

Nové Heřminovy

Levobřežní komunikace

Závěrečná zpráva

o inženýrskogeologických průzkumech

Brno, Šilhéřovice, prosinec 2021

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČO: 46344942 DIČ: CZ 46344942

tel.: **548 125 111**
fax: **545 217 979**

e-mail: **geotechnika@geotest.cz**

Geologické a sanační práce pro ochranu životního prostředí, geotechnický a hydrogeologický průzkum

Číslo a název zakázky: **22 0129 - Nové Heřminovy, LB komunikace, ig průzkum**

Objednatel: **AFRY CZ s.r.o., Magistrů 1275/13, 140 00 Praha**

kontaktní osoba ve věcech technických: **Ing. Josef Rychtecký**
e-mail: josef.rychtecky@afry.com
tel: +420 723 284 990

Evidenční č. Geofondu: neevidováno

Závěrečná zpráva

o inženýrskogeologickém průzkumu levobřežní komunikace u VD Nové Heřminovy“

Odpovědný řešitel: **Ing. David Rupp**



Řešitelé: **Ing. Vratislav Bradáč**

Prověřil: **Ing. Marek Polák, oborový manažer**

RNDr. Lubomír Klímek, MBA
ředitel společnosti, člen představenstva

Brno, Šilhéřovice, prosinec 2021

Výtisk č.



VD NOVÉ HEŘMINOVY

2021-0213 Levobřežní komunikace 782298

**Prosinec
2021**

Objednatel: GEOTest, a.s.
Šmahova 1244/112
627 00 Brno

IČO: 46344942
DIČ: CZ46344942

Zhotovitel: KlaGeo, s.r.o.
Horní 365
747 15 Šilheřovice

IČO: 03974324
DIČ: CZ03974324

**Posouzení inženýrskogeologických podmínek v trase odřezu
(km2,900-3,250) levobřežní komunikace na VD Nové Heřminovy.**

Zpracoval: Ing. Vratislav Bradáč

Rozdělovník

Výtisk č. 1 - 2: AFRY CZ s.r.o.
Výtisk č. 3: GEOTest, a.s.
Výtisk č. 4: KlaGeo, s.r.o.

Šilheřovice, prosinec 2021

Obsah	strana
1 Úvod	3
2 Výchozí podklady	3
3 Situování a technické parametry objektu	3
4 Přírodní podmínky posuzované lokality	4
4.1. Geomorfologické, klimatické a hydrologické podmínky	4
4.2. Morfologické podmínky	4
4.3. Geologické podmínky	4
5 Cíle inženýrskogeologického posudku	4
6 Podklady pro zpracování posudku	5
6.1. Terénní rekognoskace	5
6.2. Technické práce	5
7 Inženýrskogeologické podmínky zájmového území	6
7.1. Litologické podmínky	6
7.2. Navětrání hornin	8
7.3. Úložné podmínky	9
7.4. Tektonické podmínky	10
7.5. Fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin (zemin)	11
7.6. Hydrogeologické podmínky	14
8 Závěry a doporučení	14

Seznam příloh

Příloha č. 1: Účelové mapy	
Příloha č. 1.1: Situace širšího území	1: 25 000
Příloha č. 1.2: Situace trasy LB komunikace	1 :10 000
Příloha č. 1.3: Situace prozkoumanosti území	1: 10 000
Příloha č. 1.4: Geologická mapy území	1 : 25 000
Příloha č. 2: Situace levobřežní komunikace	1 : 2 000
Příloha č. 3: Podélný profil LB komunikací	
Příloha č. 4: Geologická dokumentace sond	

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti GEOtest, a.s. provedla společnost KlaGeo, s.r.o. průzkumné práce pro posouzení inženýrskogeologických podmínek trasy levobřežní komunikace na VD Nové Heřminovy v úseku staničení km 2,200 – 3,950.

2. VÝCHOZÍ PODKLADY

Objednatelem nám byla poskytnuta situace s umístěním trasy levobřežní komunikace (příloha č.2) a podélný profil stavby (příloha č.3).

