neutralizace pomocí  $\text{CO}_2$  upravovat pH vody vytékající z prostoru staveniště, resp. po dokončení drenážního systému obou tunelových trub z tunelových drenáží. Měření pH může podle typu neutralizační jednotky probíhat kontinuálně. Limitní hodnotou pro spuštění neutralizace je hodnota pH 8,5. Kontrola stavu neutralizační jednotky a hodnoty pH vody bude prováděna denně. Sledované hodnoty tlak plynu, jeho

objem v % a hodnota pH vody budou zaznamenávány zhotovitelem stavby do provozního deníku neutralizačního zařízení.

K měření hodnot pH, konduktivity a rozpuštěných látek bude použit voděodolný tester. Přístroj bude vybaven teplotní sondou pro tepelnou kompenzaci měření.

#### **10.8.1 Přesnost měření**

Přesnost měření hodnoty pH bude  $\pm 0.05$  pH (při 20 °C). Přesnost měření teploty bude minimálně  $\pm 0,5$  °C.

#### **10.8.2 Četnost měření**

Měření bude prováděno denně na výstupu ze sedimentačních jímek před a za úpravnou pH, aby bylo možné zjistit pH vody vytékající z tunelu a snížení pH po úpravě v neutralizační jednotce.

#### **10.8.3 Výstup měření**

Výstupem měření bude tabulkový protokol s uvedením data a výsledků obou měření, který bude předáván vždy na konci kalendářního měsíce. Tabulka bude doplněna časovým grafem. Měření bude probíhat po celou dobu výstavby, nebo do snížení hodnoty pH na přijatelnou mez, kdy bude možné podzemní vodu vypouštět bez úpravy. Pokud by ke snížení hodnoty pH nedošlo do předání stavby objednateli, přebírá případnou úpravu pH objednatel, k čemuž je v projektové dokumentaci připravena na drenážním systému šachta pro úpravu vody i plocha pro instalaci neutralizační jednotky.

### **10.9 Měření množství vody odtékající ze stavby tunelu**

Měření celkového množství vody odtékající ze stavby bude měřeno na výpustním objektu v rámci zařízení staveniště. Bude se jednat jak o podzemní vodu, tak o vodu technologickou, používanou pro výstavbu tunelu a souvisejících souvisejících objektů řady D.2. V případě čerpání vody bude měřeno množství vody odečtem vodoměrů instalovaných na vodním řadu zhotovitele stavby. V případě gravitačního odtoku bude měřen průtok na výpustním objektu.

#### **10.9.1 Četnost měření**

Měření množství vody čerpané z tunelů bude pro standardní průtok prováděno 1x denně.

#### **10.9.2 Výstup měření**

Výsledkem měření množství vody čerpané z prostoru stavby tunelu bude časový graf, a to jak pro denní objemy, tak pro celkové množství čerpané vody.

## **11 VAROVNÉ STAVY**

Varovný stav v chování sledovaného systému je definován jako taková kvalitativní změna v jeho chování, která znamená zásadní změnu v úrovni podstupovaného rizika. Dosažení určitého varovného stavu je podnětem pro přijetí v realizační dokumentaci stavby předem připravených technických a organizačních opatření. Tato opatření jsou nástrojem pro udržení chování sledovaného systému v přijatelných mezích a pro odvrácení důsledků vzniku nežádoucích jevů během výstavby.

Tato opatření spočívají v:

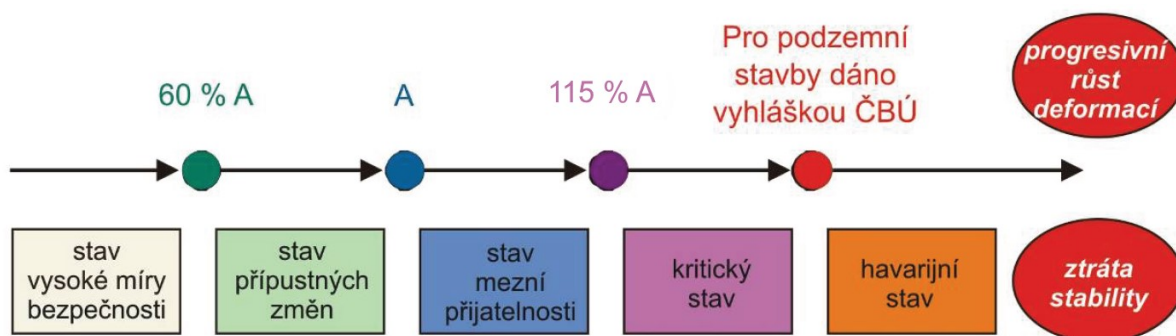
- úpravě provádění vlastního geotechnického monitoringu, a to:
  - ✓ organizačně – zrychlení informačního toku výsledků sledování, měření apod.,
  - ✓ technicky – zvýšení/snížení frekvence měření, rozšíření monitoringu o měřické body nebo použití nových metod monitoringu atd.),
- úpravě realizační dokumentace stavby,
- úpravě technologického postupu ražeb, tj. úpravě technologických tříd výrubu (způsobu zajištění stability výrubu) a jejich vazby na konkrétní klasifikaci a zatřídění horninového masivu,
- přijetí zvýšených bezpečnostních opatření, příprava a organizační zajištění technických opatření atp.

V průběhu výstavby mohou být hodnoty kritérií varovných stavů zpřesňovány na základě skutečného chování horninového masivu a stavebních konstrukcí. Toto zpřesňování musí být projednáno v rámci kontrolního dne monitoringu nebo operativně svolaného jednání a musí být odsouhlaseno projektantem RDS (v případě činnosti prováděné hornickým způsobem báňským projektantem).

