

SANACE TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU HÁJEK – DALOVICE (KM 177,850 – 181,500)

REALIZACE DOPLŇKOVÉHO IGP

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

číslo zakázky: 21.0171.223Z25



Identifikace zakázky:

Název zakázky: Sanace tělesa železničního spodku Hájek – Dalovice, doplňkový IGP

Číslo zakázky: 21.0171.223Z25

Objednatel: **Správa železnic, státní organizace**
Praha 1 - Nové Město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00

Číslo objednatele: E618-S-2395/2021/ŠNE

Stav zpracování: Čistopis

Zhotovitel: **SG Geotechnika a.s.**
Geologická 988/4
152 00 Praha 5, Česká republika
T: +420 234 654 111

V Praze dne: 25.10.2021

Zpracovali: Ing. Radim Hladký (odpovědný řešitel, Odborná způsobilost v inženýrské geologii)
RNDr. Peter Nešvara (zpráva, geotechnika a interpretace)
RNDr. Jan Šťovíček, CSc (řízení terénních prací, dokumentace sond)
Ing. Ivona Novotná a spolupracovníci (geotechnické výpočty a modelování)
Mgr. Luisa Sgrecciová (situace sond a geologické řezy)
RNDr. Jaroslav Pospíšil (Inženýrskogeologické mapování)
Ing. Svatopluk Havlík (báňský znalec, posudek poddolování)

Za věcnou správnost: Ing. Milan Novák, vedoucí pracoviště Železnice a dodávky staveb

Schválil: Ing. Petr Kučera, ředitel společnosti

Obsah

1. Úvod.....	8
1.1 Základní údaje	8
1.2 Stručný popis úseku	8
1.3 Použité podklady.....	9
2. Všeobecná část.....	9
2.1 Geomorfologické poměry	9
2.2 Geologické poměry	10
2.3 Hydrogeologické a hydrologické poměry	11
2.4 Geohazardy	11
2.4.1 Sesuvy	11
2.4.2 Poddolované oblasti	11
2.4.3 Seismická aktivita	12
3. Podrobná část.....	13
3.1 Terénní šetření.....	13
3.2 Přípravné práce.....	14
3.3 Podrobné inženýrskogeologické mapování	14
3.4 Vrtné práce	15
3.5 Kopané sondy	21
3.6 Penetrační sondy	22
3.7 Práce z povrchu trati	23
3.7.1 Statické zatěžovací zkoušky, pražcové podloží	23
3.8 Monitorovací systém	24
3.9 Odběr vzorků	25
3.10 Laboratorní zkoušky - výsledky	25
3.10.1 Výsledky klasifikačních rozborů zemin	26
3.10.2 Zkoušky stlačitelnosti v oedometru.....	26
3.10.3 Výsledky krabicových smykových zkoušek.....	28
3.11 Geofyzikální průzkum.....	29
3.12 Geotechnické výpočty	30
4. Geotechnické poměry a podmínky stavby.....	31

4.1 Podrobné inženýrskogeologické mapování	31
4.2 Úseky mimo trať	31
4.2.1 Stabilita hřbetu km 178,730 – 178,850 „sad“	31
4.2.2 Poddolované území km 179,600 – 180,500.....	34
4.3 Vyhodnocení vlastní trasy železnice.....	39
4.3.1 Metodika vyhodnocení.....	39
4.3.2 Rozdělení trasy na úseky	52
4.3.2.1 Úsek č. 1 – km 177,850 – 178,220 délka úseku 370 m.....	52
4.3.2.2 Úsek č. 2 – km 178,220 – 178,260 délka úseku 40 m.....	53
4.3.2.3 Úsek č. 3 – km 178,260 – 178,480 délka úseku 220 m.....	54
4.3.2.4 Úsek č. 4 – km 178,480 – 178, 600 délka úseku 120 m.....	56
4.3.2.5 Úsek č. 5 – km 178,600 – 178,730 délka úseku 130 m.....	57
4.3.2.6 Úsek č. 6 – km 178,730 – 178,850 délka úseku 120 m.....	58
4.3.2.7 Úsek č. 7 – km 179,000 – 179,360 délka úseku 360 m.....	60
4.3.2.8 Úsek č. 8 – km 179,360 – 179,550 délka úseku 190 m.....	61
4.3.2.9 Úsek č. 9 – km 179,550 – 179,700 délka úseku 150 m.....	62
4.3.2.10 Úsek č. 10 – km 179,700 – 180,080 délka úseku 380 m.....	63
4.3.2.11 Úsek č. 11 – km 180,080 – 180,260 délka úseku 180 m.....	67
4.3.2.12 Úsek č. 12 – km 180,260 – 180,380 délka úseku 120 m.....	68
4.3.2.13 Úsek č. 13 – km 180,380 – 180,460 délka úseku 80 m.....	70
4.3.2.14 Úsek č. 14 – km 180,460 – 181,100 délka úseku 640 m.....	71
5. Závěr a doporučení pro sanaci:	73

Tabulky mimo text:

Tabulka č. 1: Konsolidovaná tabulka objektů

Tabulka č. 2: Interpretace penetračních zkoušek v trati

Tabulka č. 3: Souhrn zkoušek laboratoře mechaniky zemin

Tabulky v textu:

Tabulka 3.4.1: Seznam nevystrojených vrtů.	16
Tabulka 3.4.2: Seznam vystrojených vrtů.....	20
Tabulka 3.5.1: Seznam kopaných sond mimo trať.....	21
Tabulka 3.6.1: Seznam penetrací mimo trať.....	22
Tabulka 3.11.1: Výsledky laboratorních zkoušek vody	26
Tabulka 3.11.2.1: Výsledky zkoušek stlačitelnosti	27
Tabulka 3.11.3.1: Výsledky smykových zkoušek	28
Tabulka 4.2.1.1.: Měření ustálených hladin v hydrovrtech v sadu	33
Tabulka 4.2.1.2: Výšky pažnic nad terénem	33
Tabulka 4.2.1.3: Výsledky stabilitních výpočtů profilu A - A	33
Tabulka 4.2.1.4: Výsledky stabilitních výpočtů profilu B - B	34
Tabulka 4.2.2.1: Výsledky stabilitních výpočtů poddolovaného území	35
Tabulka 4.2.2.2: Výsledky zkoušek propustnosti.....	36
Tabulka 4.2.2.3: Měření kolísání ustálených hladin v hydrovrtech.....	36
Tabulka 4.2.2.4: Nadmořské výšky vrtů (úroveň terénu).....	37
Tabulka 4.3.1.1: Rozdělení trasy na úseky.....	40
Tabulka 4.3.1.2: Výpočet korelačního koeficientu „n“.....	50
Tabulka 4.3.2.1.1: Výpočet stability km 178,200	53
Tabulka 4.3.2.3.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 178,260 – 178,480	55
Tabulka 4.3.2.3.2: Výpočet stability km 178,350	56
Tabulka 4.3.2.5.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 178,600 – 178,730	58
Tabulka 4.3.2.6.1: Výpočet stability km 178,780	60
Tabulka 4.3.2.7.1: Výpočet stability km 179,250	61
Tabulka 4.3.2.8.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 179,360 – 179,550	61
Tabulka 4.3.2.8.2: Výpočet stability km 179,550	62
Tabulka 4.3.2.9.1: Výpočet stability km 179,640	63
Tabulka 4.3.2.10.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 179,700 – 180,080	65
Tabulka 4.3.2.10.2: Výpočet stability km 179,760	67
Tabulka 4.3.2.10.3: Výpočet stability km 179,980	67
Tabulka 4.3.2.12.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 180,260 – 180,380	69
Tabulka 4.3.2.12.2: Výpočet stability v km 180,350	70
Tabulka 4.3.2.14.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 180,460 – 181,100	72
Tabulka 4.3.2.14.2: Výpočet stability km 180,520	73
Tabulka 4.3.2.14.3: Výpočet stability km 180,800	73

Obrázky v textu:

Obrázek 1 Mapa poddolování a důlních děl (Geofond)	11
Obrázek 2 Mapa seizmických oblastí České republiky.....	12
Obrázek 3 Mapa zemětřesných center	13
Obrázek 4 Schema vystrojení inklinometrického vrtu	18
Obrázek 5 Schema hydrogeologického pozorovacího vrtu	19
Obrázek 6 Situace GF profilů a hydrovrtů v poddolovaném území	37
Obrázek 7 Proudění podzemní vody v poddolovaném území.....	38
Obrázek 8 Řez náspem Dalovice 2 - jílové jádro (světlé) a pevnější obsyp (červený)	41
Obrázek 9 Penetrační sonda nad propustkem km 180,324	44
Obrázek 10 Propustek v km 180,324.....	44
Obrázek 11 Typické rozdělení vrstev dle penetrační sondy	45
Obrázek 12 Penetrace v poddolovaném území	46
Obrázek 13 Relativně dobrý násep – písek s úlomky (oslabená pouze zemní pláň v mocnosti cca 30 cm).....	47
Obrázek 14 Interpretace ukazuje oslabenou zemní pláň na 10 - 20 cm mezi štěrkovým ložem a únosným podložím	48
Obrázek 15 DP 34 - velmi špatný násep v km 179,940 - nutná rekonstrukce celého náspu a sanace podloží	66

Přílohy:**Příloha č. 1 Přehledná situace (1 : 50 000)****Příloha č. 2 Situace sond (1 : 1000)****Příloha 3. č. Geologické řezy**

Přílohy 3.1.1, 3.1.2 (poddolované území)

Přílohy 3.2.1, 3.2.2 (hřbet nad tratí) km 178,730 – 178,850

Příloha č. 4 Geologická dokumentace sond

Příloha č. 4.1 – Geologická dokumentace vrtů

Příloha č. 4.2 - Geologická dokumentace kopaných sond mimo trať

Příloha č. 4.3. - Interpretované penetrační zkoušky

Příloha č. 4.4. - Dokumentace sond v trati včetně zatěžovacích zkoušek a penetrací

Příloha č. 4.5. – Měřická zpráva o zaměření sond

Příloha č. 5 Podrobná inženýrskogeologická mapa**Příloha č. 6. Geotechnické výpočty****Příloha č. 7. Báňský posudek****Příloha č. 8. Výsledky geofyzikálních měření**

Příloha č. 8.1. - Výsledky geofyzikálních měření v poddolovaném území

Příloha č. 8.2. - Výsledky vyhledávacích geofyzikálních měření v trati

Příloha č. 9. Výsledky laboratorních zkoušek mechaniky zemin**Příloha č. 10. Výsledky laboratorních rozborů podzemní vody**

1. Úvod

1.1 Základní údaje

Na základě smlouvy o dílo uzavřené mezi Správou železnic, státní organizací a akciovou společností SG Geotechnika byl proveden doplňkový inženýrskogeologický průzkum pro projekt „**Sanace tělesa železničního spodku Hájek – Dalovice**“.

Rozsah prací vyplýval z objednatelům poskytnuté Projektové dokumentace doplňkového IGP (vypracoval 4Gconsite, s.r.o. ve 3/2021), později rozšířeného dodatkem smlouvy č. 1 o tři inklinometrické vrty u druhé koleje v km 180,036; 180,094 a 180,132.

Práce byly realizovány ve smyslu platné předpisové základny, především se jedná o předpis SŽ S4 – Železniční spodek – účinný od 1. ledna 2021 a v souladu se Zákonem č. 62/1988 Sb. o geologických pracích v platném znění („geologický zákon“).

Předmětný úsek železnice traťový úsek 1220, 12JB definiční úsek 01 Chomutov – Cheb se nachází v Karlovarském kraji. Dotčenými katastry jsou: Sadov, (kód: 745901), Lesov (kód: 745880), Hájek u Ostrova (kód: 636681) a Nová Víska u Ostrova (kód: 636690).

Průzkumná trasa je zobrazena na přehledné situaci v příloze 1 v měřítku 1:50 000.

1.2 Stručný popis úseku

Trasa vede zhruba východozápadním směrem na náspech výšky až 11 m a v zářezích hloubky až 6 m.

Dle zadání byla trasa rozdělena na dva úseky:

km 177,850 – 178,850 a km 179,000 – 181,500.

Mezilehlý úsek km 178,850 – 179,000 byl po havárii náspu rekonstruován v letech 2020–2021, tak, že celý násep byl odstraněn a vybudován znovu včetně propustku v km 178,925.

Část trasy definována v zadání od km 180,900 až po konec úseku v km 181,500 již byla rekonstruována v rámci akce „SO 02-10-02 Sanace železničního spodku v km 181,400 – 182,100“ stavby „Sanace nestabilních násypů zemního tělesa v úseku Hájek – Dalovice“ a přilehlého zářezu km 181,100 – 181,400 a nepředpokládají se nové stavební práce.

1.3 Použité podklady

Pro vyhodnocení podmínek trasy jsme použili následující podklady:

- Projektová dokumentace „Sanace tělesa železničního spodku Hájek – Dalovice v km 177,850 – 178,850 a 179,000 – 181,500 – zadávací dokumentace doplňkového inženýrskogeologického průzkumu“ zhotovitel 4G consite, s.r.o., Šlikova 406/29, 168 00, Praha 6.
- Závěrečná zpráva revizního geotechnického průzkumu traťového úseku Hájek – Dalovice v km 178,000 – 181,300, Strix Chomutov, a.s., 28 října 1081/19, 430 01 Chomutov 04/2020.
- Projektová dokumentace „Oprava nestabilních úseků náspů v úseku Hájek – Dalovice“, název části: „Souhrnná část – geotechnický průzkum“. Strix Chomutov, a.s., 28 října 1081/19, 430 01 Chomutov.
- Závěrečná zpráva o geofyzikálním měření na TÚ Hájek – Dalovice v km 178,0 – 181,0, SG Geotechnika, a.s., Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, 1/2021.
- Zatěžovací zkoušky v km 180,065 a penetrace v km 180,65 a 180,200, které provedla firma Arcadis-Geotechnika v roce 2010
- Zatěžovací zkoušky v km 180,085 – 180,400, které provedla laboratoř TZL v roce 2020
- Naše vlastní práce, které jsme provedli dle zadání soutěže, projektu doplňkového inženýrskogeologického průzkumu zpracovaného 4G Consite v březnu 2021 a přílohy č. 1 smlouvy o dílo.
- Zkušenosti z rekonstrukce úseku Hájek – Dalovice v km 181,100 – 182,100, která probíhala v letech 2020–2021

2. Všeobecná část

2.1 Geomorfologické poměry

Podle geomorfologického členění dle Balatky et al. (1972) lze zájmové území určit následujícím způsobem:

- Krušnohorská subprovincie
- Podkrušnohorská oblast
- Celek Sokolovská pánev
- Podcelek Ostrovská pánev a Chodovská pánev na levém břehu Ohře.

Na morfologii terénu se projevily dopady důlní činnosti (uhlí, kaolin, cihlářské hlína, bentonit). Na povrchu se důlní činnost projevila poklesovými kotlinami (nejvýraznější v oblasti severně od trati v km 180,260 – 180,380). Poddolování má dopad i na porušení zemin a hornin v nadloží těžených slojí a na koloběh podzemních vod.

Nadmořské výšky terénu v trase a jejím blízkém okolí se pohybují od 400 do 450 m n. m., u kolejí se výšky pohybují od 416 do 446 m n.m.

Generelní sklon terénu je mírný svah upadající od severu k jihu.

2.2 Geologické poměry

Geologické a tektonické poměry širšího okolí jsou z geologického hlediska značně komplikované, na podrobný popis odkazujeme na podrobný „revizní“ průzkum zpracovaný firmou STRIX Chomutov a.s.

Z hlediska přímého podloží trati a nejbližšího okolí se zde vyskytuje velmi **pestrá škála hornin vyvěřelých**, a to jak **hlubinně** (žulový masiv přiléhající k trati v km 180,380 – 180,460) tak i **výlevné** (lávový proud čediče zastížen sondami IV 1 a HV 1). Tercierní pánevní sedimenty jsou rovněž velmi pestré, v základním materiálu typu jílu obsahují vrstvy a čočky písku a uhelné sloje. Území je postiženo intenzivní tektonikou, významný zlom na rozhraní pánevních sedimentů a žulového masivu zjevně prochází pod tratí zhruba v kilometru 180,380.

Kvartérní zeminy tvoří z velké části vysokoplastické jíly jejichž zdrojem je jednak kaolinové zvětrávání žulového masivu a jednak zvětralinu produktů tercierního vulkanismu (tufů a tufitů). Vlastnosti těchto jílu jsou velmi nepříznivé, a to jak z jejich hlediska jako základové průdy (pro násypy a objekty spojené s železnicí), tak i jako zdroj zemního materiálu pro zemní práce.

Antropogenní zemin

V trase se mohou vyskytovat odvalové zemin y po historické těžbě hnědého uhlí, zvláště viditelné v oblasti severně od trati v km 180,080 - 180,260. K antropogenním zeminám je nutné připočíst i zemin y stávajících silničních a železničních násypů.

Geologický vývoj území je v průvodní zprávě o podrobném inženýrskogeologickém mapování.

2.3 Hydrogeologické a hydrologické poměry

Koloběh podzemní vody je v oblasti komplikovaný. U žulového masivu, výlevných vyvěřelin (čediče) a v uhledných slojích se jedná o koloběh puklinové vody. Tyto aquifery jsou řádově propustnější, než je propustnost pánevních sedimentů Cyprisového souvrství. Při inženýrskogeologickém mapování, které je součástí našeho zadání, byly zjištěny prameny vyvěrající z tektonického rozhraní mezi žulou a pánví v poddolovaném území, které následně částečně vsakují do podloží poddolované oblasti (jsou zdrojem vody pro jezírko nad tratí) a částečně povrchově odtékají směrem k železnici a propustkem v km 180,324 protékají pod tratí.

Obdobně jednou z příčin sesuvu svahu a následného porušení náspu v km 178,850 – 179,000 bylo (dle pozorování pana Ďurove) kumulace vody a vzrůst vodního tlaku v uhelné sloji.

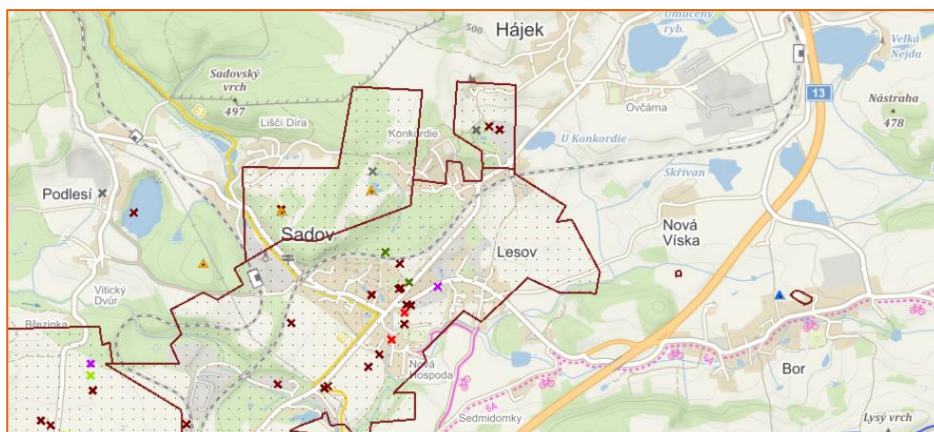
2.4 Geohazardy

2.4.1 Sesuvy

V databázi České geologické služby není v zájmové oblasti registrována žádná svahová nestabilita. Z hlediska morfologie terénu (deficit hmoty, existence jezírka na svahu nad tratí) nelze vyloučit existenci starého fosilního sesuvu v oblasti km 180,260 – 180,380. V současné době je oblast stabilní, porostlá nepoškozeným lesem starým zhruba 100 let a oblast je poddolovaná.

Drobné sesuvy byly vymapovány podél tektonické linie rozdělující pánevní sedimenty a žulový masiv (viz zpráva o podrobném inženýrskogeologickém mapování).

2.4.2 Poddolované oblasti



Obrázek 1 Mapa poddolování a důlních děl (Geofond)

Stávající projekční záměr byl na základě požadavků vyplývajících z předpisu SŽ S4 posouzen báňským znalcem Ing. Svatoplukem Havlíkem.