Při zpracování posudku jsme, mimo jiné, vycházeli z níže uvedených archívních podkladů:

- 1) Bradáč V.: Závěrečná zpráva o průběhu a výsledcích podrobného inženýrsko-geologického průzkumu základových podmínek přehradního profilu VD Nové Heřminovy. JUGeo-GVP, s.r.o. 2016.
- 2) Kolařík M.: Opatření na horní Opavě. Průzkumné práce pro SO 01.020 Levobřežní silnice. GGeoTec-GS, a.s. 2015.
- 3) Levý O.: Předběžný IGP pro SSO 01 – Přehradní hráz, doplněk 2. Závěrečná zpráva z geofyzikálního průzkumu. INSET s.r.o., Praha. Červenec 2010.
- 4) Novosad S.: Zpráva o II. etapě předběžného inženýrskogeologického průzkumu pro přehradu na Opavě u Nových Heřminovů – 2. část. Geologický průzkum, n.p. Brno, Závod stavební geologie, leden 1964.
- 5) Novosad S.: Zpráva o II. etapě předběžného inženýrskogeologického průzkumu pro přehradu na Opavě u Nových Heřminovů – 1. část. Geologický průzkum, n.p. Brno, Závod stavební geologie, prosinec 1963.
- 6) Novosad S.: Nové Heřminovy II. Geologické poměry v přehradním profilu na základě poznatků z 2. etapy inženýrsko-geologického průzkumu. Geologický průzkum, n.p. Brno, Závod stavební geologie, 1963.
- 7) Novosad S.: Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu přehradního profilu na řece Opavě u Nových Heřminovů. GP Brno. 1960.

3. SITUOVÁNÍ, TECHNICKÉ PARAMETRY OBJEKTU

Zájmový prostor se nachází v katastrálních územích obcí Loučky u Zátoru (791199), Zátor (791202) a Nové Heřminovy (706183), okres Bruntál, kraj Moravskoslezský (CZ0802), mapový list 15-312 Horní Benešov (příloha č. 1).

Výstavba levobřežní komunikace souvisí s předpokládanou výstavbou hráze vodního díla Nové Heřminovy na řece Opavě. Podle studie zpracované společností Pöyry Environment a.s. (nyní AQUATIS, a.s.) se v přehradním profilu předpokládá výstavba betonové gravitační hráze výšky 26 m nad úroveň terénu. Levobřežní komunikace kříží hrázový profil ve staničení km 3,125 (příloha č.2). Nadmořská výška vozovky komunikace v místě jejího křížení s osou hráze činí cca 396,60 m n.m.

Trasa komunikace je navržena ve vcelku členitém terénu levého údolního svahu ř. Opavy. Z převážné části je komunikace vedena v mělkých zářezech, resp. po nevysokých násypech. Výjimku tvoří úseky v km 2,495-2,615, km 2,905-3,015 a km 3,085-3,285, kde je levobřežní komunikace založena do skalních odřezů výšky až 8 m. Šířka pláně komunikace činí 10 m.

4. PŘÍRODNÍ PODMÍNKY POSUZOVANÉ LOKALITY

4.1 Geomorfologické, klimatické a hydrologické podmínky

Podle geomorfologického členění území ČR přísluší zkoumaná lokalita do soustavy Krkonoško-Jesenické, podsoustavy Jesenické, celku Nízký Jeseník, podcelku Bruntálská vrchovina, okrsku Rázovská vrchovina (IVC-8C-8, Demek).

Z hlediska klimatických podmínek spadá posuzované území do mírně teplé klimatické oblasti MT2, (Quitt, 1971), vlhké, s chladnou až studenou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 6,5° C, průměrný roční úhrn srážek dosahuje cca 700 mm.

Hydrologicky přísluší lokalita do povodí řeky Opavy (č. h. p. 2-02-01-011).