V souladu s požadavky vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 jsou pro potřeby návrhu technického řešení rekonstrukce Dolnolučanského tunelu použity následující úrovně varovného stavu:

- (1) Stav vysoké míry bezpečnosti (do 60 % hodnoty „A“)
- (2) Stav přípustných změn** (do 100 % hodnoty „A“)
- (3) Stav mezní přijatelnosti (do 115 % hodnoty „A“)
- (4) Kritický stav (nad 115 % hodnoty „A“ a v závislosti na časovém vývoji deformace)
- (5) Havarijní stav

Hraniční hodnoty varovných stavů vycházejí z hodnoty „A“ definované projektovou dokumentací PDPS. Při vyhodnocování varovných stavů je primárně důležité posoudit časový vývoj sledované veličiny v čase, zohlednit časový interval od provedení záběru do okamžiku vyhodnocení a porovnat skutečně zastižené geotechnické podmínky v místě měřického profilu s podmínkami v již vyraženém úseku podzemního díla.



Obr. 2 Posloupnost varovných stavů podle vyhlášky ČBÚ č. 55/1996

## 11.1 Deformace skalních svahů hloubených úseků

Svahy hloubených úseků jsou petrograficky homogenní, tvořeny horninou vyznačující se vysokým stupněm zvětrání a blokovitou odlučností. Vzhledem ke geotechnickým vlastnostem skalních stěn hloubených úseků a stávajícího zajištění ve formě kotev SN v kombinaci s vysokopevnostními sítěmi, je určení varovného stavu pro deformace problematické. Pro hodnocení stability svahů je rozhodující sledování změn vektoru deformace v čase vlivem pohybu rozvolněných bloků horniny. Pro vektor deformace, s uvážením chyby měření, je stanovena hodnota varovného stavu **A = 5 mm**.

Pro komplexní vyhodnocení a vypracování geotechnické pasportizace svahů hloubených úseků je dále nutné hledat příčiny případných anomálií a jejich význam z hlediska časového vývoje deformace. V případě potřeby budou při realizaci GTM na spárách mezi bloky horniny instalovány sádrové pásy.

## 11.2 Deformace primárního ostění

Předpokládané hodnoty deformací primárního ostění jsou stanoveny na základě statického posouzení v kombinaci s komplexním vyhodnocením archivního stavebnětechnického průzkumu (Geotest, 1989) a doplňkového stavebnětechnického průzkumu (Tesia, 2023).

Na základě provedené analýzy lze předpokládat, že odstraňování původní obezdívky, rozšiřování a zajišťování výrubu v rámci rekonstrukce Dolnolučanského tunelu nepovede k významnému rozvoji deformací. Dobírání ochranné vrstvy horniny v počvě tunelu se na celkových deformacích prakticky neprojeví, nebo pouze v geotechnicky bezvýznamných hodnotách.

Technologická třída výrubu	Přípustná délka záběru [m]		Hodnota "A" [mm]	Stav vysoké míry bezpečnosti		Stav přípustných změn		Stav mezní přijatelnosti		Kritický stav
	Od	Do		Od	Do	Od	Do	Od	Do	
TTV 3	1,8	2,3	10	0	5	5	10	10	15	15
TTV 4	1,3	1,8	10	0	5	5	10	10	15	15
TTV 4-MP	X	1,0	10	0	5	5	10	10	15	15

Tab. 3 Hodnoty varovných stavů pro technologické třídy výrubu NRTM

V souladu s požadavky vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb. je při hodnocení naměřených deformací primárního ostění a tím i výrubu podzemního díla nutné sledovat nejen absolutní hodnotu naměřené deformace, ale zejména její vývoj v čase a trend k ustálení nebo naopak nepříznivý vývoj, který by mohl směřovat k mimořádné události. Při vyhodnocování deformací výrubu je nutné dbát zvýšené pozornosti při asymetrickém vývoji deformace ostění, které může být způsobené asymetrickým zatížením horninovým tlakem. Hodnocení naměřených výsledků musí být provedeno komplexně, tj. v kontextu skutečně zastižených geotechnických podmínek, které jsou dokumentované při pasportizaci obnaženého líce výrubu.

### 11.2.1 Stav vysoké míry bezpečnosti

Stav vysoké míry bezpečnosti znamená, že ražba je velmi konzervativní a je možné přijmout opatření k úsporám v projektu a postup výstavby zrychlit. Měřené hodnoty deformací výrubu jsou ustálené a jsou podstatně nižší než hodnota "A" předpokládaná pro danou fázi výstavby. Časový vývoj sledované veličiny bezpečně konverguje k hodnotě meze vysoké míry bezpečnosti (tj. 60 % hodnoty

„A“) nebo pod tuto mez. Podstupovaná rizika jsou zanedbatelná. Geologické poměry jsou jednoznačně lepší než očekávané. Při stavu vysoké míry bezpečnosti je cílem navrhovaných opatření snížení nákladů, zvýšení rychlosti výstavby a optimalizace úsporných opatření při výstavbě při zachování požadavků na zajištění bezpečnosti ražby a technických kvalitativních podmínek pro provádění díla.

Přijímaná opatření:

1. Postup měření a sledování probíhá podle principů uvedených realizační dokumentaci geotechnického monitoringu, případně je možné zvětšit vzdálenost měřických profilů nebo upravit četnost měření.
2. Při výstavbě jsou přijata opatření vedoucí k úspoře nákladů a zvýšení rychlosti ražby:
  - a) zvětšení délky záběru v technologickou třídu výrubu definovaném intervalu;
  - b) reklasifikace horninového masivu do nižší technologické třídy výrubu;
  - c) modifikace jednotlivých prvků zajištění stability výrubu v rámci stávající technologické třídy výrubu;
  - d) snížení nadvýšení profilu výrubu
3. Zároveň je nutno zajistit ověření důsledků přijetí příslušných opatření na chování sledovaného systému ostění-hornina.

#### **11.2.2 Stav přípustných změn**

Hodnoty sledované veličiny se rychle ustalují v očekávaných hodnotách a bezpečně konvergují k hodnotě "A" sledované veličiny předpokládané pro danou fázi výstavby. Geotechnické podmínky odpovídají prognóze a předpokladům technického návrhu projektové dokumentace, podle které se stavba realizuje. Výstavba probíhá podle této dokumentace bez dalších změn a opatření. Podstupovaná rizika jsou bezpečně přijatelná. Cílem geotechnického monitoringu je v tomto případě ověřování prognózy geotechnických podmínek a předpokladů projektové dokumentace stavby. Geotechnický monitoring probíhá bez dalších změn podle schválené realizační dokumentace.