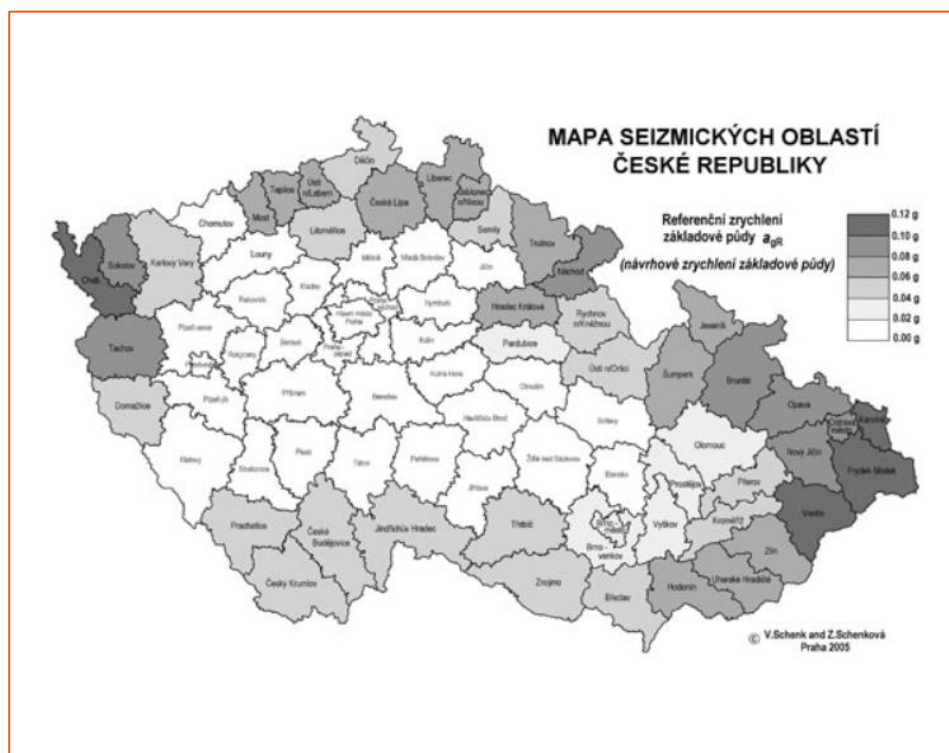
Podle báňského znalce stávající trať vede na povrchu k tomu určeného ochranného pilíře železnice, nelze ji tedy považovat za stavbu na podolovaném území.

V tělese ochranného pilíře mezi staničením km 180,2 až km 180,3 je vyražena dvojice důlních chodeb v hloubce cca 67 m pod železničním tělesem. Tyto chodby vzhledem ke svým rozměrům a hloubce nepředstavují zhoršení základových poměrů stávající trati.

Kompletní báňský posudek je obsahem přílohy č. 7 této zprávy.

2.4.3 Seismická aktivita

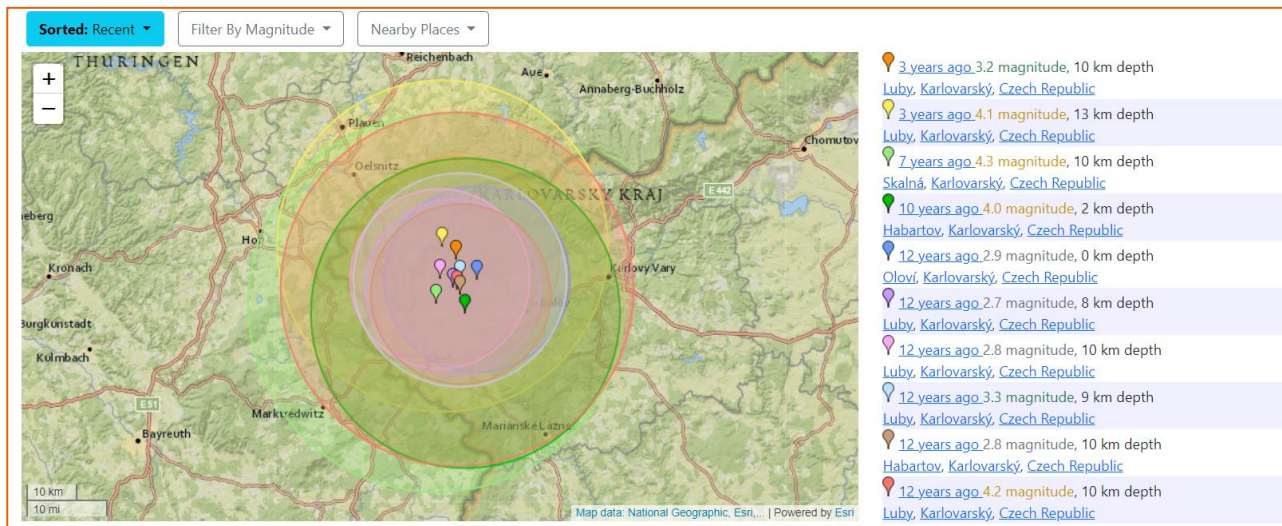
V zájmovém území dle Mapy seismických oblastí České republiky (Schenk, Schenková 2005) očekávána seismická zátěž – referenční špičkové zrychlení podloží a_{gR} je nižší jak 0,06g.



Obrázek 2 Mapa seismických oblastí České republiky.

V rámci Karlovarského kraje se seismická aktivita pohybuje západně od zájmové oblasti s nejvyšší magnitudou v posledních letech 4,3.

Stavba není ohrožena seismickou činností.



Obrázek 3 Mapa zemětřasných center

Mapa zemětřasných center s nejvyšší změřenou magnitudou dle vyhodnocení sítě seismických stanic (<https://earthquaketrack.com/>)

3. Podrobná část

3.1 Terénní šetření

Před zahájením průzkumných prací bylo v hodnocené trase provedeno terénní šetření, v jehož rámci byla prověřena prostupnost terénu zejména pro těžkou vrtnou mechanizaci.

Součástí terénního šetření byla rovněž prohlídka okolí trati, především poddolovaného území, hřbetu v km 178,830 – 178,850 a sesutí, jehož části vyústilo v havárii náspu 178,850 – 179,000.

3.2 Přípravné práce

V prvním kroku byly provedeny přípravné práce, v jejichž rámci byly zajištěny náležitosti vyplývající ze zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích ve znění pozdějších předpisů (tzv. geologický zákon):

- průzkumné práce spojené se zásahem do pozemků včetně informací o jejich účelu, rozsahu a plánované době realizace byly před zahájením průzkumných prací oznámeny dotčeným obcím,
- byly řešeny vstupy na pozemky (souhlasy vlastníků a pachtýřů),
- probíhala jednání a dohody s nájemci (pachtýři) zemědělských pozemků,
- byly zpracovány podklady pro projednání traťových a napěťových výluk na železnici v souvislosti s projektovanými pracemi v kolejišti.
- Součástí přípravných prací byla rovněž terénní rekognoskace trasy a zajištění vyjádření o průběhu podzemních inženýrských sítí včetně jejich vytyčení.
- Byly zřízeny přístupové komunikace k pracovištím pro vrty.

3.3 Podrobné inženýrskogeologické mapování

K ověření a ke znázornění inženýrskogeologických poměrů v uvedeném okolí trasy byla zpracována inženýrskogeologická mapa v měřítku 1:5 000, která přehledně zobrazuje geologické poměry v hodnoceném území. Mapa je zpracována jako odkrytá do 0,5 m, kvartérní zeminy nižší souhrnné mocnosti než 0,5 m tak nejsou v mapě zobrazeny. Při zpracování inženýrskogeologické mapy byly kromě informací získaných terénním mapováním využity rovněž archivní geologické a topografické mapy a informace z nově provedených i archivních průzkumných prací. V mapě jsou vymezeny jednotlivé genetické typy zemin kvartérního pokryvu a hornin předkvartérního podkladu, dále základní hydrogeologické údaje, viditelné projevy svahových deformací a poddolování. Základní genetické typy kvartérního pokryvu jsou v mapě odlišeny barevně a indexem, horniny předkvartérního podkladu jsou vyznačeny indexem a barevně pouze v případě výchozů, resp. výskytu v hloubce menší než uvedených 0,5 m.

Hydrogeologické údaje jsou vyznačeny modře. Účelová inženýrskogeologická mapa je uvedena v příloze č. 5. Inženýrskogeologickou mapu zpracoval RNDr. Jaromír Pospíšil a do digitální podoby převedla Ing. Silvia Solárová, oba ze společnosti SG Geotechnika.

3.4 Vrtné práce

Vrtné práce provedly subdodavatelsky dva subjekty:

- GEO krtek s.r.o.
- NN Company s.r.o.

K vrtání byly použity následující vrtné soupravy:

- Massenza na pásovém podvozku
- V nepřístupných místech pro výše uvedenou mechanizaci byla použita přenosná souprava UKB 12/25 s ručním řetězovým přitlakem a s rotací pomocí elektromotoru napájeného z přenosné elektrocentrály.

Pro část vrtů mimo trať bylo nutné provádět zpřístupňovací práce pro přístup mechanizaci (terénní úpravy, planýrky, sjížděcí rampy, proklestění, prořezávky apod.). Tyto práce se týkaly nejen těžké vrtné mechanizace, ale i ručně přenosné soupravy a jejího doprovodného vozidla.

Vzhledem k nízké pevnosti kvartérního, případně terciérního předkvartérního podkladu, byly vrty odvrtny až do cílových hloubek v závrtovém režimu technologií rotačního jádrového vrtání jednoduchou jádrovkou s tvrdokovovými (TK) korunkami bez použití výplachového média (tj. na sucho).

Při průchodu vrtů nezpevněnými kvartérními zeminami bylo použito pracovního pažení pro zajištění stability stěn vrtných stvolů. Při vrtání byly použity jednoduché jádrovky s tvrdokovovými korunkami (TK) průměrové řady 220 mm - 195 mm - 175 mm - 156 mm a ocelové zavrtávací manipulační pažnice o Ø 216 mm a Ø 191 mm.

V případě přenosné soupravy UKB 12/25 bylo pracováno s jednoduchými jádrovými s TK korunkami průměrové řady 156 mm – 137 mm – 112 mm a 78 mm. Práce byly vzhledem k limitovaným možnostem stroje realizovány bez pažení. Situování sond bylo voleno takovým způsobem, aby byl splněn cíl prací.

Byly vrtány nevystrojené inženýrskogeologické vrty, trvale vystrojené inklinometrické vrty a hydrogeologické pozorovací vrty.

Všechny vrty byly vrtány jádrově. Vrtné jádro bylo ukládáno do standardních dřevěných vzorkovnic. Vrtné jádro bylo geologicky zdokumentováno a byla pořízena jeho fotodokumentace. V souvislosti s vrtáním byla u každého vrtu zaznamenávána naražená i ustálená hladina podzemní vody. Z vrtů byly odebírány vzorky zemin a podzemní vody pro laboratorní zkoušky.

Inženýrskogeologické jádrové vrty – nevystrojené

Tabulka 3.4.1: Seznam nevystrojených vrtů.

Vrt	hloubka (m)	x	y	z (m.n.m)
JK 1	6,8	844648,840	1006757,420	448,840
JK 2	6,0	844974,790	1006841,370	444,880
JZ 1	7,5	845131,268	1006803,940	450,191
JZ 2	7,0	845781,686	1006788,229	442,780
JZ 3	9,0	846234,602	1006766,264	440,582
JZ 4	6,6	846621,965	1006896,038	430,734
JZ 5	10,0	846240,571	1006799,786	435,590
JN 1 L	3,0	845377,840	1006842,180	436,580
JN 1 P	3,0	845368,990	1006809,350	440,590
JN 2 L	3,0	845729,350	1006819,500	435,190
JN 2 P	3,0	845725,520	1006799,310	437,830
JN 3 L	3,0	845888,530	1006822,410	430,670
JN 3 P	3,2	845891,740	1006773,030	429,360
JN 4 L	3,2	845938,050	1006829,550	425,000
JN 4 P	3,2	845929,200	1006774,360	426,700
JN 5 P	3,0	846302,234	1006784,145	432,233
JN 6 L	3,0	846548,096	1006878,543	429,567
JN 7 L	3,0	846823,650	1007110,210	418,840
JN 7 P	3,0	846838,548	1007089,870	425,234
JN 8 L	3,0	846839,490	1007123,880	418,040
JN 8 P	3,0	846853,050	1007100,750	424,880
JN 9 L	3,2	846966,488	1007175,050	423,771
JN 10 L	3,4	847080,186	1007188,507	422,504
JN 11 L	3,0	847169,488	1007179,453	417,780
JN 11 P	3,0	847167,622	1007148,292	420,635
JN 12 L	3,0	847193,880	1007175,990	414,100
JN 12 P	3,0	847203,880	1007136,180	416,130
JN 13 L	3,0	847214,990	1007166,970	414,520
JN 13 P	3,0	847188,610	1007142,340	417,080

Pro snazší orientaci účelu vrtu byly u čísla vrtu označeny i písmenem indikujícím účel vrtání

Vrty označené jako **JK** byly hloubeny v blízkosti kolejí v místech, kde železnice je zhruba na úrovni terénu a kde je předpoklad existence měkké a neúnosné vrstvy spojené s blízkými vodními nádržemi.

Vrty označené jako **JZ** byly vrtány nad zářezem pro zjištění zemin a hornin ve stávajícím zářezu jako podklad pro stabilitní model.

Třímetrové vrty označené jako **JN** byly vrtány především v blízkosti náspů a měli za úkol zjistit charakteristiku zemin v blízkosti paty náspů.

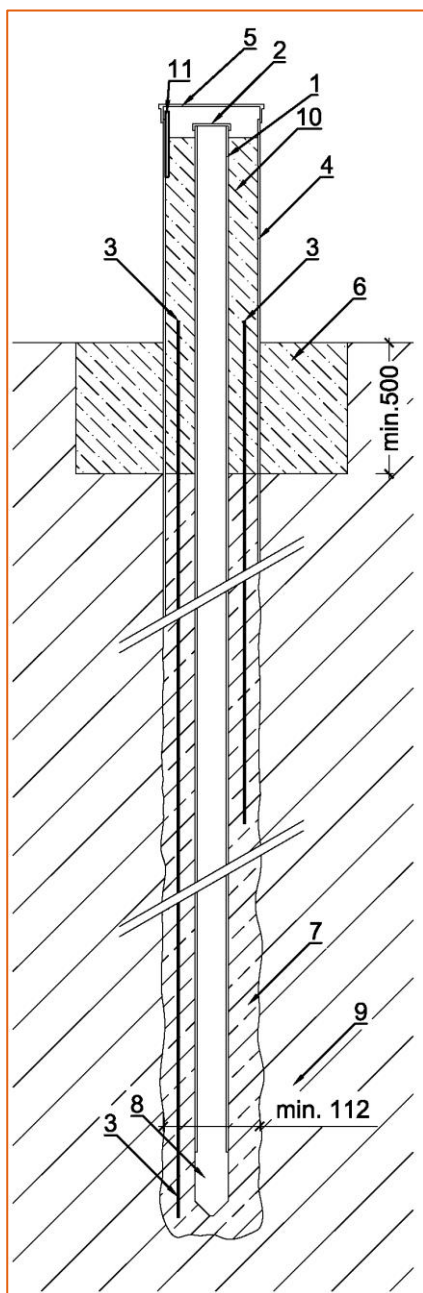
Nevystrojené inženýrskogeologické jádrové vrty byly po zdokumentování vrtných jader a odběrech vzorků na pokyn odpovědného geologa likvidovány hutněným záhozem dle § 4 Směrnice č. 8/1985 ČGÚ.

Inklinometrické vrty

V souladu se zadáním byly v oblasti nad a pod zářezem v km 178,730 – 178,850 vyhloubeny a vystrojeny 4 inklinometrické vrty označené jako IV 1 – IV 4. Dále byly na základě dodatku č. 1 smlouvy o dílo v úseku km cca 180,000 – 180,150 vyhloubeny a vystrojeny tři inklinometrické vrty označené jako IV 5 – IV 7.

Vrty byly osazeny 2D drážkovanou PVC pažnicovou kolonou Ø 70 mm s patou zaslepenou PVC zátkou. Mezikruží mezi výstrojí a stěnami vrtů byla v celém profilu tamponována jílovocementovou směsí (receptura: cement SPC32,5 – 50 kg + voda 80 l + bentonit GAE - 5 kg na 100 l směsi). Cementace byla provedena začerpáním směsi injekční hadicí ode dna vrtu až do jejího výtoku přes ústí vrtu. Nadzemní části vrtů jsou chráněny pomocí ocelových chrániček o Ø 133 mm s uzamykatelnými víky a přivařenými výstražnými terči. Chráničky jsou fixovány v betonových límcích do hloubky 0,5 – 0,8 m pod terén. Osazení inklinometrické výstroje zajistili zaměstnanci odborného pracoviště polních zkoušek SG Geotechnika, aplikaci zálivky provedla vrtná osádka společnosti NN Company s.r.o. za přítomnosti pracovníků SG Geotechnika a.s.

Poloha vrtů je znázorněna v podrobné situaci v přílohách 2.11 a 2.12.



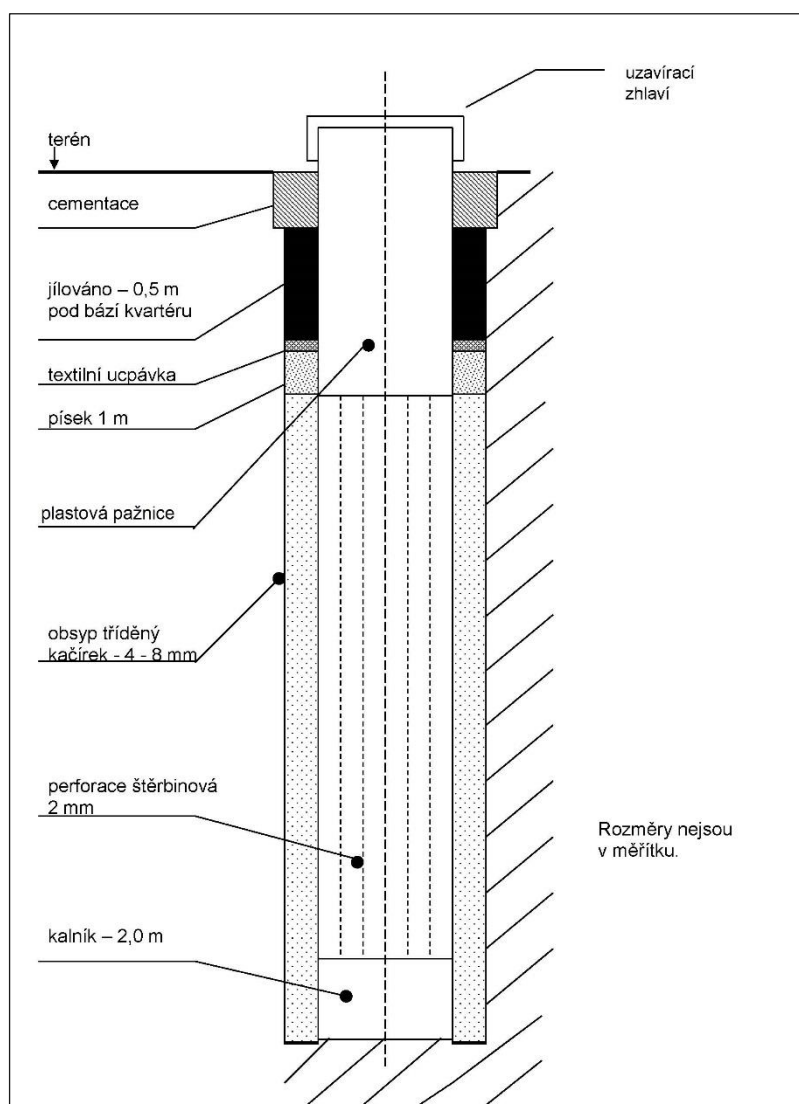
Obrázek 4 Schema vystrojení inklinometrického vrtu

Trvale vystrojené hydrogeologické vrtý

Pro účely sledování hladiny podzemní vody včetně odběru vzorků podzemní vody byly v souladu se zadávací dokumentací v poddolovaném území vyvrtány a vystrojeny hydrogeologické vrtý **HGP 1 až HGP 7**. Vrtý byly realizovány ve dvou profilech, jeden z nich byl zhruba souběžný s geofyzikálním profilem č. 2 a druhý s geofyzikálním profilem č. 4.

Další čtyři vrtů označené jako HV 1 až HV 4 byly vyhloubeny v blízkosti inklinometrických vrtů IV 1 až IV 4 tak, aby je párovaly a bylo možno korelovat změřené hodnoty deformací v inklinometrech s kolísáním hladiny podzemní vody v bezprostřední blízkosti.

Hydrogeologické vrtů byly vystrojeny pažnicovou kolonou z tvrzeného PVC o \varnothing 125 mm. Zhlaví vrtů bylo opatřeno ocelovou chráničkou o \varnothing 159 mm s uzamykatelným víkem a s přivařeným výstražným terčem. Chránička byla zabetonována do hloubky min. 0,5 m pod terén. Perforované úseky PVC výstroje byly v zájmových úsecích obsypány kačírskem frakce 1,6/4 mm. Výstroj vrtu je schematicky znázorněna zde:



Obrázek 5 Schema hydrogeologického pozorovacího vrtu

Tabulka 3.4.2: Seznam vystrojených vrtů

Vrt	hloubka (m)	x	y	z (m.n.m)
HGP 1	15,0	847183.633	1007132.248	417.904
HGP 2	15,0	847227.470	1007119.970	419.076
HGP 3	15,0	847283.485	1007098.448	419.740
HGP 4	15,0	847171.694	1007107.827	420.962
HGP 5	15,0	847128.987	1007067.387	421.875
HGP 6	15,0	847069.727	1007051.842	427.421
HGP 7	15,0	847114.024	1007023.215	423.083
HV 1	13,0	845770.089	1006664.674	458.151
HV 2	20,0	845794.634	1006777.941	443.500
HV 3	14,0	845732.839	1006781.894	442.065
HV 4	10,0	845702.435	1006821.361	434.417
IV 1	15,0	845767.349	1006663.436	458.600
IV 2	20,0	845796.316	1006777.684	443.531
IV 3	10,0	845735.282	1006781.998	442.304
IV 4	10,0	845704.000	1006820.985	434.445
IV 5	8,5	846925.637	1007141.298	423.662
IV 6	8,1	846971.291	1007154.905	424.448
IV 7	8,5	847019.968	1007165.701	423.752

3.5 Kopané sondy

V rámci zakázky byly pro ověření materiálu obsypu jádra násypů (viz příloha 1 předpisu SŽ S4), podloží násypů a materiálu v přímém podloží svahů zářezů provedeny následující kopané sondy:

Tabulka 3.5.1: Seznam kopaných sond mimo trať

Kopná sonda	hloubka (m)	x	y	z (m.n.m)
KS 1	1,5	847690.033	1007171.126	407.178
KS 2	1,1	847218.093	1007166.943	413.659
KS 3	0,8	846853.804	1007128.740	418.371
KS 4	1,0	846699.051	1006998.266	422.429
KS 5	0,3	846507.331	1006859.890	423.308
KS 6	0,6	845296.214	1006833.369	436.956
KS 7	0,8	847400.751	1007118.202	413.166
KS 8	0,3	845132.662	1006815.086	444.821
KS 9	0,5	845782.233	1006796.620	437.976
KS 10	0,6	846235.358	1006782.273	433.380
KS 11	0,5	846236.184	1006797.366	433.807
KS 12	0,3	846619.598	1006899.920	428.794

Aby nedocházelo k záměně s obdobně nazvanými sondami z předchozího průzkumu, do výkresu situace jsme k našim sondám uvedli rok 2021.