4.2 Morfologické podmínky

V úseku staničení km 2,200- 2,700 prochází trasa komunikace ve směru Z-V otevřeným, zemědělsky obdělávaným územím (louky). Jedná se o vcelku mírně svažité území, sklánějící se k jihu. Dále trasa komunikace probíhá zalesněným a svažitým terénem. Morfologicky se jedná o spodní část strmého jižního svahu Křížového vrchu, rovněž orientovaného k jihu. V oblasti křížení s přehradním profilem se trasa komunikace stáčí k SV a upadá směrem k údolí Čakovského potoka (příloha č. 1.2). Nadmořská výška pláně levobřežní komunikace kolísá v rozmezí 371 m n.m. až 407,0 m n.m.

4.3 Geologické podmínky

Kvartérní pokryv je oblasti údolních svahů tvořen převážně deluviálními sedimenty – hlinitopísčitymi kamenitými sutěmi. Mocnost deluvia na levém údolním svahu se pohybuje v rozmezí 1-4 m. V údolní nivě jsou uloženy fluvialní sedimenty – náplavové hlíny překrývající vrstvu bazálních hrubozrnných až balvanitých štěrků.

Předkvartérní podloží je budováno kulmskými horninami (paleozoikum, spodní karbon, visé), reprezentovanými zvrásněným flyšovým souvrstvím hornobenešovských vrstev. Litologicky se jedná o souvrství s převažujícím výskytem jemnozrnných až střednězrnných drob lavicovité odlučnosti, podřízeným podílem prachovitých drob, resp. jílovitých břidlic a spíše ojedinělým výskytem poloh hrubozrnného pískovce a slepence. Vrstvy se uklánějí směrem k východu ve sklonech až 75°.

5. CÍLE INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH PRACÍ

Práce byly provedeny s cílem celkového zhodnocení inženýrskogeologických podmínek horninového prostředí v trase levobřežní komunikace.

- Posouzení litologického složení horninového prostředí v trase komunikace, stanovení průběhu rozhraní jednotlivých litologických typů hornin (droby, siltovce, jílovité břidlice), stanovení hloubky a intenzity navětrání horninového masívu.
- Posouzení úložných podmínek lokality - stanovení směru a velikosti sklonů vrstevního sledu, zhodnocení charakteru vrstevních spár, jejich rozevření a výplně.
- Posouzení charakteru a intenzity tektonického porušení horninového masívu. Charakteristika jednotlivých puklinových systémů, vymezení průběhu a stanovení povahy tektonických dislokací v zájmovém prostoru.
- Odhad hodnot fyzikálně-mechanických vlastností jednotlivých kvazihomogenních částí horninového masívu (geotechnických typů).

- e) Zhodnocení mocnosti a vlastností pokryvných kvartérních zemin.
- f) Zhodnocení hydrogeologických podmínek zájmového území
- g) Zatřídění zemních, resp. horninových typů podle těžitelnosti a vrtatelnosti
- h) Posouzení vlivu inženýrskogeologických podmínek na stabilitu odřezu

6. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ POSUDKU

6.1 Terénní rekognoskace

V rámci průzkumných prací byla provedena terénní rekognoskace zájmového území se zaměřením na prohlídku a strukturní měření skalních výchozů, vystupujících v trase komunikace nebo jejím bezprostředním okolí.

6.2 Technické práce

V zájmovém prostoru byla provedena řada technických prací - především průzkumné jádrové vrtý, kopané sondy, presiometrická měření, laboratorní zkoušky zemin.

a) Vrtné práce, kopané sondy

Přehled jádrových vrtů a kopaných sond, které byly využity pro zhodnocení ig poměrů vyšetřovaného území, je uveden v tabulce č. 6.1.