#### **11.2.3 Stav mezní přijatelnosti**

Stav mezní přijatelnosti je stav na hranici, nebo mírně za hranicí projektantem očekávaných hodnot sledovaných veličin. Není ohrožena stabilita výrubu ani objekty v nadloží tunelu. Sledované veličiny, i když v daném okamžiku ještě nejsou zcela ustálené, spějí zřetelně k ustálenému stavu, aniž by výrazně překročily hodnotu definovanou jako kritérium stavu mezní přijatelnosti. Ta je projektem stanovena jako 115 % projektem předpokládané hodnoty „A“ (viz Tab. 34). Podstupovaná rizika jsou již téměř na hranici přijatelnosti, ale nepřekračují ji. Na primárním ostění se mohou v kritických (nejvíce namáhaných) průřezích objevovat statické trhliny. Jejich vznik, pokud není doprovázen výrazným zrychlením nárůstu deformace signalizuje přerozdělení napětí v primárním ostění, vznik plastických kloubů a snížení hodnoty ohybových momentů. Trhliny je nutné sledovat např. pomocí sádrových pásků a v případě nepříznivého vývoje v daném profilu případně osadit nový měřický profil.

Základní charakteristika přijímaných opatření:

1. Na úrovni geotechnického monitoringu: zvýšení četnosti měření, případně provedení dalších analytických vyhodnocení vybraných již naměřených dat atp. Zvyšují se nároky na rychlost zpracování a předávání zpracovaných dat.

2. Na úrovni RDS: Provádí se analýzy směřující k porovnání skutečně zastižených geotechnických podmínek a prognózy předpokládaných geotechnických podmínek podle realizační dokumentace. Na základě výsledků porovnání může dojít k úpravě pro projekt zvolených geotechnických modelů a geotechnických parametrů pro statické a stabilitní výpočty. Analyzují se případné geotechnické odlišnosti a jejich vliv na návrh technologického postupu ražby a zajištění stability výrubu. V případě potřeby se navrhuje doplňkový geotechnický průzkum či šetření.

3. Podle okolností může být zaveden pohotovostní režim. Dle uvážení se do systému měření a sledování zapojují nové druhy měření, které mohou přispět k identifikaci příčin vzniklé situace.

4. Na úrovni technologického postupu ražby: vychází se z rozsahu opatření připravených v RDS. Je nutno v menším rozsahu počítat i s vícepracemi. Přijímají se taková doplňující technická opatření, aby se chování sledovaného systému vrátilo minimálně do stavu přípustných změn.

Cílem geotechnického monitoringu je získání dostatečného množství relevantních informací o chování horninového masivu a prvků zajištění stability výrubu pro návrh opatření k zabránění dosažení kritického stavu.

#### 11.2.4 Kritický stav

Aktuální stav sledovaného systému již odpovídá jednoznačně nepřijatelné úrovni rizik. Geologické poměry jsou obvykle výrazně horší, než v daném místě výstavby předpokládal projekt. Vývoj chování sledovaného systému by bez přijetí mimořádných opatření v technologii výstavby, případně úpravy RDS stavby, představoval vysoké nebezpečí vzniku nežádoucích jevů a v krajním případě by mohl vést ke vzniku mimořádné události ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Pro kritický stav je charakteristické, že hodnoty sledovaných veličin:

- výrazně překračují hodnotu "A" sledované veličiny předpokládané pro danou fázi výstavby,
- nárůst deformace v čase nejeví sklon k ustálení a růst pokračuje stále stejnou, byť malou rychlostí, a to i v okamžiku, kdy již v důsledku postupů ražeb nedochází k změně zatížení ostění v sledovaném profilu.

Pro posouzení vzniku kritického stavu je proto nezbytné posoudit oba tyto parametry, přičemž setrvalý nárůst deformace bez zvyšování zatížení systému ostění-hornina je pro vyhlášení kritického stavu zpravidla dostatečným důvodem.

Základní charakteristika přijímaných opatření:

1. V provádění monitoringu: zvýšení četnosti měření, případně zařazení nových druhů měření, které si vyžaduje situace. Podle okolností lze zavést i měření, která realizační dokumentace monitoringu původně nepředpokládala. Četnost měření se upravuje podle potřeby, zpravidla je nejméně denní. Výsledky monitoringu je třeba hodnotit a zprostředkovat kompetentním účastníkům výstavby okamžitě. Doplňují se znalosti o geologickém prostředí v sledovaném místě.

2. V provádění ražeb: změny v technologickém postupu výstavby, úpravy realizační dokumentace ražeb. V rámci technologického postupu ražby tunelu může být přistoupeno i k opatřením, která nebyla pro daný úsek tunelu v RDS uvažována.

3. Analyzují se komplexně možné příčiny tohoto stavu a po jejich definici se co nejrychleji přistupuje k úpravě realizační dokumentace stavby a předpokladů pro návrh (úpravy) způsobu zajištění stability výrubu (geotechnický model, geotechnické parametry).

Cílem přijímaných opatření je co nejrychleji zpomalit a poté zcela zastavit trvalý nárůst deformací a obnovit v horninovém masivu rovnovážný stav.

#### **11.2.5 Havarijní stav**

Havarijní stav je stavem, kdy sledované veličiny začaly progresivně růst, případně již došlo k mimořádné situaci dle vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Pro havarijní stav je charakteristické, že:

- velikosti sledovaných hodnot vykazují zřetelné zrychlování bez tendence k ustálení
- hodnoty sledované veličiny výrazným způsobem překročily hodnotu "A" varovného stavu předpokládané pro danou fázi výstavby.

Při hodnocení havarijního stavu je podstatné, že systému ostění-hornina bezprostředně hrozí náhlá ztráta celkové stability. Podstupovaná rizika dosáhla zcela nepřípustných úrovní, nebo již došlo v plném rozsahu k realizaci nežádoucí mimořádné události.

