

Evidenční číslo České geologické služby - Geofondu: **2607/2022**

„SANACE NESTABILNÍHO ÚSEKU VALAŠSKÁ
POLANKA - HORNÍ LIDEČ V KM 20,019 – 21,248“

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM

ETAPA: PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM
STUPEŇ DOKUMENTACE: ZP

listopad 2022

2022 - 165

Výtisk č.:

Objednatel: **MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.**
Legionářská 1085/8 779 00 Olomouc

Zhotovitel: **GeoTec-GS, a.s.**
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 10

Název zakázky zhotovitele: Valašská Polanka - Horní Lideč, IG průzkum

Zakázkové číslo zhotovitele: 2022 - 165

Úkol / název zprávy: **„Sanace nestabilního úseku Valašská Polanka - Horní Lideč v km 20,019 – 21,248“**

Etapa: **Předběžný průzkum**
Pro stupeň dokumentace: ZP

Brno, listopad 2022

Zpracovali: Bc. Eduard Žáček

Za věcnou správnost: Ing. Michal Hartman
vedoucí pracoviště Morava

Schválil: Mgr. Filip Dudík
ředitel společnosti

OBSAH:

1	ÚVOD	6
1.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ZAKÁZCE	6
1.2	CÍL PRACÍ	6
1.3	INFORMACE O STAVBĚ	7
1.4	SEZNAM SUBDODAVATELŮ	7
1.5	POUŽITÉ PODKLADY	7
2	ÚDAJE O ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ	10
2.1	PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	10
2.1.1	Geomorfologické poměry	10
2.1.2	Klimatické poměry	10
2.1.3	Hydrologické poměry	10
2.2	GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	11
2.2.1	Geologické poměry	11
2.2.2	Tektonika	16
2.2.3	Hydrogeologické poměry	17
2.2.4	Seismická aktivita	17
2.2.5	Geodynamické jevy	17
2.2.6	Ostatní území s ohledem na možné střety zájmů	26
3	ROZSAH A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ	29
3.1	ODKRYVNÉ PRŮZKUMNÉ PRÁCE	29
3.1.1	Vrtné a sondážní práce	30
3.1.2	Terénní zkoušky	31
3.2	ODBĚR VZORKŮ, LABORATORNÍ ROZBORY A ZKOUŠKY	33
3.2.1	Vzorky zemin a podzemní vody pro analytiku	34
3.3	MĚŘICKÉ PRÁCE	34
3.4	HYDROGEOLOGICKÉ ZKOUŠKY	34
3.5	GEOFYZIKÁLNÍ PRÁCE	35
4	VÝSLEDKY INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU	35
4.1	GEOTECHNICKÁ CHARAKTERISTIKA ZEMIN A HORNIN	35
4.1.1	Geotechnické typy kvartérního pokryvu	37
4.1.2	Geotechnické typy předkvartérního podloží	42
4.2	VYHODNOCENÍ DYNAMICKÝCH PENETRACÍ	49
4.3	VÝSLEDKY HYDROGEOLOGICKÝCH PRACÍ	50
4.3.1	Posouzení agresivity podzemní vody	56
4.3.2	Posouzení chemismu podzemní vody	56
4.4	VÝSLEDKY AGRESIVITY ZEMIN	56
4.5	VÝSLEDKY GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU	56
5	INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY LOKALITY	57
5.1	DŘÁŽNÍ TĚLESO	58
5.1.1	Násep a přísyp km 20,600 – 20,800	58
5.1.2	Násep km 20,800 – 20,985	59
5.1.3	Odřez km 20,985 – 21,245	60
5.1.4	Ostatní části trasy km 20,019 – 20,600	60
5.2	ŠIRŠÍ OKOLÍ SE SESUVNÝM POTENCIÁLEM	61
5.2.1	Aktivní sesuvný svah v km 20,600 – 20,800	61
5.2.2	Svah nad archivním sesuvem v km 20,850 – 20,950	63
6	TECHNICKÁ DOPORUČENÍ	64
6.1	PŘEDBĚŽNÉ IDEOVÉ NÁVRHY TECHNICKÝCH OPATŘENÍ	64
6.2	OBEZNÁ DOPORUČENÍ	64

6.3	TĚŽITELNOST A VRTATELNOST	65
7	ZÁVĚR.....	66

Seznam příloh:

Příloha 1	Přehledná situace (M 1 : 50 000)
Příloha 2	Podrobná situace (M 1 : 500)
Příloha 3	Dokumentace průzkumných sond
Příloha 4	Schématické geologické profily
Příloha 5	Zpráva o výsledcích laboratorních zkoušek
Příloha 6	Geofyzikální průzkum
Příloha 7	Geotechnické výpočty
Příloha 8	Ideové návrhy technického řešení
Příloha 9	Hydrodynamické zkoušky
Příloha 10	Technická zpráva o odkryvných pracích
Příloha 11	Projekt podrobného inženýrskogeologického průzkumu

Seznam obrázků

Obrázek 1	Ojedinelý výchoz strmě uložených jílovců se střípkovitým rozpadem (u domu č.p. 565) 11
Obrázek 2	Konvolutní zvrstvení v pískovcích viditelné v zářezu na levé straně ve staničení cca v km 20,500 12
Obrázek 3	Výřez geologické mapy zájmového území [8] 14
Obrázek 4	Inženýrskogeologické rajony zájmového území 15
Obrázek 5	Tektonická situace širší oblasti zájmového území dle Baroně in Baldík 2007 [9] na podkladu geologické mapy 1:25000 (Franzova Lhota) [8] 17
Obrázek 6	Svahové nestability v okolí zájmového území 18
Obrázek 7	Sesuv v koleji č. 1 (leden 2022) 19
Obrázek 8	Morfologie aktivního sesuvu č.63, pohled ze severu, sytě červeně označený sesuv v koleji č.1 20
Obrázek 9	Morfologie aktivního sesuvu č.63, pohled z jihu, sytě červeně označený sesuv v koleji č.1 20
Obrázek 10	Záplavové území Q100 27
Obrázek 11	Rozsah CHKO Beskydy 28
Obrázek 12	Území s archeologickými nálezy 28
Obrázek 13	Sběrné území nad drážním tělesem (orientačně) 51
Obrázek 14	Zamokřená místa 52
Obrázek 15	Vývoj HPV v sondách HG1-HG3 (03/2022-10/2022)..... 53
Obrázek 16	Průsak vody přes štětovicovou stěnu (červen 2022) 54
Obrázek 17	Průsak vody přes štětovicovou stěnu (září 2022)..... 54
Obrázek 18	Rizikové potenciální odlučné plochy sesuvu 62

Tabulka 1	Přehled realizovaných vrtů a odběrů vzorků	30
Tabulka 2	Přehled realizovaných sond dynamické penetrace	32
Tabulka 3	Přehled laboratorních rozborů zemin a hornin	33
Tabulka 4	Přehled laboratorních analýz vod a zemin	34
Tabulka 5	Přehled geofyzikálních profilů	35
Tabulka 6	Přehled geotypů	36
Tabulka 7	Přehled použitých geotechnických veličin	37
Tabulka 8	Odvozené hodnoty geotechnických veličin zemin Y2.....	38
Tabulka 9	Odvozené hodnoty geotechnických veličin zemin Q1	41
Tabulka 10	Odvozené hodnoty geotechnických veličin zemin Q1a	42
Tabulka 11	Odvozené hodnoty geotechnických veličin P1	43
Tabulka 12	Odvozené hodnoty geotechnických veličin P2	44
Tabulka 13	Odvozené hodnoty geotechnických veličin P3	45
Tabulka 14	Odvozené hodnoty geotechnických veličin pískovce P4	45
Tabulka 15	Odvozené geotechnické parametry zeminových geotypů	46
Tabulka 16	Odvozené geotechnické parametry horninových geotypů	47
Tabulka 17	Odvozené parametry smykové pevnosti kritické a reziduální	48
Tabulka 18	Polohy geotypů Q1a Y2a na základě dynamických penetrací.....	49
Tabulka 19	Vyhodnocení dynamických penetrací	50
Tabulka 19	Úroveň hladiny podzemní vody ve vrtech.....	55
Tabulka 19	Posouzení stability v km 20,668.....	59
Tabulka 21	Klasifikace geotypů do tříd těžitelnosti a vrtatelnosti	65

1 ÚVOD

1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ZAKÁZCE

Společnost MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. uzavřela se společností GeoTec-GS a.s. smlouvu o dílo na provedení předběžného inženýrskogeologického průzkumu pro stavbu „Sanace nestabilního úseku Valašská Polanka - Horní Lideč v km 20,019 – 21,248“.

Vznikem sesuvu tělesa náspu pod koleji č. 1 v lednu 2022 v úseku km 20,770 – 20,800 byla zcela pozastavena železniční doprava v obou kolejích po dobu několika měsíců. **Zjištěný stav byl zhodnocen jako havarijní a bylo provedeno bezodkladné sanační opatření pro zajištění alespoň jednokolejného provozu [3]. V současnosti je zde tento sesuv zajištěn štětovými stěnami vedenými po vrstevnici v patě a v koruně ve dvou řadách. Průjezd je aktuálně umožněn pouze po koleji č. 2 a v době realizace terénních prací se sníženou rychlostí 30 km/h.**

Název stavby:	„Sanace nestabilního úseku Valašská Polanka - Horní Lideč v km 20,019 – 21,248“
Investor:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Praha 1, Nové Město, Dílčeděná 1003/7, PSČ 110 00
Stupeň dokumentace:	ZP– Záměr projektu
Charakteristika stavby:	Dopravní liniová stavba – železniční trať
Místo stavby:	železniční trať st. Hranice ČR / SR - Valašská Polanka – Vsetín
TÚ DÚ:	2362 2 Horní Lideč – Valašská Polanka
Kraj:	Zlínský
Okres:	Vsetín
Katastrální území:	Lidečko (683671)
Předmět plnění:	Zpracování inženýrskogeologického průzkumu Etapa: Předběžný průzkum

1.2 CÍL PRACÍ

Cílem provedených prací bylo získání informací o inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrech lokality a stanovení základních geotechnických charakteristik rozhodujících členů vrstevního sledu potřebných ke zpracování projektové dokumentace pro stavbu „**Sanace nestabilního úseku Valašská Polanka – Horní Lideč v km 20,019 – 21,248**“.

Výsledky předběžného inženýrskogeologického průzkumu slouží jako podklad pro zpracování záměru projektu. Předkládaná zpráva uvádí údaje o rozsahu a metodice průzkumných prací, popis činností, které budou v rámci předběžného průzkumu prováděny.

1.3 INFORMACE O STAVBĚ

Jedná se o celostátní dráhu č. 820 00 Horní Lideč státní hranice – Hranice na Moravě. Trať je dvoukolejná s pravostranným provozem, elektrizovaná (3kV), je zařazena do systému TEN-T a je součástí evropského nákladního koridoru 9 (rail freight corridor). Dovolená traťová třída zatížení je D4 (22,5 t/ 8 t). Maximální provozovaná rychlost na trati je 80 km/h.

Nestabilní úsek se nachází v přímé a částečně v přechodnici přilehlého oblouku ve směru na Horní Lideč. Ve staničení km 20,750 docházelo opakovaně k rozpadu GPK v koleji č. 1, v místě přechodu tělesa z odřezu do vysokého náspu. Dne 7. ledna 2022 se začalo propadat kolejové lože pod 1. TK, kolej byla vyloučena z provozu. Následně s ohledem na vývoj sesuvu byl zastaven provoz i v 2. TK.

Řešený zájmový úsek stavby, resp. zájmové území navrženého průzkumu začíná v evidenčním km 20,019 a končí v km 21,248. Hlavní těžiště prací bylo směřováno do úseku km 20,600 – 21,000, kde došlo k sesuvu části drážního tělesa a kde dochází k průniku se sesuvnými územími evidovanými v registru svahových nestabilit Českou geologickou službou, a historickou databází svahových pohybů v Česku [24].

1.4 SEZNAM SUBDODAVATELŮ

Hlavní části průzkumu byly realizovány pracovníky společnosti GeoTec-GS a.s., včetně množství laboratorních a polních (penetračních) zkoušek. Níže uvádíme seznam subdodavatelů kooperujících na předběžném inženýrskogeologickém průzkumu.

GEO krtek s.r.o.	- jádrové vrty
GEOBE, s.r.o.	- jádrové vrty
UNIGEO a.s.	- jádrové vrty
SG Geotechnika a.s.	- laboratorní rozboru zemin
ALS Czech Republic, s.r.o.	- laboratorní rozbor podzemní vody
GEONIKA, s.r.o.	- geofyzikální práce

1.5 POUŽITÉ PODKLADY

Pro zpracování předběžného inženýrskogeologického průzkumu (dále jenom PrIGP) byly použity následující podklady:

- Technické průzkumné práce byly provedeny dle projektu schváleného Oborem 13 Správy železnic, který byl specifikován na základě již provedených předchozích prací a požadavků ZTP. Průzkum byl zaměřen kromě samotného tělesa nestabilního náspu i na přilehlou, svažitou část území, kde bylo dle stanoviska České geologické služby čj. ČGS-441/21/378*SOG-441/0382/2021 ze dne 23.6.2021 o vymezeno nové aktivní sesuvné území [5].

Pro vyhodnocení PrIGP byly použity i výsledky ze souběžně prováděných technických prací rozšíření sítě geotechnického monitoringu [5]v zájmové lokalitě [5]. Dále jsme vycházeli z nových a již dříve objednatelům a investorem poskytnutých podkladů:

- situace zájmového území s vyznačenou trasou komunikace
- průběh inženýrských sítí a katastrální mapa.

Podklady byly předány v elektronické podobě. Pro zpracování podrobné mapy terénu byl využit digitální model terénu 5 generace ČÚZK. Dále byly použity dříve provedené průzkumné práce uvedené přehledně níže:

- [1] Minář, L., „Předběžný průzkum pro nestabilní úsek v km 20,700 - 20,800, Měření geofyzikálními metodami, KOLEJ CONSULT & servis spol. s.r.o., Brno, 3/2021.
- [2] Minář, L., „Oprava havarijního stavu náspu Lidečko v km 20,600 - 20,825“, KOLEJ CONSULT & servis spol. s.r.o., Brno, 5/2021.
- [3] Holub, L., „Lidečko sesuv svahu km 20,770 – 20,800 – mimořádný stav“, GEOTEC-GS, a.s., 2022
- [4] Holub, L., „Oprava havarijního stavu náspu Lidečko v km 20,600 – 20,825“, Odvodňovací vrt, GEOTEC-GS, a.s., 2022
- [5] Žáček, E., „Valašská Polanka - Horní Lideč, sanace svahu, Geotechnický monitoring“, GEOTEC-GS, a.s., 2022
- [6] Krejčí, O., „Stanovisko čj. ČGS-441/21/378*SOG-441/0382/2021“, Česká geologická služba, 2021
- [7] Krejčí, O., „Stanovisko čj. ČGS-441/22/834*SOG-441/0831/2022“, Česká geologická služba, 2022
- [8] Baldík, V. a kol., „Geologická mapa, 1:25 000, list 25-413 Franzova Lhota“, MS ČGS Praha, 2007
- [9] Baldík, V. a kol., „Vysvětlivky k geologické mapě, 1:25 000, list 25-413 Franzova Lhota“, MS ČGS, Brno, 2007
- [10] SŽ S4 – Železniční spodek, účinný od 1. ledna 2021.
- [11] SŽDC – Železniční spodek, platný do 31. prosince 2020.
- [12] Metodický pokyn pro přípravu, realizaci a sledování liniových dopravních staveb ve vztahu k riziku svahových deformací včetně řešení mimořádných událostí, 2017
- [13] Šikula, J. a kol.: Metodika určování sesuvného hazardu v prostředí ohroženém svahovými nestabilitami. Projekt TA04030824, TAČR „Výzkum a hodnocení rizik svahových nestabilit v liniích hlavních plánovaných dopravních koridorů“. Metodika určování sesuvného hazardu v prostředí ohroženém svahovými nestabilitami– MS Česká geologická služba Praha, 2017.

Citovaná literatura

- [14] ČHMÚ – UP. Atlas podnebí Česka. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého, 2007.
- [15] ČÚZK. Vyšší geomorfologické jednotky České republiky. Praha: Český ústav zeměměřický a katastrální, 1996.
- [16] DEMEK, J. a kol. Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Praha: Československá akademie věd, 1987.
- [17] QUITT, E. Klimatologické oblasti Československa. Brno: Československá akademie věd – geografický ústav, 1971.
- [18] Jetel, J. (1985): Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin. – Metodická příručka Úst ř. Ústavu geologického, 1. Praha

Webové aplikace (online)

Důležitým zdrojem informací pro zpracování projektu byly níže uvedené online zdroje:

- [19] Důlní díla, Poddolovaná území, In: Důlní díla a poddolování [online], Praha, Česká geologická služba: https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/
- [20] Geologická mapa 1:25 000, In: Geovědní mapy 1:25 000 [online], Praha, Česká geologická služba: <https://mapy.geology.cz/geocr25/>
- [21] Hydrogeologické rajony, Rastrová hydrogeologická mapa 1:50 000, In: Hydrogeologické rajony [online], Praha, Česká geologická služba: https://mapy.geology.cz/hydro_rajony/
- [22] Mapované svahové nestability, Registrační záznamy, In: Svahové nestability [online], Praha, Česká geologická služba: https://mapy.geology.cz/svahove_nestability/
- [23] Surovinový informační systém, In: Surovinový informační systém [online], Praha, Česká geologická služba: <https://mapy.geology.cz/suris/>
- [24] CHILDA, Historická databáze svahových pohybů v Česku, [online]: <https://childa.cz>
- [25] Digitální model terénu 5 generace ČÚZK, [online]: <https://ags.cuzk.cz/av/>

2 ÚDAJE O ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

2.1 PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

2.1.1 Geomorfologické poměry

Podle geomorfologického členění reliéfu ČR dle Demka a kol. [16] náleží zájmové území:

provincii: Západní Karpaty

subprovincii: Vnější západní Karpaty (IX.),

oblasti: Slovensko-moravské Karpaty (IXC),

celku: Javorníky (IXC-3),

podcelku: Pulčínská pahorkatina (IXC-3B),

okrsku: Makytská hornatina (IXC-3B-b).

Daný traťový úsek se nachází na okraji okrsku Makytská hornatina, která je tvořena komplexy flyšových hornin. Lokalita se nachází na jihozápadním svahu nad říční nivou řeky Senice a nadmořská výška okolního zkoumaného terénu se pohybuje přibližně v rozmezí 450 až 470 m. Morfologie terénu samotné trati jde v úbočí svahu po vrstevnici s výškovou kótou cca 460 m a výška klesá směrem na sever.

2.1.2 Klimatické poměry

Zájmové území podle členění E. Quitta [17] z roku 1971 spadá do klimatické oblasti mírně teplé MW7. Ta je charakteristická normálně dlouhým, mírným a mírně suchým létem, mírným jarem a mírně teplým podzimem. Zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Nejchladnějším obdobím roku je měsíc leden, kdy se teploty v nižších polohách pohybují okolo -3 °C. Nejteplejším měsícem roku je červenec a srpen s průměrnou měsíční teplotou 18 °C.

V závislosti na nadmořské výšce se průměrný roční úhrn srážek v popisovaném území pohybuje v rozmezí 800 až 1000 mm. Srážkově nejvydatnější je měsíc květen. Nejméně vydatné srážky jsou zaznamenány v listopadu.

Podle informace ČHMÚ se v trase očekává charakteristická hodnota zatížení sněhem podle ČSN EN 1991-1-3 na zemi $s_k = 2,36 \text{ kN/m}^2$ (určeno z interaktivní mapy Zatížení sněhem na zemi schválené TNK 38 Spolehlivost stavebních konstrukcí, projekt GA ČR 103/08/0589).

Trať prochází převážně územím s nadmořskou výškou cca 460 m n.m., ve které charakteristická hodnota indexu mrazu činí $I_{mn} = 475 \text{ °C}$. Následně stanovená hodnota hloubky promrzání zeminy v podloží je dle vztahu: $h_{pr} = 0,045 \times \sqrt{I_{mn}}$ pro většinu trati $h_{pr} = 0,98 \text{ [m]}$.

2.1.3 Hydrologické poměry

Zájmová oblast spadá do povodí Dunaje a je odvodňována řekou Senice.

Dle hydrologického členění je zájmové území součástí povodí III. řádu č. h. p. 4-11-01 (Vsetínská Bečva a Rožnovská Bečva). V nižším členění území spadá do povodí vodního toku Senice IV. řádu č. h. p. 4-11-01-0460-0-00 s plochou dílčího povodí 10,141 km² [21].