Tabulka č. 6.1: Přehled a polohopis jádrových vrtů použitých pro zpracování rešerše

Sonda	Hloubka sondy (m)	Typ sondy	Souřadnice sondy (JSTK)		Z (Bpv)
			Y	X	
J1	5,5	Jádrový vrt	520500.00	1074450.00	409.70
J2	5,0	Jádrový vrt	520250.00	1074475.00	399.60
K3	1,2	Kopaná sonda	520011.69	1074522.75	398.23
K4	0,6	Kopaná sonda	519826.06	1074534.94	398.40
J5	7,2	Jádrový vrt	519666.59	1074546.62	397.93
J6	32,0	Jádrový vrt	519549.79	1074537.89	410.94
J7	37,0	Jádrový vrt	519566.13	1074562.57	402.47
J8	11,0	Jádrový vrt	519491.40	1074558.03	405.72
K9	1,0	Kopaná sonda	519397.57	1074527.66	399.17
K10	2,0	Kopaná sonda	519314.47	1074490.00	394.30
K11	10,2	Kopaná sonda	519221.00	1074402.00	391.30
K12	2,2	Kopaná sonda	519082.86	1074201.41	381.22
K13	2,0	Kopaná sonda	519082.86	1074201.41	371.68

b) Presiometrické zkoušky ve vrtech

Presiometrická měření ve vrtech se řadí mezi zkoušky „in situ“ a poskytují možnost vcelku objektivního stanovení deformačních charakteristik testovaného horninového prostředí. Základním výstupem měření je presiometrický modul přetvárnosti ($E_{\text{def,p}}$). Přehled provedených presiometrických zkoušek je uveden v tabulce 6.2.

Tabulka č. 6.2: Přehled provedených presiometrických měření

Vrt	Hloubky zkoušky (m)	Litologický typ
J6	8,7	Droba slabě navětralá, intenzivně rozpukaná
	14,7	Droba zdravá

c) Laboratorní zkoušky hornin

Cílem laboratorních zkoušek bylo stanovení fyzikálně-mechanických vlastností jednotlivých geotechnických typů, budujících horninový masív v zájmovém prostoru.

Laboratorně byly testovány vzorky připravené z vrtného jádra, resp. horninových úlomků vytěžených z průzkumných šachet. Na zkušebních tělesech byly prováděny tyto zkoušky:

- Stanovení objemové hmotnosti ve stavu vysušeném i nasyceném
- Stanovení nasákavosti
- Stanovení pevnosti v jednoosém (prostém) tlaku
- Stanovení pevnosti v příčném tahu
- Stanovení pevnosti ve střihu kruhovým razníkem
- Stanovení parametrů smykové pevnosti (Mohr-Coulombova obálka)
- Stanovení pretvárných charakteristik v prostém tlaku

d) Laboratorní zkoušky zemin

Laboratorní zkoušky byly zemin byly prováděny za účelem zatřídění jednotlivých zastižených zemních typů a stanovení jejich fyzikálně-mechanických vlastností. Zatřídění zemin bylo provedeno na základě makroskopického popisu vrtného jádra, resp. stěn kopaných sond a výsledků laboratorních zkoušek podle dnes již zrušené ČSN 73 1001 *Základová půda pod plošnými základy*, resp. ČSN EN ISO 14688-1, ČSN EN ISO 14688-2 *Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zatřídování zemin, části 1,2*.

7 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ PODMÍNKY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

7.1 Litologické podmínky

a) Kvartérní pokryv

Kvartérní pokryv levého údolního svahu je v úseku km 2,200-3,300 převážně reprezentován šedohnědou až rezavě hnědou, hrubou kamenitou sutí (deluvium), tvořenou převážně slabě opracovanými plochými úlomky drob velikosti až 30-50 cm, generelně do 10-20 cm, místy s náznaky usměrnění (obr. č. 7.1). Podíl hrubé (kamenité až balvanité) frakce přesahuje většinou 60-70%. Jemnozrnná výplň je tvořena písčitou hlínou tuhé až pevné konzistence, místy přecházející do hlinitého písku.

Obrázek č. 7.1: Hlinitokamenitá suť malé mocnosti v odkryvu levobřežní kopané šachtice



Svahové sedimenty vcelku ostře, s absencí eluvia, přecházejí do navětralých kulmských hornin. Největší akumulace deluviálních zemin byla zaznamenána v úseku km 2,200 – 2,450. Mocnost deluvia zde přesahuje až 4 m. V úsecích, kde komunikace prochází skalními odřezy mocnost svahových sedimentů většinou nepřesahuje hodnoty 1,0-1,5 m.