Za havarijní stav je také považována situace bezprostředně po ztrátě stability sledovaného systému, kolapsu a vyhlášení mimořádného stavu ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Za tohoto stavu se proto postupuje podle schváleného havarijního plánu zhotovitele stavby. Veškeré kompetence, týkající se opatření na stavbě a při měření, přebírá při havarijním stavu zhotovitel stavby a jím určený vedoucí likvidace havárie. Monitoring probíhá tak, aby bylo zajištěno dostatečné množství informací k řešení důsledků vzniku mimořádné situace a pro objasnění fyzikálních příčin, které vznik mimořádné situace způsobily. Monitorují se účinky přijímaných opatření. Klade se maximální důraz na získání potřebných informací pro zajištění bezpečnosti probíhajících prací. Cílem přijímaných opatření v rámci monitoringu je především ochrana životů a zdraví ohrožených pracovníků, odvrácení vzniku mimořádné události či jejích dalších důsledků, minimalizace potenciálních či dalších škod na hmotném majetku, které by při ztrátě stability systému ostění – hornina nastaly.



### 11.3 Deformace sekundárního ostění

Hodnota „A“ varovného stavu pro měření deformace sekundárního ostění je 20 mm. Pro varovné stavy jsou určeny hodnoty podle Tab. 4. Od intervalu stavu mezní přijatelnosti se doporučuje sledovat vznik případných statických (subhorizontálních) trhlin v ostění.

Hodnota "A" [mm]	Stav vysoké míry bezpečnosti		Stav přípustných změn		Stav mezní přijatelnosti		Kritický stav
	Od	Do	Od	Do	Od	Do	
20	0	10	10	20	20	25	25

Tab. 4 Varovné stavy pro deformace sekundárního ostění

## 12 NADVÝRUBY A JEJICH DOKUMENTACE

Technologický postup rozšiřování a zajišťování výrubu je koncipován ve smyslu NRTM, s prognózou předpokládaných geotechnických podmínek podle informací získaných ze stavebnětechnických průzkumů z roku 1989 a 2023. V návaznosti na stanovené geotechnické podmínky je navržen technologický postup prací a způsob zajištění stability výrubu v technologických třídách výrubu. Nosnou funkci zajišťuje systém ostění-hornina (nosný horninový prstenec v okolí výrubu). Pro zachování maximální samonosnosti nosného prstence je třeba volit šetrný způsob ražby a minimalizovat nadvýruby, které snižují nosnou funkci horninového prstence. Obecně lze nadvýruby rozdělit do tří kategorií:

- technologicky podmíněný nadvýrub
- geologicky podmíněný nadvýrub
- nadvýrub způsobený technologickou nekázní zhotovitele

Každý z typů nadvýrubu je nutné během ražby dokumentovat v protokolech pasportizace a uvést jeho kategorii. Výplň nadvýrubů je možno provést za dodržení pravidel pro výplň nadvýrubů buď stříkaným betonem primárního ostění, nebo monolitickým betonem sekundárního ostění.

### 12.1 Technologicky podmíněný nadvýrub

Nadvýrub není závislý na zastižených geotechnických podmínkách, souvisí s navrženým postupem výstavby, způsobem zajištění stability výrubu, použitou mechanizací, způsobem rozpojování horninového masivu apod.

### 12.2 Geologicky podmíněný nadvýrub

Nadvýrub, ke kterému dochází z důvodu geotechnických podmínek při ražení v dané technologické třídě výrubu. Na vznik geologicky podmíněného nadvýrubu je nutné reagovat vyhodnocením vzniklé situace, prognózou dalšího vývoje a případným opatřením k jeho omezení v dalších záběrech při ražbě. Pro omezení geologicky podmíněného nadvýrubu jsou např. ve všech technologických třídách výrubu navrženy jehly pro stabilizaci líce výrubu.



## 12.3 Nadvýrub způsobený technologickou nekázní zhotovitele

V případě nadvýrubů způsobených technologickou nekázní jde především o nerespektování skutečně zastižených geotechnických podmínek a použití chybných nebo žádných opatření k omezení nadvýrubů (jehlování obvodu kaloty, kotvení čelby, zkrácení délky záběru, použití čelbového klínu apod.), použití nevhodného vrtného schéma a způsob provádění vrtacích i trhacích prací v souvislosti se strukturní skladbou horninového masivu, pozdní provádění stabilizačních opatření (nástřik primárního ostění, kotvení) apod. i přes zkušenosti získané z předchozí ražby. O technologickou nekázeň se nejedná v případě tvorby nadvýrubu způsobeného náhlou změnou geotechnických podmínek.

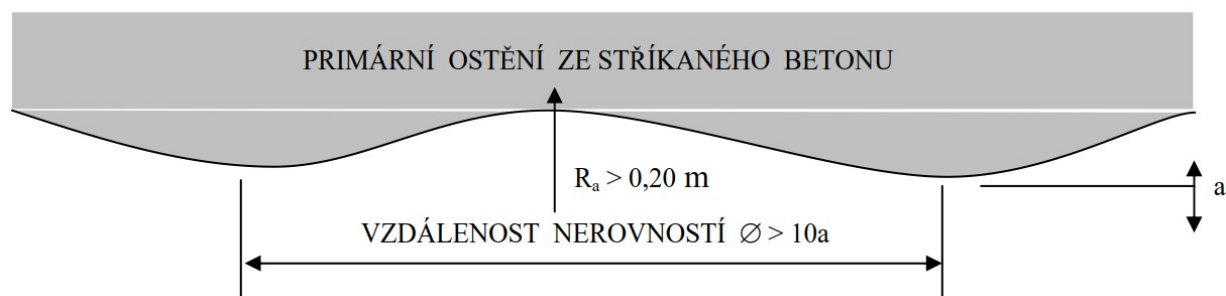
## 13 ODCHYLKY OD TEORETICKÉ TLOUŠŤKY SEKUNDÁRNÍHO OSTĚNÍ

### 13.1 Přípustné zvětšení tloušťky sekundárního ostění

Při výplni nadvýrubů se před stříkaným betonem (zdlouhavý nástřik, spad) preferuje použití monolitického betonu sekundárního ostění. Volba výplně závisí na velikosti vyplňovaného prostoru a přípustného tvaru výrubu. Přípustná odchylka od projektované tloušťky sekundárního ostění je max. 150 mm (pokud realizační dokumentace tuto odchylku nesníží).