Provedeny byly ručně cca 0,4 – 0,5 m pod povrch (pod drn). Ze dna kopaných sond byly odebrány neporušené vzorky zatlučením ocelových válců. Po zdokumentování a odběrech vzorků geologem byly sondy zpětně zahrnuty vytěženým materiálem.

3.6 Penetrační sondy

Pro zjištění podloží náspů byly v blízkosti kopaných sond udělány dvojice penetračních sond (po levé a pravé straně ve směru staničení).

Ve shodě se zadáním bylo provedeno 16 ks penetračních sond. Souhrnná metráž činila 67,7 bm.

Tabulka 3.6.1: Seznam penetrací mimo trať

penetrace	hloubka (m)	x	y	z (m.n.m)
DP 1 L	2,7	845296,770	1006833,470	437,160
DP 1 P	4,0	845295,160	1006811,550	441,550
DP 2 L	4,7	846506,920	1006860,270	423,420
DP 2 P	5,0	846513,060	1006828,590	424,680
DP 3 L	2,5	846697,540	1006997,250	422,850
DP 3 P	3,7	846722,000	1006976,010	424,770
DP 4 L	4,8	846852,840	1007129,350	418,830
DP 4 P	4,0	846871,340	1007106,230	421,030
DP 5 L	4,5	847217,300	1007167,560	414,260
DP 5 P	4,0	847208,120	1007134,980	417,890
DP 6 L	4,0	847400,980	1007118,920	413,560
DP 6 P	4,0	847400,550	1007087,450	416,720
DP 7 L	5,6	847660,000	1007199,870	406,010
DP 7 P	2,5	847690,450	1007170,780	407,290
DP 8 L	3,0	844932,700	1006836,240	445,170
DP 8 P	3,0	844933,230	1006823,030	445,300

Princip zkoušky spočívá v zarážení normového hrotu konstantní energií (pádem beranu) a sleduje se počet úderů potřebných k zarážení normového hrotu o každých 10 cm (N10). Cílem zkoušky je zjistit průběh měrných dynamických odporů zemin a poloskalních či měkkých hornin (qdyn) vůči zaráženému hrotu. Měrné dynamické odpory qdyn (MPa) byly z naměřených hodnot získány přepočtem podle ČSN P ENV 1997-3. Zjištěný průběh dynamických odporů u jednotlivých sond byl v kombinaci s výsledky dalších typů sondáže využit ke zpřesnění a stanovení průběhu litologických rozhraní ve zpracovávaných geologických profilech.

K sondáži byla použita ruční souprava s váhou beranu 50 kg, výškou pádu beranu 0,5 m, plochou hrotu 15 cm² a vrcholovým úhlem hrotu 90°.

Vyhodnocení zkoušek je uvedeno v kapitole 4.2 této zprávy a průběhy a interpretace jednotlivých sond jsou uvedeny v příloze 4.6.

3.7 Práce z povrchu trati

3.7.1 Statické zatěžovací zkoušky, pražcové podloží

Podle požadavků zadávací dokumentace jsme provedli kopané sondy v trati.

Kolej č. 1

KS 11 (2021) km 177,941 (proti výhybce č. 11), kopaná sonda hloubka 1,38 m se statickou zatěžovací zkouškou, dynamickou penetrací a odběrem vzorku zemin zemní pláň pro stanovení opravného součinitele „Z“,

KS 12 (2021) km 178.734 Sonda k ověření funkčnosti odvodnění. Hloubka sondy 0,8 m.

Kopaná sonda v zářezu km 179,040 – 179,335. Sonda k ověření panelů. Sonda nebyla provedena, protože by zničila odvodnění. Jako varianta jsme v zářezu realizovali tři penetrační sondy střední dynamickou penetrací (DPM) v ose první koleje. Hloubka je měřena od úrovně štěrkového lože. Penetrace se zastavily vždy na zcela pevné podložce, předpokládáme panel.

PSK 13 km 179,087 hloubka 0,9 m.

PSK 12 km 179,144 hloubka 0,8 m.

PSK 11 km 179,202 hloubka 0,75 m.

Protože se jedná o bodové údaje, úsek jsme v době výluky dne 15.10.2021 proměřili geofyzikou pro určení přesného úseku, kde byly panely položeny. Výsledky geofyzikálních měření jsou v příloze č. 8.2.

KS 13 (2021) km 180,095. Sonda k ověření existence geobuněk. Horní hrana geobuněk zastižena v hloubce 1,16 m pod temenem kolejnice.

Kolej č. 2

KS 21 (2021) km 178,008, hloubka 1,25 m. Kopaná sonda se statickou zatěžovací zkouškou, dynamickou penetrací a odběrem vzorku zemin zemní pláň pro stanovení opravného součinitele „Z“,

KS 22 (2021) km 179,216 Sonda k ověření existence panelu. Panel zastižen v hloubce 1,16 m pod temenem kolejnice.

KS 23 (2021) km 180,095 Sonda k ověření existence geobuněk. Horní hrana geobuněk zastižena v hloubce 1,3 m pod temenem kolejnice.

KS 24 (2021) km 180,820, hloubka 1,35 m. Kopaná sonda se statickou zatěžovací zkouškou, dynamickou penetrací a odběrem vzorku zemin zemní pláně pro stanovení opravného součinitele „Z“,

KS 25 (2021) km 180,923, hloubka 1,35 m. Kopaná sonda se statickou zatěžovací zkouškou, dynamickou penetrací a odběrem vzorku zemin zemní pláně pro stanovení opravného součinitele „Z“,

U sond určených pro zjištění vlastností zemní pláně jsme provedli následující práce:

- Vyhloubení sondy až na úroveň zemní pláně.
- Dokumentace sondy.
- Z materiálu pláně železničního tělesa jsme odebrali vzorky zemin, které byly zkoušeny v laboratoři mechaniky zemin SG Geotechnika a.s. a souběžně ve zkušební laboratoři 4G consite, s.r.o.
- Na zemní pláni byla provedena zatěžovací zkouška deskou.
- Ve vykopané sondě byla provedena penetrace střední dynamickou penetrací (DPM) s parametry dle Tabulky 1 ČSN ISO 22476-2 (totožné s přílohou 5 E platného předpisu S4/2021).

Dokumentace sond včetně výsledků zkoušek je obsahem přílohy č. 4.7.

3.8 Monitorovací systém

V rámci doplňkového IGP byl vybudován monitorovací systém 7 ks inklinometrických vrtů, 11 ks hydrogeologických pozorovacích vrtů a systém povrchových geodetických bodů.

Inklinometrické vrty a hydrovrty jsou popsány v kapitole 3.4.

Síť povrchových geodetických bodů instaloval v roce 2020 v rámci svých prací STRIX Chomutov a.s., tento systém jsme doplnili o body v mezičase zničené nebo odstraněné.

Navíc jsme v rámci našeho úkolu vybudovali nové profily v kilometrech:

Profil D 5.15 v km 180,180

Profil D 5.14 v km 180,132

Profil D 5.13 v km 180,094

Profil D 5.12 v km 180,036

Profil D 5.11 v km 179,846

Interpretace naměřených dat není předmětem našeho zadání.

3.9 Odběr vzorků

Pro laboratorní zkoušky a rozborů zemin byly odebírány **vzorky zemin** kategorie odběru A dle ČSN EN ISO 22475-1 (neporušené vzorky) a kategorie B (poloporušené a porušené), a to v odpovídajících třídách kvality ve smyslu ČSN EN 1997-2.

Poloporušené vzorky (PPV) byly odebírány v předepsaném hmotnostním množství dle typu zeminy do dvojitých igelitových sáčků (zachování vlhkosti). Vzorky zemin byly opatřeny etiketami s označením akce, zak. čísla, čísla vrtu, hloubkou odběru a datem odběru.

Neporušené vzorky (NV) byly z vrtů odebírány vrtnou osádkou nebo přítomným geologem standardním postupem, tj. vtlačným břitovým odběrákem do PVC pouzdra Ø 120/2,2 mm. Při odběru neporušeného vzorku zeminy bylo odběrné zařízení vtlačeno statickým přtlakem s vyloučením rotačního pohybu, aby odebrané vzorky nebyly porušeny torzí.

K odběru neporušených vzorků z kopaných sond byla rovněž využita metoda zasekání ocelových válců na dně kopaných sond.

Kromě vzorků zemin byly z vystrojených vrtů odebírány i vzorky podzemní vody.

Vzorky podzemní vody byly analyzovány pro vyšetření jejich agresivity na betonové konstrukce dle ČSN-EN 206-1.

Vzorky vod byly odebírány do vzorkovnic poskytnutých akreditovanou laboratoří.

Veškeré vzorky byly po bezprostředně po odběrech dopraveny do laboratoře mechaniky zemin společnosti SG Geotechnika a.s. a laboratoří společnosti Aquatest a.s.

3.10 Laboratorní zkoušky - výsledky

Na odebraných vzorcích zemin, hornin a vod byl proveden komplex laboratorních zkoušek. Protokoly laboratorních zkoušek mechaniky zemin jsou v příloze č. 9, Souhrnná tabulka výsledků je Tab. č. 3

Protokoly laboratorních rozborů vody jsou v příloze č. 10, Souhrnná tabulka výsledků je Tab. č.3.1.11.

Tabulka 3.11.1: Výsledky laboratorních zkoušek vody

Sonda	hloubka HPV pod terénem	agresivita ČSN-EN 206-1	CO ₂ agres	pH
HGP 1	2,0	XA 2 střední	43,7	6,27
HGP 3	2,0	XA 2 střední	55,0	6,23
HGP 6	5,0	XA 2 střední	49,5	6,30
HGP 7	2,0	XA 2 střední	52,8	5,58
HV 2	4,0	neagresivní	<0,5	6,74
HV 3	5,0	XA 2 střední	55,0	6,41
HV 4	8,0	neagresivní	x	7,18
JK 1	5,8	neagresivní	<0,5	7,15
JZ 1	6,0	neagresivní	<0,5	7,35
JZ 4	4,0	XA 3 vysoká	91,3	5,48

3.10.1 Výsledky klasifikačních rozborů zemín

V rámci akce bylo provedeno celkem **64 klasifikačních rozborů** (60 na poloporušených a neporušených vzorcích odebraných z vrtů a kopaných sond mimo vlastní trať a 4 odebrané z kopaných sond v trati).

Zeminy byly na základě indexových zkoušek zaříděny do klasifikačního systému uvedeného v ČSN 73 6133. Přehled o indexových parametrech zeminy (zrnitostní skladba, aktuální vlhkost, Atterbergovy meze atd.) přehledně shrnuje tabulka č. 3. Vlastní protokoly zkoušek s příslušnými zrnitostními křivkami jsou dokladovány v příloze 9.2.

3.10.2 Zkoušky stlačitelnosti v oedometru

Výsledky zkoušek stlačitelnosti v oedometru (jednoosé deformace) jsou ve zkrácené formě prezentovány v tabulce 3.11.2.1. Součástí zkoušek stlačitelnosti byly i indexové zkoušky testovaných vzorků.

Celkem byly provedeny 4 oedometrické zkoušky k vyšetření stlačitelnosti podloží náspu v poddolovaném území. Upozorňujeme, že hodnota edometrického modulu přetvárnosti je pro různé obory napětí různá. Vztah mezi modulem deformace E_{def} (při uvažování trojosé deformace) a oedometrickým modulem E_{oed} je dán následovně: $E_{\text{def}} = \beta \cdot E_{\text{oed}}$, kde součinitel $\beta = 1 - (2\nu^2/1-\nu)$ a ν je Poissonovo číslo. Výsledky zkoušek stlačitelnosti byly vzaty do úvahy při stanovení deformačních modulů v rámci posuzování podloží předmětného úseku. Výsledky korespondují

s makroskopickým popisem zemin, které byly v rámci průzkumu zastiženy a rovněž s interpretací penetračních zkoušek.

Protokoly provedených zkoušek jsou dokladovány v příloze 9.

Tabulka 3.11.2.1: Výsledky zkoušek stlačitelnosti

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	ČSN 736133	objem. tíha (kN/m ³)	obor napětí (kPa)	Eoed (MPa)
75281	HGP 1	1,5 - 1,7	F6 CI	19,8	52 - 100	3,82
					100 - 200	4,01
					200 - 300	5,92
					300 - 400	8,18
				21,0	400 - 500	10,68
75282	HGP 2	6,7 - 6,9	F8 CH	18,9	110 - 200	6,95
					200 - 300	6,73
					300 - 400	6,82
				19,8	400 - 500	12,57
75283	HGP 3	4,3 - 4,7	F8 CV	19,7	150 - 200	29,35
					200 - 300	15,59
					300 - 400	12,58
					400 - 500	19,96
				20,2	500 - 600	17,01

3.10.3 Výsledky krabicových smykových zkoušek

Výsledky krabicových smykových zkoušek jsou uvedeny v tab. 3.11.3.1.

Tabulka 3.11.3.1: Výsledky smykových zkoušek

Sonda	Hloubka (m)	ČSN 736 133	Přirozená vlhkost w_n (%)	φ_{ef} (°) vrcholové	c_{ef} (kPa) vrcholové
HGP 3	4,3 - 4,5	F8 CV	27,1	25,5	0
HGP 4	14,2 - 14,4	F8 CV	25,6	20	11
HGP 5	5,8 - 6,0	F6 CI	26,5	24	25
HGP 6	7,0 - 7,2	F7 MV	37,2	13,5	59
HGP 7	11,0 - 11,2	F7 MV	33,6	26	10
HV 1	10,3 - 10,5	F3 MS	30,7	24	55
HV 1	12,0 - 12,2	F3 MS	30	30,5	0
HV 4	6,0 - 6,2	F7 MH	24,5	14	55
IV 2	11,3 - 11,5	F3 Ms	50,6	19,5	62
IV 2	14,8 - 15,0	F7 ME	57,8	22	49
IV 3	9,0 - 9,2	F3 MS	42,8	26,0	52
IV 3	17,3 - 17,6	F3 MS	51	13,5	15
IV 4	5,4 - 5,6	F4 CS	18,2	22	57
JK 1	3,0 - 3,2	F7 MH	30,2	25	27
JK 2	4,5 - 4,7	F3 MS	30,7	19	47
JZ 1	2,0 - 2,2	S5 SC	15,3	29	33,2
JZ 2	4,6 - 4,8	F3 MS	50,9	30	29
JZ 3	6,3 - 6,6	F8 CV	36,5	23	11
JZ 4	2,8 - 3,0	F1 MG	80,3	24	29
JZ 5	2,3 - 2,5	F4 CS	32,6	25*	0*
KS 2	0,3 - 0,5	F4 CS	14,2	34,5	11
KS 2	1,0 - 1,2 m			40	15
KS 4	0,2 - 0,5			33	16
KS 5	0,1 - 0,3	F7 MH	24,2	26	11
KS 6	0,4 - 0,6	F7 ME	66,2	22	12
KS 10	0,4 - 0,6	G4 GM	33,1	26,5	14
KS 11	0,3 - 0,5	S4 SM	39,3	29	19
* - rozptyl bodů - nepřesný výsledek					

Jedná se o hodnoty vrcholové, efektivní. Celkem bylo realizováno 27 smykových zkoušek. Každá zkouška byla prováděna pro 4 normálová napětí.

3.11 Geofyzikální průzkum

V rámci našich prací zadávací projekt předepsal geofyzikální průzkum ve dvou oblastech:

V poddolovaném území v blízkosti náspu železnice a v oblasti svahu nad železnicí.

Vyhledávací průzkum na propusty v místech, kde podklady deklarovaly propusty jako nenalezené.

V poddolovaném území byl geofyzikální průzkum realizován dle zadání, byly zde aplikovány následující metody:

- Geoelektrická metoda **elektrické odporové tomografie (dále ERT)** pro posouzení homogenity geologického prostředí a litologických změn na základě odporových vlastností hornin.
- Profil č. 4 kritický z hlediska stability byl dále proměřen seismickou metodou **mělké refrakční seismiky (MRS)** pro zjištění hloubky podložních hornin, mocnosti pokryvných hornin a celkového porušení podloží.

Výsledky tohoto průzkumu jsou obsahem přílohy č. 8.1.

Propusty, které byly v situaci označeny jako „nenalezeny“, byly při terénní pochůzce dohledány, a tedy jejich dohledávání pomocí geofyzikálních metod ztratilo smysl. Po dohodě se zástupcem objednatele byly plánované geofyzikální měření přesunuty do zářezu v km 179,000 – 179,360 za účelem zjištění přesných úseků s panely v pražcovém podloží. Stávající informace vycházely z bodových údajů – kopaných sond a penetrací, a tedy nedávaly úplný přehled o začátku a konci úseku sanovaného panelu. Výsledky těchto prací jsou obsahem přílohy č. 8.2.

Principy měřených metod

Elektrická odporová tomografie (dále ERT)

Elektrická odporová tomografie (ERT) je kombinací odporového profilování a sondování. Měřením získáme informace o rozložení měrných odporů jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru. Měření je řízeno automatickou multielektrodovou aparaturou Ares II výrobce GF Instruments a probíhá pomocí stabilně rozloženého systému elektrod, které jsou střídavě používány jako zdrojové (proudové) a měřicí (potenční) s geometrickým uspořádáním podle Schlumbergera. Výsledkem měření jsou geoelektrické řezy zdánlivých měrných elektrických odporů horninového prostředí, pomocí nichž se interpretují litologické celky, místa litologických změn, tektonika a míra porušení horninového prostředí.

Mělká refrakční seismika (dále MRS)

Metoda MRS je vhodná pro sledování stavu horninového masivu (hornin) a jeho pokryvu (zemin). Metoda je založena na registraci doby příchodu seismického signálu ve vzdálených bodech, v nichž je pomocí geofonů transformován mechanický vzruch na elektrické napětí. Seismické vlny procházející geologickým prostředím se odrážejí a lámou od seismických rozhraní. Vlny přináší informace o mělké nízkorychlostní vrstvě, která je tvořena převážně nezpevněnými pokryvnými uloženinami a antropogenními navážkami, o reliéfu pevnějšího podloží a o celkovém charakteru podloží do hloubky.

3.12 Geotechnické výpočty

V rámci průzkumných prací byly provedeny geotechnické výpočty ve dvou lokalitách mimo trať (poddolované území v 1 profilu a hřbet nad tratí v km 178,730 – 178,850 ve dvou profilech).

Dále jsme posuzovali stabilitu zářezů ve 4 profilech (km 178,200; 178,780; 179,250; 179,640).

Stabilita náspů byla posuzována v 7 profilech (km 178,350; 179,550; 179,760; 179,980; 180,350; 180,520; 180,800).

Podrobná metodika a výsledky jsou obsahem přílohy č. 6, stabilitu a doporučení vyhodnocujeme v rámci pasportů jednotlivých úseků trati.

4. Geotechnické poměry a podmínky stavby

4.1 Podrobné inženýrskogeologické mapování

V zájmovém území podél železniční tratě v úseku Hájek - Dalovice byla vyhotovena podrobná účelová inženýrskogeologická mapa v měřítku 1:5 000. Byla zpracována na základě terénního povrchového inženýrskogeologického mapování a výsledků vrtných prací vlastních i archivních.

V mapě je zakresleno rozšíření kvartérních pokryvných útvarů (sedimenty fluviální, deluviofluviální a deluviální) spolu s jejich podložním předkvartérním podkladem (sedimenty Sokolovské pánve, vulkanogenní horniny a granity karlovarského masivu).

V mapě jsou dále vyznačeny zlomy, údaje o hydrogeologických poměrech, svahových deformacích, rozsahu poddolovaného území. Doplnují je údaje o mocnosti náspů a navážek, hloubce zářez či odkryvů a o opuštěných těžebních kaolinu, lomech a hliništích.