2.2 GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

2.2.1 Geologické poměry

Zájmová oblast z regionálně geologického hlediska spadá do vnitřní skupiny příkrovů flyšového pásma Vnějších Západních Karpat, pod nejmladší stratigrafickou jednotku magurských příkrovů a její dílčí příkrovou část, račanskou jednotku zastoupenou zlínským nejvyšším souvrstvím vrstevního sledu.

2.2.1.1 Předkvartérní podloží

V převážné části zájmové oblasti se vyskytují paleogenní **vsetínské vrstvy** zlínského souvrství charakterizované středně až hrubě rytmickým flyšovým vývojem s turbiditními sedimenty s převahou jílovců s dominancí šedých a zelenošedých vápnitých typů. Jílovce jsou prachovité, tence laminované nebo masivní střepovitě až střípkovitě rozpadu (obrázek č. 1) Místa jsou silně zpevněná a někde tvoří polohy až pevných slínovců lasturnatého rozpadu.

Obrázek 1 Ojedinělý výchoz strmě uložených jílovců se střípkovitým rozpadem (u domu č.p. 565)



Vyskytují se v polohách o proměnlivé mocnosti a společně s pískovci tvoří rytmy výjimečně mocné až 10 m. Pískovce jsou jemně až středně zrnité, gradační, paralelně, čeřinově až konvolutně zvrstvené (obrázek č. 2). Dle provedeného průzkumu dosahují mocnosti až k 5 m. V pískovcích dominují klasty křemene a sericitizované převažující

draselné živce nad plagioklasy a glaukonitem. Jílovito-karbonátová hmota má pórovitý charakter, místy se slabou silicifikací a ojedinělými výskyty uhelné hmoty.

Obrázek 2 Konvolutní zvrstvení v pískovcích viditelné v zářezu na levé straně ve staničení cca v km 20,500



V menší míře se vyskytují flyšové vrstvy s hrubozrnnými arkózovými a drobovými pískovci újezdských vrstev zlínského souvrství a hrubozrnné arkózové a drobové pískovce luhačovických vrstev zlínského souvrství eocéního až oligocenního stáří.

Zájmovým územím prochází dva nespojitě zlomy severo-j jižního směru utvářející údolí. Převažující směr hlavních zlomových struktur flyšových vrstev je JZ-SZ s variabilním sklonem vrstev [20].

2.2.1.2 Kvartérní pokryv

Na paleogenní sedimenty nasedají nezpevněné kvartérní sedimenty kamenito až hlinitokamenité a písčitohlinité až hlinitopísčité a hlinitopísčitého, písčitojílovitého nebo písčitého charakteru. Říční údolí Senice je vyplněno netříděnými fluvialními sedimenty.



Geologické poměry jsou přehledně znázorněny na výřezu geologické mapy na následujícím obrázku č. 3. Dále na obrázku č. 4 je mapa inženýrskogeologických rajonů zájmového území.

LEGENDA GEOLOGICKÉ MAPY**KVARTÉRNÍ POKRYV**




nerozlišeno

KENOZOIKUM; KVARTÉR

holocén

- | | | |
|---|-----------|---|
|  | f_{Qh} | fluviální písčitohlinité až štěrkovitopísčité sedimenty |
|  | df_{Qh} | deluviofluviální písčitohlinité až štěrkovité sedimenty |

holocén–pleistocén



- | | | |
|---|-----------|--------------------------------------|
|  | $s_{kh}Q$ | svahové kamenitohlinité sedimenty |
|  | $d_{kb}Q$ | svahové kamenité a blokové sedimenty |
|  | vkQ | sedimenty výplavových kuželů |

ZÁPADNÍ KARPATY; magurská skupina příkrovů

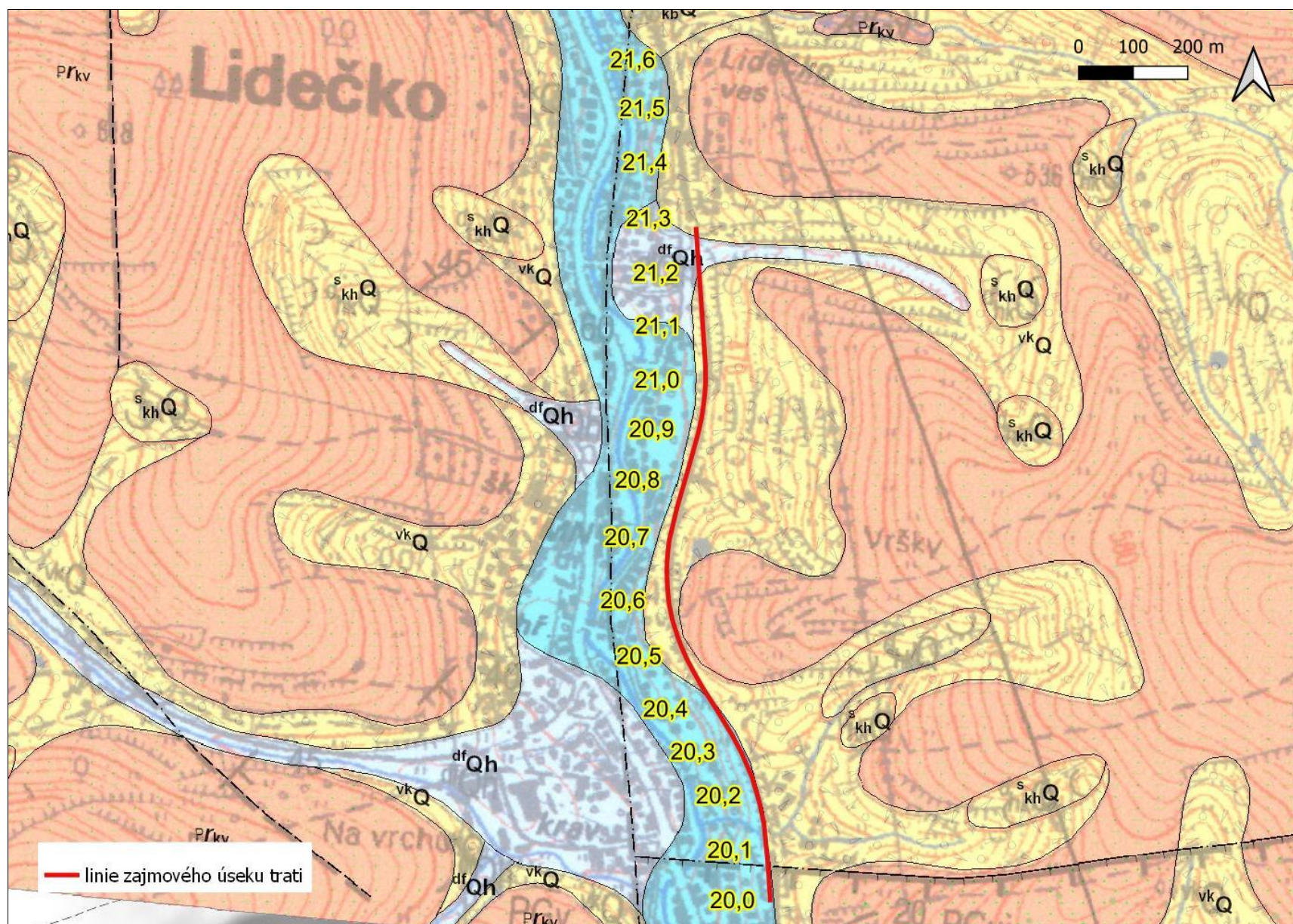
račanská jednotka

KENOZOIKUM; PALEOGÉN

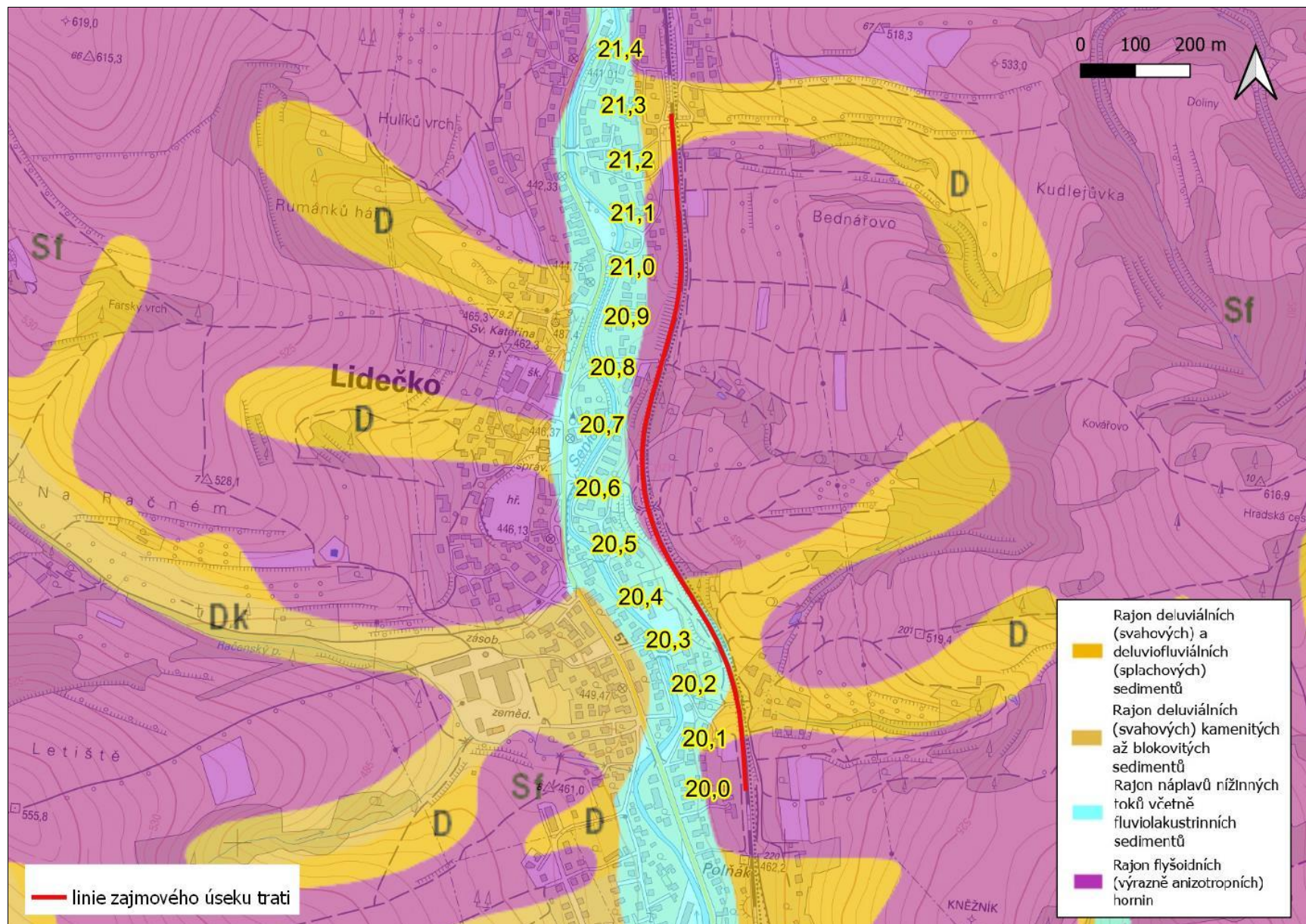
eocén

- | | | |
|---|-----------|---|
|  | pr_{uj} | zlínské souvrství, újezdské vrstvy: pískovce, arkózové pískovce, podřadně jílovce |
|  | pr_{kv} | zlínské souvrství, křivské vrstvy: organodetritické písčité vápence a jílovce |

Obrázek 3 Výřez geologické mapy zájmového území [8]



Obrázek 4 Inženýrskogeologické rajony zájmového území



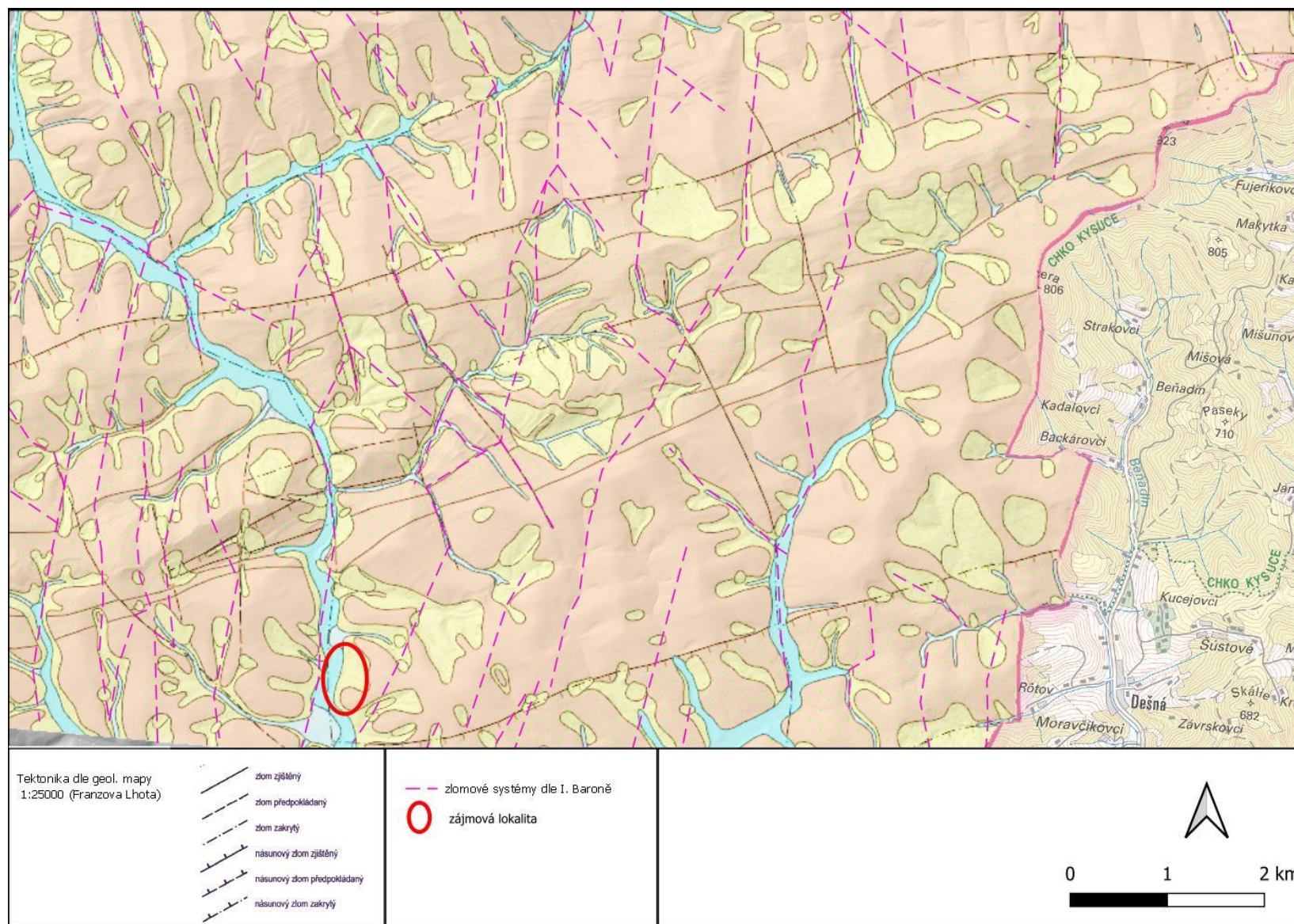
2.2.2 Tektonika

Celé širší území náleží račanské jednotce, která je okrajovým dílčím příkrovem magurské skupiny příkrovů flyšového pásma Západních Karpat. Výraznou pásemnou stavbu jednotky tvoří antiklinální a synklinální pásma ZJZ-VSV směru. Zájmové území se vyskytuje v synklinálním senickém pásmu, jehož stavbu porušuje řada příčných zlomů převážně SSZ-JJV směru, dílčí směrné násuny a méně časté podélné zlomy.

Obecně lze říci, že orientace vrstevnatosti je VSV–ZJZ s úklonem k SSZ nebo k JJV a **území lze souhrnně charakterizovat jako území tektonicky silně postižené**. Je prostoupeno zlomy několika směrů, které se větší či menší měrou podílely jak na vzniku současné geologické stavby, tak i na modelaci reliéfu. Vsetínské vrstvy vystupují v pruhu ZJZ-VSV směru, který probíhá přes Lidečko. Tvoří převážně symetrickou synklinálu, v jejichž místy provrásněných křídlech převládají střední až příkré úklony vrstev. Vsetínské vrstvy zlínského souvrství jsou velmi často silně provrásněny a severní ramena vrás jsou strměji ukloněná než jižní ramena.

Zájmová oblast je silně tektonicky postižená a prostoupená zlomy několika směrů, z nichž starším a dominantním směrem je SSZ-JJV zlom procházející údolím Senice a ukončuje pruhy újezdských a luhačovických vrstev. Mladší směry zlomů VSV-ZJZ se projevují jak morfologicky, tak i změnou litologie a doprovází svahové deformace – násuny [9].

Obrázek 5 Tektonická situace širší oblasti zájmového území dle Baroně in Baldík 2007 [9] na podkladu geologické mapy 1:25000 (Franzova Lhota) [8]



2.2.3 Hydrogeologické poměry

Zájmové prostředí je flyšové pásmo skládající se z nepravidelně střídajících se pískovců a jílovců vsetínských vrstev zlínského souvrství. Na základě klasifikace propustnosti hornin podle Jetela (1985) [18], lze toto prostředí označit převážně za slabě propustné, kde voda proudí převážně otevřenými diskontinuitami silně porušených hornin, případně propustnějšími pískovci. Na základě provedených hydrodynamických zkoušek se hydraulická vodivost se pohybuje v rozmezí od $K = 5,93 \cdot 10^{-7}$ m/s do $2,91 \cdot 10^{-6}$ m/s. Podél tektonicky porušených zón lze lokálně očekávat hydraulickou vodivost i ve vyšších řádech. Drenážní bází území je řeka Senice.

2.2.4 Seismická aktivita

Podle ČSN EN 1991 (Eurokód 8): Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, Části 1: Obecná pravidla, seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby (leden 2016), národní přílohy NA jsou pro okres Vsetín, v němž zájmové území leží, stanoveny hodnoty referenčního špičkového zrychlení podloží typu A:

$$a_{gR} = 0,05 \cdot g$$

Podle Eurokódu 8, čl. NA. 2. se za případy velmi malé seismicity, kdy není třeba dodržovat ustanovení ČSN EN 1998-1, v ČR považují takové, kdy hodnota součinu

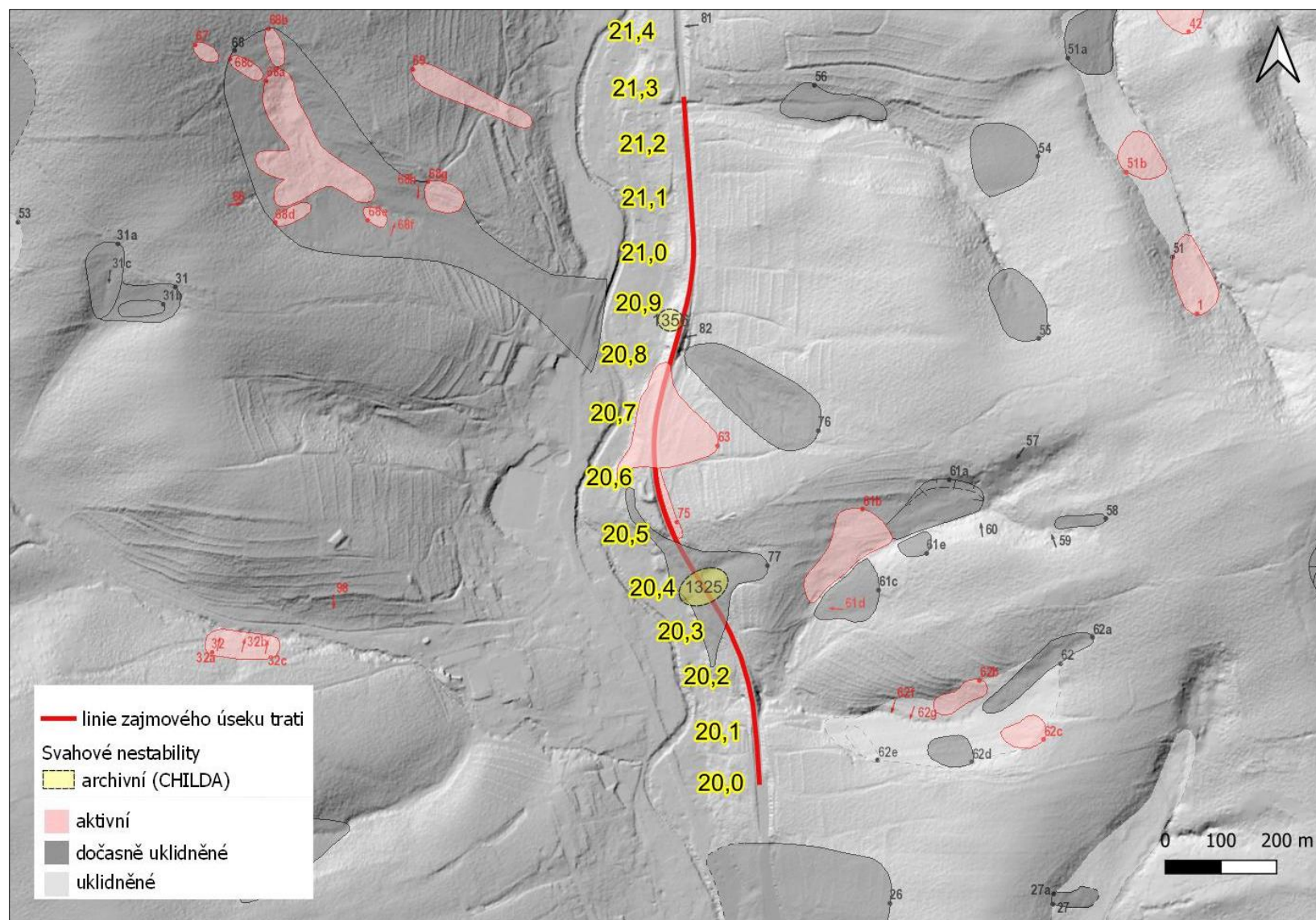
$$a_{gR} \times \kappa \times S, \text{ použitého pro výpočet seismického zatížení, není větší než } 0,05.$$

Pro výpočet vodorovného seismického zatížení se použije spektrum pružné odezvy Typ 1 s hodnotami pro výpočet uvedenými v tabulce NA.1 a NA.3 ČSN EN 1998-1. V uvedeném vztahu jsou koeficienty κ - součinitel významu a S - součinitel podloží podle kapitoly 3 Základové podmínky a seismické zatížení, tabulky 3.1.