V případě, že by k nadvýrubu došlo v rámci celého bloku betonáže, může projektant RDS zvětšit odpovídajícím způsobem tloušťku sekundárního ostění a umožnit tak výplň nadvýrubů nad tuto tloušťku opět monolitickým betonem sekundárního ostění. Velikost přípustné odchylky od nově předepsané tloušťky sekundárního ostění max. 150 mm se však nemění.

Druhým současně platným kritériem je požadavek na zachování křivosti povrchu primárního ostění daný podmínkami pro instalaci hydroizolační fólie. Toto kritérium zajišťuje plynulý nárůst tloušťky ostění při výplni nadvýrubů monolitickým betonem sekundárního ostění bez prudkých změn, které by mohly být příčinou vzniku trhlin. Kontrola velikosti nadvýrubů je prováděna v rámci GTM při pasportizaci čelby a finálně laserovým skenováním líce primárního ostění před betonáží sekundárního ostění. Případné nerovnosti ostění musí být vyrovnány tak, aby splňovaly následující požadavky na rovinatost (Obr. 3):



Obr. 3 Požadavky na rovinatost podkladní plochy pro hydroizolační fólie (TKP 20)

Kde:

a	příčná nerovnost
$\varnothing \geq 10 \cdot a$	vzdálenost nerovností
$R_a \geq 0,20 \text{ m}$	poloměr zakřivení nerovnosti

## 13.2 Lokální zmenšení tloušťky sekundárního ostění

Při provádění primárního ostění může dojít vlivem nedodržení stavebních tolerancí, přestřikání hlav IBO/SN kotev nebo větších než očekávaných deformací výrubu k situaci, kdy líc primárního zasahuje do prostoru určeného pro dodržení teoretické tloušťky sekundárního ostění. V rámci GTM bude před instalací hydroizolační fólie naskenován povrch primárního ostění, což umožní kontrolu jeho polohy vůči rubu sekundárního ostění. V případě, že primární ostění zasahuje do prostoru pro zajištění teoretické tloušťky sekundárního ostění, musí dojít k přeprofilování primárního ostění tak, aby byly požadavky na dimenze ostění zachovány.

**Jakékoli oslabení teoretické tloušťky ostění je nepřípustné.**

## 13.3 Nadvýšení líce ostění a stavební tolerance

V souladu se zněním čl. 3.37 (ČSN 737508) je využit prostor pojistného prostoru tunelu situovaného po obvodu ostění o šířce 300 mm (viz č. 6.3.4.3.3 ČSN 737508) na trvalé přetvoření tunelu a odchylky při výstavbě. Z tohoto důvodu není líc ostění oproti teoretickému líci nadvýšen.

## 14 ORGANIZACE A POŽADAVKY NA VYHODNOCOVÁNÍ GTM

Organizace a vyhodnocování výsledků geotechnického monitoringu bude prováděna v souladu s požadavky vyhlášky ČBÚ č. 55/1996. Data získána v rámci GTM budou po dokončení díla předána objednateli v otevřeném formátu tak, aby bylo možné s nimi aktivně pracovat i v období po uvedení tunelu do provozu.

## 15 ŘEŠENÍ NEOČEKÁVANÝCH SITUACÍ BĚHEM RAŽBY

Technologické třídy výrubu a jimi navržený postup výstavby a způsob zajištění stability výrubu vychází z předpokladů o očekávaném chování horninového masivu na ražbu tunelu. Geotechnický průzkum nemusí odhalit případné anomálie, které je možné při ražbě tunelu zastihnout. Proto norma ČSN EN 1997-1 (EC7) a vyhláška ČBÚ č. 55/1996 Sb. ve znění pozdějších předpisů vyžadují provedení rizikové analýzy, vytipování možného neočekávaného chování horninového masivu a návrh opatření k eliminaci negativních vlivů a rizik spojených s těmito projevy, které jsou zpravidla signalizovány dosažením nebo překročením hodnot varovných stavů.

### 15.1 Nestabilita obnaženého líce výrubu

Příčinou nestability líce výrubu je zpravidla ražba v nesoudržných materiálech nebo strukturní stavba horninového masivu s nepříznivým sklonem diskontinuit vůči líci výrubu (tvorba nestabilních horninových klínů).

Následkem nestabilního líce výrubu je zvětšování plochy výrubu, vypadávání velkých bloků horniny s negativními dopady do bezpečnosti práce a tvorby nadvýrubů a jejich šíření.

K opatřením snižujícím riziko nestability líce výrubu patří:

1. Zkrácení délky záběru.
2. Jehlování obvodu kaloty.

3. Předstihová opatření vedoucí ke zlepšení geotechnických parametrů horninového masivu (injektování, tryskové injektáže, zmrazování apod.).
4. Rychlá stabilizace líce výrubu stříkaným betonem. Zajištění výrubu primárním ostěním.
5. Kotvení nestabilních bloků horniny podle výsledků strukturní analýzy horninového masivu.

## 15.2 Nadměrné deformace ostění, nepříznivý vývoj deformací v čase

Příčinou nadměrných deformací výrubu je nedostatečná samonosnost horninového masivu, resp. nedostatečné vyztužení nosného horninového prstence v okolí výrubu a vysoký horninový tlak.

Následkem nepříznivého vývoje deformací ostění může být jeho přetížení s následným porušením integrity nosného horninového prstence, rozvolňováním horninového masivu a dalším snižováním jeho samonosnosti. To vede k nepříznivému vývoji deformace ostění bez tendence k ustálení (s možností kolapsu), zasahování primárního ostění do prostoru sekundárního ostění a nutnosti reprofilace profilu tunelu.