Na základě výsledků inženýrskogeologického mapování uvádíme předpokládaný geologický vývoj území.

Geologický vývoj zájmového území:

1. Vznik vulkanogenního souvrství v miocénu.
2. Sedimentace slojového a nadložního (cypřišového) souvrství.
3. Zdvih SZ kry (podélné zlomy krušnohorského směru) a vyvlečení sloje při úpatí.
4. Staré svahové deformace na SZ okraji pánve.
5. Těžba uhlí ve sloji Antonín s ponecháním ochranného pilíře železniční trati.
6. Vytvoření poklesové kotliny nad tratí a posléze následné mělké sesuvy pod linií hlavního zlomu, hlavně následkem přítoků podzemní i povrchové vody z oblasti výchozů granitu na severozápadě území (infiltrační oblast).

Vlastní mapa s vysvětlivkami je obsahem přílohy č. 5.

4.2 Úseky mimo trať

4.2.1 Stabilita hřbetu km 178,730 – 178,850 „sad“

V úseku km 178,850 – 179,000 (vysoký násep) došlo v minulosti počínaje březnem 2019 k opakovaným poruchám GPK koleje až posléze byla situace vyhodnocena jako havarijní, byl přerušen provoz a zahájena sanace. Zdroj poruchy byl identifikován v morfologické elevaci, kterou

trať protíná zářezem cca v km 178,730 – 178,850 a to na pravé straně ve směru staničení (severně od trati) na straně přilehlé k náspu zhruba v úrovni propustku v km 178,925.

Dle ústního sdělení tehdy přítomného geotechnika Ing. Ďurove při zásahu do svahu této elevace byla pozorována zvodnělá uhelná sloj, kde byla podzemní voda pod vysokým hydraulickým přetlakem a po narušení zvodně tryskala na povrch. V rámci sanačních opatření tohoto náspu byl násep včetně propustku zcela odstraněn, sanováno podloží a vybudován nový propustek a násep z vyztuženého zemního tělesa. Pro možnost sledování případných pohybů na povrchu byla vybudována síť povrchových bodů pro možnost geodetického sledování.

Jedná se o profily D 5.4 v km 178,718; D 5.5 v km 178,738; D 5.6 v km 178,821; D 5.7 v km 178,833 a D 5.8 v km 178,845.

Protože v době zadání doplnkového průzkumu nebylo zjevné, zda se havarijní situace nemůže opakovat, byl v rámci našich prací vybudován geotechnický monitorovací systém pomocí 4 ks inklinometrických vrtů IV 1 – IV 4 umístěných ve dvou profilech. Inklinometrické vrty nám umožní sledovat případné deformace v hloubce a identifikovat případnou smykovou plochu. Protože inklinometrické vrty neumožňují zjišťovat kolísání hladiny podzemní vody, byly tyto vrty párovány vystrojenými hydrovrty. Z hydrovrtů byly odebrány vzorky podzemní vody.

Celková stabilita tohoto hřebetu byla prověřena geotechnickými výpočty v obou profilech.

Na základě vyhodnocení našich prací můžeme konstatovat, že tento hřbet je ve své vrchní části tvořen výlevnou vyvřelinou charakteru čediče (geologická dokumentace vrů IV 1 a HV 1, viz přílohy č. 4.2 a 4.3), což vysvětluje odolnost proti erozi, a tedy samotnou existenci hřebetu.

Sanace odvodněním západní strany hřebetu, provedená v rámci sanace náspu se ukázala úspěšnou, hladina podzemní vody ve vrtu HV 2 (v blízkosti původního sesuvu) vykazuje setrvale nízké hodnoty hladiny vody, dokonce výrazně nižší hladiny než na opačném (východním) konci hřebetu, kde je vystrojený hydrovrt HV 3. Hladiny vody v těchto hydrovrtech uvádíme v tabulce 4.2.1.1.

Tabulka 4.2.1.1.: Měření ustálených hladin v hydrovrtech v sadu

měřeno	HV 1	HV 2		HV 3		HV 4	
datum	hloubka h.p.v.	hloubka h.p.v.	m.n.m.	hloubka h.p.v.	m.n.m.	hloubka h.p.v.	m.n.m.
19.08.2021	sucho	11,52	432,94	5,19	437,60	1,93	433,09
24.08.2021	sucho	11,60	432,86	5,30	437,49	1,85	432,57
06.09.2021	sucho	11,60	432,86	5,28	437,51	1,90	432,52
06.10.2021	sucho	11,64	432,82	5,38	437,41	2,30	432,12
16.10.2021	sucho	11,66	432,80	5,41	437,38	2,35	432,07

Hloubka h.p.v. je uváděna od horní hrany výpažnice. Výška pažnic nad terénem je zde:

Tabulka 4.2.1.2: Výšky pažnic nad terénem

	HV 1	HV 2	HV 3	HV 4
výška pažnice nad terénem	0,97	0,96	0,72	0,60

Je zjevné, že úroveň podzemní vody ve vrtu HV 2 je zhruba 4,5 m níže, než je hladina vody v sondě HV 3 a že odvodnění je funkční.

Zároveň si dovoluujeme upozornit na výskyt agresivního CO₂ zjištěného ve vzorku vody odebraného z vrtu HV 2, což je indicie komunikace s uhelnou slojí popsanou při sanaci, zatímco vzorek vody odebraný z HV 3 je neagresivní. (viz tabulka rozborů č. 3.11.1.)

Stabilitní výpočty západního svahu dlouhého profilu A – Á (IV1 – IV2 – IV4) vykázaly dostatečnou stabilitu za všech modelovaných okolností. (Kapitola 4.3 v příloze č. 6)

Tabulka 4.2.1.3: Výsledky stabilitních výpočtů profilu A - A

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu A - A' (sad)		stupeň stability FS [-]	požadovaný stupeň stability FS [-]
stabilita náspu (jemnozrnný)	současný stav	1,905	1,3
	nastoupaná	1,44	
stabilita celého svahu	současný stav	2,264	1,1
	nastoupaná	1,779	

Naproti tomu východní svah B - B' (IV1 – IV2), který se v minulosti sesunul, vykázal stupeň stability nižší, než je platnými předpisy požadovaný a navíc, za předpokladu zvýšení hladiny podzemní vody

a pórových napětí klesá stupeň stability pod hodnotu $FS = 1$ (viz kapitola 4.5. v příloze č. 6). Tato část svahu je tedy z hlediska své stability závislá na funkčnosti odvodnění a výsledky monitorování kolísání hladiny podzemní vody ve vrtu HV 2 jsou důležité.

Tabulka 4.2.1.4: Výsledky stabilitních výpočtů profilu B - B

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu B - B' (sad)		HPV	stupeň stability FS [-]	požadovaný stupeň stability FS [-]
stabilita zářezu	severní strana	současný stav	1,284	1,5
		nastoupaná	0,673	
	jižní strana	nastoupaná	1,28	
stabilita celého svahu		současný stav	2,196	1,1
		nastoupaná	0,903	

Výše uvedené se týkalo celkové stability svahu, stabilita zářezu jako takového je předmětem dalšího výpočtu a je uvedena v popisu předmětného zářezu v kapitole 4.3.2.6

4.2.2 Poddolované území km 179,600 – 180,500

V předmětném úseku se po obou stranách trati vyskytují poklesové kotliny spojené s poddolováním. Ve smyslu požadavků platného předpisu SŽ S4, jakož i zadávací dokumentace, byl objednán a zpracován báňský posudek příslušným odborným znalcem, který je obsahem přílohy č. 7 této zprávy. Z posudku jednoznačně vyplývá, že těžba byla realizována ještě před výstavbou dráhy, pro tuto trasu byl ponechán ochranný pilíř. V tomto pilíři byly proraženy pouze dvě štoly, kterých mechanický dopad nedosahuje k povrchu terénu.

Vlastní těžba měla dopad v poklesu terénu do významných poklesových kotlin trvale vyplněných vodou v lese severně od trati. Tečou zde rovněž drobné povrchové vodoteče, které jsou převáděny přes trať pod mostem a přes propustky v km 179,752; 179,940; 180,324; 180,485.

Vyhlobili a vystrojili jsme zde 7 hydrovrtů (HGP 1 – HGP 7) každý délky 15 m ve dvou profilech. Jeden profil je souběžně s tratí a zde jsme rovněž odebrali vzorky pro zkoušky stlačitelnosti v oedometru.

Kromě těchto sond, které byly vyvrtány účelově pro řešení tohoto území, vyhodnocujeme rovněž vrtané a penetrační sondy zhotovené pro účely zjištění přímého podloží trati a penetrační sondy v trati ražené přes násep až do podloží.

Byly zde proměřeny 4 profily geofyzikou.

Všechny výše uvedené práce se shodují v tom, že na celém poddolovaném území se vyskytuje pokryvná vrstva tvořená měkkými až tuhými jíly o mocnosti cca 3 – 5 metrů. Tato vrstva je i pod násypovým tělesem a je zdrojem části dlouhodobých deformací, které se projevují poruchami GPK. Tyto jíly jsou dle většiny zkoušek vysoce plastické (F6, F7 a F8) a obsahují čočky a vrstvičky písku. Níže se jedná o pánevní jíly pevné až tvrdé konzistence přecházející až do jílovců.

Z morfologie terénu a z výše uvedeného je možné, že tato oblast byla v dávné minulosti postižena velkým sesuvem. Událost se stala patrně po ukončení poslední doby ledové, kdy klimatické poměry byly výrazně odlišné od dnešního stavu (vysoké srážky, málo vegetace). Smyková plocha probíhala v pánevních sedimentech nad uhelnou slojí, která tímto pohybem nebyla postižena. Tím došlo k deficitu hmoty v odlučné oblasti, který je pozorovatelný i v současnosti a zřejmý z průběhu vrstevnic. Typické pro tento typ sesuvů je to, že svrchní část se v průběhu pohybu potrhá významnými trhlinami, jejichž hloubka odpovídá neodvodněné nekonsolidované pevnosti těchto zemin – u pevných jílovců je mocnost této svrchní měkké části právě 3 – 5 metrů. Tyto trhliny se naplní vodou a konzistence klesne z pevné na měkkou až tuhou. Toto je pozorováno i z výsledků našich sondovacích a geofyzikálních prací v tomto terénu.

Z geologického hlediska nedávno došlo k poddolování území a tím rovněž došlo ke změnám ve sklonu území.

Současná stabilita byla modelována na pracovišti Geotechnické modelování s výsledkem, že globální **stabilita celého svahu včetně traťového úseku je dostatečná a splňuje předpisy požadované stupně stability**. Zůstává zde riziko drobných povrchových sesuvů relativně daleko od trasy, které nemohou železniční provoz ohrozit. Podrobné informace k modelovým výpočtům jsou v příloze č. 6 kapitola 4.10.

Tabulka 4.2.2.1: Výsledky stabilitních výpočtů poddolovaného území

nasycení	smyková plocha	stupeň stability FS [-]
plné nasycení pomocí Ru	obecná	0,995
nasycení po dešti	kruhová	1,38
zvýšená HPV	kruhová	1,423

Významné nesrovnalosti ale sledujeme v koloběhu podzemní vody. Pro účely posouzení propustnosti jednotlivých vrstev jsme odebrali 4 vzorky a ty jsme zkoušeli na propustnost.

Tabulka 4.2.2.2: Výsledky zkoušek propustnosti

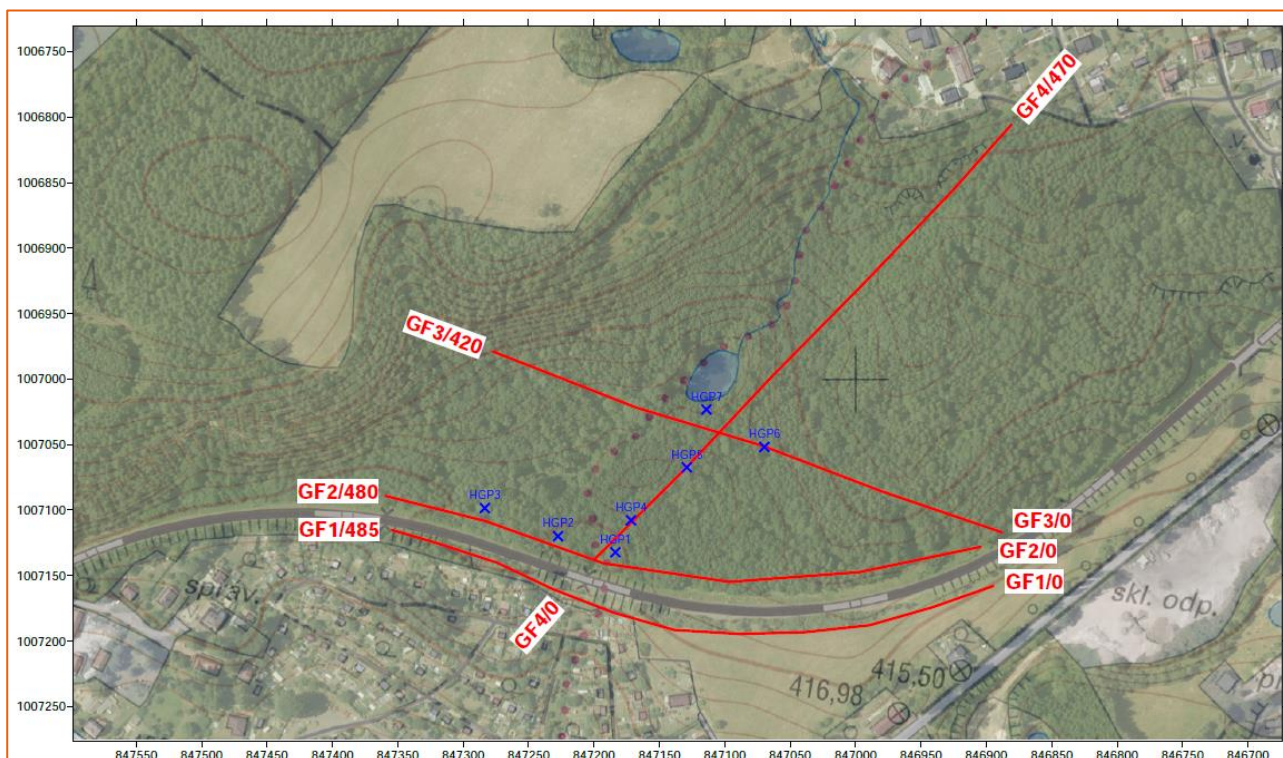
Sonda	třída	hloubka (m)	K _f (m/s)
HGP 1	S4 SM	2,1 - 2,5	2,8*10 ⁻⁶
HGP 4	S3 SF	6,2 - 6,5	2,2*10 ⁻⁴
HGP 6	S3 SF	2,5 - 2,7	7,5*10 ⁻⁴
HGP 7	F8 CH	3,8 - 4,0	3,0*10 ⁻⁸

Z koeficientů propustnosti jílových vrstev vyplývá, že zastižené vysokoplastické jíly by měly být prakticky nepropustné a být dokonalým izolátorem před pronikáním podzemní vody a důlních plynů. Tomu nasvědčuje i existence větší nádrže na svahu a menších bezodtokých depresí severně od trati, protože v opačném případě by povrchové vody prosáklý do zbytků důlních děl v podzemí a vytekly starými štolami. Koloběh podzemní vody by měl být v mělkých zvodních tvořených zahliněnými a zajílovanými písky o propustnostech $K_f = 10^{-4} - 10^{-6}$ m/s.

Tabulka 4.2.2.3: Měření kolísání ustálených hladin v hydrovrtech

měřeno	HGP 1		HGP 2		HGP 3		HGP 4		HGP 5		HGP 6		HGP 7	
	h.p.v.	m.n.m.	h.p.v.	m.n.m.	h.p.v.	m.n.m.	h.p.v.	m.n.m.	h.p.v.	m.n.m.	h.p.v.	m.n.m.	h.p.v.	m.n.m.
24.08.21	1,30	417,33	2,85	416,97	2,15	418,25	10,50	411,27	2,90	419,79	11,65	416,67	1,10	422,65
06.09.21	1,36	417,27	3,06	416,76	1,23	419,17	10,70	411,07	3,31	419,38	11,20	417,12	1,33	422,42
06.10.21	1,50	417,13	3,38	416,44	2,58	417,82	10,46	411,31	4,05	418,64	12,40	415,92	2,35	421,40
16.10.21	1,54	417,09	3,48	416,34	2,67	417,73	5,14	416,63	4,17	418,52	9,87	418,45	2,58	421,17

Vrty HGP 1, HGP 4, HGP 5, HGP 6, a HGP 7 jsou uspořádány na svahu od nejnižší nadmořské výšky po nejvyšší. Situace těchto vrtů včetně relevantních geofyzikálních profilů uvádíme na obrázku č. 6.



Obrázek 6 Situace GF profilů a hydrovrtů v poddolovaném území

Nadmořské výšky vrtů jsou v tabulce 4.2.2.4.

Tabulka 4.2.2.4: Nadmořské výšky vrtů (úroveň terénu)

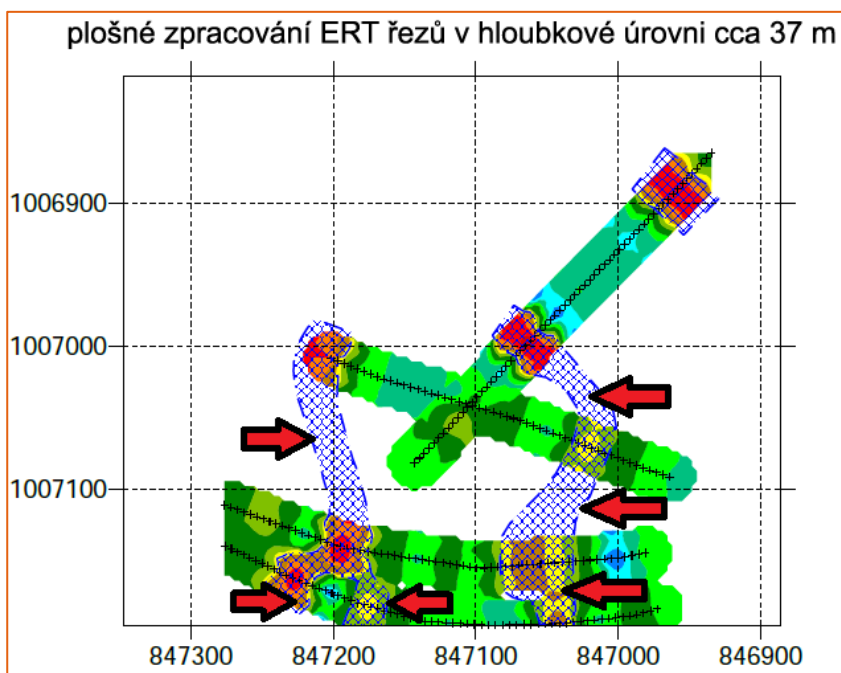
HGP 1	HGP 2	HGP 3	HGP 4	HGP 5	HGP 6	HGP 7
417,904	419,076	419,740	420,962	421,875	427,421	423,083

Očekávané proudění podzemní vody by mělo být zjevně od severu k jihu podélně se svahem. Z měření ustálených hladin vody to ale tak nevypadá, nejvíce se vymykají hladiny vody u sondy HGP 4. Zde je hladina podzemní vody dokonce níže, než je u HGP 1, který je níže po svahu.

Protože jsme vzhledem k naměřeným hodnotám měli podezření, že vrt je zakolmatován, a tedy že hladina podzemní vody v něm nekomunikuje s hladinou podzemní vody v okolí, provedli jsme ve dnech 6.10.2021 (vrt HGP 6) a 15.10.2021 (vrt HGP 4) zkoušku zalitím. Hladina vody ve vrtech se začala ihned snižovat, což je průkaz, že voda v sondě hydraulicky komunikuje s hladinou podzemní vody a že tedy změřené údaje jsou relevantní. U HGP 4 se již druhý den dostala pod úroveň HGP 1 a dále klesala.

Domníváme se, že změřenou depresi v hladině podzemní vody lze vysvětlit tím způsobem, že v blízkosti vrtu HV 4 je vertikální komunikační kanál, kterým se podzemní voda přípoверхové oblasti drénuje do hlubších pater bývalého dolu a je drénována pod tratí starými důlními chodbami, případně preferovanými cestami v písčitéjších prolohách.

Toto velmi dobře odpovídá zjištěním geofyziky, kdy odporové měření indikuje v hloubce cca 37 metrů pod povrchem dvě anomálie, které by mohly být způsobené prouděním podzemní vody v písčitéjších prolohách pod tratí.



Obrázek 7 Proudění podzemní vody v poddolovaném území

Tomu, že zde izolátory netěsní dokonale, nasvědčuje i přítomnost agresivního CO₂, který byl zjištěn ve všech odebraných vzorcích z této oblasti, ale naopak nebyl zjištěn v žádném odběru, kde není indikována uhlená sloj (kromě vrtů v poddolovaném území HGP 1 – 7 se jedná ještě o sondu HV 3 (v sadu v blízkosti sesuvu s indikací uhelné sloje z roku 2019) a JZ 4, která je na okraji tohoto poddolovaného území v blízkosti kolonie Konkordie zhruba ve staničení 179,640.