2.2.5 Geodynamické jevy

Zájmový úsek trati mezi žst. Horní Lideč - zastávka Lidečko-ves prochází územím s evidovanými a historickými svahovými nestabilitami [22], viz. obrázek č. 6 níže.

Obrázek 6 Svahové nestability v okolí zájmového území



2.2.5.1 Sesuv nestabilního svahu náspu (km 20,770 – 20,800)

V TÚ Vsetín – Lidečko v km 20,770 – 20,800 byla v minulosti zjištěna nestabilita svahu a ve dnech 7. až 16.1. 2022 došlo k sesunutí části svahu železničního náspu pod koleji č. 1. viz. obrázek č. 7 níže. Trať byla na dobu 2 – 3 měsíců zcela uzavřena a proběhla bezodkladná realizace sanačních opatření [3][4].

Délka sesuvu pod kolejí č. 1 dosahovala cca 20 m a hrana sesuvu se nachází přibližně v ose trati se svislou stěnou výšky 2,5 -3,0 m. Příčinou sesuvu je s největší pravděpodobností zvýšení vlhkosti zemin tělesa železničního spodku vlivem klimatických srážek a následným snížením jejich geomechanických vlastností.

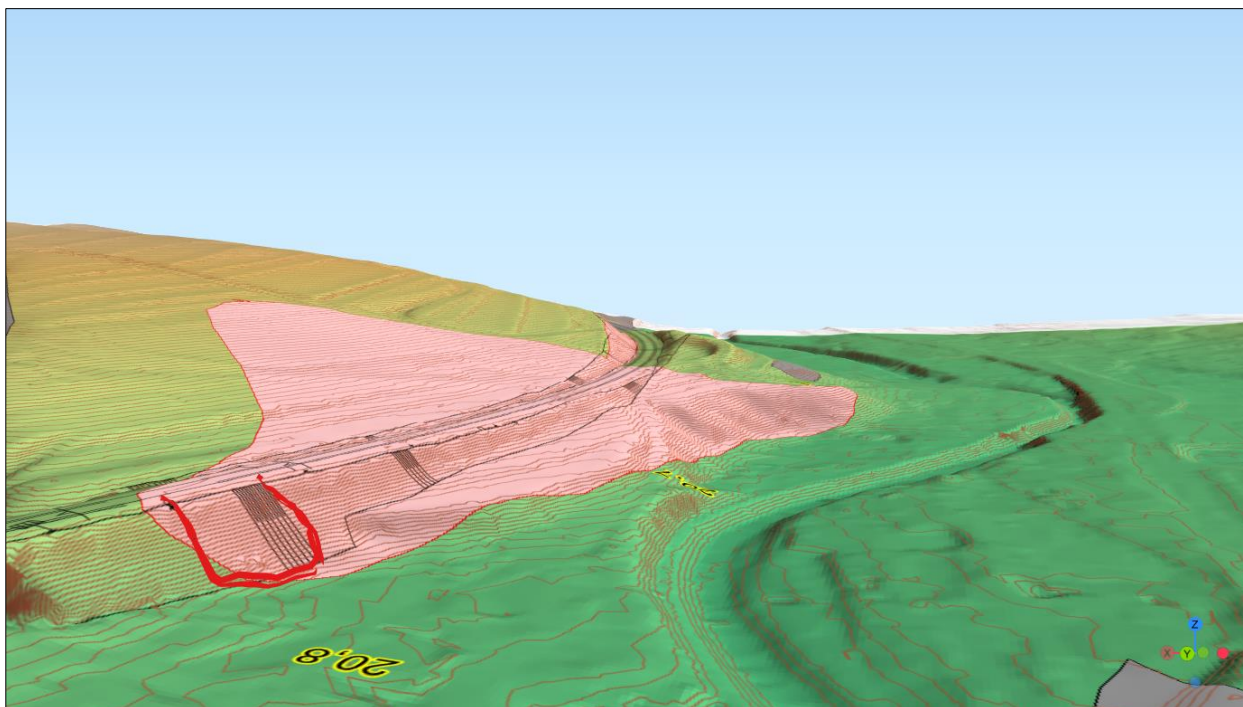
Obrázek 7 Sesuv v koleji č. 1 (leden 2022)



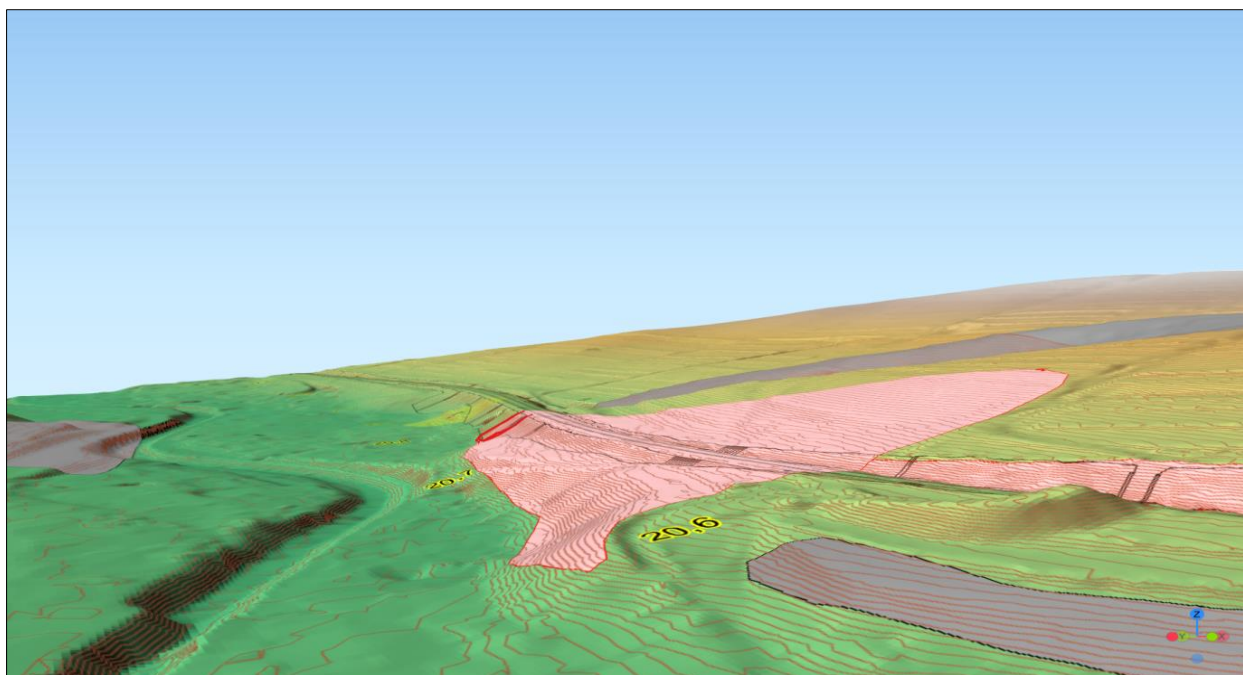
2.2.5.2 Svahová nestabilita 25-41-21/63 [22]

Dne 23.6.2021 bylo vydáno Stanovisko České geologické služby čj. ČGS 441/21/378*SOG 441/0382/2021o vymezení nového aktivního sesuvného území.

Obrázek 8 Morfologie aktivního sesuvu č.63, pohled ze severu, sytě červeně označený sesuv v koleji č.1



Obrázek 9 Morfologie aktivního sesuvu č.63, pohled z jihu, sytě červeně označený sesuv v koleji č.1



List 25-41-21, kód svahové nestability 63 (viz obrázky č. 8 a 9 výše)

Kód s.n	63
Stupeň aktivity	aktivní
List	25-41-21
Lokalizace	Lidečko; 3150 m jv. od kóty 729,6 Krajčice
Autor	Ivo Baroň
Typ dokumentace:	Vlastní
Datum	2021
Popis	Senilní proudový sesuv v hlinito-kamenitých deluvních vsetínských vrstev o rozměrech 240 x 30 m a hloubce postižení do cca 2-3 m se nachází v údolním uzávěru. Mocnost akumulace není větší než 3 m. Je protékán malou vodotečí a je porosten náletovým dubo-habrovým lesem a travním porostem. Je využíván jako pastvina.
Svahová nestabilita	samostatná
Druh svahové nestability	Sesuvy
Rozměr - délka (m)	240
Rozměr - šířka (m)	30
Odhadnutá mocnost S.N.	mělká (1-5 m)
Půdorysný tvar	protáhlý (proudový)
Posice S.N.	údolní uzávěr
Typ svahové nestability	nezjištěno
Aktivní faktory	srážky a nasycení vodou
Materiál tělesa S.N.	zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny
Vývojové stádium/fáze d.	nezjištěná
Relativní stáří deformace	mladá - věk řádově desítky až stovky let

2.2.5.3 **Databáze ostatních blízkých svahových nestabilit České geologické služby [22]**

List 25-41-21, kód svahové nestability 77

Kód s.n	77
Stupeň aktivity	stabilizovaný / zastavený
List	25-41-21
Lokalizace	Lidečko - Vršky; 2300 m jv. od kóty 699,1 Kopce
Autor	Ivo Baroň
Typ dokumentace:	Převzatá
Datum	1998
Popis	Starší proudový sesuv deluvia vsetínských vrstev (vzniklý pravděpodobně před r. 1997), stabilizovaný, výška stěny odlučné oblasti asi 2,5 m, délka sesuvu 100 m, šířka cca 60 m. Akumulace nezřetelná, spíše naznačena na jižním okraji. Prameny v sesuvu zachyceny do betonových korýtek a starou erozní rýhou svedeny k drážnímu propustu. Dokumentoval: Hrdý, Woznica (1998)
Svahová nestabilita	samostatná
Druh svahové nestability	Sesuvy
Rozměr - délka (m)	100
Rozměr - šířka (m)	60
Výška odlučné stěny (m)	2,5
Půdorysný tvar	protáhlý (proudový)
Posice S.N.	svah (obecně)
Typ svahové nestability	nezjištěno
Aktivní faktory	srážky a nasycení vodou
Materiál tělesa S.N.	zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny
Vývojové stádium/fáze d.	nezjištěná
Relativní stáří deformace	mladá - věk řádově desítky až stovky let
Sanační opatření	betonová korýtky

List 25-41-21, kód svahové nestability 75

Kód s.n	75
Stupeň aktivity	aktivní
List	25-41-21
Lokalizace	Lidečko; 2140 m jv. od kóty 699,1 Kopce
Autor	Ivo Baroň
Typ dokumentace:	Převzatá
Datum	1998
Popis	Po obou stranách východní opěry přechodu přes trať porušen odřez v dolní třetině lokálními recentními drobnými sesuvy deluvia vsetínských vrstev v rozsahu 2 x 2 m, převýšení 1 až 1,5 m. V km 20,535 výchoz pískovcové lavice v odřezu, pod ní pokles pokryvu o 0,5 m s částí odlomeného pískovcového balvanu. Drážní příkop nezanesen. Dokumentoval: Hrdý, Woznica (1998)
Svahová nestabilita	samostatná
Druh svahové nestability	Sesuvy
Rozměr - délka (m)	10
Rozměr - šířka (m)	80
Půdorysný tvar	frontální
Posice S.N.	svah (obecně)
Typ svahové nestability	nezjištěno
Aktivní faktory	srážky a nasycení vodou
Materiál tělesa S.N.	zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny
Vývojové stádium/fáze d.	nezjištěná
Relativní stáří deformace	čerstvá - mladší než 10 let v době kontroly
Ohrožené objekty	železnice

List 25-41-21, kód svahové nestability 76

Kód s.n	76
Stupeň aktivity	dočasně uklidněný
List	25-41-21
Lokalizace	Lidečko - Vršky; 2030 m jv. od kóty 699,1 Kopce
Autor	Ivo Baroň
Typ dokumentace:	Převzatá
Datum	1998
Popis	Na jižní straně příčné svahové deprese v pravém údolním svahu (území zv. Vršky) potenciální staré slézání deluvia vsetínských vrstev, stabilizované, v rozsahu několika desítek čtver. metrů. Vzdálenost od tratě 50 až 60 m. Dokumentoval: Hrdý, Woznica (1998)
Svahová nestabilita	samostatná
Druh svahové nestability	sesuvy
Půdorysný tvar	bodový
Posice S.N.	svah (obecně)
Typ svahové nestability	nezjištěno
Aktivní faktory	srážky a nasycení vodou
Materiál tělesa S.N.	zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny
Vývojové stádium/fáze d.	nezjištěná
Relativní stáří deformace	mladá - věk řádově desítky až stovky let

List 25-41-21, kód svahové nestability 82

Kód s.n	82
Stupeň aktivity	dočasně uklidněný
List	25-41-21
Lokalizace	Lidečko; 1930 m jv. od kóty 699,1 Kopce
Autor	Ivo Baroň
Typ dokumentace:	vlastní
Datum	2002
Popis	Drobný, dříve aktivní sesuv v deluviu vsetínských vrstev registrovaný GEOFONDEM, který nebyl při mapovacích pracích v roce 2002 identifikován.
Svahová nestabilita	samostatná
Druh svahové nestability	sesuvy
Půdorysný tvar	bodový
Posice S.N.	svah (obecně)
Typ svahové nestability	nezjištěno
Aktivní faktory	srážky a nasycení vodou
Materiál tělesa S.N.	zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny
Vývojové stádium/fáze d.	nezjištěná
Relativní stáří deformace	mladá - věk řádově desítky až stovky let

2.2.5.4 Historická databáze svahových pohybů v Česku (CHILDA) [24]

Archivní sesuv, ID 1325

ID sesuvu	1325
Typ pohybu	sesuv
Datum	1.3.1967
Lokalita	Lidečko
Polohová přesnost	stovky metrů
Počet sesuvů	1
Typ postižení	infrastruktura (cesty), budovy, technická infrastruktura (lom, vodárna, síť ad.)
Zdroj	ONV Vsetín 214, Špůrek-katalog_1972

postiženo: zničena cesta, stromy, ploty, železniční násep, sesuv ohrožoval provoz železniční trati, sanace stály dráhy přes 3 mil. Kčs; sesuv na trati H.Lideč-Vsetín na 20,3/4 km

Archivní sesuv, ID 1356

ID sesuvu	1356
Typ pohybu	sesuv
Datum	1.1.1985
Lokalita	Lidečko
Polohová přesnost	stovky metrů
Počet sesuvů	1
Typ postižení	infrastruktura (cesty)
Zdroj	ONV Vsetín 214, Špůrek-katalog_1972

postiženo: poškozena železniční trať; sesuv na trati H.Lideč-Vsetín na 20,850 km;

2.2.6 Ostatní území s ohledem na možné střety zájmů

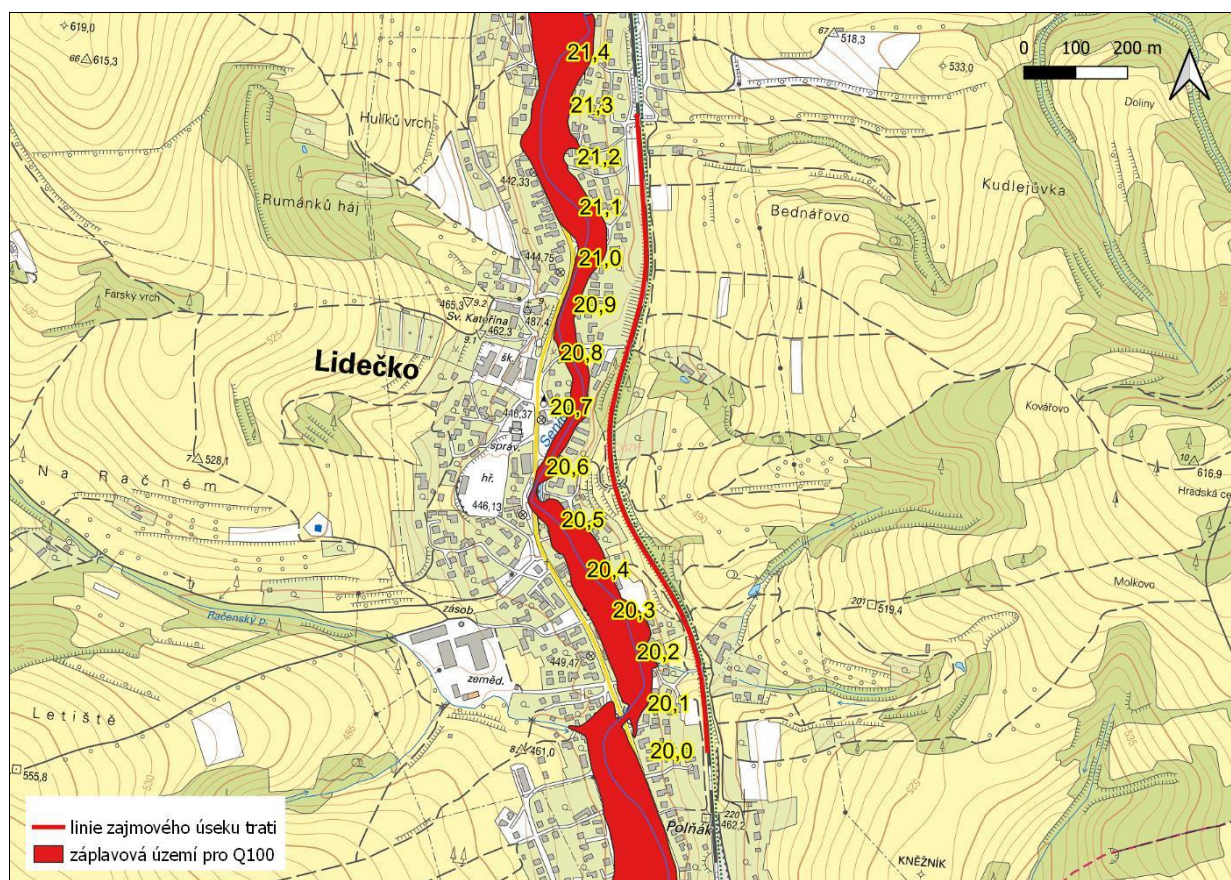
Zájmová lokalita se nachází v chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV):

- Vsetínské vrchy (identifikátor 112)
- Beskydy (identifikátor 101)

a v ochranném pásmu vodních zdrojů:

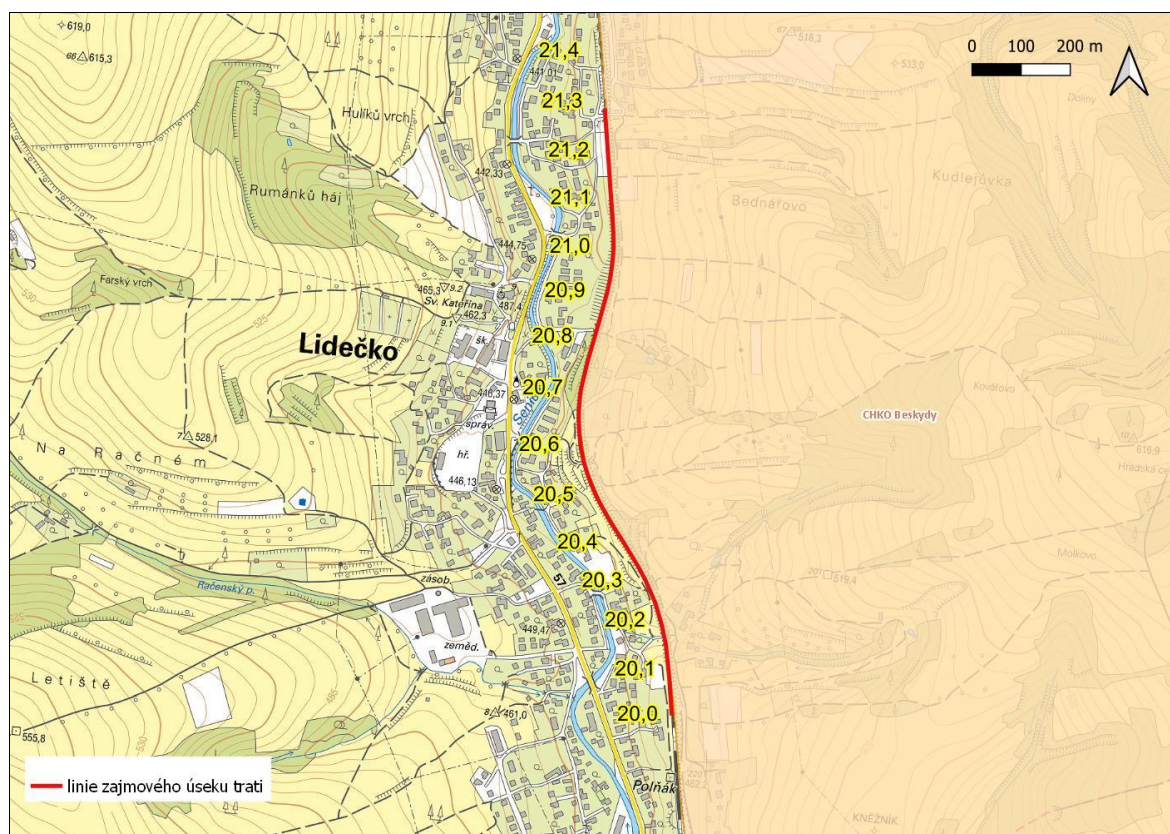
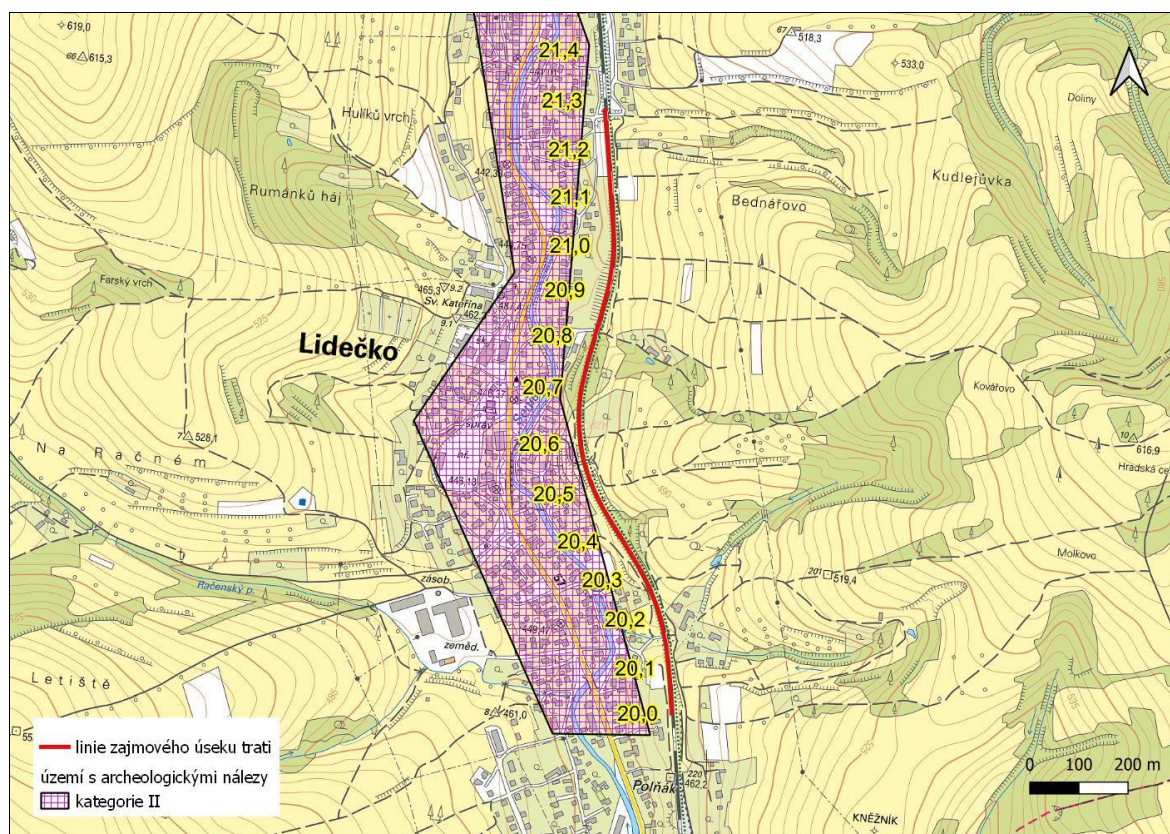
- Ústí prameniště, vrt (identifikátor 00218514)
- Valašské Meziříčí povrchový zdroj Vsetínská Bečva (identifikátor 00220714)

Dotčený železniční úsek se dle mapy záplavových území Q100 nenachází v oblasti stoleté vody, ale prochází v její těsné blízkosti viz obrázky č.10 níže.

Obrázek 10 Záplavové území Q100

Zájmová lokalita se nachází v oblasti s radonovým indexem 1 (nízký).

Zájmová oblast se nachází v evropsky významné lokalitě „Beskydy“ vymezené v rámci soustavy Natura 2000 a určené k ochraně přírodních stanovišť anebo populací druhů dle platného nařízení vlády, kterým se stanoví národní seznam evropsky významných lokalit, a dle směrnice 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. EVL „Beskydy“ zaujímá stejnou oblast jako chráněná krajinná oblast „Beskydy“ a tvoří východní část od železniční dopravní cesty zájmového úseku viz obrázek č.11 níže.

Obrázek 11 Rozsah CHKO Beskydy**Obrázek 12 Území s archeologickými nálezy**

Zájmová oblast těsně sousedí s územím s archeologickými nálezy – kategorie II s poř.č. SAS 25-41-21/1 viz obrázek č. 12 výše.

Dle https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/ se trasa železničního úseku žst. Horní Lideč - zastávka Lidečko-ves nenachází v bezprostřední blízkosti žádného poddolovaného území.

3 ROZSAH A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Metodika provedených průzkumných prací je rámcově určena Přílohou č. 9 SŽ S4 (1/2021) stanovující pravidla pro inženýrskogeologický průzkum tělesa železničního spodku. Dále bylo přihlédnuto k zásadám vycházejících z Metodického pokynu pro přípravu, realizaci a sledování liniových dopravních staveb ve vztahu k riziku svahových deformací včetně řešení mimořádných událostí [12]. Pro vyhodnocení průzkumu byly rovněž využity archivní materiály shromážděné v databázi České geologické služby a databázi zhotovitele.

Pro část zájmové oblasti, která je mimo samotné drážní těleso, jsou práce předběžného inženýrskogeologického průzkumu navrženy v souladu s ČSN P 73 1005 a také ČSN EN 1997, části 1 a 2.

Tato kapitola popisuje metody průzkumu, které jsou dále popsány a kvantifikovány kapitolou 3 tohoto PrlGP. Pro ověření inženýrskogeologických, hydrogeologických a geotechnických poměrů jsou navrženy tyto práce:

- Přípravné práce
- Odkryvné průzkumné práce
- Odběr vzorků, laboratorní rozborů a zkoušky
- Měřické práce
- Hydrodynamické zkoušky
- Geofyzikální práce

3.1 ODKRYVNÉ PRŮZKUMNÉ PRÁCE

Předběžný geotechnický průzkum byl proveden tak, aby poskytl údaje požadované zpracovateli dokumentace ve stupni záměru projektu. Hloubky a umístění průzkumných sond a dynamických penetrací byly stanoveny s cílem co nejvíce ozřejmit geologickou stavbu sesuvného území a umožnit výpočet stability v místech profilů vedených sondami. Rozmístění sond v trase železnice a aktivního sesuvu je uvedeno v podrobné situaci sond M 1 : 500 v příloze č. 2. V textu níže je objasněn význam značení jednotlivých sond:

- JV jádrový inženýrskogeologický geologický vrt
- HG pozorovací hydrogeologický vrt
- IN pozorovací inklinometrický vrt
- DP sonda těžké nebo střední dynamické penetrace

Název nově provedených průzkumných sond se skládá z písmenného označení typu sondy a číselného pořadí.

3.1.1 Vrtné a sondážní práce

3.1.1.1 Jádrové vrtý

Vrtné práce realizovala firma Geobe s vrtnou osádkou pod vedením J. Vinterlíka s vrtnou soupravou Kamaz, firma Unigeo s vrtnou soupravou HVS 248 a HVS 382 a firma GEO krtek s.r.o. s vrtnou osádkou pod vedením F. Lacka s přenosnou vrtnou soupravou do hůře přístupných terénu Cedima. Inženýrskogeologické vrtý byly provedeny převážně jádrově na sucho TK Ø 156, 136 a 112 mm, pouze u ruční přenosné soupravy bylo na vrtu JV118 použito vrtání s diamantovou korunkou a s použitím vodního výplachu. Při vrtání byla zaznamenána naražená hladina podzemní vody. Na vrtném jádře byla provedena makroskopická dokumentace geologem a následně byly odebrány vzorky zemin pro účely laboratorních zkoušek. Vybrané vrtý (HG116 a HG133) s pozitivní prognózou výskytu podzemní vody byly vystrojeny plastovou zárubnicí DN110. Po odběru vzorků podzemní vody a zaměření ustálené úrovně hladiny byly vrtý zlikvidovány hutněným záhozem.

Všechny nově provedené inženýrskogeologické vrtý byly geodeticky polohově a výškově zaměřeny v systému S-JTSK a B.p.v. Přehled realizovaných vrtů a odebraných vzorků je přehledně shrnut v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Přehled realizovaných vrtů a odběrů vzorků

Sonda	Hloubka [m]	Staničení	Odebrané vzorky				X [S-JTSK]	Y [S-JTSK]	Z [Bpv]
			PV	NV	HV	VV			
JV100	10,0	20,616	1	1		1	1170319,36	493262,50	460,19
JV103	10,0	20,659	3		1		1170274,46	493279,24	454,42
JV104	15,0	20,664	2	1		1	1170270,75	493260,82	459,94
JV107	10,2	20,668	2	1	2		1170277,56	493149,85	479,84
JV108	9,0	20,700	1		1		1170243,97	493279,14	453,45
JV112	15,0	20,724	2	1			1170211,43	493250,97	459,45
HG116	15,0	20,746	4	1	1	1	1170196,19	493223,33	459,45
JV118	4,2	20,754	1				1170178,79	493253,55	452,18
JV122	7,0	20,795	3				1170136,78	493251,39	447,70
JV126	7,0	20,840	2				1170094,78	493235,70	447,87
JV127	20,0	20,841	3	1	1		1170099,36	493217,54	458,64
JV129	6,0	20,876	2				1170057,49	493238,17	445,26
JV130	11,0	20,878	3				1170060,38	493218,80	452,94
JV131	18,0	20,876	3		1		1170065,83	493207,92	458,43
HG133	10,0	20,912	2				1170057,69	493057,59	481,32
JV136	6,0	20,934	1		1	1	1170005,03	493223,89	444,20
JV137	12,3	20,938	2		1		1170004,93	493194,45	458,02
JV141	6,0	20,978	3				1169965,92	493192,78	457,66
SUMA	191,7		40	6	9	3			

Vysvětlivky:

PV – porušený vzorek zeminy se zachováním vlhkosti
 NV – neporušený vzorek zeminy se zachováním vlhkosti
 HV – vzorek skalní horniny pro stanovení pevnosti
 VV – vzorek podzemní vody pro stanovení agresivity

3.1.2 Terénní zkoušky

3.1.2.1 Dynamické penetrační zkoušky

Součástí průzkumných prací bylo rovněž provedení sond dynamické penetrace. Ty byly situovány vždy v blízkosti vrtů tak, aby nedošlo k ovlivnění penetračního odporu realizovaným vrtem. V určených místech bylo provedeno celkem 38 dynamických penetračních sond o úhrnné metráži 236,30 bm.

Dynamické penetrace byly provedeny těžkou penetrační soupravou (hmotnost beranu 50 kg) a pro potřebu zvýšení citlivosti na penetračním hrotu byly provedeny i středně těžké dynamické penetrace (hmotnost beranu 30 kg). Při penetrování byl odečítán počet úderů beranu, potřebných na vnik hrotu o 10 cm a průběžně po 1 m byla měřena velikost krouticího momentu na soutyčí momentovým klíčem.

Parametry zařízení jsou následující:

Hmotnost beranu	50/30 kg
Hmotnost 1 m tyče	6,0 kg
Průměr tyče	32 mm
Výška pádu beranu	0,5 m
Průměr hrotu	45,0 mm
Plocha hrotu	15 cm ²
Úhel hrotu kužele	90°
Měření momentu	ano

Vyhodnocení bylo provedeno z hodnoty měrného dynamického odporu, vypočítaného dle holandského vzorce z redukovaných úderů.

Při penetraci byl v intervalu 1,0 m měřen krouticí moment M_v . Potřebný počet úderů na vnik hrotu do normové hloubky 0,1 m je pouze orientačním údajem. Při vyhodnocení geologického prostředí se uvažuje s hodnotou dynamického odporu q_d . Hodnoty N_{10} jsou vyhodnoceny tak, aby udávaly jednotkový odpor na hrotu r_d a dynamický odpor na hrotu q_d . Hodnota r_d je odhadem zarážecí práce vykonané při penetraci zeminy. Další výpočet, k získání q_d , pozměňuje hodnotu r_d tak, aby byla vzata do úvahy setrvačnost soutyčí a beranu po dopadu s kovadlinkou.

Obvykle používané rovnice pro výpočet měrného dynamického odporu zeminy dle ČSN EN ISO 22476-2 jsou následující:

$$q_d = \left(\frac{m}{m + m'} \right) r_d \quad (\text{Pa}) \quad \text{a} \quad r_d = \frac{mgh}{Ae} \quad (\text{Pa})$$

Kde:

h - výška pádu beranu (m)

m - hmotnost beranu (kg)

g - gravitační zrychlení (m.s⁻²)

A - plocha kužele na základně (m²)

e - průměrná penetrace (m/úder)

m' - celková hmotnost tyčí, kovadliny a vodicích tyčí uvažované délky (kg)

Cílem zkoušky bylo zjistit odpor zemin a poloskalních či zvětralých hornin vůči zaráženému hrotu a stanovit tak rozhraní vrstev, stanovit polohy a mocnost neúnosných a únosných zemin. V sondách, pokud nedošlo k jejich zavalení/sevření, byla po provedení zaměřena hladina podzemní vody. Přehled provedených sond dynamické penetrace je shrnut v následující tabulce č. 2. Dokumentace sond dynamické penetrace je součástí přílohy č.3 a vyhodnocení sond je součástí kapitoly 4.2 této zprávy.

Tabulka 2 Přehled realizovaných sond dynamické penetrace

Sonda	Hloubka [m]	Staničení	X [S-JTSK]	Y [S-JTSK]	Z [Bpv]	Typ penetrace
DP101	9,50	20,616	1 170 319,36	493 262,50	460,19	DPH
DP102	5,70	20,644	1 170 291,06	493 262,66	460,05	DPH
DP105	3,50	20,664	1 170 270,70	493 260,85	459,93	DPH
DP106	1,60	20,663	1 170 277,54	493 195,96	470,86	DPH
DP109	10,80	20,692	1 170 242,85	493 257,16	459,68	DPH
DP110	8,70	20,695	1 170 246,78	493 215,21	464,45	DPH
DP111	8,00	20,726	1 170 206,63	493 259,48	453,82	DPH
DP113	3,30	20,721	1 170 217,78	493 235,43	459,74	DPH
DP113a	3,90	20,721	1 170 217,78	493 235,43	459,74	DPH
DP114	1,60	20,723	1 170 223,34	493 202,00	465,93	DPH
DP114a	1,80	20,723	1 170 224,58	493 199,41	466,40	DPH
DP115	7,60	20,747	1 170 186,33	493 252,96	453,89	DPM
DP117	9,80	20,750	1 170 198,02	493 198,81	465,02	DPM
DP119	10,80	20,771	1 170 163,69	493 246,38	454,29	DPH
DP120	6,80	20,780	1 170 154,81	493 243,91	454,33	DPH
DP121	10,20	20,782	1 170 161,54	493 213,46	460,02	DPH
DP123	14,80	20,798	1 170 139,13	493 233,11	458,31	DPH
DP124	9,60	20,798	1 170 141,87	493 223,40	458,60	DPH
DP125	8,40	20,792	1 170 152,67	493 209,68	459,71	DPH
DP128	11,00	20,861	1 170 081,73	493 204,81	458,33	DPH
DP132	6,80	20,950	1 169 993,01	493 194,31	457,88	DPH
DP134	3,00	20,909	1 170 029,19	493 219,61	446,55	DPH
DP135	8,80	20,909	1 170 033,58	493 200,91	458,24	DPH
DP138	4,50	20,934	1 170 009,20	493 196,72	457,99	DPH
DP138a	5,80	20,934	1 170 009,20	493 196,72	457,99	DPH
DP139	10,80	20,931	1 170 015,97	493 176,19	459,62	DPH
DP140	3,00	20,949	1 169 991,96	493 213,30	450,01	DPH
DP142	2,80	21,015	1 169 928,44	493 191,74	457,47	DPH
DP143	3,80	21,113	1 169 831,04	493 197,59	456,90	DPH
DP144	2,80	21,202	1 169 742,12	493 204,13	456,32	DPH
DP145	4,60	20,977	1 169 966,13	493 208,52	454,26	DPH
DP146	0,90	20,700	1 170 235,23	493 276,97	453,60	DPH
DP147	4,50	20,687	1 170 243,97	493 279,14	453,45	DPH
DP148	5,40	20,754	1 170 178,79	493 253,55	452,18	DPH
DP149	5,60	20,726	1 170 205,50	493 266,00	452,10	DPH
DP150	8,70	20,876	1 170 059,50	493 231,84	447,35	DPH
DP151	2,80	20,935	1 170 006,01	493 210,67	449,63	DPH
DP151a	4,30	20,935	1 170 006,01	493 210,67	449,63	DPH
Celkem [m]	236,30					

Vysvětlivky: DPH/DPM – těžká/střední dynamická penetrace se závažím 50/30 kg
Sondy označené indexem „a“, byly provedeny duplicitně z důvodu nedosažení projektované hloubky původní penetrace na daných souřadnicích.

3.2 ODBĚR VZORKŮ, LABORATORNÍ ROZBORY A ZKOUŠKY

V průběhu průzkumných prací byly z vrtů odebírány vzorky zemin, hornin a podzemní vody. Jejich shrnutí je uvedeno na v tabulce č. 1.

Vzorky zemin a hornin

Vzorky zemin a hornin byly odebírány v průběhu vrtání dle ČSN P 73 1005 v třídě kvality vzorků 3, kategorie odběru vzorků B, tzv. poloporušené vzorky. Pro provedení krabicových smykových zkoušek na neporušených vzorcích byla třída kvality vzorku 1 a kategorie vzorkování A. Odběr byl prováděn bezprostředně po jejich odvrtání. Porušené vzorky byly odebírány v předepsaném hmotnostním množství dle typu zeminy do dvojitých PVC sáčků. Vzorky byly opatřeny etiketami s označením názvu akce, zakázkového čísla, čísla vrtu, hloubky odběru a datem odběru.

V rámci průzkumu bylo skutečně odebráno celkem 40 porušených vzorků se zachováním přirozené vlhkosti, 6 neporušených vzorků se zachováním přirozené vlhkosti a 9 vzorků skalních hornin a 4 vzorky vody.