Ve staničení km 3,320-3,965 byl průzkumnými sondami zjištěn výskyt pokryvných jemnozrnných zemin charakteru tuhého až pevného, okrově hnědého písčitého jílu (F6), patrně eolické geneze (pleistocén). Mocnost vrstvy jílovitopísčitých zemin činí až 2,5 m (příloha č.3).

b) Skalní podloží

Hornobenešovské vrstvy jsou budovány kulmskými sedimentárními horninami ve flyšovém vývoji (spodní karbon, visé). V souvrství převládají jemnozrnné až střednězrnné droby nad siltovci a jílovitými břidlicemi.

Na základě dokumentace jádrových vrtů a stěn průzkumných šachtic lze v posuzovaném území vyčlenit tyto základní litologické typy hornin:

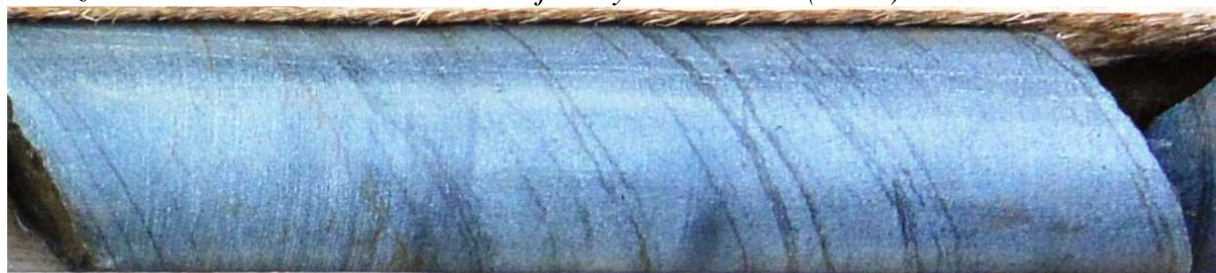
- a) Droby homogenní (GT2a), resp. droby s výrazně podřízeným podílem jílovitých břidlic (do cca 30%), šedého zabarvení, v navětralých partiích až šedohnědé nebo šedozelené, masívní struktury, převážně jemnozrnné a střednězrnné, místy hrubozrnné (obr. č. 7.2). Jílovité břidlice jsou v základní psamitické hmotě zastoupeny ve formě tmavošedých až černých poloh charakteru planárních lamin tloušťky od prvních mm generelně do 2 cm. Pro hrubozrnné droby je charakteristická spíše malá mocnost jejich poloh (převážně do cca 2-4 m) a častý výskyt rozptýlených ostrohranných zrn křemene velikosti až 5 mm, generelně do 3 mm. Místy, zejména v hrubozrnných polohách drob, byl pozorován výskyt tmavých, destičkovitých klastů jílovitých břidlic velikosti 0,5-3 cm. Droby jsou tvořeny polymiktním klastickým materiálem, úlomky a tmelem. Nejhojněji jsou zastoupeny úlomky křemene a živců, akcesoricky jsou přítomny především slídy, zirkon, titanit.

Charakteristická je tlustě deskovitá až hrubě lavicovitá odlučnost drob, při absenci lamin jílovitých břidlic se zastřenou vrstevnatostí. Droby v zájmovém prostoru celkově převládají.