Závěrem lze konstatovat, že z hlediska celkové stability území je stabilní, ale koloběh podzemní vody vnáší do celkové situace neopomenutelné riziko. Vzhledem k tomu doporučujeme, aby v případě rekonstrukce železničního náspu v této oblasti byl projekt doplněn o zemní úpravy oblasti severně od trati (likvidace bezodtokých propadů po dolování) a realizoval se systém hloubkového

odvodnění, který bezpečně převede podzemní vody pod budoucím náspem do oblasti jižně od trati s vyústěním v některé z povrchových vodotečí níže po svahu.

4.3 Vyhodnocení vlastní trasy železnice

4.3.1 Metodika vyhodnocení

Vyhodnocení geotechnických podmínek trasy.

Rozdělení trasy:

Rozdělení trasy:

Dle zadání byla trasa rozdělena na dva úseky

177,850 – 178,850 a 179,000 – 181,500

Mezilehlý úsek 178,850 – 179,000 byl po havárii násypu rekonstruován v letech 2020 – 2021, takže celý násep byl odstraněn a vybudován znovu včetně propustku v km 178,925.

Zadanou trasu jsme rozdělili na kratší úseky dle nivelety koleje ve vztahu k okolnímu terénu na úseky, kde je trasa vedená v náspu, v zářezu a zhruba v úrovni terénu. Rozdělení uvádíme v Tabulce 4.3.1.1.

Tabulka 4.3.1.1: Rozdělení trasy na úseky

pozice	staničení od (m)	staničení do (m)	délka úseku (m)	poznámka
Z	177850	178220	370	
T	178220	178260	40	
N	178260	178480	220	
T	178480	178600	120	
N	178600	178730	130	
Z	178730	178850	120	
N	178850	179000	150	rekonstrukce 2020/2021
Z	179000	179360	360	
N	179360	179550	190	
T	179550	179700	150	jednostranný odřez na PS
N	179700	180080	380	
T	180080	180260	180	
N	180260	180380	120	
T	180380	180460	80	
N	180460	181100	640	
Z	181100	181400	300	rekonstrukce 2019/2020
N	181400	181500	100	rekonstrukce 2019/2020
celková délka			3650	
Vysvětlivky:	Z	zářez		
	T	úroveň terénu		
	N	násep		

Z vyhodnocení jsme dále vyloučili poslední dva úseky od km 181,100 – km 181,400 (zářez) a 181,400 – 181,500 (násep), protože ty byly rekonstruovány v roce 2020/2021 a další práce se zde nepředpokládají. Část násypu v úseku km 180,460 – 181,000 ve staničení 180,900 – 181,000 byla rovněž rekonstruována, protože v době výluky pro stavbu č. 2 v úseku jezdila stavební technika. Každopádně tento úsek posuzujeme celý.

Otázkou je, zda násypy lze posuzovat jako homogenní konstrukci. Většinu informací o nich máme z kopaných sond v trati a z interpretovaných penetračních sond, které byly provedeny v osách kolejí. Předpis SŽ S4 v článku 36, odstavec 4 píše: „Při stavbě násypu lze jemnozrnné zeminy použít pouze ke zřízení jádra zemního tělesa, které je na svazích pokryto ochrannou vrstvou z hrubozrnné, nenamrzavé a propustné zeminy o min. tloušťce 0,6 m.“

Při rekonstrukci náspu km cca 181,650 byl odhalen řez náspem, který odpovídal konstrukci jádro z jemnozrnného materiálu – ochranný přísyp (i když byla trať budována v druhé polovině 19. století). Toto dokladuje následující fotografie:



Obrázek 8 Řez náspem Dalovice 2 - jílové jádro (světlé) a pevnější obsyp (červený)

Lze předpokládat, že náspy v námi posuzovaném úseku byly zhotoveny obdobným postupem. Tomu odpovídají i vzorky z kopaných sond z náspu, které jsou dokumentovány (včetně výsledků zkoušek) jako hrubozrnný materiál o vysokém úhu vnitřního tření. Například zhruba v km 179,760 KS 4 se zeminou, která laboratorně prokázala úhel vnitřního tření 33° (hodnota odpovídá středně ulehlému písku, a navíc je zde koheze 16 kPa) a odpovídající penetrace v ose druhé koleje DP 28, kde je násep od 1,4 do 2,9 m tvořen jednoznačně měkkou až tuhou zeminou.

Bohužel jiné sondy (KS 6 $\Phi_{ef} = 22^\circ$, $c_{ef} = 12$ kPa) prokázaly jílovitý materiál až na povrchu svahu náspu, nelze tedy s takovou ochrannou vrstvou počítat ve všech profilech. Při stabilitních výpočtech jsme se tedy přiklonili na stranu bezpečnosti a se stabilizující ochrannou vrstvou jsme nepočítali.

Veškeré provedené zkoušky v trase kolejí a stavební objekty (mosty, propustky, přejezdy) jsme konsolidovali do přehledné tabulky č 1, ze které lze odvodit vztah zkoušek k objektům (ovlivnění penetrací mostovkou nebo propustem) a vzájemnou vzdálenost jednotlivých zkoušek. Toto je poměrně podstatný údaj, protože průzkumné práce v minulosti i současnosti se soustředily do problematických míst, kde je hustota informací vysoká a v úsecích, která v minulosti nevykazovala problémy je hustota informací nízká. Tabulka dále obsahuje podstatné informace o zastižených umělých zásazích do násypů (identifikované úseky sanace geobuňkami a panely) a dále obsahuje

informace o předpokládaných budoucích sanacích úseků. Jeden sloupec je věnován orientační výšce násypů a hloubce zářezů. Tuto informaci jsme odvodili z digitálního modelu terénu 5 generace a lze jej považovat za přibližný.

Tabulka 1 (Konsolidovaná tabulka)

Čtení tabulky č. 1.

Popis sloupců zleva doprava

Sloupce 1 a 2 – Zjednodušený přehled poruch APK pro kolej č. 1 a č. 2. podle staničení.

Sloupec 3 – Stavební zásahy do zemní pláně, dle informací ze zadávacího projektu a dle podrobného průzkumu STRIX 2020, řazeno dle staničení

Sloupec 4 – Hotové a plánované stavby ve staničeních, jak je uvádí podrobný průzkum STRIX, případně jak byly realizovány dle našich informací.

Sloupec 5 – Přibližná výška náspu případně hloubka zářezu tak, jak ji je možno odvodit z modelu terénu 5 G se zanedbáním vlivu nepřesnosti modelu a sklonitosti terénu.

Sloupec 6 – Zhotovitel průzkumného díla a rok, kdy bylo dílo realizováno. Některé sondy různých zhotovitelů mají stejné označení, liší se rokem realizace a zhotovitelem.

Sloupec 7 – Druh průzkumného díla. DP – dynamická penetrace, KS kopaná sonda, J jádrový vrt.

Sloupec 8 – Číslo průzkumné sondy dle zhotovitele

Sloupec 9 – Metry staničení – (kilometr * 1000)

Sloupec 10 – kolej ve které bylo dílo realizováno

Sloupec 11 – hloubka sondy

Interpretace penetračních zkoušek

Většina penetračních zkoušek byla provedena těžkou dynamickou penetrační sondou (DPH) s parametry dle Tabulky 1 ČSN EN ISO 22476-2.

Zhotovitel průzkumu při sondování odečítá počet úderů beranu hmotnosti 50 kg při pádu z výšky 50 cm potřebných pro zaražení hrotu o 10 cm. Hrot má vnější průměr 43,7 mm, což odpovídá ploše 15 cm². Vlastní tyče mají průměr 32 mm. Pokud sonda přechází přes zeminy, které krátkodobě udrží otvor vyražený hrotem (pevný jíl, středně ulehlý a ulehlý ostrohranný písek, spraš a pod), nedochází k tření na soutyčích. Pokud se otvor sevře a dojde k tření na tyčích, osádka při ražbě penetračního soutyčí v pravidelných intervalech otáčí momentovým klíčem soutyčí a měří moment potřebný k otočení tyče. Tento moment je přepočten na plášťové tření a toto tření je odečteno od celkového penetračního odporu. Tím teoreticky dojde k redukci celkového odporu na odpor na hrotu. Odpor na

hrotu se přepočítá na standardní penetrační odpor, což je hodnota, ke které je vztažena většina kvantitativních korelací.

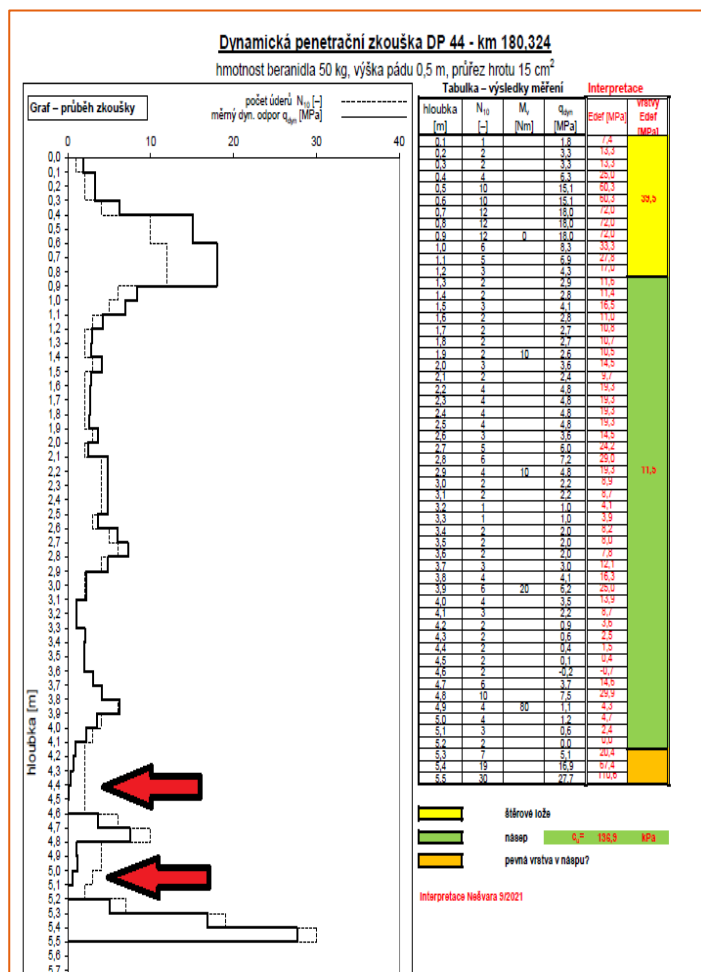
Dynamické penetrační sondování je obecně považováno za vhodné pro nesoudržné zeminy typu písků a štěrků, pro soudržné zeminy se považuje za vhodnější statické penetrační sondování. Je tomu tak proto, že dynamická penetrace neumožňuje měření pórových napětí v zemině způsobených průnikem hrotu a toto napětí může ovlivnit výsledek. Z různých specifických důvodů (přístup do kolejiště a nemožnost průniku štěrkem kolejového lože) jsou ale bohužel pro práci na železniční trati soupravy statické penetrace o hmotnosti přesahující 20 tun prakticky nepoužitelné. Dynamické penetrační sondy můžeme použít pro kvalitativní analýzu (průběh vrstev různého odporu) a s určitými výhradami i pro kvantitativní analýzu (určení některých mechanických parametrů zemin).

Kvalitativní analýza.

Ve zkoumaném úseku bylo v různých fázích průzkumu (především při podrobném průzkumu realizovaném firmou STRIX Chomutov) provedeno více než 150 penetrací. Tyto penetrace byly interpretovány přepočtem z počtu úderů na 10 cm na standardní penetrační odpor, včetně odečtu plášťového tření v úsecích a hloubkách, kde bylo významné. Tyto protokoly jsme obdrželi jako podklad pro analýzu.

Z analýzy byly vyloučeny penetrace, které necharakterizovaly předmětný úsek trasy. Jednalo se především o sondy, které byly realizovány na mostech, přejezdech a propustcích. Identifikace byla dle tabulky 2 a průběhu odporu, které byly většinou krátké a zastavily se na nepenetrovatelném podloží (většinou beton). V některých případech se sondy zastavily o silniční panely. Tyto sondy označujeme písmenem k – krátké.

V některých případech došlo k tomu, že sonda se zastavila v určité hloubce o propustek. Jsou zde vidět i oslabené zóny nad propustkem, které odpovídají buď průsakům, nebo už z doby výstavby špatné kvalitě prací nad technickým dílem.



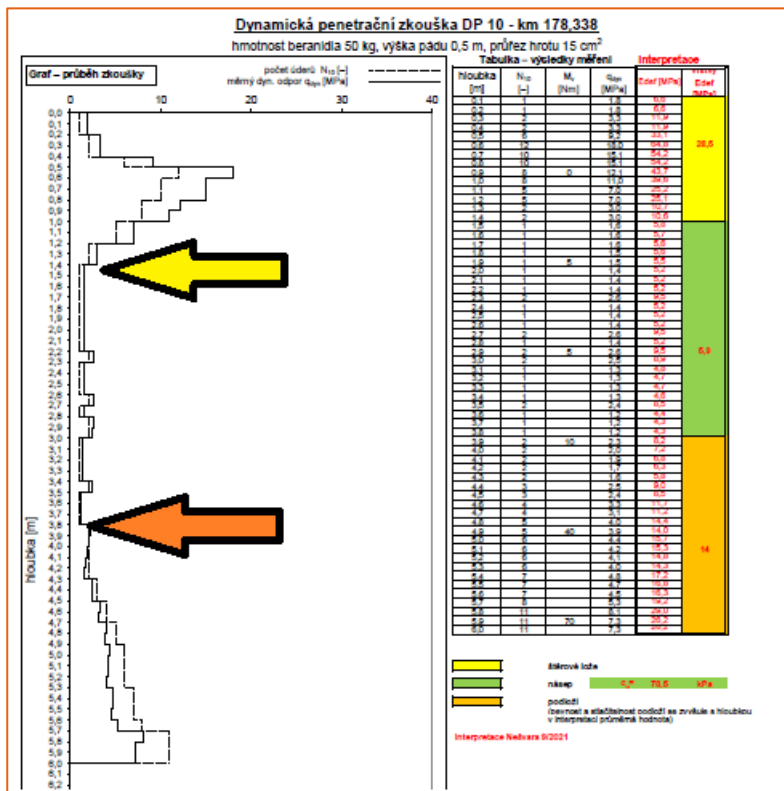
Obrázek 9 Penetrační sonda nad propustkem km 180,324



Obrázek 10 Propustek v km 180,324

Rozbor hloubek jednotlivých vrstev.

Většinu penetrací lze rozdělit na vrstvy dle penetračního odporu. Typické rozdělení uvádíme na příkladu DP 10.



Obrázek 11 Typické rozdělení vrstev dle penetrační sondy

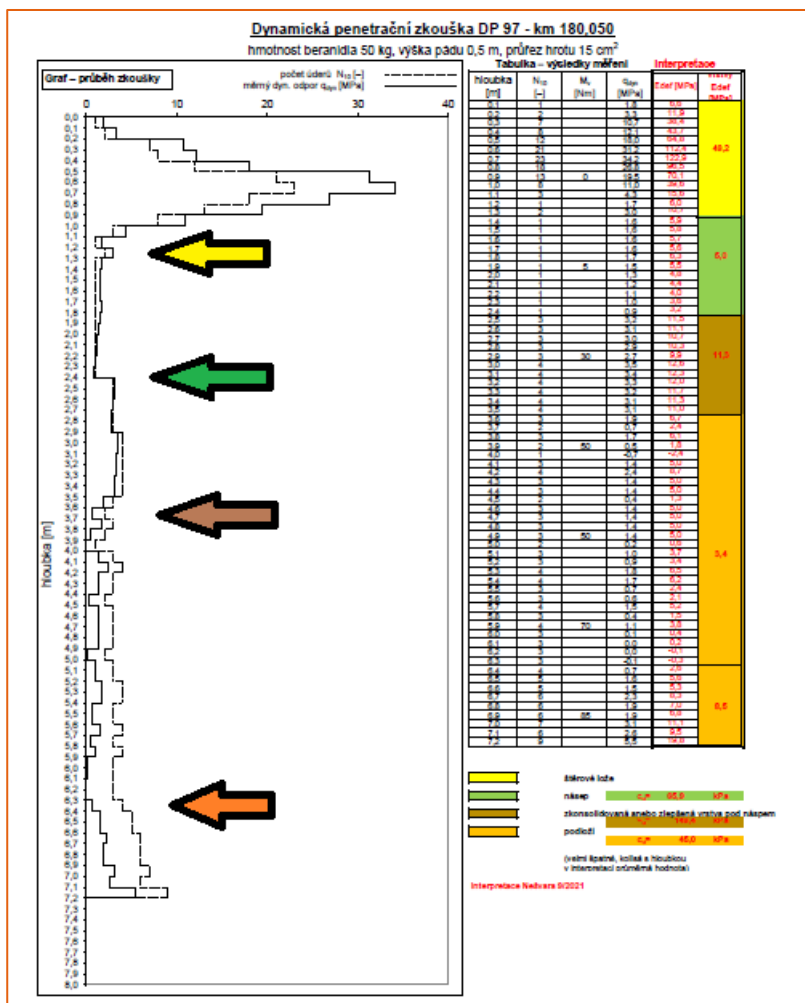
Svrchní vrstvu do hloubky cca 1,3 – 1,4 m představuje šterk kolejového lože a konstrukční vrstvy s vysokým penetračním odporem. Mocnost této vrstvy u ostatních sond se pohybuje mezi 1 – 1,5 m. Pokud je tato mocnost vyšší, obvykle to poukazuje na problémy spojené se sedáním povrchu a nutností podbýjení.

Pod šterkem kolejového lože je zřejmě zemní pláň a níže zemní těleso. Z penetračních odporů, které s hloubkou příliš nekolísají můžeme soudit, že násep je vybudován z homogenních materiálů. Z relativně nízkých odporů (standartní penetrační odpor q_{dyn} cca 1,2 – 1,5 MPa) můžeme soudit, že se jedná o poměrně nekvalitní soudržný materiál hlinito-jílovitého charakteru, který byl v době výstavby nedostatečně zhutněn.

V hloubce cca 3,8 m začíná narůstat jak odpor na hrotu, tak i plášťové tření. Toto rozhraní lze tedy interpretovat jako povrch zvětralého skalního podloží, které roste z hlediska pevnosti a únosnosti směrem do hloubky.

Toto rozdělení odpovídající špatné kvalitě náspů je typické pro první část trasy od stanice Hájek až po poddolované území.

Náspy na poddolovaném území (viz báňský posudek v příloze) jsou specifické (a velmi špatné především při bázi). Rovněž povrch území je neúnosný.