K opatřením snižujícím riziko nadměrných deformací výrubu patří:

1. Úprava systémového radiálního kotvení (použití delších kotev zasahujících mimo ovlivněnou oblast.
2. Zvýšení tuhosti ostění nastříkáním další vrstvy betonu (vyztuženého sítí pro omezení vzniku trhlin v nejvíce namáhaných místech).

## 15.3 Sedání kaloty jako celku

Příčinou sedání kaloty jako celku je nedostatečná tuhost horninového masivu v jádře tunelu, nebo příliš vysoká tuhost primárního ostění kaloty, které se v reakci na zatížení horninovým tlakem zabořuje do horninového masivu.

Následkem sedání kaloty jako celku může být nutnost profilace primárního ostění, neustálení nárůstu deformací ostění a dosažení varovného stavu přípustné deformace bez vyčerpání únosnosti primárního ostění.

K opatřením snižujícím riziko sedání kaloty jako celku patří:

1. Úprava systémového radiálního kotvení zejména na bocích kaloty (zvětšení délky a počtu kotev, použití plnostěnných SN kotev s větší plochou průřezu).
2. Podchycení paty kaloty v závislosti na kvalitě horninového masivu v jádře pomocí IBO kotev, nebo pomocí mikropilot,
3. Zlepšení pevnostních charakteristik horninového masivu v oblasti paty primárního ostění sloupy tryskové injektáže, zmrazováním apod.
4. Rozšířením paty kaloty (případně v kombinaci s podchycením)
5. Aplikací dočasné protiklenby v kalotě s návrhem doprovodných opatření použitých před jejím vybouráním. Nevýhodou použití dočasné protiklenby v kalotě je koncentrace napětí, které je při jejím

vybouráním opět uvolněno a primární ostění je zatíženo v době, kdy již není schopno zatížení přenášet bez výrazného nárůstu ohybových momentů (s ohledem na vyšší tuhost „starého“ stříkaného betonu).

## 15.4 Nadměrné deformace nadloží a povrchu území

Příčinou nadměrných deformací povrchu je změna napjatosti horninového masivu vlivem ražby tunelu, případně vlivem snížení hladiny podzemní vody.

Následkem nadměrných deformací nadloží nebo povrchu území může být poškození inženýrských sítí vedených v zóně ovlivnění pod povrchem území, nebo objektů na povrchu území.

K opatřením snižujícím riziko nadměrných deformací nadloží a povrchu území patří:

1. Zkrácení délky záběru.
2. Stabilizace líce výrubu s cílem omezení tvorby nadvýrubů a rozvolňování nosného horninového prstence.
3. Zvýšení tuhosti ostění.

## 16 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ

Během stavby musí být dodrženy předpisy pro bezpečnost práce a ochranu zdraví při provádění stavebních prací. Především je třeba respektovat základní požadavky dle ustanovení Vyhlášky č. 48/1982 Sb., kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, ve znění pozdějších předpisů a Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. (novela 136/2016), o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích. Při těžbě i ukládání zemin musí zhotovitel zvolit takovou techniku, aby nedošlo k překročení zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Stroje a vozidla musí být v řádném technickém stavu, aby nedocházelo k úniku znečišťujících látek, zvláště olejů a pohonných hmot. Při provádění prací je nutno dodržovat technologické postupy a bezpečnostní opatření uvedená ve vyhlášce Českého úřadu bezpečnosti práce č. 363/2005 Sb. O bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích.

Při pracích na staveništi je povinností zhotovitele při manipulaci se škodlivými látkami a následně při zneškodňování odpadů postupovat v souladu se zákonem č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech.

Jestliže se při provádění zemních prací vyskytnou nálezy, u kterých nelze vyloučit že jde o nálezy historické, archeologické, paleontologické nebo geologické, o minerální prameny nebo jiné důležité nálezy veřejného zájmu, postupuje se podle zákona č. 183/2006 Sb. Stavební zákon, ve znění pozdějších předpisů.

Požární bezpečnost pracoviště musí být zajištěna ve smyslu zákona č. 133/1985 Sb. Požární zákon, ve znění zákona č. 67/2001 Sb.

Zaměstnanci musí používat předepsané osobní ochranné pracovní prostředky dle směrnice vypracované na základě vyhlášky č. 204/1994 Sb. MPSV. Zaměstnanci musí být před zahájením prací seznámeni s technologickým postupem a s příslušnými bezpečnostními předpisy.

Důsledně musí být provedeno opatření pro zamezení vstupu nepovolaných osob na staveniště. Dodavatel je především povinen zabezpečit všechny výkopy proti pádu osob a chránit zdroje a rozvody elektrické energie proti dotyku osob.

Strojní zařízení musí být dodáno v souladu s příslušnými bezpečnostními předpisy a platnými normami. Při provozu, obsluze a údržbě zařízení je nutno dodržovat všechny normy, směrnice a pokyny výrobce zajišťující bezpečný provoz. Obsluhovatel musí mít k dispozici příslušné ochranné oděvy a pomůcky.

Všechny zabudované materiály musí splňovat ustanovení zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (úplné znění 18/2010) a prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Při těžbě i ukládání zemin musí zhotovitel zvolit takovou techniku, aby nedošlo k překročení nejvyšších přípustných hodnot hluku a vibrací. Stroje a vozidla musí být v řádném technickém stavu, aby nedocházelo k úrazům a únikům znečišťujících látek.

Ekologické aspekty provádění prací a jejich negativních vlivů na životní prostředí upravuje zákonné opatření, které vymezuje základní pojmy a stanoví zásady ochrany životního prostředí a povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů (zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí, zákon č. 244/1992 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, zákon č. 439/1992 Sb. horní zákon – úplné znění zákona č. 44/88 Sb.).