Na nichž bylo provedeno čtyřicet čtyři zkoušek základního klasifikačního rozboru: zrnitostní rozbor včetně vlhkosti, stupně konzistence a index plasticity. Na třicetidvou vybraných vzorcích byla navíc stanovena přirozená a suchá objemová hmotnost a zdánlivá hustota zeminy. Na třech neporušených vzorcích byla stanovena efektivní smyková pevnost. Osmnáct rekonstituovaných vzorků bylo dále podrobeno krabicové smykové zkoušce pro stanovení efektivní vrcholové pevnosti a pět rekonstituovaných vzorků bylo podrobeno zkoušce v rotační smykové krabici pro stanovení reziduální pevnosti. Agresivita zemin byla zkoumána na čtyřech vzorcích.

Na dvou vzorcích skalních hornin byla stanovena pevnost v prostém tlaku. Zkouška byla provedena na zkušebním tělese tvaru krychle vyřezaném z odebraného vzorku horniny a na sedmi vzorcích byla provedena pevnost hornin v tlaku při bodovém zatížení na nepravidelných úlomcích.

Odebrané vzorky zemin a hornin byly zpracovány v akreditovaných laboratořích firmy GeoTec-GS, a.s. a SG Geotechnika a.s. Protokoly rozborů a zkoušek, včetně uvedení metodiky a norem, podle kterých byly zkoušky provedeny, jsou uvedeny v příloze č. 5. Součástí této přílohy je i zpráva o provedených laboratorních zkouškách na vzorcích z paralelní zakázky pro Správu železnic s.o. [5]. Skutečně laboratorně analyzované vzorky jsou zřejmé z následující tabulky.

Tabulka 3 Přehled laboratorních rozborů zemin a hornin

Vzorek	Parametr	Symbol	Počet	Metoda
PV, NV	vlhkost zeminy	w	44	ČSN CEN ISO/TS 17892-1
PV, NV	konzistenční meze - mez tekutosti	w _L	44	ČSN CEN ISO/TS 17892-12
PV, NV	konzistenční meze - mez plasticity	w _p	44	ČSN CEN ISO/TS 17892-12
PV, NV	objemová hmotnost vlhké zeminy	ρ	32	ČSN CEN ISO/TS 17892-2
PV, NV	objemová hmotnost suché zeminy	ρ _d	32	ČSN CEN ISO/TS 17892-2
PV, NV	zdánlivá hustota pevných částic zemin pomocí pyknometru	ρ _s	32	ČSN CEN ISO/TS 17892-3
PV	agresivita zemin na beton a ocel		4	ČSN 03 8375
NV	efektivní smyková pevnost	φ', c'	3	ČSN CEN ISO/TS 17892-10
PV	kritická smyková pevnost na rekonstituovaném vzorku	φ _{cr} '	18	ČSN EN ISO 17892-10

Vzorek	Parametr	Symbol	Počet	Metoda
PV	reziduální smyková pevnost v rotační smykové krabici	ϕ_r'	5	ČSN EN ISO 17892-10
HV	vlhkost hornin	w	9	ČSN EN 1097-5
HV	přirozená objemová hmotnost hornin	ρ_n	9	ČSN EN 1097-6
HV	suchá objemová hmotnost hornin	ρ_d	9	ČSN EN 1097-6
HV	pevnost při bodovém zatížení (PLT)	σ_c	7	ČSN EN 1097-11
HV	průměrná pevnost v prostém tlaku	R	2	ČSN EN 1926
HV	Petrografický popis horniny		2	

Pozn.: NV - neporušený vzorek, PV - porušený vzorek, HV - horninový vzorek

3.2.1 Vzorky zemin a podzemní vody pro analytiku

Vzorky podzemní vody (VV) pro agresivitu byly odebrány odběrným zařízením, a to statickým způsobem po odvrtání vrtu pro potřebu ověření agresivních účinků podzemní vody vůči konstrukcím z betonu a oceli. Z vybraných sond byly odebrány vzorky zemin (AZ) pro stanovení agresivity pevného prostředí na betonové konstrukce.

Tabulka 4 Přehled laboratorních analýz vod a zemin

Vzorek	Parametr	Počet	Předpis dle SOP laboratoře
VV	agresivita vody na betonové konstrukce	4	ČSN EN 206 + A2 Beton
VV	agresivita vody na ocel	4	ČSN 03 8375
VV	úplný chemický rozbor*	2	Dle platných norem
AZ	agresivita zemin na betonové konstrukce	4	ČSN EN 206
AZ	agresivita zemin na ocel	4	ČSN 03 8375

Pozn.: VV - vzorek vody, AZ - vzorek zemin pro agresivitu

* vzorky odebrané ze sond určených pro geotechnický monitoring

Uvedené laboratorní rozborů vzorku vody a zemin byly provedeny v laboratořích společnosti ALS Czech republic s.r.o. Protokoly laboratorních rozborů a zkoušek jsou součástí přílohy č. 5.

3.3 MĚŘICKÉ PRÁCE

Před zahájením terénních průzkumných prací proběhlo vytyčení míst průzkumných vrtů a po jejich realizaci jejich opětovné přesné zaměření. Jednotlivé sondy byly změřeny výškově a situačně zaměřeny GNSS systémem s dvoufrekvenčním GNSS přijímačem South Trimble a aparaturou South Galaxy G1. Měřické práce provedli odpovědní pracovníci společnosti GeoTec-GS, a.s. Souřadnice průzkumných sond a jejich výšky v úrovni terénu jsou uvedeny v tabulce č. 1 a 2.

3.4 HYDROGEOLOGICKÉ ZKOUŠKY

V rámci inženýrskogeologického průzkumu a souběžně prováděných technických prací pro geotechnický monitoring [5] byly provedeny hydrodynamické zkoušky (čerpací a stoupací) celkem na 7 vrtech. Výsledky hydrogeologického průzkumu včetně metodiky prací jsou podrobně uvedeny v samostatné zprávě v příloze č.9.

3.5 GEOFYZIKÁLNÍ PRÁCE

Úkolem geofyzikálního průzkumu bylo upřesnění mělké geologické stavby v místech současných i dřívějších svahových pohybů. Řešen byl mělkou refrakční seismikou (MRS) k určení mocnosti kvartérních sedimentů a průběhu podloží, porušených zón v podloží a pevnosti a těžitelnosti hornin, odporovou multielektrodovou metodou (MEM) k určení odporových vlastností hornin, které souvisejí s litologickým složením hornin a georadarovou metodou (GPR), která mapuje do hloubek několika metrů nehomogenity v horninovém prostředí. Přehled použitých metod a délka profilů je v následující tabulce níže.

Tabulka 5 Přehled geofyzikálních profilů

Název	Profil	Metoda	Délka [m]	Popis
P1	podélný	MRS + MEM	184	ve svahu nad drážním tělesem
P2	podélný	MRS + MEM	92	po levé straně tratě v km 20,609 až 20,703
P3	podélný	MRS + MEM	92	po pravé straně tratě v km 20,858 až 20,950
G1	podélný	GPR	400	po levé straně levé koleje v km 20,600 až 21,000
G2	podélný	GPR	400	po pravé straně pravé koleje v km 20,600 až 21,000
P4	příčný	MRS + MEM	92	km 20,625
P5	příčný	MRS + MEM	92	km 20,668
P6	příčný	MRS + MEM	92	km 20,698
P7	příčný	MRS + MEM	92	km 20,746
P8	příčný	MRS + MEM	46	km 20,885
P9	příčný	MRS + MEM	92	km 20,940

Geofyzikální měření prováděla firma Geonika s.r.o. a metodika a zpráva o měření v prostoru sesuvu je uvedena v příloze č.6.

4 VÝSLEDKY INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

4.1 GEOTECHNICKÁ CHARAKTERISTIKA ZEMIN A HORNIN

Zeminy a horniny zastižené v průzkumných sondách byly rozděleny do geotechnických kvazihomogenních typů, zkráceně geotypů. Každý vymezený geotechnický typ reprezentuje zeminy nebo horniny s přibližně stejnými geotechnickými vlastnostmi. Předpokládaný průběh rozhraní jednotlivých geotypů je znázorněn ve schematických geologických profilech v příloze č. 4 a dále v popisné geologické dokumentaci sond v příloze č. 3. V následujícím textu uvádíme charakteristiku jednotlivých geotypů. U jednotlivých geotypů uvádíme makroskopický a laboratorní popis, zatřídění jak podle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10), tak podle ČSN EN ISO 14688-2. V tabulkách jsou uvedeny jejich fyzikální, mechanické a technologické vlastnosti.

Vyhodnocením laboratorních rozborů a polních zkoušek byly získány hodnoty geotechnických parametrů potřebných pro návrh geotechnických konstrukcí v trase. Převážně se tedy jedná o hodnoty odvozené z výsledků laboratorních a polních zkoušek, doplněné hodnotami převzatými příp. dle srovnatelné zkušenosti zpracovatele s průzkumy provedenými ve srovnatelných geologických podmínkách. Při stanovení konkrétní hodnoty daného parametru byly použity metody matematické statistiky

(aritmetický průměr). Výrazně odlehle hodnoty zkoumaného souboru dat byly z vyhodnocení vyloučeny. Přehled geotypů uvádíme v následující tabulce:

Tabulka 6 Přehled geotypů

Symbol	Název geotypu	ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)
GEOTECHNICKÉ TYPY KVARTÉRNÍHO POKRYVU		
Q0	humózní pokryv	O (F5, F3)
Y1	Navážka – škvára	S3
Y2	Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, tuhé až pevné konzistence, nepravidelně s převážně ostrohrannými a méně i opracovanými úlomky zvětralého a navětralého pískovce (lokálně jílovce)	F6, F8 (méně F4)
Y2a	Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, dtto, konzistence na hranici tuhá až měkká	
Y3	Kolejové (štěrkové) lože	G2, G3, G4
Y4	Navážka – místní jílovito-úlomkovitý materiál v náspu, soudržná zemina tuhé konzistence a přítěžovací lavice z hlúšinové sypaniny	G4, F2, (F3)
Q1	Jíl středně až vysoce plastický - deluviální, fluviální a deluviofluviální, v polohách písčité nebo štěrkovité, tuhé až pevné konzistence	F6, F8, méně F4, F2
Q1a	Jíl středně až vysoce plastický - dtto, tuhé až měkké konzistence	
Q2	Štěrka slabě hlinitá a hlinitá – s pískem, středně ulehý , hlinitá příměs je tuhé konzistence, lokálně s polohami štěrkovitého písku	G3, G4
GEOTECHNICKÉ TYPY PŘEDKVARTÉRNÍHO PODKLADU		
P1	Jílovec prachovitý - zcela a silně zvětralý, charakteru prachovitého jílu s množstvím střípků a úlomků mateční horniny o vel. nejčastěji do 2 cm, lokálně převažují střípky a úlomky	R6 (F5, F6)
P2	Jílovec prachovitý - silně zvětralý až mírně zvětralý, rozvrtaný na drobné úlomky lámatelné rukou	R5
P3	Pískovec – silně až mírně zvětralý, slídnatý, s jílovou a jílovitokarbonátovou základní hmotou, rozvrtaný na úlomky a menší kusy a desky, které lze lámat rukou nebo snadno rozbít kladivem	R5, R4
P4	Pískovec – navětralý a zdravý, obtížně vrtatelný, deskovitě a lavicovitě odlučný, s jílovito-karbonátovou základní hmotou	R3, R2

Tabulka 7 Přehled použitých geotechnických veličin

Symbol	Jednotka	Název
γ_n	[kN·m ⁻³]	objemová tíha
w_n	[%]	přirozená vlhkost
I_c	[-]	stupeň konzistence
ν	[-]	poissonova konstanta
E_{def}	[MPa]	deformační modul
φ'	[°]	úhel vnitřního tření efektivní vrcholové pevnosti
φ_{cr}'	[°]	úhel vnitřního tření kritické pevnosti
φ'_r	[°]	úhel vnitřního tření reziduální pevnosti
c'	[kPa]	soudržnost efektivní vrcholové pevnosti
K	[m·s ⁻¹]	koeficient hydraulické vodivosti
ρ_d	[kg·m ⁻³]	objemová hmotnost suché horniny
σ_c	[MPa]	pevnost při bodovém zatížení (PLT)
R	[MPa]	pevnost v prostém tlaku

4.1.1 Geotechnické typy kvartérního pokryvu

4.1.1.1 Q0 ... Humózní pokryv

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. O (F5, F3)
Makroskopický popis:	nejčastěji tmavě hnědá, pevná, suchá hlína s možnou písčitou příměsí nebo hnědý jíl s nízkou až střední plasticitou s proměnnou písčitou příměsí
Stratigrafie, geneze:	holocén
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,10 – 1,0 m

4.1.1.2 Y1 ... Navážka - škvára

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. S3
Makroskopický popis:	navážka charakteru škváry, ulehlá, šedočerná až černá, s příměsí jemnozrnné zeminy, s úlomky ostrohranného štěrku o velikosti kolem 3 cm o celkovém obsahu do 15 %
Stratigrafie, geneze:	antropogén
Rozšíření v trase:	zpravidla spodní část štěrkového lože
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,90 – 2,1 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

♦ použití do aktivní zóny:	podmíněně vhodná k přímému použití
♦ použití do násypu:	podmíněně vhodná k přímému použití
♦ těžitelnost:	I. třída
♦ vrtatelnost:	I. třída

4.1.1.3 **Y2 ... Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, tuhé až pevné konzistence**

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. F6, F8 méně F4
Makroskopický popis:	navážka charakteru jílu se střední až vysokou plasticitou, tuhá až pevná konzistence, různě hnědá s ojedinělými převážně ostrohrannými a méně i opracovanými úlomky zvětralého a navětralého pískovce, lokálně jílovce o velikosti 3-7 cm o celkovém obsahu 30-40 %, lokálně písčité příměs
Stratigrafie, geneze:	antropogén
Rozšíření v trase:	zpravidla jádro tělesa náspu
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,10 – 8,10 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)

- ♦ použití do aktivní zóny: nevhodná k přímému použití
- ♦ použití do násypu: nevhodná (F8) nebo podmíněně vhodná (F6) k přímému použití
- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: I. třída

Komentář zpracovatele:

Průzkumnými pracemi byl geotyp Y2 jen velmi obtížně rozlišitelný od geotypu P1 popř. Q1 a jeho rozsah byl určen na základě výsledků z dynamických penetrací, geofyzikálního průzkumu, dle morfologie tělesa trati a předpokládaného původního povrchu terénu. Jedná se o přemístěný místní materiál, který byl využit na stavbu a poté i na rozšíření železniční dopravní cesty. **Při nasycení těchto zemin (geotyp Y2a) může dojít ke snížení stability celého tělesa náspu.**

Tabulka 8 Odvozené hodnoty geotechnických veličin zemin Y2

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	ČSN	-	-	-	20,5
w_n	[%]	LAB	6	19,6	26,8	23,6*
I_c	[-]	LAB	6	0,81	1,18	1
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,40
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	6
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	22
φ'_{cr}	[°]	LAB	2	23	29	26
φ'_r	[°]	ČSN	-	-	-	-
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	15
c_u	[kPa]	ČSN	-	-	-	70
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$2 \cdot 10^{-8}$

Dop. - doporučená hodnota, * průměrná hodnota souboru

4.1.1.4 Y2a ... Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, konzistence na hranici tuhá až měkká

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. F6, F8 méně F4
Makroskopický popis:	navážka charakteru jílu se střední až vysokou plasticitou, převážně tuhý, místy až měkký, barvy odstínu hnědé a šedé, s ostrohrannými úlomky pískovce a jílovce většinou do velikosti 5 cm a celkovým obsahem 15-20 %, lokálně písčitá příměs
Stratigrafie, geneze:	antropogén
Rozšíření v trase:	zpravidla jádro tělesa náspu
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,60 – 4,4 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: I. třída

Komentář zpracovatele:

Dtto komentář zpracovatele geotypu Y2. **Při báze těchto navážkových zemin byla zdokumentována smyková plocha sesunuté části náspu pod koleji č. 1 v lednu 2022.**

4.1.1.5 Y3 ... kolejové (štěrkové) lože

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. G2, G3, G4
Makroskopický popis:	navážka – štěrkové lože frakce 32/63, s příměsí šedého až černého jílu převážně tuhé konzistence, středně uhlý
Stratigrafie, geneze:	antropogén
Rozšíření v trase:	svrchní část štěrkového lože
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,20 – 3,1 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: II. třída

4.1.1.6 Y4 ... Navážka – místní jílovito-úlomkovitý materiál v náspu

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. G4, G5, F2
Makroskopický popis:	navážka – jílovité a hlinité štěrky až štěrkovitý jíl, místní jílovito-úlomkovitý materiál v náspu, soudržná zemina tuhé konzistence a přítěžovací lavice z hlušinové sypaniny, světle i tmavě hnědá až černá, středně uhlá nebo tuhá, s převážně ostrohrannými úlomky hornin a stavební suti
Stratigrafie, geneze:	antropogén
Rozšíření v trase:	ověřeny převážně v části tělesa náspu, popř. přísypu
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,40 – 2,1 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: II. třída

4.1.1.7 Q1 ... Jíl středně až vysoce plastický, tuhé až pevné konzistence – deluviální, méně fluviální a deluviofluviální, v polohách písčité nebo štěrkovité,

Zatřídění dle ČSN 73 6133:	tř. F6, F8, méně F4, F2
Makroskopický popis:	nejčastěji hnědé, pevné až tuhé jíly s proměnlivou plasticitou, místy se šedým nebo rezavým smouhováním, písčitou příměsí a místy až hojnými ostrohrannými úlomky pískovce o velikosti 3-10 cm
Stratigrafie, geneze:	holocén, pleistocén; nejčastěji deluviální, ale i fluviální a deluviofluviální
Rozšíření v trase:	ověřeny na svazích a údolní nivě
Mocnost vrstvy:	ověřená 0,3 – 2,8 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ použití do aktivní zóny: nevhodné (F6, F8) a podmíněčně vhodné (F2) k přímému použití
- ♦ použití do násypu: nevhodné (F8) a podmíněčně vhodné (F6, F2) k přímému použití
- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: I. třída

Komentář zpracovatele:

Průzkumnými pracemi byly ověřeny deluviální sedimenty s proměnlivou mocností dosahující zpravidla 2-3 m, s ojedinělými akumulacemi až do 5 m. Hlinitá složka vzniká zvětráváním jílovců a prachovců. Štěrkovitá složka je tvořena ostrohrannými až poloostrohrannými úlomky pískovců, jejichž zvětráváním vzniká písčité příměs těchto generelně prachovitých zemin. Tyto zeminy obvykle vyplňují závěry údolí a akumulují se také u pat svahů. **Velmi snadno se budou sytit vodou a mohou být tak často postiženy svahovými pohyby.**

V rámci zjednodušení členění geotechnických typů u těchto zemin nevyznačujeme jejich geneze. Pro svažité charakter zájmové lokality převažují deluviální zeminy.

Tabulka 9 Odvozené hodnoty geotechnických veličin zemin Q1

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	ČSN	-	-	-	20
w_n	[%]	LAB	18	14,1	32,2	24*
I_c	[-]	LAB	18	0,71	1,49	1,06
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,40
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	6
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	23
φ'_{cr}	[°]	LAB	6	22,5	35,0	29
φ'_r	[°]	LAB	2	17,3	20,7	19*
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	14
c_u	[kPa]	ČSN	-	-	-	80
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$4 \cdot 10^{-8}$

Dop. - doporučená hodnota, * průměrná hodnota souboru

4.1.1.8 Q1a ... Jíl středně až vysoce plastický – tuhé až měkké konzistence

Zatřídění dle ČSN 73 6133:

Makroskopický popis:

tř. F6, F8, méně F4, F2

hnědé, šedomodré, tuhé až měkké jíly s proměnlivou plasticitou, s tmavě šedým až černým smouhváním, písčitou příměsí a místy až hojnými ostrohrannými úlomky jílovce a pískovce

Stratigrafie, geneze:

holocén, pleistocén; fluvialní, deluviofluvialní a deluviální

Rozšíření v trase:

ověřeny na svazích a údolní nivě

Mocnost vrstvy:

ověřená 0,4 – 4,0 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

♦ těžitelnost: I. třída

♦ vrtatelnost: I. třída

Komentář zpracovatele: Dtto komentář zpracovatele geotypu Q1.