Obrázek 12 Penetrace v poddolovaném území

Násep v místě sondy DP 97 je vysoký cca 2 m. Dle průběhu penetrační křivky můžeme rozdělit penetrovaný materiál následujícím způsobem:

0,0 – 1,3 m štěrkové lože a konstrukční vrstvy

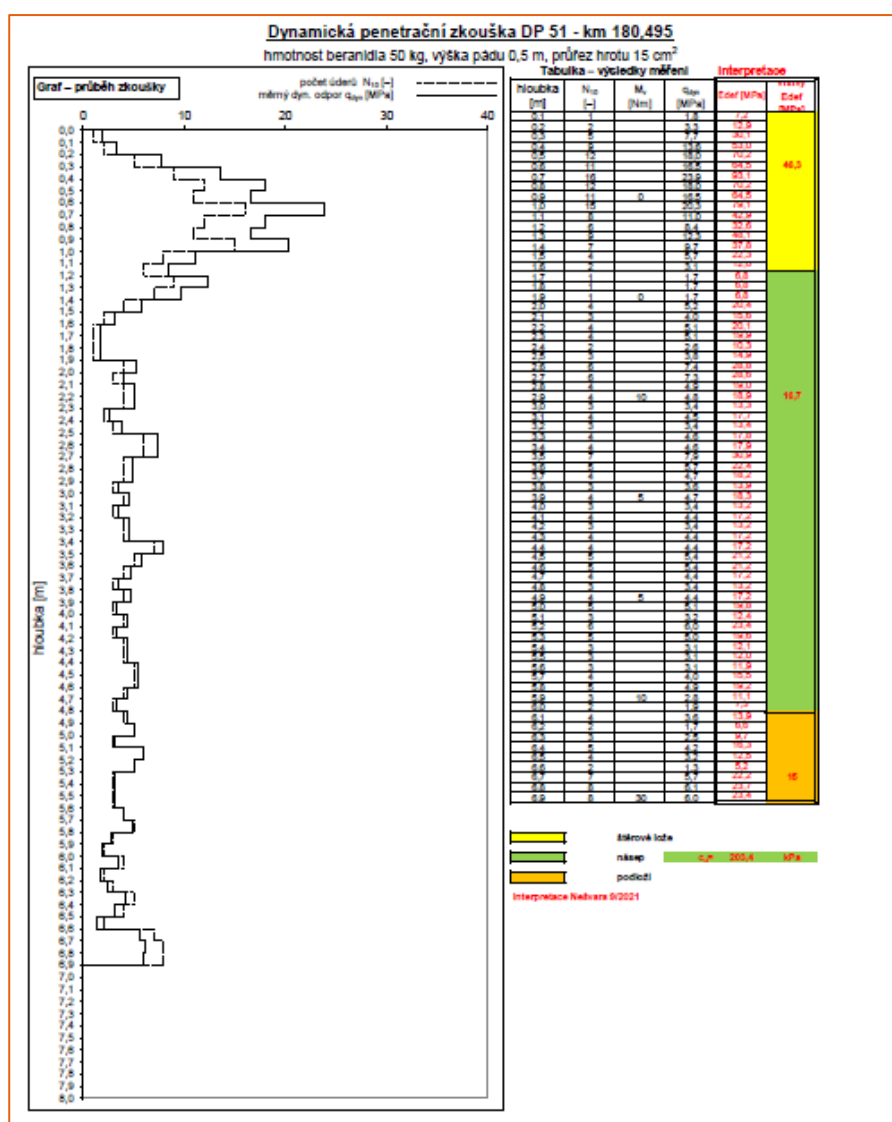
1,3 – 2,3 m násypový materiál poměrně špatné kvality a špatně zhuťněný, charakter tuhého jílu

2,3 – 3,5 m podloží, soudržná zemina tuhé-pevné konzistence

3,5 - 6,3 m mimořádně špatné podloží, patrně jíl měkké konzistence

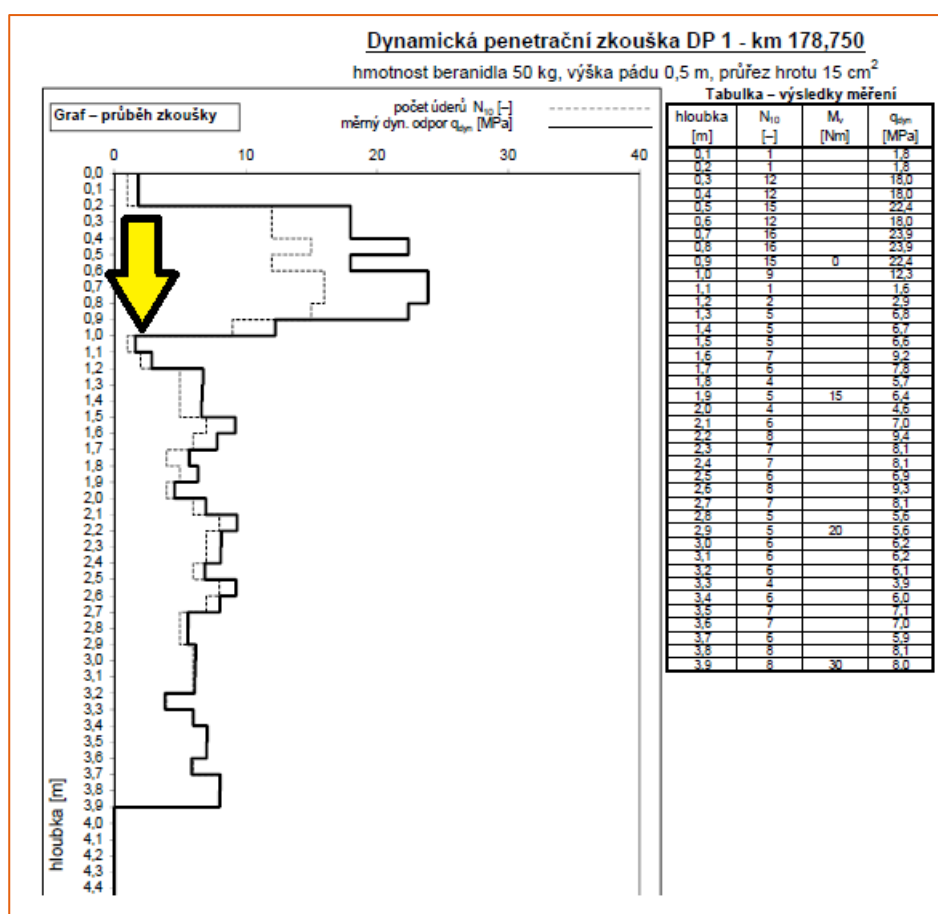
6,3 – 7,2 m příliš krátký úsek pro prokazatelnou interpretaci, dle zvyšování penetračního odporu s hloubkou se patrně jedná o již nepoškozené podloží, které se s hloubkou zlepšuje.

Násypy na konci trasy jsou typické nestejnoměrným a v některých případech relativně vyšším penetračním odporem než v začátku trasy. To lze interpretovat jako použití kvalitnějšího materiálu (písčitéjší s kameny). Materiál na násypy ve druhé polovině 19. století získávali z bezprostředního okolí, a proto jsou násypy v lepším stavu tam, kde je v blízkosti masiv, kterého zvětraliny jsou písčitéjší (km 180.500 – 180.800). Naopak v začátcích trasy zvětraliny tufů a tufitů představují vysokoplastické jíly, které jsou dle dnešních pravidel pro zemní práce nevhodné.



Obrázek 13 Relativně dobrý násyp – písek s úlomky (oslabená pouze zemní pláň v mocnosti cca 30 cm)

Věnovali jsme se i tomu, zda je možno pomocí penetračních zkoušek identifikovat oslabenou zemní pláň. Tato data jsou bohužel ve většině případů neprokazatelná. Přesnost odečtu penetračních zkoušek je 10 cm, aby tedy bylo možné z penetrací identifikovat oslabení nebo poškození zemní pláně muselo by být toto poškození v mocnosti alespoň 15 – 20 cm a muselo by reprezentovat významnější pokles penetračního odporu pod 1 MPa, aby jej bylo možno odlišit od běžného stavu násypu z tuhých vysokoplastických jíílů (převažující typ). Dle kopaných sond, které poškození zemní pláně identifikovaly je obvyklá mocnost poškozené zeminy pouze několik centimetrů, a to je pod hranou rozlišení penetrací. Tato identifikace byla možná pouze na povrchu násypů z lepších materiálů (DP 51) anebo pokud se nejedná o násep, ale trasa je vedena po relativně únosném podloží (DP 1).



Obrázek 14 Interpretace ukazuje oslabenou zemní pláň na 10 - 20 cm mezi štěrkovým ložem a únosným podloží

Očekávali jsme, že z penetračních křivek bude možné vyčíst místa a stupeň zlepšení zemní pláně geobuňkami. Na některých penetracích se geobuňky projeví mírným zlepšením odporů, na dalších sondách to ale bylo neprokazatelné. Od této interpretace jsme tedy upustili.

Kvantitativní analýza.

S ohledem na druh zatížení zeminy penetrací lze teoreticky odvodit možnost interpretací na neodvodněnou nekonsolidovanou pevnost c_u a modul přetvárnosti na první zatěžovací větvi E_{def1} . Z penetračního odporu nelze odvodit efektivní smykové parametry soudržných zemin (kvůli dissipaci pórových napětí) ani modul přetvárnosti na druhé zatěžovací větvi E_{def2} (kvůli nemožnosti opakovaného zatížení).

Interpretačních mechanismů a vzorců pro přepočet dynamických odporů na mechanické parametry je v literatuře poměrně málo. Předmětná norma ČSN EN 1997-2 uvádí v příloze G některé vztahy, ty jsou ale spíše použitelné pro nesoudržné zeminy.

Určení modulu přetvárnosti.

Některé vztahy pro soudržné zeminy zvláště s ohledem na modul přetvárnosti uvádí v tabulce 3.12 publikace **„Polné skúšky“ – Matys, Ťavoda, Cuninka, vydavateľství Alfa Bratislava 1990.**

Zde se pro modul přetvárnosti jílovitých zemin uvádí koeficient „n“, který je dle tabulky pro jílovité zeminy $E_{\text{def1}} = (4 - 6) \cdot q_{\text{dyn}}$.

Provedli jsme selekci zatěžovacích zkoušek zemní pláně, které byly v minulosti realizovány a kterým odpovídá ve stejném staničení dynamická penetrace. Protože zatěžovací zkoušky realizované v rámci podrobného „revizního“ průzkumu byly interpretovány pouze na modul na druhém zatěžovacím stupni (dle terminologie předpisu SŽ S4 „únosnost zemní pláně“, museli jsme dopočítat z grafů modul na první zatěžovací větvi a poměr modulů.

Z těchto dat jsme vyloučili zkoušky provedené na extrémně měkkých zeminách, kdy se deska bořila a nebylo možno modul vyhodnotit, respektive poměr modulů byl blízký jedné (KS 24) a také zatěžovací zkoušky na geobuňkách, asfaltové lepence, štěrkové sanaci a jiných materiálech.

Po selekci jsme získali 6 kopaných sond, kde byly zatěžovací zkoušky realizovány na zemní pláni a zároveň zde byla realizována penetrace. Srovnali jsme výsledky zatěžovacích zkoušek statickou zatěžovací deskou na první zatěžovací větvi s průměrným penetračním odporem svrchních 30 centimetrů zemní pláně (3 odečty penetrace – odpovídá dosahu zatížení deskou).

Tabulka 4.3.1.2: Výpočet korelačního koeficientu „n“.

staničení	sonda	hloubka (m)	E_{def1} (MPa)	E_{def2} (MPa)	E_{def2}/E_{def1}	n	zemina
		q_{dyn} 0-10cm	q_{dyn} 10-20cm	q_{dyn} 20-30cm	prům. q_{dyn}		
178,400	KS 12	1,25	6,2	6,2	1		F3 MS
	DP 66	1,7	1,7	1,7	1,7	3,65	
178,450	KS 23	1,35	6,1	13,8	2,26		F3 MS
	DP 8	1,7	1,6	1,6	1,63	3,73	
178,500	KS 13	1,2	7,4	9,3	1,26		F3 MS
	DP 65	3,1	1,7	1,7	2,17	3,42	
179,000	KS 27	1,3	8,2	14,2	1,73		F3 MS
	DP 19	3,6	1	1	1,87	4,39	
179,400	KS 16	1,3	7,3	17,6	2,41		písek S3
	DP 80	1,7	1,7	3,1	2,17	3,37	
180,025	KS 211	1,4	10,2	25	2,45		písek S3
	DP 38	4	2,6	1,2	2,6	3,92	

Průměrné „n“ pro 178,400 – 178,500 (jílovité zeminy) je 3,60

Průměrné „n“ pro 179,000 – 180,025 (písečtější zeminy) je 3,90

S přihlédnutím k tomu, že u násypů se jedná o rekonstituované zeminy, je výsledek velmi blízký teoretickému z literatury – spodní hranici $E_{def1} = (4 - 6) \cdot q_{dyn}$. Pro interpretaci jednotlivých penetrací na moduly přetvárnosti považujeme za validované hodnoty $n = 3,6$ pro a jílovitější zeminy, $n = 3,9$ pro písečtější násypy.

Moduly interpretované dle výše uvedené korelace z penetrační zkoušky DP 4P pro jílové a neúnosné podloží rovněž dobře odpovídají oedometrickým modulům ze vzorků z vrtů HGP 1 – 3.

Hodnota $n = 3,6 - 3,9$ je dle našeho názoru validovaná pro násypový materiál a pro jílovité podloží nízkých penetračních odporů. Pro pevnější podloží a pro šterk kolejového lože je nutné interpretované moduly považovat pouze za hrubě orientační.

Pokud by se z těchto interpretací odvozovala „únosnost“, tedy modul přetvárnosti z druhé zatěžovací větve, byl by zatížen vysokou nepřesností, protože poměr modulů ze zatěžovacích zkoušek kolísá mezi 1 a 2,45.

Určení neodvodněné nekonsolidované pevnosti soudržných zemin.

Zde jsme odkázáni na teoretické práce Claye a Langtona, jak je uvádí server geostru.eu. Podle těchto prací $c_u = q_{dyn}/20 - 22$, použili jsme průměrnou hodnotu $c_u = q_{dyn}/21$.

Z náspů nemáme odebrány neporušené vzorky na validaci těchto údajů, po přepočtu jednotlivých vrstev dle tohoto vzorce máme výsledky, které odpovídají našim zkušenostem a lze je orientačně použít. Přepočet neodvodněné nekonsolidované pevnosti měkkých vrstev (násep nebo podloží) je v každém interpretovaném protokolu.

Souhrn interpretací všech penetračních sond v trase, které vykazaly relativně měkkou vrstvu (násep nebo neúnosné podloží) je obsahem **Tabulky č. 2**.

Čtení tabulky č. 2

Popis sloupců zleva doprava

Sloupec 1 – Přibližná výška náspu případně hloubka zářezu tak, jak ji je možno odvodit z modelu terénu 5 G se zanedbáním vlivu nepřesnosti modelu a sklonitosti terénu.

Sloupec 2 – Zhotovitel průzkumného díla a rok, kdy bylo dílo realizováno. Některé sondy různých zhotovitelů mají stejné označení, liší se rokem realizace a zhotovitelem.

Sloupec 3 – Číslo penetrace

Sloupec 4 – Metry staničení – (kilometr * 1000)

Sloupec 5 – Kolej, ve které bylo dílo realizováno

Sloupec 6 – Hloubka sondy

Sloupec 7 – Hloubka povrchu měkké vrstvy

Sloupec 8 – Hloubka báze měkké vrstvy

Sloupec 9 – Mocnost měkké vrstvy

Sloupec 10 – Interpretovaný modul přetvárnosti E_{def1} měkké vrstvy

Sloupec 11 – Rozdíl úrovně báze měkké vrstvy interpretované z penetrační sondy a přibližné úrovně báze náspu z 5G modelu terénu. Pokud je toto číslo blízké nule, celý násep je měkký a podloží náspu je únosné. Pokud je výrazně vyšší než cca 1 m, znamená to měkké podloží náspu. Pokud je toto číslo výrazně menší než (– 1) znamená to, že spodní patro náspu je výrazně lepší než vyšší část náspu.

4.3.2 Rozdělení trasy na úseky

4.3.2.1 Úsek č. 1 – km 177,850 – 178,220 délka úseku 370 m.

V tomto úseku trať vede dle modelu terénu v začátku ve velmi mělkém zářezu – prakticky na úrovni terénu, dále pak v zářezu hloubky až 5 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 1 - Dynamické penetrace DP 73, DP 74, DP 75, DP 76, KS 11 (2021), KS 11 (2020)

Kolej 2 - Dynamické penetrace DP 15A, DP 15B, DP 15C, DP 16, DP 17A, DP 17B, KS 21 (2021)

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

DP 8L, DP 8P (po obou stranách propustku v km 177,933) JK 1, JK 2,

Mimo trať pro ověření stavu zemin v zářezu nad tratí jako podkladu pro výpočet stability zářezu:

JZ 1, KS 8.

Popis vlastností zemin zemního tělesa.

Penetrační sondy provedené v kolejišti nezjistily žádnou oslabenou (vysloveně měkkou) vrstvu v podloží. U sond 74, 744 15A a 15 B byl pod kolejovým ložem zjištěn relativně tvrdý materiál odolný proti penetrování. Interpretujeme jej jako umělou zpevněnou vrstvu – stabilizovaná zemina.

Ostatní sondy provedené přímo v trati prokázaly dobré podloží bez měkké vrstvy.

Sondy DP 8L a DP 8P vykazují přípovrchovou měkkou vrstvu, u 8L na levé straně mocnosti 2 metry, u 8P na pravé straně mocnosti jeden metr. Toto svědčí o tom, že v tomto úseku je trať (včetně propustku) založena na měkké až tuhé jílovité zemině – patrně se jedná o náplav spojený s nedalekým rybníkem Skřivan. Toto je zcela v souladu s výsledky průzkumné sondy KS 11 (2021), kterou realizovala v rámci tohoto průzkumu SG Geotechnika ($E_{def1} = 3,2 \text{ MPa}$, $E_{def2} = 6,9 \text{ MPa}$)

Naše zjištění v této oblasti odpovídají zadání, kdy dle zadávací dokumentace v km 178,018 – 178,300 bylo podloží zlepšeno vápnem, proto penetrační sondy v tomto úseku nevykázaly snížené odpory ani měkkou vrstvu v přímém podloží trati. V úseku předcházející této sanaci je podloží nezlepšené a tomu odpovídají nízké moduly ze zatěžovací zkoušky naší KS 11 i penetrací DP 8L a DP 8P u propustku v km 177,933.

Závěrem můžeme konstatovat, že začátek trasy až po km 177,941 je povrch terénu mimo drážní těleso tvořen neúnosnými náplavy měkké až tuhé konzistence. Přímo pod drážním tělesem nebyly tyto náplavy penetračními sondami prokázány. V km 180,035 je již podloží kolejového lože tvořeno únosnými zeminami vyšších penetračních odporů. Toto tvrzení nepokrývá úsek v km 178,145 – 178,170, kde byla v přímém podloží kolejového lože zastižena umělá překážka, která může (ale nemusí) zakrývat neúnosné vrstvy.

Stabilita zářezu

Dle výsledků výpočtů lze považovat celkovou stabilitu zářezu v současném stavu za vyhovující. Posuzovala se ještě stabilita za předpokladu, že svrchní vrstva zářezu vystavená vlivům počasí bude degradována a pevnost zmin a hornin bude výrazně zhoršena. V takovém případě by hrozily mělké sesuvy svahu zářezů.

Tabulka 4.3.2.1.1: Výpočet stability km 178,200

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 178,200	plocha	vrcholové smyk. par.	degradované smykové parametry
	kruhová	1,165	0,861

Detailní popis výpočtu je v příloze č. 6 kapitola 4.1.

4.3.2.2 Úsek č. 2 – km 178,220 – 178,260 délka úseku 40 m.

Tento úsek je krátký, trať vede zhruba v úrovni terénu na přechodu ze zářezu na násep.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 2 - Dynamické penetrace DP 14, KS 22 (2020)

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Nejsou.

Popis vlastností zemin zemního tělesa.

Zatěžovací zkouška deskou na pláni zjistila moduly přetvárnosti $E_{\text{def1}} = 33,3$ MPa a $E_{\text{def2}} = 112,5$ MPa s poznámkou, že se jedná o moduly na stabilizované zemině.

Dynamická penetrace DP 14 ukázala relativně oslabenou vrstvu na úrovni 1,4 – 2,5 m. Vrstva vykazala průměrný $E_{\text{def1}} = 10,4$ MPa, toto je ale ovlivněno vysloveně pevnější vrstvičkou na úrovni 1,5 – 1,8 m, která patrně reprezentuje onu vrstvu stabilizovanou pojivem. Zbytek nad i pod pevnější vrstvičkou je materiál s modulem přetvárnosti cca 5 MPa, tedy soudržná zemina v tuhé konzistenci. Interpretovaná penetrace DP 14 je v příloze na další straně.

4.3.2.3 Úsek č. 3 – km 178,260 – 178,480 délka úseku 220 m.

Trať v tomto úseku vede dle modelu terénu na náspu výšky až 5 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kopané sondy:

Kolej 1

KS 12 (2020) $E_{\text{def1}} = 6,2$ MPa a $E_{\text{def2}} = 6,2$ MPa, $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 1$

KS 12 (2021) (pro ověření funkčnosti odvodnění – suchá, odvodnění funguje)

Kolej 2

KS 23 (2020) $E_{\text{def1}} = 6,1$ MPa a $E_{\text{def2}} = 13,8$ MPa, $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 2,26$

Penetrace:

Z vyhodnocení byly vyloučeny penetrace č. 140, která je nesrozumitelná – chybí zde úplně štěrkové lože, takže patrně nebyla penetrována z trati. Dále jsme vyloučili penetraci číslo 69, která je krátká a zastavila se na tvrdém podkladu – patrně beton mostu.

Vyhodnocení zbylých penetrací je v tabulce 4.3.2.3.1.

Tabulka 4.3.2.3.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 178,260 – 178,480

sonda DP	mocnost vrstvy		E _{def} 1	
	kolej 1	kolej 2	kolej 1	kolej 2
72	3,3		5,7	
13		3		5,3
71	3,9		6,3	
12		3,2		7
70	4,4		6,5	
11		3,2		6,2
68	3,7		7,2	
10		2,3		5,9
67	4,3		6	
9		2,7		6,5
66	1,8		5,8	
8		2		7,1
průměr	3,57	2,73	6,25	6,33

Popis vlastností zemin náspu.

Jak vidíme, materiál náspu pod oběma kolejemi je obdobný a představuje průměrný modul přetvárnosti cca $E_{\text{def1}} = 6,25 - 6,33$ MPa. Mocnost násypové (měkkčí) vrstvy pod kolejí 1 je vyšší než pod kolejí č. 2, což odpovídá poloze náspu na mírném svahu směrem k jihu.

Pokud akceptujeme poměr modulů velmi přibližně na 2,3 potom $E_{\text{def2}} = 15$ MPa. Tato hodnota je ale zatížena velkou nejistotou, protože poměr modulů náspových materiálů značně kolísá.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Pro ověření podloží náspu byly vyhloubeny sondy JN 1L a JN 1P, dále kopaná sonda KS 6 a penetrace DP 1L a DP 1 P.

Tyto sondy vykazují výrazně odlišné poměry na obou stranách trati. Zatímco na levé straně ve směru staniční (u koleje 1) je podloží relativně měkké pouze v přípovrchové vrstvě, tedy cca 1 metr (dokumentace penetrační sondy DP 1L a vrtané sondy JN 1L jsou v souladu), na pravé straně (u koleje 2) je vrstva vysloveně měkké zeminy výrazně mocnější, dosahuje 2,9 m u penetrace a až do konce vrtu (3 m) u sondy JN 1P.