## 17 NORMY, VYHLÁŠKY A PŘEDPISY

### 17.1 Normy

- ▣ ČSN 01 3419 Výkresy ve stavebnictví. Vytyčovací výkresy staveb (účinnost: 06/1988).
- ▣ (72 1005) ČSN EN ISO 14689 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování, popis a klasifikace hornin (účinnost 05/2018).
- ▣ (72 1147) ČSN EN 12371 Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení mrazuvzdornosti (účinnost: 09/2010).
- ▣ ČSN 72 1860 Kámen pro zdivo a stavební účely (účinnost: 01/1969), změny: a 05.77, b 08.87, Z3 03.06.
- ▣ (73 0031) ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí (účinnost 08/2016).
- ▣ (73 0035) ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (účinnost: 04/2004).
- ▣ (73 0036) ČSN EN 1998-1 Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby (účinnost: 10/2006).
- ▣ ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce (účinnost: 01/1992); oprava 1 05/1998, změna Z1 07/2010.
- ▣ ČSN 73 0210-1 Geometrická přesnost ve výstavbě. Podmínky provádění. Část 1: Přesnost osazení (účinnost: 01/1993).

- ☞ ČSN 73 0212-4 Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 4: Liniové stavební objekty (účinnost: 07/1994).
- ☞ (73 0411) ČSN ISO 4463-1 až 3 Měřicí metody ve výstavbě – Vytyčování a měření – Část 1 až 3 (účinnost: 07/1999)
- ☞ ČSN 73 0420-1 Přesnost vytyčování staveb – Část 1: Základní požadavky (účinnost: 08/2002)
- ☞ ČSN 73 0420-2 Přesnost vytyčování staveb – Část 2: Vytyčovací odchylky (účinnost: 08/2002)
- ☞ (73 1000) ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla (účinnost: 10/2006).
- ☞ (73 1000) ČSN EN 1997-2 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy (účinnost: 04/2008).
- ☞ (73 1301) ČSN EN 12350-2 Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška sednutím (účinnost: 05/2020).
- ☞ ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí (účinnost: 06/2012).
- ☞ (73 2400) ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí (účinnost: 07/2010)
- ☞ (73 2403) ČSN EN 206+A2 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda (účinnost: 10/2021).
- ☞ (73 2431) ČSN EN 14487-1 Stříkaný beton – Část 1: Definice, specifikace a shoda (účinnost: 03/2023).
- ☞ (73 2431) ČSN EN 14487-2 Stříkaný beton – Část 2: Provádění (účinnost: 07/2007).
- ☞ (73 6124) ČSN 73 6124-2 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelovaných hydraulickými pojivy – Část 2: Mezerovitý beton (účinnost: 04/2008).
- ☞ (73 6133) ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (účinnost: 03/2010).
- ☞ ČSN 73 7508 Železniční tunely (účinnost: 10/2002).
- ☞ (80 6156) ČSN EN 13256 Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při stavbě tunelů a podzemních staveb (účinnost: 01/2018).
- ☞ (80 6165) ČSN EN 13491 ED.2 Geosyntetické izolace – Vlastnosti požadované pro použití jako hydroizolace při stavbě tunelů a podzemních konstrukcí (účinnost: 07/2018).

## 17.2 Zákony

- ☞ Zákon č. **44/1988 Sb.**, o ochraně a využití nerostného bohatství, (horní zákon), ve znění účinném k 1.7.2017.
- ☞ Zákon č. **61/1988 Sb.**, o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění účinném k 1.7.2017.
- ☞ Zákon č. **183/2006 Sb.**, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění účinném k 1.7.2023, platné do 31.12.2023.

- 📖 Zákon č. **17/1992 Sb.**, o životním prostředí, ve znění účinném k 1.7.2017.
- 📖 Zákon č. **114/1992 Sb.**, o ochraně přírody a krajiny, ve znění účinném k 1.2.2022.
- 📖 Zákon č. **100/2001 Sb.**, o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění účinném k 1.2.2022.
- 📖 Zákon č. **334/1992 Sb.**, o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění účinném k 1.2.2022.
- 📖 Zákon č. **266/1994 Sb.**, o drahách, ve znění účinném k 1.7.2023.
- 📖 Zákon č. **133/1985 Sb.**, o požární ochraně, ve znění účinném k 1.7.2023.
- 📖 Zákon č. **258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví, ve znění účinném k 1.10.2023.
- 📖 Zákon č. **185/2001 Sb.**, o odpadech, ve znění účinném k 1.1.2021.
- 📖 Zákon č. **262/2006 Sb.**, zákoník práce, ve znění účinném k 1.7.2023.
- 📖 Zákon č. **309/2006 Sb.**, o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ve znění účinném k 1.7.2022.

### 17.3 Vyhlášky

- 📖 Vyhláška č. **177/1995 Sb.** Stavební a technický řád drah.
- 📖 Vyhláška ČÚBP č. **48/1982 Sb.**, kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení.
- 📖 Vyhláška ČBÚ č. **72/1988 Sb.**, o používání výbušnin, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 173/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 340/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 99/1995 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 341/2001 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 338/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb., vyhlášky č. 199/2006 Sb. a vyhlášky ČBÚ č. 289/2015 Sb.
- 📖 Vyhláška ČBÚ č. **104/1988 Sb.**, o hospodárném využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 242/1993 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 434/2000 Sb. a vyhlášky č. 299/2005 Sb.
- 📖 Vyhláška ČBÚ č. **22/1989 Sb.**, o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 477/1991 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 340/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 3/1994 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 54/1996 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 109/1998 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 434/2000 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 330/2002 Sb., vyhlášky č. 141/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb., vyhlášky č. 282/2007 Sb., vyhlášky č. 361/2009 Sb., vyhlášky č. 35/2010 Sb., vyhlášky č. 176/2011 Sb., vyhlášky č. 124/2022 Sb. a vyhlášky č. 124/2022 Sb. (část).
- 📖 Vyhláška ČBÚ č. **26/1989 Sb.**, o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 340/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 8/1994 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 236/1998 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 434/2000 Sb., vyhlášky č. 142/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb., vyhlášky č. 240/2009 Sb. a vyhlášky č. 124/2022 Sb.
- 📖 Vyhláška ČBÚ č. **99/1992 Sb.**, o zřizování, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání odpadů v podzemních prostorech, ve znění vyhlášky č. 300/2005 Sb.



- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **327/1992 Sb.**, kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a o odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 340/2001 Sb. a vyhlášky č. 216/2017 Sb.
- ▣ Vyhláška MŽP č. **395/1992 Sb.**, kterou se provádějí některá ustanovení zákona ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **435/1992 Sb.**, o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 158/1997 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb. a vyhlášky č. 382/2012 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **4/1994 Sb.**, kterou se stanoví požadavky na provedení a stavbu objektů a zařízení pro rozvod a izolaci větrů a uzavírání důlních děl, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 90/2003 Sb. a vyhlášky č. 176/2011 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **15/1995 Sb.**, o oprávnění k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jakož i k projektování objektů a zařízení, které jsou součástí těchto činností ve znění vyhlášky č. 298/2005 Sb. a vyhlášky č. 380/2012 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **99/1995 Sb.**, o skladování výbušnin, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 342/2001 Sb., vyhlášky č. 200/2006 Sb. a vyhlášky č. 12/2017 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **55/1996 Sb.**, o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění vyhlášky č. 238/1998 Sb., vyhlášky č. 144/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb., vyhlášky č. 265/2012 Sb., vyhlášky č. 124/2022 Sb. a vyhlášky č. 124/2022 Sb. (část).
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **447/2001 Sb.**, o báňské záchranné službě, ve znění vyhlášky č. 87/2006 Sb., vyhlášky č. 379/2012 Sb. a vyhlášky ČBÚ č. 305/2015 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **447/2002 Sb.**, o hlášení závažných událostí a nebezpečných stavů, závažných provozních nehod (havárií), závažných pracovních úrazů a poruch technických zařízení.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **392/2003 Sb.**, o bezpečnosti provozu technických zařízení a o požadavcích na vyhrazená technická zařízení tlaková, zdvihací a plynová při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 282/2007 Sb. a vyhlášky č. 75/2017 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **415/2003 Sb.**, kterou se stanoví podmínky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při svislé dopravě a chůzi, ve znění vyhlášky č. 571/2006 Sb.
- ▣ Vyhláška ČBÚ č. **298/2005 Sb.**, o požadavcích na odbornou kvalifikaci a odbornou způsobilost při hornické činnosti nebo činnosti prováděné hornickým způsobem a o změně některých právních předpisů, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 240/2006 Sb., vyhlášky č. 378/2012 Sb., a vyhlášky č. 549/2020 Sb.
- ▣ Vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. **601/2006 Sb.**, kterou se zrušuje vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 324/1990 Sb., o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích, ve znění vyhlášky č. 363/2005 Sb., a vyhláška č. 363/2005 Sb., kterou se mění vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 324/1990 Sb., o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích.
- ▣ **NV č. 591/2006 Sb.**, o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích, ve znění účinném k 1.5.2016.



- 📄 **NV č. 362/2005 Sb.**, o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky, účinnost od 19. 9. 2005.
- 📄 **NV č. 272/2011 Sb.**, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů (NV 217/2016, 241/2018, 433/2022).

## **17.4 Závazné předpisy správy železnic**

- 📄 SŽ Bp1 Předpis o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci, účinnost od 1. 1. 2021
- 📄 SŽDC S3 Železniční svršek (změna č. 4, účinnost od 1. 3. 2021)
- 📄 SŽ S4 Železniční spodek, účinnost od 1. 1. 2021
- 📄 SŽDC S6 Správa tunelů, účinnost od 15. 9. 2018
- 📄 Vzorový list, světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu, schváleno č. j. S 65027/09 – OTH ze dne 17. 2. 2010, účinnost od 1. 3. 2010.

## **17.5 Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah**

- 📄 Kapitola 1 Všeobecně, účinnost 06/2022
- 📄 Kapitola 3 Zemní práce, účinnost 07/2008
- 📄 Kapitola 17 Beton pro konstrukce, účinnost 06/2022
- 📄 Kapitola 18 Betonové mosty a konstrukce, účinnost 06/2022
- 📄 Kapitola 20 Tunely, účinnost 01/2002
- 📄 Kapitola 22 Izolace proti vodě, účinnost 07/2022
- 📄 Kapitola 24 Zvláštní zakládání, účinnost 12/2003
- 📄 Kapitola 25 Protikorozní ochrana úložných zařízení a konstrukcí,
  - 📄 Část A – Ochrana proti elektrochemické korozi a korozi bludnými proudy, účinnost 09/2018
  - 📄 Část B – Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi, účinnost 11/2001

## 18 SEZNAM PŘÍLOH DOKUMENTACE

### Seznam příloh

Akce:	Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec – Harrachov
-------	---

SO 11-40-01	Dolnolučanský tunel
SO 11-40-01.07	Geotechnický monitoring

S-kód:	5513520033	Označení	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Číslo objektu:	SO 11-40-01	Den	28	16								
Zhotovitel SO:	SAGASTA s. r. o.	Měsíc	10	01								
Projektový stupeň:	Dokumentace pro provádění stavby	Rok	23	24								

Část	č. p.	Název	Měřítko	Revize příloh dokumentace									
<b>1</b>		<b>Technická zpráva</b>											
	001	Technická zpráva		X	X								
<b>2</b>		<b>Výkresová část</b>											
	001	Situace - osazení měřičských profilů 1:200		X	-								
	002	Podélný řez - vjezdový portál 1:100		X	-								
	003	Podélný řez - výjezdový portál 1:100		X	-								
	004	Pohled - vjezdový portál 1:100		X	-								
	005	Pohled - výjezdový portál 1:100		X	-								
<b>3</b>		<b>Výpočty</b>											
<b>4</b>		<b>Výkaz výměr</b>											
	001	Výkaz výměr		X	-								
	002	Soupis prací		X	-								