Tabulka 10 Odvozené hodnoty geotechnických veličin zemin Q1a

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	ČSN	-	-	-	20
w_n	[%]	LAB	3	30,4	39,2	35,7*
I_c	[-]	LAB	3	0,58	0,69	0,63*
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,40
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	3
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	21-23
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	12
c_u	[kPa]	ČSN	-	-	-	60
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$4 \cdot 10^{-8}$

Dop. - doporučená hodnota

* průměrná hodnota souboru

4.1.1.9 Q2 ... Štěrk slabě hlinitý až hlinitý, středně ulehlý, fluvialní

Zatřídění dle ČSN 73 6133:

tř. G3, G4

Makroskopický popis:

štěrky slabě hlinité a hlinité, šedorezavé až šedé, středně ulehlé, s opracovanými úlomky, lokálně ostrohrannými, s tenkými polohami jílu, jemnozrnná složka tuhé konzistence, lokálně s polohami šterkovitého písku, mokré i suché

Stratigrafie, geneze:

holocén, pleistocén; fluvialní

Rozšíření v trase:

údolní terasa řeky Senice

Mocnost vrstvy:

ověřená 0,30 – 1,1 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

♦ těžitelnost:

I. třída

♦ vrtatelnost:

II. třída

4.1.2 Geotechnické typy předkvartérního podloží

Předkvartérní podloží v zájmovém území tvoří převážně paleogenní vsetínské vrstvy zlínského souvrství. Ty jsou charakterizované jako sedimenty s převahou jílovců a pískovců, s dominancí šedých a zelenošedých vápnitých typů. V daném úseku Valašská Polanka - Horní Lideč v km 20,019 – 21,248 byly vymezeny celkem 4 geotypy.

4.1.2.1 P1 ... Jílovec prachovitý – zcela a silně zvětralý

Zatřídění dle ČSN 73 6133

tř. R6 (F6, F5)

Makroskopický popis:

jílovec hnědý až šedý, zcela a silně zvětralý, charakteru prachovitého jílu s množstvím ostrohranných střípků a úlomků mateční horniny o velikosti nejčastěji do 2 cm a obsahu do 20 %, pevná až tvrdá konzistence

Stratigrafie; geneze:

paleogén – eocén

Rozšíření v trase:

v celém zájmovém území

Mocnost vrstvy:

ověřená 0,2 -10,5 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ použití do aktivní zóny: nevhodné k přímému použití bez úpravy
- ♦ použití do násypu: podmíněně vhodné k přímému použití
- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: II. třída

Komentář zpracovatele

Jedná se o podložní horniny včetně jejich nepřemístěných zvětralin (eluví). Eluvia jílovce jsou generelně obtížně rozlišitelná a jejich samostatné vyčlenění by bylo značně subjektivní. Zpravidla jsou hnědě zbarvená a odvápněná. Poloha geotypu P1 byla ověřena takřka všemi hlubšími vrty. Z důvodu nejednoznačné odlišitelnosti eluvií od „rostlých“ podložních jílovců, shodných laboratorních výsledků k nim přistupujeme jako k jednotnému geotypu. Makroskopicky se jedná o zcela zvětralé horniny převážně pelitického charakteru na materiál povahy jílu převážně pevné až tvrdé konzistence tř. F6, F5 s úlomky matečných hornin. Ve smyslu ČSN 73 6133/S4 (příloha 10) řadíme tyto sedimenty do skupiny hornin třídy R6 - horniny zcela zvětralé (až rozložené).

Tabulka 11 Odvozené hodnoty geotechnických veličin P1

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	ČSN	-	-	-	21
w_n	[%]	LAB	39	8,3	23,2	15,3*
I_c	[-]	LAB	39	1,07	2,07	1,57*
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,40
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	12
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	25
φ'_{cr}	[°]	LAB	20	22	35	27*
φ'_r	[°]	LAB	9	8,3	12,9	10*
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	15
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-8}$

Dop. - doporučená hodnota

* průměrná hodnota souboru

4.1.2.2 P2 ... Jílovec prachovitý – silně až mírně zvětralý

Zatřídění dle ČSN 73 6133

tř. R5

Makroskopický popis:

jílovec šedý až tmavě šedočerný, silně až mírně zvětralý, prachovitý, rozvrtaný na drobné úlomky do 5 cm lámatelné rukou

Stratigrafie; geneze:

paleogén - eocén

Rozšíření v trase:

v celém zájmovém území

Mocnost vrstvy:

ověřená 0,5-8,6

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ těžitelnost: I. třída
- ♦ vrtatelnost: II. třída

Tabulka 12 Odvozené hodnoty geotechnických veličin P2

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	ČSN	-	-	-	2150
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,30
σ_c	[MPa]	ČSN	-	-	-	< 5
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	25
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	28
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	16
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$2 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-6}$
φ'_{cr}	[°]	LAB	3	27	35	29*
φ'_r	[°]	LAB	1	-	-	9,5

Dop. - doporučená hodnota, * průměrná hodnota souboru

4.1.2.3 P3 ... Pískovec - silně až mírně zvětralý

Zatřídění dle ČSN 73 6133

tř. R5, R4

Makroskopický popis:

pískovec – silně až mírně zvětralý, tmavě šedohnědý až šedý, slídnatý, s jílovou a jílovitokarbonátovou základní hmotou, rozvrtný na úlomky a menší kusy a desky, které lze lámat rukou nebo snadno rozbít kladivem

Stratigrafie; geneze:

paleogén - eocén

Rozšíření v trase:

v celé trase, tvoří deskovité polohy střídající se s jílovci

Mocnost vrstvy:

ověřená 0,4-3,2 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

- ♦ těžitelnost: I. třída (R5), I.-II. (R4 v poměru 50:50)
- ♦ vrtatelnost: II. třída

Komentář zpracovatele

V rámci průzkumných prací byly v zájmovém území trasy ověřeny deskovité polohy silně zvětralých a tektonicky postižených pískovců, které jsou mocné zpravidla do 3 m, zcela výjimečně do 8 m a mohou být postiženy tektonickými pohyby a zvětrávacími pochody. Tyto horniny se zřetelnou původní texturou jako celek lze podle míry zvětrání definovat jako horniny silně až mírně zvětralé třídy R5-R4, ojediněle byly ověřeny vrstvy tř. R6. Pevnost hornin byla ověřena na nepravidelných úlomcích, získaných z vrtného jádra.

Tabulka 13 Odvozené hodnoty geotechnických veličin P3

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	LAB	2	2270	2330	2270
w_n	[%]	LAB	2	1,3	5,1	3,2*
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,25
σ_c	[MPa]	LAB	2	2,5	3,8	3,15*
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	100
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	33
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	30
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$2 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-6}$

Dop. - doporučená hodnota, * průměrná hodnota souboru

4.1.2.4 P4 ... pískovec zdravý až navětralý

Zatřídění dle ČSN 73 6133

tř. R3-R2

Makroskopický popis:

Pískovec – navětralý a zdravý, šedý až šedozelený, obtížně vrtatelný, deskovitě a lavicovitě odlučný, s jílovito-karbonátovou základní hmotou

Stratigrafie; geneze:

paleogén - eocén

Rozšíření v trase:

v celém zájmovém území, tvoří deskovité polohy střídající se s jílovcí

Mocnost vrstvy:

ověřená 0,2-5,7 m

Charakteristika dle ČSN 73 6133/S4 (příloha 10)/ČSN P 73 1005

♦ těžitelnost:

II. - III. třída

♦ vrtatelnost:

III. třída (R3), IV. (R4 v poměru 30:70)

Komentář zpracovatele

V rámci průzkumných prací byly v zájmovém území trasy ověřeny deskovité polohy zdravých až navětralých a tektonicky postižených pískovců, které jsou mocné zpravidla do 5 m, zcela výjimečně i více. Pevnost hornin byla ověřena na nepravidelných úlomcích i na pravidelných tělesech, získaných z vrtného jádra.

Tabulka 14 Odvozené hodnoty geotechnických veličin pískovce P4

Odvozené veličiny		Zdroj	Hodnota			
Symbol	Jednotka		n	MIN.	MAX.	Dop.
ρ_d	[kg.m ⁻³]	LAB	13	2090	2540	2460*
w_n	[%]	LAB	13	1.3	5.2	3,0
v	[-]	ČSN	-	-	-	0,20
R	[MPa]	LAB	4	16,3	98,3	51,4*
E_{def}	[MPa]	ČSN	-	-	-	600
φ'	[°]	ČSN	-	-	-	37
c'	[kPa]	ČSN	-	-	-	80
K	[m.s ⁻¹]	ČSN	-	-	-	$2 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-6}$

Dop. - doporučená hodnota, * průměrná hodnota souboru

Tabulka 15 Odvozené geotechnické parametry zeminových geotypů

Geotyp	Charakteristika	ČSN 73 6133	γ_n	w_n	I_c	v	E_{def}	φ'	c'	c_u	K
			[kN·m ⁻³]	[%]	[-]	[-]	[MPa]	[°]	[kPa]	[kPa]	[m·s ⁻¹]
Y1	Navážka - škvára	S3	15,5	-	-	0,25	10-15	33	0	-	$6 \cdot 10^{-4}$
Y2	Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, tuhé až pevné konzistence, nepravidelně s převážně ostrohrannými a méně i opracovanými úlomky zvětralého a navětralého pískovce (lokálně jílovce)	F6, F8, méně F4	20,5	19,6 – 26,8	1,00 (0,81-1,18)	0,40	6	22	15	70	$2 \cdot 10^{-8}$
Y2a	Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, dtto, konzistence na hranici tuhá až měkká		20,5	28,3	0,68	0,40	3	20 - 22	12	50	
Y3	Kolejové (šterkové) lože	G2, G3, G4	19,5	-	-	0,25	30	35	0	-	$6 \cdot 10^{-4}$
Y4	Navážka – místní jílovito-úlomkovitý materiál v náspu, soudržná zemina tuhé konzistence a přítěžovací lavice z hlúšinové sypaniny	G4, G5, F2	19,5 (G5) 20,5 (F2)	-	-	0,35	15 - 25	28 – 35	0 - 3	60 (F2)	$1 \cdot 10^{-5}$
Q1	Jíl středně až vysoce plastický - deluviální, fluviální a deluviofluviální, v polohách písčité nebo šterkovité, tuhé až pevné konzistence	F6, F8, méně F4, F2	20,0	14,1 – 32,2	1,06 (0,71–1,49)	0,40	6	23	14	80	$4 \cdot 10^{-8}$
Q1a	Jíl středně až vysoce plastický - dtto, tuhé až měkké konzistence			30,4 – 39,2	0,63 (0,58-0,69)	0,40	3	21 – 23	12	60	
Q2	Šterk slabě hlinitý a hlinitý – s pískem, středně ulehlý, hlinitá příměs je tuhé konzistence, lokálně s polohami šterkovitého písku	G3, G4	19,5	12,1 – 14,6	-	0,30	30	32	0 - 2	-	$2 \cdot 10^{-4}$
P1	Jílovec prachovitý - zcela a silně zvětralý, charakteru prachovitého jílu s množstvím střípků a úlomků mateční horniny o vel. nejčastěji do 2 cm, lokálně převažují střípky a úlomky	R6 (F5, F6)	21,0	8,3 – 23,2	1,57 (1,07 – 2,07)	0,40	12	25	15	-	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-8}$

Vysvětlivky k tabulce výše:

γ_n ... objemová tíha, w_n ... vlhkost přirozená, I_c ... index konzistence, v ... poissonova konstanta, E_{def} ... deformační modul
 φ' ... úhel vnitřního tření efektivní, c' ... soudržnost efektivní, c_u ... soudržnost totální, K ... koeficient hydraulické vodivosti

Poznámky k tabulce výše:

- 1) Tučně zvýrazněné hodnoty jsou výsledky laboratorních rozborů nebo hodnoty odvozené z výsledků laboratorních a polních zkoušek.
- 2) Hodnoty parametrů smykové pevnosti reprezentují vrcholovou pevnost a platí pro masiv naporužený stavebním zásahem. Pevnosti kritické a reziduální jsou uvedeny souhrnně v tabulce 3.
- 3) Hodnoty parametrů smykové pevnosti geotypu Y4 při horním okraji intervalu platí pro hlušinovou sypaninu v přitěžovací lavici.
- 4) Hodnota úhlu vnitřního tření neodvodněné smykové pevnosti se předpokládá $\varphi_u = 0^\circ$.
- 5) Hodnoty indexu konzistence I_c uvedené netučně reprezentují průměrnou hodnotu daného souboru.
- 6) Výrazně odlehle hodnoty zkoumaného souboru dat byly z vyhodnocení vyloučeny.

Tabulka 16 Odvozené geotechnické parametry horninových geotypů

Geotyp	Charakteristika	ČSN 73 6133	ρ_d	w_n	v	σ_c	E_{def}	φ'	c'	K
			[kg·m ⁻³]	[%]	[-]	[MPa]	[MPa]	[°]	[kPa]	[m·s ⁻¹]
P2	Jílovec prachovitý - silně až mírně zvětralý, rozvrtaný na drobné úlomky lámatelné rukou	R5	2150	-	0,30	< 5	25	28	16	$2 \cdot 10^{-7}$ – $3 \cdot 10^{-6}$
P3	Pískovec – silně až mírně zvětralý, slídnatý, s jílovou a jílovitokarbonátovou základní hmotou, rozvrtaný na úlomky a menší kusy a desky, které lze lámat rukou nebo snadno rozbít kladivem	R5, R4	2270	1,3 – 5,1	0,25	2,5 – 3,8	100	33	30	
P4	Pískovec – navětralý a zdravý, obtížně vrtatelný, deskovitě a lavicovitě odlučný, s jílovito-karbonátovou základní hmotou	R3, R2	2460	3,0	0,20	51,4 (16,3 – 98,3)	600	37	80	

Vysvětlivky:

ρ_d ... objemová hmotnost suché horniny, w_n ... vlhkost přirozená, v ... poissonova konstanta, σ_c ... pevnost v prostém tlaku, E_{def} ... deformační modul
 φ' ... úhel vnitřního tření efektivní, c' ... soudržnost efektivní, K ... koeficient hydraulické vodivosti

Poznámky k tabulce:

- 1) Tučně zvýrazněné hodnoty jsou výsledky laboratorních rozborů nebo hodnoty odvozené z výsledků laboratorních a hydrodynamických zkoušek.
- 2) Hodnoty parametru ρ_d reprezentují průměrnou hodnotu daného souboru.
- 3) Hodnota parametru σ_c byla odvozena z ze zkoušky pevnosti na horninových úlomcích a tělesech. Hodnota uvedená netučně reprezentuje průměr daného souboru.
- 4) Hodnoty parametrů smykové pevnosti reprezentují náhradní parametry pro horninový masiv a nezohledňují lokální vliv tektonického porušení ani vliv hlavních diskontinuit.
- 5) Výrazně odlehle hodnoty zkoumaného souboru dat byly z vyhodnocení vyloučeny.

Tabulka 17 Odvozené parametry smykové pevnosti kritické a reziduální

Geotyp	Charakteristika	ČSN 73 6133	Kritická	Reziduální	Počet provedených zkoušek
			φ'_{cr}	φ'_r	$n_{cr} + n_r$
			[°]	[°]	[-]
Y2	Navážka (násep) – jíly středně a vysoce plastické, nepravidelně s převážně ostrohrannými a méně i opracovanými úlomky zvětralého a navětralého pískovce a vápnitého jílovce	F6, F8	26 (23-29)	-	2 + 0
Q1	Jíl středně až vysoce plastický - deluviální, fluviální a deluviofluviální, v polohách písčité nebo šterkovité	F6, F8, F2	29 (22,5-35)	15,9 (9,6-20,7)	6 + 3
P1	Jílovec prachovitý - zcela a silně zvětralý, charakteru prachovitého jílu s množstvím střípků a úlomků mateční horniny o vel. nejčastěji do 2 cm, lokálně převažují střípky a úlomky	R6 (F5, F6)	27 (22-35)	10 (8,3-12,9)	20 + 8
P2	Jílovec prachovitý - silně zvětralé až mírně zvětralý, rozvrtný na drobné úlomky lámatelné rukou	R5	29 (27-35)	9,5	3 + 1

Vysvětlivky:

 φ'_{cr} ... úhel vnitřního tření kritické pevnosti, φ'_r ... úhel vnitřního tření reziduální pevnosti

Poznámky k tabulce:

- 1) Zkušební vzorky byly konsolidovány z pasty
- 2) Zkoušky byly provedeny v krabicovém smykovém přístroji nebo v rotační smykové krabici
- 3) Hodnoty uvedené tučně jsou výsledky laboratorních zkoušek. Ostatní hodnoty úhlu vnitřního tření reprezentují průměr daného souboru.

4.2 VYHODNOCENÍ DYNAMICKÝCH PENETRACÍ

Níže v tabulce byly vyčleněny polohy geotypů **Q1a** a **Y2a** s měkkou až tuhou konzistencí, které signalizují **problematická místa** tělesa náspu i jeho blízkého okolí. Mělké polohy v zamokřené oblasti (staničení cca km 20,620 – 20,750) po pravé straně koleje č. 2 jsou charakterizované geotypem Q1a.

Nejvýraznější problematické místo je těleso náspu ve staničení km 20,750 – 20,850, kde byl na základě nízkých odporů na hrotu dynamických penetrací vyčleněn geotyp Q2a. Nezřídka byl tento geotyp zastižen už přímo pod štěrkovým ložem a byl ověřen až do hloubky 6,7 m včetně zjištění v průzkumných vrtech. Toto místo bylo po sesuvné události v lednu 2022 sanováno štětovnicovými stěnami a probíhá zde od března monitoring [3].

Geotyp Q1a rovněž tvoří i polohy fluvialních jílu, které byly dynamickými penetracemi a jádrovými vrty ověřeny v těsné blízkosti nebo i částečně pod tělesem náspu. Tyto vrstvy budou tvořit více stlačitelnou polohu a mohou i sytit jílovité materiálu tvořící těleso náspu.

Tabulka 18 Polohy geotypů Q1a Y2a na základě dynamických penetrací

Název sondy	Geotyp		Staničení	Hloubka (od úrovně terénu)		Mocnost vrstvy	Umístění sondy
	Označení	Qdyn		od	do		
	[-]	[MPa]	[km]	[m]	[m]	[m]	
DP4*	Q1a	1,9	20,617	0,1	1,5	1,4	sesuvný svah
DPH3*	Y2a	1,7	20,765	0,8	4,9	4,1	mezi k.č.1 a k.č.2
DP1*	Y2a	1,7	20,772	2,3	3,2	0,9	mezi k.č.1 a k.č.2
DPH2B*	Y2a	1,7	20,776	3,6	5,7	2,1	sesuté hmoty
DPH2A*	Y2a	1,7	20,777	1,6	4,5	2,9	sesuté hmoty
DPH2*	Y2a	1,7	20,777	1,5	5,1	3,6	mezi k.č.1 a k.č.2
DP120	Y2a	1,7	20,780	2,8	3,2	0,4	sesuté hmoty
DP2*	Y2a	1,7	20,780	1,9	3,2	1,3	k.č.1
DP5*	Y2a	1,7	20,781	3,1	4,4	1,3	k.č.2
DPH1*	Y2a	1,7	20,789	1,1	5,9	4,8	mezi k.č.1 a k.č.2
DP123	Y2a	1,7	20,798	3,1	4,7	1,6	k.č.1
DP150	Q1a	1,9	20,876	2,6	3,8	1,2	svah náspu

Poznámky k tabulce:

- 1) * archivní sondy
- 2) hodnota Qdyn je průměrná hodnota pro danou vrstvu

Tabulka 19 Vyhodnocení dynamických penetrací

Geotyp	Charakteristika	ČSN 73 6133	N ₁₀	Q _{dyn}	φ'	I _D
			[-]	[MPa]	[°]	[-]
Y1	Navážka - škvára	S3	5,4	5	30-31	0,4
Y3	Kolejové (šterkové) lože	G2, G3, G4	13,6	14,8	33-34	0,4
Y4	Navážka – místní jílovito-úlomkovitý materiál v náspu, soudržná zemina tuhé konzistence a přítěžovací lavice z hlušinové sypaniny	G4, G5, F2	3,9	3,4	30	0,12
Q2	Šterk slabě hlinitý a hlinitý – s pískem, středně ulehlý, hlinitá příměs je tuhé konzistence, lokálně s polohami šterkovitého písku	G3, G4	11,9	10,9	34	0,4

Poznámky k tabulce:

* φ' ... úhel vnitřního tření efektivní a I_D určeny dle ČSN EN 1997 (Eurokód 7)

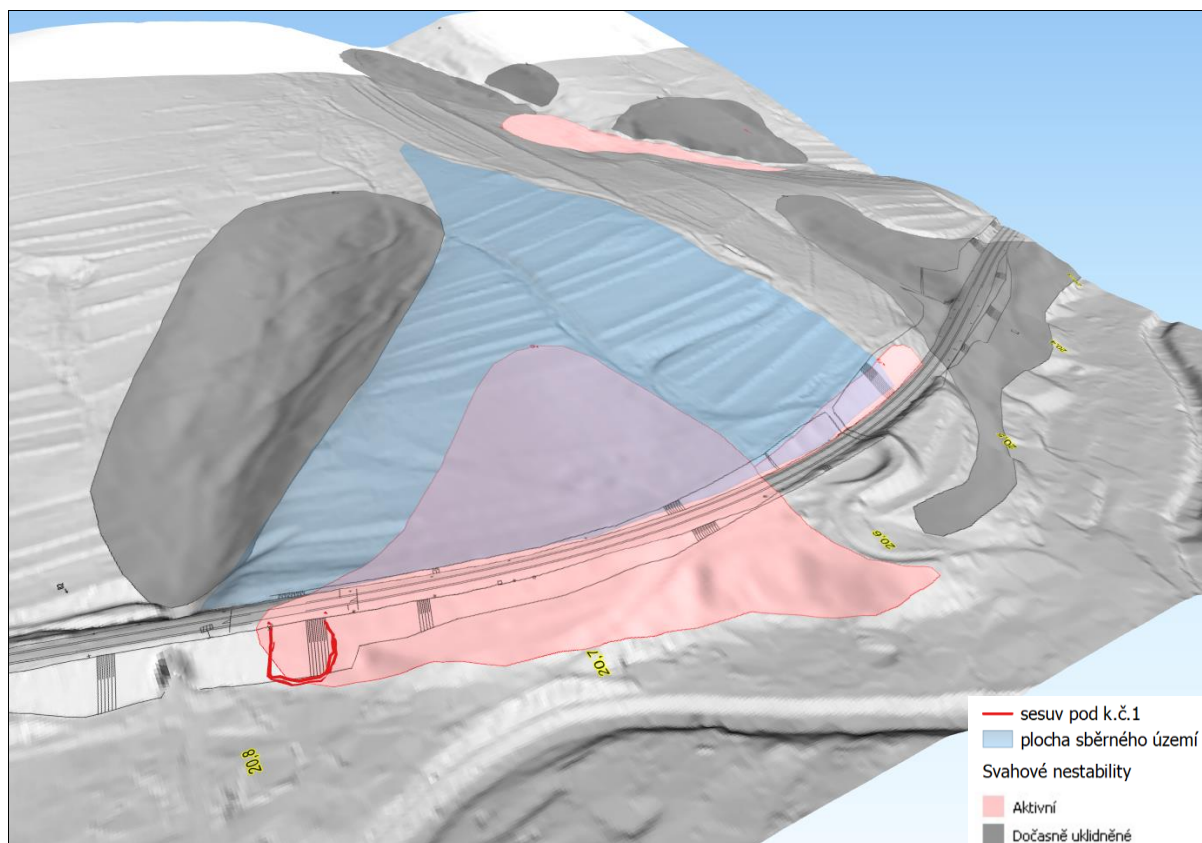
4.3 VÝSLEDKY HYDROGEOLOGICKÝCH PRACÍ

Zájmové prostředí je flyšové pásmo s kombinovanou průlinovo-puklinovou propustností, kde voda proudí převážně liniemi tektonických poruch v pásmu silně porušených hornin - otevřenými diskontinuitami. Drenážní bází území je řeka Senice.