Kopaná sonda KS 6 prokázala plastické zeminy F7ME s mezí tekutosti 93 % a nízkou efektivní smykovou pevností $\Phi = 22^\circ$, $c = 12$ kPa.

Stabilita náspu.

Současný stav stability, zjištěný matematickým modelováním, neodpovídá požadovanému stupni bezpečnosti. Modelování se tedy soustředilo na dopady výměny materiálu náspu za materiál kvalitnější a dopady sanace podložní vrstvy. Výsledky modelování jsou v následující tabulce, detailní popis v příloze č. 6 kapitola 4.2.

Tabulka 4.3.2.2: Výpočet stability km 178,350

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 178,350	HPV	stupeň stability FS [-]	požadovaný stupeň stability FS [-]
globální stabilita svahu s náspem	současný stav	2,028	1,3
současný násep	současný stav	1,213	1,3
(jemnozrnný)	nastoupaná	0,905	
nový násep	nastoupaná	1,145	1,2
(hrubozrnný)			
nový násep	nastoupaná	1,445	
(hrubozrnný) + výměna			

4.3.2.4 Úsek č. 4 – km 178,480 – 178,600 délka úseku 120 m.

V tomto úseku trať vede zhruba v úrovni terénu mezi dvěma náspy.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 1:

Dynamická penetrace DP 65 spárovaná s kopanou sondou KS 13 (2020) v km 178,500.

Dynamická penetrace DP 64 spárovaná s kopanou sondou KS 14 (2020) v km 178,600.

Kolej 2:

Dynamická penetrace DP 7 spárovaná s kopanou sondou KS 24 (2020) v km 178,550.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Nejsou.

Popis vlastností zemin železničního spodku.

Zatěžovací zkouška deskou na pláni zjistila moduly přetvárnosti:

KS 13 (2020) v km 178,500 $E_{\text{def1}} = 7,4 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 9,3 \text{ MPa}$. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 2,26$.

DP 65 prokázala relativně tenkou měkkou vrstvu o průměrném modulu $E_{\text{def1}} = 7$ MPa v hloubkách 0,9 – 1,6 m.

KS 14 (2020) v km 178,600 zjistila neměřitelně měkkou zeminu (viz protokol ve zprávě STRIX 2020), DP 64 prokázala relativně měkkou vrstvu odpovídající tuhé zemině o průměrném modulu $E_{\text{def1}} = 7,4$ MPa v hloubkách 1 – 2,7 m.

Žádná vysloveně měkká vrstva (s nulovými odpory odpovídající měkké anebo kašovitě konzistenci, jak byla zastižena v kopané sondě) nebyla penetrací prokázána, soudíme proto, že se jednalo o relativně tenké (do 10 cm) porušení zemní pláň z důvodu špatného odvodnění. Penetrace je schopna rozlišit pouze vrstvy mocnější než cca 15 – 20 cm.

KS 24 (2020) v km 178,550 $E_{\text{def1}} = 3,1$ MPa a $E_{\text{def2}} = 9,7$ MPa. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 3,13$.

DP 7 prokázala relativně tenkou měkkou vrstvu o průměrném modulu $E_{\text{def1}} = 6,7$ MPa v hloubkách 1,4 – 1,9 m.

Z výše uvedených výsledků můžeme soudit na existenci relativně tenké vrstvy měkkých zemin (kvartér) v podloží trati. Zemní pláň je ale v tenké vrstvě poškozena stagnující vodou bez řádného odvodnění.

4.3.2.5 Úsek č. 5 – km 178,600 – 178,730 délka úseku 130 m.

V tomto úsek vede trať dle modelu terénu na náspe výšky až 2 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kopané sondy:

Kolej 2

KS 25 (2020) neměřitelně měkké zeminy (viz protokol ze SZZ podrobný průzkum STRIX 2020).

Kopaná sonda spárovaná s penetrační sondou č. 3. Penetrace č. 3 ukázala vysloveně měkkou vrstvu v hloubce od 1,1 do 1,9 m. **Od 1,6 po 1,9 m klesají moduly až k nule, jedná se tedy o zeminu měkké konzistence a zcela neúnosnou.**

Penetrace:

Z vyhodnocení byly vyloučeny penetrace č. 5, která se vymyká ostatním a představuje dobré podloží. Toto je patrně spojeno s mostem, kterého osa je vzdálena 6 metrů. Dále jsme vyloučili penetraci číslo 61, která je krátká a zastavila se na tvrdém podkladu – patrně beton mostu.

Vyhodnocení zbylých penetrací je v tabulce níže.

Tabulka 4.3.2.5.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 178,600 – 178,730

sonda DP	mocnost vrstvy		E _{def 1}	
	kolej 1	kolej 2	kolej 1	kolej 2
6		1,1		3,6
63	1,5		6,2	
62	2		6,3	
4		0,7		5,2
3		0,8		4
60	0,7		5,2	
2		0,5		3,4
59	1		6,2	
58	1,3		7,2	
průměr	1,30	0,78	6,22	4,05

Popis vlastností zemin náspu.

Jak vidíme, materiál náspu pod kolejemi se liší. U obou kolejí je mocnost měkké vrstvy nízká, rozdíl odpovídá ukloněnému podloží směrem k jihu, proto je pod kolejí 1 větší než pod kolejí 2. Průměrný modul přetvárnosti pod kolejí 1 je cca $E_{\text{def1}} = 6,22$ MPa, což odpovídá tuhé soudržné zemině. Pod kolejí č. 2 je ale modul přetvárnosti pouze $E_{\text{def1}} = 4,05$ MPa, což je měkká zemina a nutně způsobuje deformace železničního svršku.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Pro ověření podloží náspu lze použít sondy IV4 a HV4, dále JN 2L, JN 2P a kopaná sonda KS 12. Tyto sondy vykazují shodu s výsledky penetračních zkoušek, dokumentují měkkou vrstvu jílovitých zemin. V sondě JN 2L byla dokumentována rula a jílovec, pevné podloží je tedy relativně mělce pod terénem. Tomu odpovídají i penetrační zkoušky, které pod měkkou vrstvou vykazují vysoké odpory odpovídající zvětralým až navětralým poloskalním horninám typu jílovců.

4.3.2.6 Úsek č. 6 – km 178,730 – 178,850 délka úseku 120 m.

V tomto úseku vede trať dle modelu terénu v zářezu hloubky až 5 m. Trať řeže hřbet, jehož celková stabilita se vyšetřuje kvůli havárii z roku 2020. Zde došlo patrně vlivem přetlaku podzemní vody a poškození propustku v km 178,925 k havárii náspu v úseku km 178,850 – 179,000.

Průzkumné sondy:

V trati:

Dynamická penetrace DP 1 spárovaná s kopanou sondou KS 26 (2020) v km 178,750.

Dynamická penetrace DP 57 spárovaná s kopanou sondou KS 15 (2020) v km 178,800.

Zde byly kopané sondy realizovány na opačné koleji, než odpovídá penetracím ve stejném staničení.

KS 26 (2020) v km 178,750 $E_{\text{def1}} = 5,5 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 39,5 \text{ MPa}$. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 7,18$ (tento výsledek je velmi podezřelý a neodpovídá očekáváním, z analýzy jej proto vylučujeme)

DP 1 hloubka 1 – 1,1 m - na 10 cm oslabená základová spára, jinak únosné podloží.

KS 15 (2020) v km 178,800 $E_{\text{def1}} = 14,1 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 23,6 \text{ MPa}$. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 1,67$.

DP 57 relativně únosné podloží odpovídající hodnotám z KS 15.

Mimo trať pro ověření stavu zemin v zářezu nad tratí jako podkladu pro výpočet stability zářezu:

JZ 2, KS 9, IV2, HV2, IV3, HV3.

Popis vlastností zemin zemního tělesa.

Penetrační sondy provedené v kolejišti nezjistily žádnou oslabenou (vysloveně měkkou) vrstvu v podloží. Výsledky zatěžovací zkoušky KS 26 neodpovídají zkušenostem a předpokladům a doporučujeme je nebrat do úvahy.

Dle zadání byly ve staničení 178,700 – 177,860 zjištěny a ověřeny v podloží trati panely. Penetrace č. 1 (kolej č. 2, staničení 178,750), penetrace č. 57 a 58 (kolej 1, staničení 178,800, 178,700) ani kopané sondy KS 15 (kolej 1 staničení 178,800) ani KS 26 (kolej 2, staničení 178,750) přítomnost panelů nepotvrzují.

Stabilita zářezu:

Byla posuzována severní i jižní strana zářezu s výsledkem, že stabilita neodpovídá současně požadovaným stupňům bezpečnosti. Při nefunkčnosti odvodnění či degradaci povrchové vrstvy zářezu by mohlo dojít k nestabilitě a případným poruchám svahů.

Tabulka 4.3.2.6.1: Výpočet stability km 178,780

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 178,780	HPV	stupeň stability FS [-]	požadovaný stupeň stability FS [-]
stabilita severní strany	současný stav	1,094	1,5
stabilita jižní strany	současný stav	1,374	

4.3.2.7 Úsek č. 7 – km 179,000 – 179,360 délka úseku 360 m.

Trať vede v tomto úseku dle modelu terénu v zářezu hloubky až 6 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Dynamické penetrace DP 20A, DP 20B, DP 78, PSK11, PSK12, PSK13, DP 21

Kopaná sonda KS 22 (2021)

Mimo trať pro ověření stavu zemin v zářezu nad tratí jako podkladu pro výpočet stability zářezu:

JZ 3, JZ 5, KS 10, KS 11

Popis vlastností zemin zemního tělesa.

Penetrační sondy DP 20A, DP 20B, PSK11, PSK12, PSK13, provedené v kolejišti zjistily pevnou překážku. Kopanou sondou KS 22, která byla provedena v rámci tohoto průzkumu našla pod kolejovým ložem betonový panel.

Penetrační sondy na okrajích zářezu DP 78 a DP 21 nezjistily žádnou měkkou vrstvu.

Dle našeho geofyzikálního měření je počátek panelů v km 179,068, konec panelů sanovaného úseku je v km 179,336. Není zřejmé proč penetrační sonda DP 79 v km 179,250 dosáhla hloubky 3,1 m.

Předpokládáme, že náhodně zasáhla mezeru mezi panely.

Stav horniny pod silničními panely je nezjištěn.

Stabilita zářezu:

Byla posuzována severní i jižní strana zářezu s výsledkem, že stabilita neodpovídá současně požadovaným stupňům bezpečnosti. Při nefunkčnosti odvodnění či degradaci povrchové vrstvy zářezu by mohlo dojít k nestabilitě a případným poruchám svahů.

Tabulka 4.3.2.7.1: Výpočet stability km 179,250

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 179,250	HPV	stupeň stability FS [-]	požadovaný stupeň stability FS [-]
severní strana	současný stav	1,407	1,5
jižní strana	současný stav	1,265	

4.3.2.8 Úsek č. 8 – km 179,360 – 179,550 délka úseku 190 m.

V tomto úseku vede trať dle modelu terénu na náspu výšky až 7 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kopané sondy:

Kolej 1:

Dynamická penetrace DP 80 spárovaná s kopanou sondou KS 16 (2020) v km 179,400.

Dynamická penetrace DP 81 spárovaná s kopanou sondou KS 17 (2020) v km 179,500.

(v km 179,503 je propustek)

Kolej 2:

Dynamická penetrace DP 22 spárovaná s kopanou sondou KS 28 (2020) v km 179,450.

KS 16 (2020) v km 176,400 $E_{\text{def1}} = 7,3 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 17,6 \text{ MPa}$. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 2,41$.

KS 28 (2020) v km 176,450 $E_{\text{def1}} = 75 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 180 \text{ MPa}$. Zastižena asfaltová lepenka.

KS 17 (2020) v km 176,500 $E_{\text{def1}} = 29 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 49,5 \text{ MPa}$. Zastižena asfaltová lepenka.

Penetrace:

Vyhodnocení zbylých penetrací je v tabulce níže.

Tabulka 4.3.2.8.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 179,360 – 179,550

sonda DP	mocnost vrstvy		Edef 1	
	kolej 1	kolej 2	kolej 1	kolej 2
80	3,6		6,6	
22		2		8,4
81	3		6,3	
23		0,2		2,4
průměr	3,30	1,10	6,45	5,40

Popis vlastností zemin náspu.

DP 81 patrně v hloubce 5 metrů narazila na propustek. DP 23 prokazuje velmi tenkou, ale špatnou vrstvu pod kolejovým ložem mocnosti cca 0,2 m. Zde se jedná patrně o poškození svrchní části tělesa železničního spodku z důvodu špatného odvodnění. Tato vrstva celkově zhoršuje vyhodnocení náspu pod kolejí č. 2. Zbytek náspu není horší než v jiných úsecích.

Násep je relativně vysoký, spodní část náspu je v lepším stavu než svrchní část.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Pro ověření podloží náspu byly realizovány penetrace DP 2L a DP 2 P a dále kopaná sonda KS 5. Penetrace vykazují špatnou kvalitu podloží náspu, u DP 2L 1 m a u DP 2P 1,8 metru. Pod touto úrovní se nalézají zvětralá poloskalní hornina, která je již dostatečně únosná.

Kopaná sonda KS 5 prokazuje plastickou zeminu F7 MH s efektivní smykovou pevností $\Phi = 26^\circ$, $c = 11$ kPa.

Stabilita náspu:

Počítal se starý násep i varianta budování nového.

Tabulka 4.3.2.8.2: Výpočet stability km 179,550

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 179,550	jižní svah stupeň stability FS [-]	severní svah stupeň stability FS [-]
současný stav	1,111	1,205
nový násep	1,51	1,61

Detaily v příloze č. 6 kapitola 4.7.

4.3.2.9 Úsek č. 9 – km 179,550 – 179,700 délka úseku 150 m.

Trať v tomto úseku vede u 1. koleje zhruba v úrovni terénu u 2. koleje ve vysokém odřezu.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 1:

Dynamická penetrace DP 82 spárovaná s kopanou sondou KS 18 (2020) v km 179,650.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

JN 6L

Sondy mimo trať pro výpočet stability zářezu:

JZ 4, KS 12,

Popis vlastností zemin zemního tělesa.

Zatěžovací zkouška deskou na pláni zjistila moduly přetvárnosti:

KS 18 (2020) v km 178,500 $E_{\text{def1}} = 50$ MPa a $E_{\text{def2}} = 136$ MPa. Poznámka – asfaltová živice.

DP 82 prokázala pod štěrkovým ložem relativně špatnou horninu s poměrně nízkým penetračním odporem vyhodnoceným na průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def1}} = 11,6$ MPa, který se směrem do hloubky (až do konečné hloubky penetrace 5,7 m) nezlepšuje.

Vrt JN 6L dokumentuje až do hloubky 3 m jíl měkký až tuhý s drobnými kameny do profilu 3 cm.

Interpretovaný modul přetvárnosti vyšší než 10 MPa je patrně dán příměsí hrubozrnnějšího materiálu do měkkého až tuhého matrixu.

Stabilita odřezu:

Odřez se posuzoval pro různé varianty pohybů hladiny podzemní vody.

Tabulka 4.3.2.9.1: Výpočet stability km 179,640

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 179,640	HPV		stupeň stability FS [-]	požadovaný stupeň stability FS [-]
severozápadní odřez	současný stav	celková	1,23	1,5
		vrchní část	1,495	
	nastoupaná		1,135	

Detaily v příloze č. 6 kapitola 4.8.

4.3.2.10 Úsek č. 10 – km 179,700 – 180,080 délka úseku 380 m.

Trať vede v tomto úseku dle modelu terénu na náspe výšky až 6 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kopané sondy:

Kolej 1 a 2:

Kopané sondy KS 19 (2020 kolej 1) a KS 210 (2020 kolej 2) spárovány s penetrací 31 (kolej 2) v km 179,980.

Kopané sondy KS 110 (2020 kolej 1) a KS 211 (2020 kolej 2) spárovány s penetrací 38 (kolej 2) a vrtem JVD3 (kolej 1) v km 180,025.

Kopaná sonda SZZ hl. 1,1 m (2010) v km 180,065.

Kopaná sonda SZZ hl. 1,3 m (2010) v km 180,065.

Výsledky:

KS 19 (2020) v km 179,880 $E_{\text{def1}} = 3,0$ MPa a $E_{\text{def2}} = 9,3$ MPa. Poznámka – Geobuňky.

KS 210 (2020) v km 179,880 $E_{\text{def1}} = 53,6$ MPa a $E_{\text{def2}} = 75$ MPa. Poznámka – Štěrková sanace

KS 110 (2020) v km 180,025 (hloubka 1,1/1,4) $E_{\text{def1}} = 17,9/14,1$ MPa a $E_{\text{def2}} = 32,8/24,9$ MPa.

Poznámka – Asfaltová živice

JVD 3 (Parametry podloží) $\Phi = 16,5$, $c = 10$, F7MV

KS 211 (2020) v km 180025 $E_{\text{def1}} = 10,2$ MPa a $E_{\text{def2}} = 25$ MPa, $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 2,45$ (S3 S-F písek)

SZZ (2010) v km 180065 (hl. 1,1) $E_{\text{def1}} = 10,3$ MPa a $E_{\text{def2}} = 51,1$ MPa, $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 4,96$ (G3 štěrk)

SZZ (2010) v km 180065 (hl. 1,3) $E_{\text{def1}} = 10,2$ MPa a $E_{\text{def2}} = 25,7$ MPa, $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 2,52$ (F8 – vysokoplastický jíł).

DP 31 vykazují mimořádně špatné vlastnosti podloží od hloubky 1,1 až po 3,4 metru, kdy průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def1}} = 3,4$ MPa. Navíc v nejhorších úsecích 2 – 2,5 metru klesá odpor k nule, jedná se tedy o měkkou až kašovitou zeminu.

DP 38 ukazuje rovněž mimořádně špatnou vrstvu v hloubce 1,5 – 2,4 metru, kde je průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def1}} = 3,4$ MPa, jedná se tedy o měkkou zeminu.

Pod touto úrovní je podloží u těchto dvou penetrací již únosné.

Vyhodnocení penetrací:

Z vyhodnocení jsme vyloučili penetrace 24A, 25, 26, 27, 83, 84, 85, 86, protože jsou krátké a patrně skončily na betonu mostu v km 179,752. Dále jsme vyloučili penetrace 39A, 39B – krátké patrně panel.

Vyhodnocení zbylých penetračních sond uvádím v tabulce 4.3.2.10.1.

Tabulka 4.3.2.10.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 179,700 – 180,080

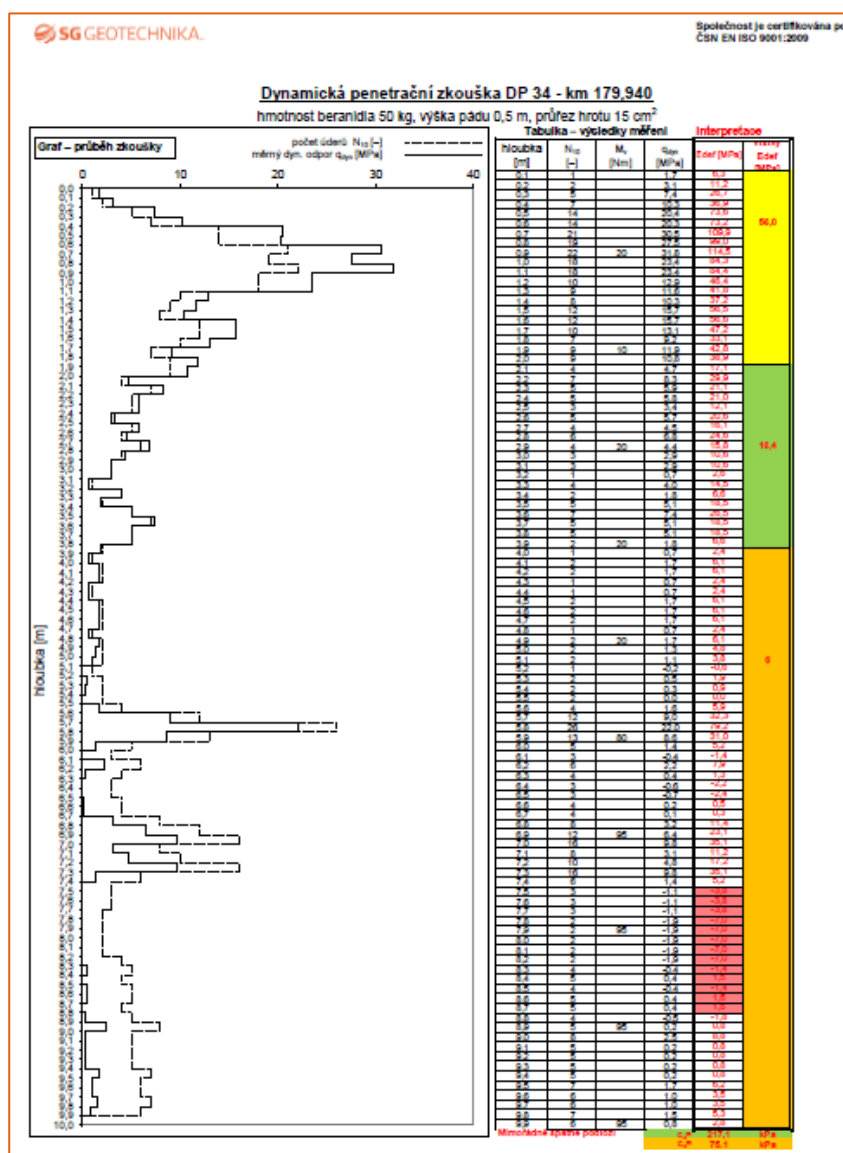
sonda DP	mocnost vrstvy		Edef 1	
	kolej 1	kolej 2	kolej 1	kolej 2
28		1,4		4
87	1,6		6,9	
29		1,2		3,3
88	1,9		10,4	
30		0,1		6,5
89	1,2		6	
31		2,2		3,4
90	0,4		5,1	
32		2,8		5,9
91	1,9		4,4	
33		3,8		4,5
92	2,5		4	
34		1,8		6
35		5,1		5
94	3,4		4,8	
36		2,4		5,7
95	4		5,1	
37		0,9		2,9
96	2		4,8	
38		0,9		3,2
97	1		5	
průměr	1,99	2,05	5,65	4,58

Průměrné hodnoty modulů sice odpovídají násypům v jiných úsecích, zde je ale na jednotlivých sondách vidět velmi nepravidelný průběh s tím, že podloží náspu je v mnoha případech v horším stavu, než vlastní násep a odpory často klesají až k nule. Na některých průbězích křivek je zřetelně vidět zcela neúnosné podloží náspu.