Úroveň hladiny podzemní vody je úzce spjata s geologickou stavbou území, tektonickým porušením hornin, stupněm rozvětrání a vrstevnatostí horninového prostředí. Tyto podmínky mohou být v rámci celého zájmového území velmi variabilní. Podzemní vody jsou dotovány a ovlivňovány atmosférickými srážkami (viz obrázek č. 15). Deluvia a zvětraliny flyšového podloží a zeminy drážního tělesa s nedostatečným odvodněním umožňují akumulaci a oběh mělce infiltrované srážkové vody. [Hladina podzemní vody byla sondami zastižena v různých hloubkových úrovních pod terénem \(viz tabulka č. 19\) a je ovlivněna jak geologickou stavbou v daném místě, tak morfologií místa \(svah, pata svahu, násep\). Hladina podzemní vody dle terénních výzkumů je ve všech vrtech napjatá, v případě vrtu HG8 i s pozitivní výtlačnou výškou nad terén a směr proudění podzemní vody je generelně od východu na západ, konformně se sklonem svahu.](#)

Na základě dat zjištěných během čerpacích a stoupacích zkoušek lze konstatovat, že výsledné parametry jsou u všech testovaných vrtů obdobné, přičemž [hydraulická vodivost se pohybuje v rozmezí od \$K = 5,93E^{-07}\$ m/s do \$2,91E^{-06}\$ m/s. Testovaným prostředím byly vrstvy z nepravidelně střídajících se pískovců a jílovců. Podél tektonicky porušených zón lze lokálně očekávat hydraulickou vodivost i ve vyšších řádech. Podrobné výsledky hydrodynamických zkoušek jsou součástí přílohy č. 9 „Hydrodynamické zkoušky“.](#)

Přípovrchová zóna svahů sběrného území (cca 5 ha), viz obrázek níže, představuje tranzitní zónu, která se rychle odvodňuje, ale může sytit akumulace deluvií, které mají infiltrační funkci a vést tak ke snížení stability území.

Obrázek 13 Sběrné území nad drážním tělesem (orientačně)

V lokalitě bylo zmapováno několik pramenních vývěřů, podmáčených míst a mokřadů, jak ukazuje obrázek níže. Tato místa odrážejí komplikovanou geologickou stavbu a vodní režim oblasti.

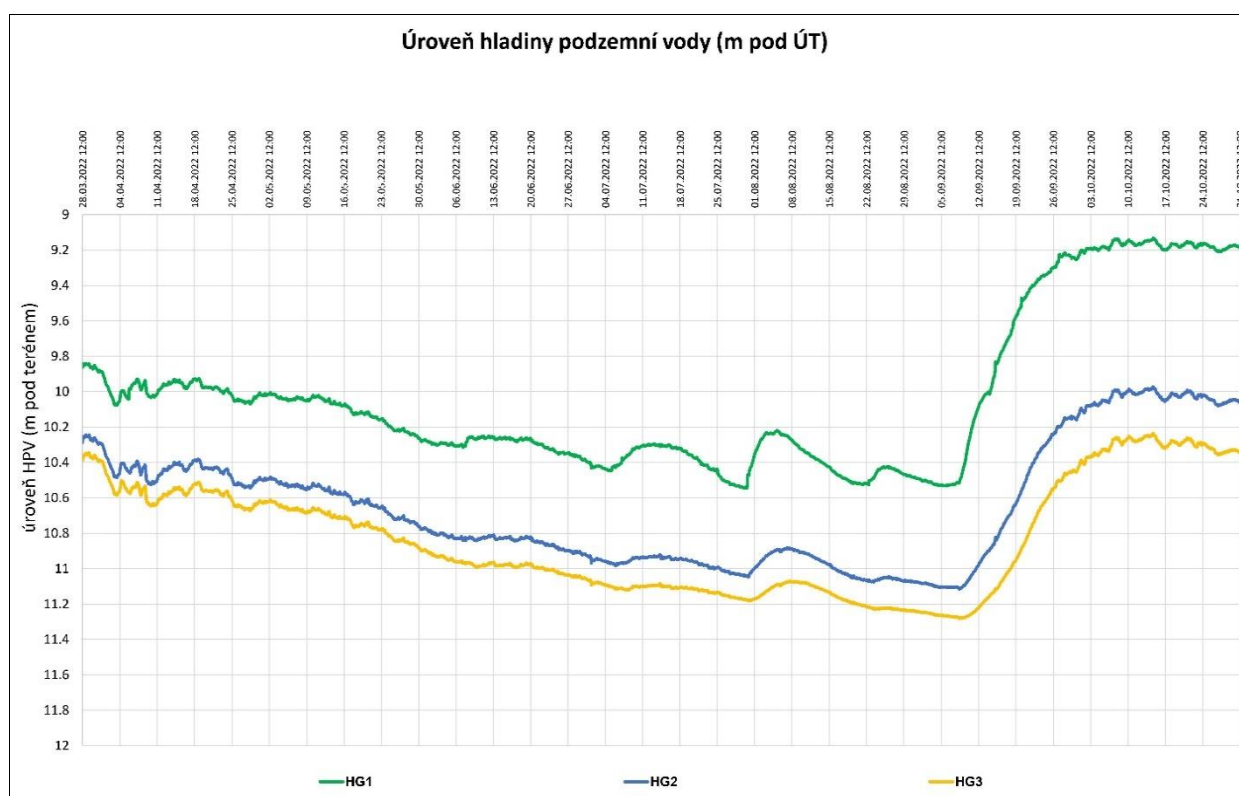
Obrázek 14 Zamokřená místa



Hladina podzemní vody v pozorovacích vrtech zřízených v rámci hydrogeologického monitoringu [3] v tělese dráhy, prokazatelně reaguje na vyšší úhrn atmosférických srážek z konce srpna 2022 (viz obrázek 15). Tato skutečnost může naznačovat **omezenou a pouze lokální funkci odvodňovacích vrtů** [4]. Stálý průsak vody přes sanované těleso (viz obrázky č. 16 a č. 17 níže) dokládá nutnost **posílení odvodnění drážního tělesa a jejího bezprostředního okolí**.

Rozšíření monitoringu o dalších 6 pozorovacích HG vrtů [5], proběhlo v červenci až září 2022 a jejich kontinuální měření započalo až v říjnu 2022. Režimní zhodnocení úrovně hladiny podzemní vody bude mít zásadní vliv na pochopení vodního režimu v zájmovém území.

Obrázek 15 Vývoj HPV v sondách HG1-HG3 (03/2022-10/2022)



Obrázek 16 Průsak vody přes štětovnicovou stěnu (červen 2022)



Obrázek 17 Průsak vody přes štětovnicovou stěnu (září 2022)



Tabulka 20 Úroveň hladiny podzemní vody ve vrtech

Název sondy	Naražená hladina [m]	Ustálená hladina [m]	Naražená hladina [m n.m.]	Ustálená hladina [m n.m.]	Umístění sondy
JV100	4.4	2.7	455.8	457.5	k.č.1
JV100	6.5	-	453.7	-	k.č.1
JV100	8.6	-	451.6	-	k.č.1
JV103	7	4.85	447.4	449.6	pata náspu
JV104	7.5	8.7	452.4	451.2	k.č.1
JV104	10.5	-	449.4	-	k.č.1
JV107	5.2	1.5	474.6	478.3	sesuvný svah
JV108	-	7.3	-	446.2	pata náspu
JV112	8.2	9.7	451.3	449.8	k.č.1
JV112	11.8	-	447.7	-	k.č.1
HG116	7.5	6.65	452.0	452.8	sesuvný svah
JV122	4.4	3.2	443.3	444.5	pata náspu
JV126	4	4.3	443.9	443.6	pata náspu
JV127	14	11.6	444.6	447.0	k.č.1
JV129	2.4	1.1	442.9	444.2	pata náspu
JV130	10.5	5.2	442.4	447.7	přítěžovací lavice
JV131	10.4	6.95	448.0	451.5	k.č.1
HG133	6.3	3	475.0	478.3	svah nad náspem
JV136	1.2	3.7	443.0	440.5	pata náspu
JV137	-	10.3	-	447.7	k.č.1
HG4	6.4	1.5	441.6	446.5	pata náspu
HG5	3.5	2.6	460.0	460.9	svah nad náspem
HG5	9	-	454.5	-	svah nad náspem
HG6	7.5	5.25	453.0	455.2	sesuvný svah
HG7	6.5	3.65	457.2	460.0	sesuvný svah
HG8	2.8	-0.25	470.4	473.4	sesuvný svah
IN4	4	-	443.9	-	pata náspu
IN5	2.4	1.7	461.1	461.8	svah nad náspem
IN5	5.4	-	458.1	-	svah nad náspem
IN5	7.3	-	456.2	-	svah nad náspem
IN5	9.4	-	454.1	-	svah nad náspem
IN6	3	-	457.0	-	sesuvný svah
IN6	19	-	441.0	-	sesuvný svah
IN7	4	-	459.5	-	sesuvný svah
IN7	7.3	-	456.2	-	sesuvný svah
IN8	1.8	-	471.1	-	sesuvný svah
IN8	3.5	-	469.4	-	sesuvný svah
DP101	1.9	-	458.3	-	k.č.1
DP111	7	-	446.8	-	pata náspu
DP143	3.5	-	453.4	-	k.č.1
DP148	5.2	-	447.0	-	pata náspu
HG1	9.8	-	449.3	-	mezi k.č.1 a k.č.2
HG1	12.7	9.9	446.4	449.2	mezi k.č.1 a k.č.2
HG2	13	10.4	446.4	449.0	mezi k.č.1 a k.č.2
HG3	2	-	457.5	-	mezi k.č.1 a k.č.2
HG3	12	10.4	447.5	449.1	mezi k.č.1 a k.č.2
IN1	10	-	449.3	-	mezi k.č.1 a k.č.2
IN1	13	-	446.3	-	mezi k.č.1 a k.č.2
IN2	13	-	446.4	-	mezi k.č.1 a k.č.2
IN3	2	-	457.5	-	mezi k.č.1 a k.č.2
IN3	12	10.5	447.5	449.0	mezi k.č.1 a k.č.2
JV1_2022	1.6	-	459.2	-	k.č.1

4.3.1 Posouzení agresivity podzemní vody

Agresivita podzemní vody pro stavební účely byla posouzena z laboratorních stanovení vzorků podzemní vody odebraných z vrtů HG4*, HG8*, HG116, JV100, JV104 a JV136.

*sondy provedené v rámci technických prací pro geotechnický monitoring [5]

- Podzemní voda je neutrální až slabě zásaditá, středně tvrdá, pH se pohybuje v rozmezí 7,8-8,1, obsahuje rozpuštěné látky v množství 0,27 až 0,36 g/l, jež se projevuje vodivostí 498 až 618 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Celkově vykazuje podzemní voda na zájmové lokalitě dle ČSN 03 8375 **velmi vysokou agresivitu (stupeň IV)** na ocel a ocelové konstrukce **vlivem vodivosti** a pouze v případě vzorku vody z vrtu JV104 i vysokou agresivitu (stupeň IV) vlivem agresivního CO_2 .
- Pro zařazení dle normy ČSN EN 206, stanovující skupiny agresivity na beton, vykazuje podzemní voda vysoce agresivní působení **stupně XA3** vlivem agresivního CO_2 pouze u vzorku vody z vrtu JV104 (108 mg/l). **Dalších 5 analyzovaných vzorků podzemní vody nevykazovalo žádnou agresivitu vůči betonu a obsah agresivního CO_2 byl 0 mg/l.** Doporučuje se odebrat dynamicky vzorek podzemní vody z nejbližšího vystrojeného vrtu řady HG a provést nový rozbor.

4.3.2 Posouzení chemismu podzemní vody

Chemismus podzemní vody byl posouzen z laboratorních vzorků podzemní vody odebraných z vrtů HG4* a HG7*.

*sondy provedené v rámci technických prací pro geotechnický monitoring [5]

Pro srovnání chemismu byly odebrány vzorky podzemní vody z vrtu u paty náspu a ze svahu nad drážním tělesem. Z rozdílných výsledků obsahů manganu lze usuzovat, že u paty náspu může docházet k mísení podzemní vody z horninového prostředí jílovců (vyšší obsahy Mn) a podzemní vody z prostřední fluvialních náplavů řeky Senice (nižší obsahy Mn). Výsledkové protokoly jsou součástí přílohy 5.

4.4 VÝSLEDKY AGRESIVITY ZEMIN

- Dle ČSN 03 8375 vykazují vzorky odebraných zemin horninového prostředí generelně velmi nízkou agresivitu z hlediska obsahu chloridů, střední agresivitu z hlediska obsahu $\text{pH-H}_2\text{O}$ a převážně **zvýšenou a velmi vysokou agresivitu dle obsahu celkové síry**.
- Pro zařazení dle normy ČSN EN 206, stanovující skupiny agresivity na stavební beton, vykazují vzorky zemin slabou agresivitu z hlediska obsahu síranů a patří do **kategorie XA1**. Maximální zjištěný obsah síranů 2178 mg/kg sušiny byl ve vzorku odebraném ze sondy JV130.

4.5 VÝSLEDKY GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU

Na základě seismických rychlostí a měrných odporů byla definována litologie v dané oblasti. Dle výsledků z geofyzikálních metod a provedených sond bylo interpretováno rozhraní mezi kvartérními pokryvnými zeminami a flyšovým podložím, báze přísypu drážního tělesa a přítěžovací lavice. Byly vymapovány rizikové potenciální odlučné trhliny v evidovaném sesuvném území s hloubkami odpovídajícími převážně rozhraní

kvarterních zemin a jílovců nebo mezi přísypem drážního tělesa a jeho podložím. Průzkum georadarem zjistil **poruchy ve svrchní části drážního tělesa způsobující statické problémy základových patek stožárů trakčního vedení**. Jde o relativně mělké anomálie převážně na lícni straně drážního tělesa bez vztahu na hlubší poruchy nestability zájmového území.

Zpráva o geofyzikálním průzkumu tvoří samostatnou přílohu č. 6. Celkový rozsah provedených prací je rovněž tabelárně shrnut v kapitole 3.5.

5 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY LOKALITY

Inženýrskogeologické poměry hodnotíme podle normy ČSN P 73 1005, přílohy E jako **složitě** především na základě níže uvedených skutečností:

- terén je značně členitý a s velmi proměnlivým sklonem, drážní těleso je místy situováno do svažitéjších partií původního terénu a na okraj údolní nivy Senice
- jednotlivé polohy a vrstvy předkvartérního podloží mají proměnlivou mocnost a jsou v jiném než horizontálním uložení (patrně i strmě ukloněné)
- vodní režim je komplikovaný; podzemní voda primárně proudí diskontinuitami v geologickém masivu, jejichž prostorové uspořádání není zcela jasné; hladina podzemní vody je napjatá a byla zastižena v průzkumných sondách v různé hloubce a často mělce pod povrchem
- v lokalitě byly zmapovány pramenní vývěry, podmáčená místa a menší mokřady
- drážní těleso je syceno jak vodou srážkovou (násep) a lokálně i vodou podzemní
- podle stanoviska České geologické služby čj. ČGS-441/21/378*SOG-441/0382/2021 ze dne 23.6.2021 je nově revidováno sesuvné území jako aktivní [6], které je přímou součástí zájmového území
- aktualizací výše uvedeného stanoviska [7] bylo dne 16.11. 2022 sesuvné území zařazeno do kategorie III – vysoké riziko.

Třída rizika

V souladu s ČSN P 73 1005, přílohy E charakterizujeme pravděpodobnost nežádoucího jevu stupněm 4 a relativní míru možných škod stupněm 4 „Velké škody“ případně až nejvyšším stupněm 5, s ohledem na možné ztráty na lidských životech.

Geotechnická kategorie podle ČSN P 73 1005: 3. geotechnická kategorie

5.1 DRÁŽNÍ TĚLESO

Drážní těleso jako zemní konstrukci členíme na následující části, které blíže komentujeme v dalším textu. Tyto jednotlivé části úseku jsou řazeny a komentovány sestupně dle míry rizika. Inženýrskogeologický model lokality reprezentují 2 podélné a 11 příčných schematických geologických řezů v příloze 4.

- násep-přísyp v km 20,600 – 20,800 v místě aktivního sesuvu
- vysoký násep v km 20,800 – 20,985
- nízký odřez v km 20,985 – 21,245 k.ú.
- ostatní části trasy v km 20,019 – 20,600

5.1.1 Násep a přísyp km 20,600 – 20,800

Železniční dopravní cesta v úseku staničení km 20,600 – 20,800 vychází ze zářezu a nadále je vedena po přísypu až náspu. Toto drážní těleso zde bylo vybudováno na čele starého sesuvu, který nebyl dříve svými svahovými projevy na povrchu zřetelný [5]. Od roku 2021 je v tomto úseku Českou geologickou službou ČR nově revidováno aktivní území (evidenční číslo sesuvu 63) [5], viz obrázek č. 8.

Sled zastižených vrstev a jejich charakteristika jsou v daném úseku následující:

- Šterkové lože ... vrstva ověřena sondami v tloušťce až 1-2 m; abnormální mocnost 2 m byla zastižena v archivní sondě HG3. Vyšší mocnosti vrstvy šterku jsou dle vyjádření zástupce správy trati způsobeny opakovaným podbíjením z důvodu problémů s geometrickou polohou koleje (GPK). Lokálně se pod šterkovým ložem mohou vyskytovat i polohy škváry.
- Jíly s úlomky hornin ... zeminy tvořící násep/přísyp charakteru jílu tř. F2, F6 a F8 s proměnlivým množstvím úlomků hornin. Báze těchto zemin byla sondami zastižena v hloubce 1,0 - 7,5 m pod úrovní terénu. Tento materiál je místního původu a v km 20,750 – 20,800 z důvodu sycení podzemní vodou dosahuje tuhé až měkké konzistence (**geotyp Y2a**). Ve zbývajících částech jsou zeminy konzistence tuhé až pevné.
- Jíly středně a vysoce plastické ... deluviální jíly tř. F6, F8 a méně F4 zastižené v podloží náspu/přísypu, místy písčité, tuhé až pevné konzistence, ověřeny v mocnosti 2 – 5 m. Geotyp Q1.
- Jílovce a pískovce ... povrch předkvartérního podloží tvořený jílovci zcela až silně zvětralými tř. R6, R5 s podružnými lavicemi pískovců tř. R5, R4, R3, R2 zaklesává se vzrůstajícím staničením a byl ověřena v hloubce 1,9 až 8,0 m od koruny náspu. Geotypy P1 až P4.

Podle výsledků geofyzikálního průzkumu se rizikové potenciální odlučné plochy sesuvu objevují v hloubce 2 – 4 m na hranici kvartérního pokryvu a flyšového podloží nebo na hranici zemní konstrukce a „rostlých“ vrstev. Na základě výsledků MEM společně s výsledky průzkumných sond byla určena báze přísypu drážního tělesa ve staničení km 20,650 až 20,750. Mělké poklesové anomálie ve svrchní části drážního tělesa zasahující do hloubky 1-2 m zjištěné georadarem odpovídají místům vykloněných sloupů trakčního vedení, avšak svým charakterem nemají vazbu na hlubší poruchy nestability v tělese.

Podzemní voda negativně ovlivňuje geotechnickou kvalitu drážního tělesa. V rámci hydrogeologického monitoringu byly zřízeny pozorovací vrty ve svahu nad tělesem dráhy, v tělese dráhy a také pod náspem. Hladina podzemní vody prokazatelně

reaguje na vyšší úhrn atmosférických srážek, a to jak ve vrtech provedených z koruny náspu, tak i v jeho patě. Jako jedno ze sanačních opatření bylo v km 20,800 zhotoveno 5 ks horizontálních odvodňovacích vrtů o délce 50 – 150 m (jejich grafické zpracování je součástí přílohy č. 2). Tyto vrty tvoří vějíř a některé vedou podélně pod drážním tělesem až do staničení cca km 20,670 a byly naprojektovány za účelem odvodnění problémových míst určených předchozími průzkumy [1]. **Jako jedno z nezbytných opatření musí být zajištěno posílení odvodnění drážního tělesa a jejího bezprostředního okolí.**

V daném úseku byly ve dvou konkrétních místech (km 20,668 a 20,748), kde je Českou geologickou službou evidován aktivní sesuv, provedeny **stabilitní výpočty**. Geologické prostředí je zde budováno jílovci, deluviálním kvartérním pokryvem a navážkami tvořící drážní těleso. Provedenými stabilitními výpočty vyplynulo, že drážní těleso se nachází ve **stavu labilní rovnováhy**. Jedním z rozhodujících faktorů ovlivňující stabilitu svahu je úroveň hladiny podzemní vody v masivu.

Tabulka 21 Posouzení stability v km 20,668

Profil (km)	Parametry	Úroveň HPV	vypočtený Fs		ČSN 1997-1, DA3	
					využití vzdorujících sil	
			Bishop	Sarma	Bishop	Sarma
km 20.668	vrcholové	dle výsledků PrIGP	1,60	1,58	79,2 %	-
		mělce pod terénem	1,28	1,33	98,8 %	-
	kritické	dle výsledků PrIGP	1,22	1,24	101,3 %	102,3 %
		mělce pod terénem	0,83	0,83	135,9 %	151,8 %

Poznámky:

1. Hodnoty uvedené červeně reprezentují nevyhovující výsledek (nestabilní svah).
2. Jako typ výpočtu byla zvolena síť smykových ploch nebo jejich optimalizace.
3. Norma ČSN 73 6133, požaduje v normativní příloze B hodnoty nejmenšího stupně bezpečnosti pro násypy z jemnozrnné i hrubozrnné sypaniny $F_s = \min. 1,15$.

V místě nedávno sanovaného sesuvu pod kolejí č.1 v km 20,748 byly zpětnou analýzou stanoveny parametry smykové pevnosti zemin tvořící násep při porušení zemní konstrukce a pro hodnotu stupně stability $F_s = 1,0$. Vstupní a okrajové podmínky a výsledky výpočtů jsou shrnuty v příloze č. 7.

5.1.2 Násep km 20,800 – 20,985

Se vzrůstajícím staničením přechází drážní těleso v úseku km 20,800 – 20,985 do náspu výšky cca 10–14 m na levé straně a až 4 m na pravé. Toto drážní těleso bylo v km 20,850 v roce 1985 poškozeno sesuvem. Následně proběhla sanace tohoto místa masivní přítěžovací lavicí na levé straně ve staničení cca km 20,860 – 20,985. Jako přítěžovací materiál byla dle vrtu JV130 použit štěrkovitý materiál. Dle ústního sdělení zástupce správy trati byla do přítěžovací lavice použita haldovina z Ostravska. Průzkumnými sondami byly zastiženy následující vrstvy:

- Štěrkové lože ... v tomto úseku dosahuje vrstva štěrku mocností až 3,1 m! Vyšší mocnost štěrkové vrstvy se vyskytuje především v km 20,870 a je pravděpodobně způsobena sanací výše uvedeného archivního sesuvu v roce 1985.

- Jíly s úlomky hornin ... těleso náspu je tvořeno zeminami charakteru jílu tř. F2, F6 a F8 s proměnlivým množstvím úlomků hornin. Ověřená mocnost vrstvy je 1,2 - 6,8 m. Zeminy jsou tuhé až pevné konzistence.
- Jíly středně a vysoce plastické ... podloží náspu je tvořeno kvartérními fluviálními a deluviálními jíly tř. F6 a F8, místy s písčitou příměsí, tuhé až pevné konzistence. Ověřená mocnost vrstvy je 0,4 – 4,8 m.
- Jílovce a pískovce ... jedná se především o zcela až mírně zvětralé jílovce tř. R6, R5 s polohami pevnějších, převážně navětralých pískovců tř. R5 až R2. Povrch byl sondami zastižen v hloubce od 2,7 až do 12,8 m od koruny náspu.

Provedeným geofyzikálním průzkumem byly stanoveny linie snížených měrných odporů, která mohou představovat **rizikové potenciální odlučné plochy sesuvu**. Tyto linie dosahující do **hloubky 2-4 m** jsou zpravidla vázány na hranici zemní konstrukce a „rostlých“ vrstev, příp. na rozhraní přítěžovací lavice a původního tělesa náspu. Mocnost přítěžovací lavice dle geofyzikálních měření a provedených sond dosahuje okolo 4 – 4,5 m. V blízkosti vykloněných sloupů trakčního vedení byly interpretací měření georadarem stanovené mělké poklesové anomálie v náspu.

Nedostatečné odvodnění na východní straně náspu způsobuje sezónní hromadění srážkové vody při patě náspu a syčení jemnozrnných zemin v bazálních polohách tělesa náspu. Hladina podzemní vody sytí kvartérní jíly v přímém podloží náspu a přinejmenším lokálně sytí jemnozrnné zeminy tvořící jádro náspu. Hladina podzemní vody je napjatá se vzestupem o 2,3 až 2,8 m výše. Jemnozrnné zeminy tvořící jádro tělesa náspu tř. F8 dosahují kapilární vztlakovosti H_s = cca 5 m. **Posílení odvodnění drážního tělesa a jeho okolí musí být jednou z priorit navržených opatření.**

5.1.3 Odřez km 20,985 – 21,245

Od km cca 20,985 přechází těleso náspu do nízkého pravostranného odřezu. Průzkumnými sondami byly zastiženy následující vrstvy:

- Štěrkové lože ... v tomto úseku dosahuje vrstva štěrku mocností cca 1,0 m
- Jíly s úlomky hornin ... zemní pláš je tvořena místním materiálem převážně pevné, ale i tuhé konzistence. Ověřená mocnost vrstvy je 1,0 – 1,5 m.
- Jílovce a pískovce ... jedná se především o zcela až mírně zvětralé jílovce tř. R6, R5 s polohami pevnějších, převážně navětralých pískovců tř. R5 až R2. Povrch byl sondami zastižen v hloubce od 1,2 až do 2,5 m od úrovně terénu.

Ověřená poloha tuhé konzistence může být zapříčiněna nedostatečným nebo nefungujícím odvodněním, zastiženou hladinou podzemní vody (DP143 - 3,5 m pod terénem) a obecně vysokou kapilární vztlakovostí lokálních materiálů. Dle výše uvedeného hodnotíme **vodní režim jako velmi nepříznivý**.

Drážní těleso bylo v tomto úseku zkoumáno pomocí dynamických penetrací umístěnými v blízkosti stožárů trakčního vedení. Dynamické penetrace jako nepřímou metodu průzkumu zemin bude nutné v podrobném průzkumu doplnit sondami vhodnými pro odběr vzorků (kopaná sonda, vrt).

5.1.4 Ostatní části trasy km 20,019 – 20,600

Tato část trasy byla zkoumána místním šetřením se zástupcem správy trati a O13. V daném úseku nebyly hlášeny poruchy GPK. Ve staničení km 20,200 byly pozorovány vykloněné sloupy trakčního vedení (sloupy č.9 a 10).

V registru svahových nestabilit se vyskytují níže evidované nestability:

- Evidovaná svahová nestabilita č. 75 ve staničení cca km 20,450 – 20,600 je evidovaná jako aktivní. Dokumentace pochází z roku 1998. Dle zástupce správy trati již dlouhodobě nejsou v tomto úseku hlášeny opad horninových kůsu ani jiné projevy nestability. Doporučujeme provést revizi svahové nestability.
- Evidovaná svahová nestabilita č. 77 ve staničení cca km 20,200 – 20,450 je evidovaná jako stabilizovaná/zastavená a ani zde nejsou hlášeny žádné projevy nestability.

5.2 ŠIRŠÍ OKOLÍ SE SESUVNÝM POTENCIÁLEM

Dle Přílohy č. 9 SŽ S4 (1/2021) stanovující pravidla pro inženýrskogeologický průzkum tělesa železničního spodku byly průzkumné práce rozšířeny i na přilehlé okolí tratí. Dle předchozího dělení drážního tělesa dělíme i tuto část na:

- aktivní sesuvný svah v km 20,600 – 20,800
- svah nad vysokým náspem v km 20,850 – 20,950

5.2.1 Aktivní sesuvný svah v km 20,600 – 20,800

V území revidovaném jako aktivní svahová nestabilita [6] nebyla ve vrtaných sond jednoznačně identifikována smyková plocha, byly však dokumentovány polohy silně zvětralých jílovců, které nesly znaky prohnětení. Dynamické penetrace byly již průkaznější a polohy s nižšími odpory zpravidla podporují výsledky geofyzikálního průzkumu, které poukazují na zóny oslabení masivu. Nově provedené geofyzikální práce, které navazují na předchozí geofyzikální průzkum z roku 2021 [1] společně definují **několik rizikových potenciálně odlučných ploch sesuvu** (viz obrázek níže). Několik výraznějších terénních hran pravděpodobně vzniklých relativně rychlým gravitačním přemísťováním svahových hmot je paralelní s těmito potenciálně rizikovými plochami. Tento sesunutý materiál je tvořen jílovitým, jílovitopísčítým až jílovitokamenitým materiálem geotypu Q1. Hloubka těchto potenciálně odlučných ploch je zpravidla vázána na hranici kvartérního pokryvu a flyšového podloží, která se nachází 2 – 4 m pod terénem. Nelze však vyloučit ani hlouběji uložené odlučné plochy ve flyšovém podloží v hloubce 5 – 8 m ve vyšších partiích svahu.

Hladina podzemní vody je napjatá, lokálně až s **pozitivní výtlačnou výškou nad terén**. Byla zastižena jak přímo na povrchu v podobě zamokřených míst, tak i hlouběji nebo vůbec. Vodní režim celého zájmového území je velmi variabilní.

Tato oblast je nadále sledována sítí inklinometrických a hydrogeologických sond [5].

Obrázek 18 Rizikové potenciální odlučné plochy sesuvu

5.2.2 Svah nad archivním sesuvem v km 20,850 – 20,950

Na základě provedených průzkumných děl a podle výsledků rekognoskace této části území geology lze konstatovat, že nebyly zaznamenány aktuální projevy svahových nestabilit. Jedinou přímou známkou svahové nestability zůstává sanace sesuvu drážního tělesa přítěžovací lavicí zřízenou v roce 1985. O tomto sesuvu se zachovalo minimum informací a dle výsledků provedeného předběžného průzkumu lze zatím pravděpodobněji usuzovat na nestabilitu samotného drážního tělesa bez zapříčinění protilehlého svahu.

Geofyzikální průzkum prověřil tuto oblast pouze okrajově a nezaznamenal žádné potenciálně odlučné plochy sesuvu. Mocnost zemin kvartérních pokryvu byla ověřena průzkumnými sondami v mocnostech 2 – 3 m.

Hladina podzemní vody byla zastižena jak přímo na povrchu terénu (mimo těleso dráhy) v podobě zamokřených míst a dále v hloubkách 2 – 3 m pod terénem. V horní části svahu se nacházejí rozsáhlé zamokřené plochy porostlé rákosím.

Toto území však jeví určité parametry vhodné pro náchylnost k sesouvání

- anizotropní geologické prostředí – flyš
- výskyt pramenních vývěrů, podmáčených míst nebo mokřadů po celém svahu
- sklonitost svahu cca 10°
- mírně zvlněná morfologie terénu
- vyšší eroze půdy (orná půda a pastviny) [13]

Tuto část **sleduje probíhající geotechnický a hydrogeologický monitoring [5]** a je důležité jí i v další etapě průzkumu nadále věnovat pozornost.

6 TECHNICKÁ DOPORUČENÍ

6.1 PŘEDBĚŽNÉ IDEOVÉ NÁVRHY TECHNICKÝCH OPATŘENÍ

V rámci předběžného inženýrskogeologického průzkumu byly vypracovány ideové návrhy technického řešení sanace nestabilního drážního tělesa v km cca 20,600 až 21,000. Podrobnější informace a jejich grafické zpracování je součástí přílohy č. 8. Obecně se jedná o 2 varianty řešení.

- **Drážní těleso řešené jako novostavba + nové odvodnění**
- **Zajištění stávajícího drážního tělesa + nové odvodnění**

Jedná se o ideové návrhy řešení zajištění stability drážního tělesa. Možná je i kombinace obou variant. Finální řešení však může být zcela odlišné od předpokladů a technicky a finančně výrazně náročnější. Definitivní výběr technického řešení sanace mohou upřesnit nebo i zcela změnit výsledky geotechnického a hydrogeologického monitoringu a výsledky podrobného inženýrskogeologického průzkumu.

Rozšíření stávajícího monitoringu řeší paralelní zakázka pro Správu železnic s.o. V místě nově vymezeného aktivního sesuvného území je aktuálně založena síť inklinometrických a hydrogeologických sond a zahájeno režimní měření svahových deformací a úrovně hladiny podzemní vody.

6.2 OBECNÁ DOPORUČENÍ

Úroveň hladiny podzemní vody je jedním z hlavních destabilizujících prvků a její snížení musí být jedním z prvních opatření pro zajištění dlouhodobé stability celého území. V případě nezajištění odvodnění východní strany tělesa náspu může docházet ke vzdouvání podzemní vody u paty náspu a ke zvyšování hydrostatického tlaku na zemní konstrukci (násep tělesa dráhy). **Tato situace může vést až ke snížení stability drážního tělesa a kolapsu zemní konstrukce!**

Před realizací stavebních prací se doporučuje provést pasportizaci objektů podél trati a příjezdových komunikací.

Předběžným průzkumem nebylo v rámci inženýrskogeologického modelu možné detailně ověřit pozice vrstev pískovců a jílovců a jejich sklon v zájmové oblasti. Nejen na tuto problematiku musí cílit etapa podrobného IGP. V případě, že bude zjištěn blokový rozpad hornin nebo nepříznivý sklon vrstev a vyjždění pískovcových lavic či bloků do výkopu, bude nutné postupovat po dílčích úsecích.

V současné době probíhá geotechnický monitoring tělesa dráhy i vlastního sesuvného území nad i pod provozovanou železniční dopravní cestou [3], jehož součástí je měření na inklinometrických a hydrogeologických vrtech a měření prostorové polohy koleje včetně měřičských bodů. Měření probíhá od března 2022 a nevykazuje žádné abnormální hodnoty. Od září probíhá měření na dalších sondách zhotovených v rámci rozšíření sítě monitoringu [5].

Jakékoliv větší zásahy do tělesa nově vymezeného aktivního území a přemísťování větších objemů zemin bez zajištění svahu vhodným technickým opatřeními by mohly docílit aktivaci sesuvných pohybů a ohrožení železniční dopravy na provozované koleji a případně i objektech situovaných těsně pod tělesem dráhy!

6.3 TĚŽITELNOST A VRTATELNOST

Rozdělení jednotlivých geotypů zastižených provedeným průzkumem do tříd těžitelnosti a do tříd vrtatelnosti podle ČSN 73 6133 (S4) a ČSN P 73 1005 uvádíme v následující tabelární podobě níže. Jako podpora pro vymezení jednotlivých horninových geotypů, a tedy i pro určení tříd těžitelnosti byly odebírány vzorky pro stanovení pevnosti v prostém tlaku na tělesech i pevnosti na nepravidelných úlomcích.

Tabulka 22 Klasifikace geotypů do tříd těžitelnosti a vrtatelnosti

Geotyp	Třída těžitelnosti dle ČSN 73 6133	Třída vrtatelnosti dle ČSN P 73 1005
Y1 ... navážky tř. S3	I	I
Y2 ... navážky tř. F6, F8	I	I
Y2a ... navážky tř. F6, F8	I	I
Y3 ... navážky tř. G2, G3, G4	I	II
Y4 ... navážky tř. G4, G5, F2	I	II
Q1 ... jílovité zeminy tř. F6, F8	I	I
Q1a ... jílovité zeminy tř. F6, F8	I	I
Q2 ... štěrkovité zeminy tř. G3, G4	I	II
P1 ... paleogenní jílovce tř. R6	I	II
P2 ... paleogenní jílovce tř. R5	I	II
P3 ... paleogenní pískovce tř. R5, R4	I - II	II
P4 ... paleogenní pískovce tř. R3, R2	II-III	III-IV

Běžné výkopové mechanismy postačí pro těžbu zastižených typů zemin a hornin zařazených do I. třídy těžitelnosti podle ČSN 73 6133 (S4). Pro těžbu skalních hornin ve II. třídě těžitelnosti je nutné použít speciální rozpojovací mechanismy (např. skalní lžíce, kladiva).

7 ZÁVĚR

Zpráva prezentuje výsledky předběžného inženýrskogeologického průzkumu pro akci: „**Sanace nestabilního úseku Valašská Polanka – Horní Lideč v km 20,019 – 21,248**“. Práce byly provedeny v souladu s projektem průzkumu odsouhlaseným pověřeným zástupcem objednatele, konkrétně z odboru O13.

Po závěrech z jednání se zástupci objednatele a investora, byl průzkum zaměřen především na nestabilní úsek tělesa náspu ve staničení km 20,600 – 21,248. Ostatní části trasy byly posouzeny ve standardním režimu pro Záměr projektu.

Stávající prozkoumanost byla doplněna 18-ti novými vrty, z nichž 2 vrty byly vystrojeny jako trvalé hydrogeologické. Společně s vrty pro rozšíření monitoringu [5] byly vrty PrIGP umisťovány do profilů kolmých na osu drážního tělesa. Ve většině z těchto profilů byl proveden geofyzikální průzkum. Byla provedena podrobná rekognoskace a mapování lokality a širšího okolí.

Rozšíření stávajícího monitoringu řeší paralelní zakázka Správy železnic s.o. [5]. V místě nově vymezeného aktivního sesuvného území je aktuálně založena síť inklinometrických a hydrogeologických sond a zahájeno režimní měření svahových deformací a hladiny podzemní vody.

Průzkumnými pracemi byly získány geotechnické parametry horninového prostředí v sesuvném území, jež dále sloužily pro geotechnické výpočty. Geotechnickými výpočty byla posouzena stabilita svahu ve dvou profilech vedených v km 20,668 a v km 20,748 v místě nově vymezeného aktivního území a sesuvu pod kolejí.č.1.

V rámci dalšího stupně projekčních prací (pravděpodobně DUSP) bude zvolené řešení zajištění stability drážního tělesa ze Záměru projektu **revidováno** dle výsledků geotechnického a hydrogeologického monitoringu a výsledků další etapy inženýrskogeologického průzkumu. Nově zvolené řešení sanačních prací **může být technicky a finančně výrazně náročnější**.

Pro detailnější průzkum lokality doporučujeme navázat v další etapě **podrobným inženýrskogeologickým průzkumem**.