Tento stav dokladujeme na sondě DP 34 v km 179,940 (v bezprostřední blízkosti propustku, který je uváděn ve stejném staničení)

Zde vidíme vysoké odpory až do hloubek cca 3 m, které indikují vysokou příměs štěrku kolejového lože, a tedy rozsáhlé a časté podbíjení v minulosti. Toto řešení nepomáhalo a nemohlo situaci zlepšit, protože kritické místo se nachází v hloubkách 7,4 – 9 m, kde penetrační odpory klesají až

k nule. Jakékoli řešení tohoto úseku v budoucnosti musí hloubkově vyřešit neúnosné podloží v hloubkách do devíti metrů. Penetrace končí v hloubce 9,9 metrů na sice nenulových, ale mimořádně špatných hodnotách a bez záruky, že do hloubky klesne pevnost opět na nulu. Obdobný průběh má penetrace DP 92 v km 179,935, tedy cca 5 m od propustku. DP 93, která je ve staničení 179,940 je relativně krátká (3,2 m) a nemá v této úrovni měkkou vrstvu. Celkově lze konstatovat, že násep v bezprostřední blízkosti propustku 179,940 je ve velmi špatném stavu již od doby výstavby a je potřeba zde násep zcela zrekonstruovat.



Obrázek 15 DP 34 - velmi špatný násep v km 179,940 - nutná rekonstrukce celého náspu a sanace podloží

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Sondy vyhloubené v této oblasti mimo vlastní trať pro prokázání vlastností podloží náspu

JN 7L, JN 7P, JN 8L, JN 8P, KS 3, KS 4, DP 3L, DP 3P, DP 4L, DP 4P, IV 5 **prokazují v podloží minimálně 2 – 4 m měkkých, nanejvýše tuhých zemin.**

Stabilita náspu

Násep se posuzoval s uvažovanou variantou výměny.

Tabulka 4.3.2.10.2: Výpočet stability km 179,760

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 179,760	jižní svah	severní svah
současný stav	1,301	1,962
nový násep	1,661	-

Detaily v příloze č. 6 kapitola 4.9.

Tabulka 4.3.2.10.3: Výpočet stability km 179,980

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 179,980	jižní svah
současný stav	1,086
nový násep	1,275

Násep nevyhoví ani v případě výměny za vhodný materiál, je potřeba počítat s nutností vybudování náspu ze zemin vyztužených geosyntetiky.

Detaily v příloze č. 6 kapitola 4.11.

4.3.2.11 Úsek č. 11 – km 180,080 – 180,260 délka úseku 180 m.

V tomto úseku vede trať zhruba v úrovni terénu mezi dvěma náspy.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 1:

Kopaná sonda KS 13 (2021) v km 180,095 zjištěny geobuňky.

Dynamická penetrace DP 98 spárovaná s kopanou sondou KS 111 (2020) v km 180,100.

Deska se boří, zjištěny geobuňky. (Viz protokol ve zprávě podrobného průzkumu STRIX 2020).

Penetrace DP 98 je jediná interpretovatelná penetrace v tomto úseku. Penetrace zjistila minimální oslabenou vrstvu v úrovni 1,2 – 1,6 m (kterou pravděpodobně představují geobuňky) s interpretovaným modulem přetvárnosti $E_{\text{def1}} = 7,4$ MPa, hlouběji zastižené zeminy mají průměrné interpretované $E_{\text{def1}} = 10,4$ MPa

Kolej 2:

Kopaná sonda KS 212 (2020) v km 180,200 $E_{\text{def1}} = 75$ MPa a $E_{\text{def2}} = 31,2$ MPa. Poznámka – asfaltová živice.

Penetrace 40A a 40B jsou krátké, pravděpodobně narazily na panely.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

IV 6, IV 7, JN 9L, JN 10L

Popis vlastností zemin železničního spodku.

JN 9L je sonda, která byla vyhloubena na samém začátku trasy v km 180,080 a do hloubky 3,2 m prokázala měkké zeminy. Dynamické penetrace z roku 2010 (DP 1 a DP 2) byly patrně realizovány mimo trať, protože na nich není vidět odpor šterkového lože. Prokazují měkké zeminy do hloubky cca 1 m. Sonda IV 7 prokázala tuhé jíly s penetračním odporem (kapesní penetrace) 200 kPa do hloubky až 7 m. Blízký vrt IV 6 vykázal mírně lepší výsledky (odpory 250 kPa do hloubky 5,5 m).

Úsek byl dle zjištění ze sond podrobného průzkumu sanován několika způsoby. Jediná penetrace (DP 98), která byla provedena do větší hloubky vykazuje penetrační odpory 7 – 10 MPa prakticky na celou hloubku 6,8 m, což není výsledek odpovídající dobrým podmínkám, níméně je citelně lepší než mnohé další úseky, kdy odpory klesají pod 5 MPa. Přesto lze na základě skutečnosti, že zde v minulosti byla provedena sanace předpokládat, že se zde vyskytly poruchy. Tyto poruchy nemusí být způsobeny pouze neúnosnou základovou půdou, mohou mít zdroj i ve svahovém pohybu. Aby byla stabilita svahu prověřena, byly zde instalovány inklinometrické sondy.

4.3.2.12 Úsek č. 12 – km 180,260 – 180,380 délka úseku 120 m.

Trať vede dle modelu terénu na náspu výšky až 7,5 m.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 1:

Dynamická penetrace DP 101 spárovaná s kopanou sondou KS 112 (2020) v km 180,319.

Kolej 2:

Dynamická penetrace DP 43 spárovaná s kopanou sondou KS 213 (2020) v km 180,319.

KS 112 (2020) v km 180,319 hloubka 1,05/1,4 $E_{\text{def1}} = 17,3/11,3$ MPa a $E_{\text{def2}} = 24,3/19,3$ MPa. (Geobuňky).

KS 213 (2020) v km 180,319 $E_{\text{def1}} = 37,5$ MPa a $E_{\text{def2}} = 66,2$ MPa.

(pouze 5 metrů od propustku v km 180,324)

DP 101 – velmi špatné poměry až do hloubky 10 m

DP 43 – velmi špatné poměry až do hloubky 9 m

Tabulka 4.3.2.12.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 180,260 – 180,380

sonda DP	mocnost vrstvy		Edef 1	
	kolej 1	kolej 2	kolej 1	kolej 2
99	2,7		10	
41		4,7		6
100	2,9		5	
43		6,8		8
101	4,9		7	
44		3,9		11,5
102	2,2		8	
45		4,7		3,9
103	3,3		8	
46		4,3		6,7
104	5,4		10,3	
průměr	3,57	4,88	8,05	7,22

Popis vlastností zemin náspu.

Vlastnosti náspu se zhoršují směrem do hloubky, při bázi mají mnohem horší vlastnosti než svrchní vrstva. Zatímco svrchní část náspu má moduly $E_{\text{def1}} = 7,22 - 8,05$ MPa, v hloubce 6 – 7 metrů klesá hluboko pod 5 MPa.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

JN 11 L, JN 12L, JN 13L, JN 11P, JN 12P, JN 13P, HGP 1, HGP 2, DP 5L, DP 5P

K vyhodnocení můžeme použít i dva paralelní geofyzikální profily, které vedou podél trati po pravé i levé straně (GF 1 a GF2 viz příloha č. 8.1).

Z dokumentace vrtaných i penetračních sond můžeme konstatovat, že podloží náspu je ve svrchní vrstvě tvořeno měkkou až tuhou zminou tvořenou směsí vysokoplastických jíílů a zahliněných až zajiílovaných písků. **Sonda HGP 1 dokumentovala měkké zeminy s penetračním odporem kapesní penetrací 125 kPa až do hloubky 10 m, u HGP 2 do hloubky 10 m byl jííl měkký s pouhým odporem kapesní penetrace 75 kPa.**

Z vrtů HGP 1 – 3 byly odebrány vzorky pro zkoušky stlačitelnosti, které vykázaly oedometrické moduly v závislosti na napětí od $E_{\text{oed}} = 3,82 \text{ MPa}$ až po 29 MPa. Viz tabulka č. 3.11.2.1 a příloha č. 9

V hlubších partiích podloží dochází k výrazným průsakům podzemní vody z vyšších poloh svahu, a to buď po písčitéjších prolohách, nebo podél starých důlních štol.

Stabilita náspu.

Byly zvažovány varianty s výměnou materiálu za materiál vhodný.

Tabulka 4.3.2.12.2: Výpočet stability v km 180,350

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 180,350	jižní svah	severní svah
současný stav	1,082	1,36
nový násep	1,32	-

Detaily v příloze č. 6 kapitola 4.12.

4.3.2.13 Úsek č. 13 – km 180,380 – 180,460 délka úseku 80 m.

Trať vede zhruba v úrovni terénu mezi dvěma náspy.

Průzkumné sondy:

V trati:

Kolej 2:

Kopaná sonda KS 214 (2020) v km 180,400 $E_{\text{def1}} = 23,7 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 58,4 \text{ MPa}$. Poznámka – geotextilie.

Penetrace DP 42. Nebyla interpretována, protože vykazuje dobré penetrační odpory. Pouze v hloubce 1,3 m má pokles na $q_{\text{dyn}} = 1,7 \text{ MPa}$, což může indikovat oslabení svrchní části tělesa železničního spodku na několik centimetrů.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

Je zde sonda HGP 3, která vykazuje tuhý jíl s penetračními odpory do hloubky 6,4 m do 200 kPa. Hluběji již se penetrační odpory rychle zvyšují. I když tyto základové poměry nelze považovat za dobré, jsou výrazně lepší než v úseku předchozím.

Popis vlastností zemin železničního spodku.

Ani penetrační sonda ani zatěžovací zkouška nepoukázaly na možný problém s tímto krátkým úsekem.

4.3.2.14 Úsek č. 14 – km 180,460 – 181,100 délka úseku 640 m.

V tomto úseku trať vede dle modelu terénu na náspu výšky až 11 m.

Průzkumné sondy:

V trati:**Kopané sondy:**

Kolej 2:

Kopaná sonda KS 24 (2021) v km 180,820.

Kopaná sonda KS 25 (2021) v km 180,923.

Výsledky:

KS 24 (2021) v km 180,820 $E_{\text{def1}} = 26,8 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 39,9 \text{ MPa}$. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 1,38$.

KS 25 (2021) v km 180,923 $E_{\text{def1}} = 16,9 \text{ MPa}$ a $E_{\text{def2}} = 21,8 \text{ MPa}$. $E_{\text{def2}} / E_{\text{def1}} = 1,29$.

Vyhodnocení penetrací:

Z vyhodnocení jsme vyloučili penetrace DP 112, 113 a 114, protože jsou krátké a patrně skončily na betonu mostu v km 180,846. Dále jsme ze stejného důvodu vyloučili penetraci DP 118, která skončila na betonu mostu v km 180,887.

Vyhodnocení zbylých penetračních sond uvádím v tabulce 4.3.2.14.1.

Tabulka 4.3.2.14.1: Interpretovaný modul přetvárnosti a mocnost měkké vrstvy km 180,460 – 181,100

sonda DP	mocnost vrstvy		Edef 1	
	kolej 1	kolej 2	kolej 1	kolej 2
47		4		12,2
105	2,8		9,3	
48		4,3		10,4
106	3,9		9,1	
107	1,6		10,4	
50		4,9		15,5
108	4,3		13,2	
109	4,4		10	
51		4,3		16,7
53		8,4		9,9
111	5,3		11,6	
115	7,1		5,4	
116	4,1		9,9	
117	4		10,5	
56		3,9		5,7
119	2,5		13,1	
120	2,1		10	
121	0,7		9,9	
průměr	3,57	4,97	10,20	11,73

Z výsledků vyplývá, že materiál použitý pro násypy v tomto úseku je výrazně kvalitnější než materiál použitý v úsecích předchozích.

Sondy mimo trať pro ověření podloží:

KS 1, KS 7, DP 6L, DP 6P, DP 7L, DP 7P

Podloží násypových těles v tomto úseku na poddolovaném území je relativně zdravé, kopané sondy zastihly rulu a písek, penetrační sondy nevykázaly nízké odpory.

Stabilitní posouzení náspu.

Násypy byly posuzovány ve dvou profilech s modelováním různých úrovní hladin podzemní vody a s případnou degradací materiálů náspu a podloží.

Tabulka 4.3.2.14.2: Výpočet stability km 180,520

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 180,520	jižní svah		severní svah	
	model HPV		model HPV	
	průběh body	MKP	průběh body	MKP
současný stav	1,119/1,223	1,063/1,066	1,829	1,829
nový násep	1,324/1,346	1,198/1,276	2,221	2,221

Tabulka 4.3.2.14.3: Výpočet stability km 180,800

Výsledné hodnoty stupňů stability v profilu km 180,800		jižní svah	severní svah
současný stav	-	1,112	1,136
	degradace parametrů náspu	0,9	0,982
	degradace parametrů podloží	0,95	0,982
nový násep	-	1,252/1,405	1,278/1,431

Detaily v příloze č. 6 kapitola 4.13 a 4.14.

5. Závěr a doporučení pro sanaci:

Začátek trasy

Pro úsek od počátku námi posuzovaného úseku trasy v km 177,850 až do km 178,018 se na úrovni terénu nacházejí náplavy, které jsou neúnosné, měkké a stlačitelné. Dle zadávací dokumentace v km 178,018 – 178,300 bylo podloží zlepšeno vápnem, proto penetrační sondy v tomto úseku nevykázaly snížené odpory ani měkkou vrstvu v přímém podloží trati. V úseku předcházející této sanaci (km 177,850 – 178,018) je podloží nezlepšené a tomu odpovídají nízké moduly ze zatěžovací zkoušky naší KS 11 i penetrací DP 8L a DP 8P u propustku v 177,933. Zde doporučujeme sanaci zlepšením podloží pojivy stejně jako v navazujícím již zlepšeném úseku (km 178,018 – 178,300).

Náspy

Materiál použitý pro jádra násypů není z hlediska dnešní předpisové základny možno považovat za vyhovující, a to ani z hlediska mechanických a přetvárných vlastností, ani z hlediska materiálového složení, kdy se vysokoplastické jíly použité v minulosti pro tyto jádra násypů považují za materiál nevhodný. Doporučujeme projektantovi navrhnout odpovídající technická řešení.

V úseku **km 179,335 do 180,400** problémy vycházejí z velmi špatných vlastností spodních pater násypového tělesa a z neúnosného podloží násypů, především v oblasti propustků. Zde se domníváme, že pouhé odstranění svrchní části náspu, sanace geobuňkami, asfaltovou lepenku a poškozenou zemní pláň nebylo postačující v minulosti a nebude dostačující ani v případě realizace kvalitní sanace zemní pláně v budoucnu, pokud zůstane podloží náspu a vlastní těleso náspu v současném stavu. I v případě kvalitní rekonstrukce svrchního patra náspu budou deformace spojené s nižšími patry a podložím přetrvávat a jakoukoli sanaci kolejového lože znehodnotí. Pokus o hloubkové zlepšení zemin (DSM, TI) je sice možný a technologie hloubkového zlepšení existují, ale obáváme se, že takovéto řešení by bylo nespolehlivé a nákladnější než vybudování nového náspu, sanace základové spáry a zřízení funkčního odvodnění.

Pokud se přistoupí k odstranění stávajícího náspu a budování nového dovolujeme si upozornit, že stávající násep je budován ze zemin, které nejsou v souladu se stávajícími předpisy o použitelnosti materiálů do náspu. V takovýchto případech se obvykle přistupuje ke zlepšení zemin pojivy. Toto řešení je použitelné u násypů, které jsou budovány na pevném podloží, u kterých se neočekává sedání a konsolidace podloží. Zlepšené zeminy mají totiž křehké chování a nejsou schopny přenést deformaci plastickým způsobem, chovají se křehce a hrozí jejich zlomení. Na neúnosném podloží doporučujeme aplikovat vyztužené zeminy (například pomocí geosyntetik) za použití vhodného materiálu. Protože stávající sklony svahů násypů jsou relativně mírné a nově budované náspy se mohou vejít do stávajícího pruhu s normovými svahy, není potřeba dle našeho názoru zvažovat lícové prvky.

V úseku **km 180,400 po 181,100** penetrační sondy vykazují relativně lepší fyzikálně mechanické vlastnosti pro násypová tělesa, než tomu bylo v úsecích předcházejících. Přestože se domníváme, že jádra násypů nesplní požadavky vyplývající ze současné předpisové základny, nedomníváme se, že budou nutná významná sanační opatření v dohledné době.

Geotechnické výpočty zjistily vesměs nevyhovující stupně stability a doporučujeme stabilitu násypů zajistit. V úsecích, kde bude násep nově vybudován, bude použito vhodných nebo podmínečně vhodných materiálů a nový stav bude prověřen opětovným výpočtem tak, aby vyhovoval předepsané

stabilitě. V případě, že úpodloží náspu je neúnosné, bude nutná i sanace podloží a v poddolovaném úseku i hloubkové odvodnění.

Zářezy

Z hlediska zářezů podloží trati v místech, kde bylo možno realizovat zkoušky, nebyl zjištěn vysloveně nevyhovující stav. Nicméně značně dlouhé úseky zářezů byly v minulosti sanovány panely, byly proto pro průzkum nepřístupné. V době dlouhodobé výluky pro stavbu či rekonstrukci nás pových úseků doporučujeme odstranit část železničního svršku v místech zářezů, odstranit panely a posoudit kvalitu zemin zemní pláň, případně realizovat zatěžovací zkoušky v místech pod panely. Stabilitu zářezů z hlediska globálního vyšly vesměs uspokojivě, sníženou stabilitu vykazovaly svahy zářezů v případě zvětrání hornin po mělkých smykových plochách. Potenciálně zde tedy hrozí menší sesuvy řádově v jednotkách kubických metrů a hloubce desítek centimetrů, které představují potenciálně vyšší náklady na údržbu (odstranění sesouvajících hmot), ale nepředstavují přímé ohrožení železničního provozu. Horší výsledky vyšly pouze v blízkém okolí rekonstruovaného náspu km cca 178,850 (sad B – B) v případě ztráty funkčnosti odvodnění a zvýšení hladiny vody.

Poddolované území

Poddolované území v km 179,600 – 180,500 představuje potenciálně nejkritičtější úsek. Náspy trati v tomto úseku jsou sice na ochranném pilíři, takže nejsou přímo zasaženy deformacemi od poddolování, ale přímé podloží náspu je tvořeno měkkými zeminami a oblast je rovněž ohrožena soustředěnými průsaky podzemních vod ve větší hloubce, jak je prokázáno geofyzikálními měřeními i měřeními hladin v pozorovacím vrtu HGP 4 ve srovnání s okolními hladinami ve vrtech. Zde doporučujeme povrchové i hloubkové odvodnění, terénní úpravy oblasti severně od trati (likvidace bezodtokých jezírek v propadlých oblastech od poddolování) a sanace podloží náspu včetně jeho úplného přebudování z vhodných zemin, případně vyztužených geosyntetiky. Rozhodně nedoporučujeme budování náspu ze stabilizované zeminy, protože v případě dodatečného sednutí může dojít ke křehké deformaci.

V podloží náspu vedou dvě staré přístupové štoly z jihu směrem ke slojím severně od trati. Tyto štoly jsou pravděpodobně cestami, kterými proudí voda ze severu pod náspen na jih. Po vybudování nového systému hloubkového odvodnění území doporučujeme tyto štoly sanovat.

V rámci stavebních prací doporučujeme vyčištění a případnou obnovu celého systému příčného i podélného odvodnění trati. Z penetračních sond v blízkosti propustů vyplývají velmi nepravidelné změny pevnosti zemin náspů i podloží a pravděpodobně průsakové cesty mimo vlastní propusty.

V Praze 25.10. 2021