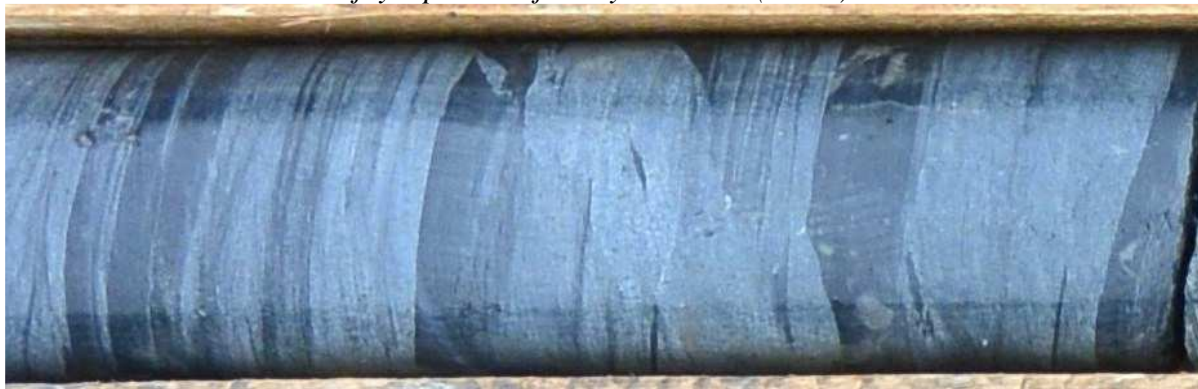
- b) Droby s mírně podřízeným nebo rovnovážným zastoupením jílovitých břidlic (GT2b). Podíl pelitů činí 30-50%. Výrazně se projevuje vrstevnatá struktura charakteristická střídáním mocnějších poloh světlešedých drob a tenčích tmavošedých až černých lamin jílovitých břidlic (obrázek č. 7.3). Laminy jsou převážně povahy lineární, místy i s náznaky turbiditní struktury, resp. křížového zvrstvení. Tloušťka lamin jílovitých břidlic se pohybuje v rozmezí prvních mm až cm.

Pro tento litologický typ je charakteristická deskovitá až tence lavicovitá odlučnost. Vrstevnatost je výrazně vyjádřena a lze z ní odvodit velikost sklonu souvrství v dokumentovaném místě.

Obrázek č. 7.2: Droba tence laminovaná jílovitými břidlicemi (GT2a)

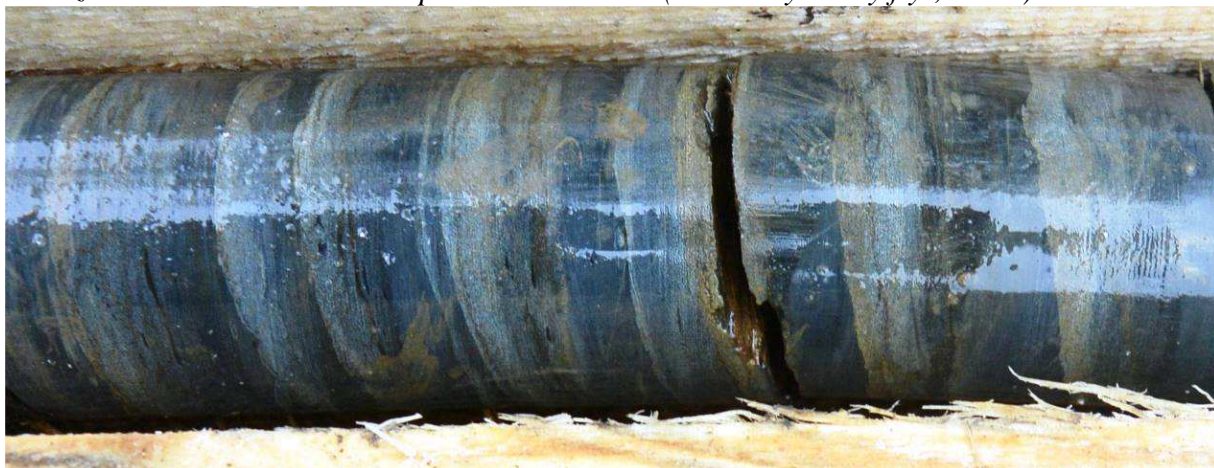


Obrázek č. 7.3: Droba s hojným podílem jílovitých břidlic (GT2b)



- c) Jílovité břidlice (GT2c) tmavošedé až černé, většinou světle šedě páskované (drobně rytmičkový flyš) polohami jemnozrnných drob, resp. siltovců (obrázek č. 7.4). Podíl psamitů nepřevyšuje 50%. Dle mineralogických analýz se jedná o grafitické břidlice s obsahem slíd a chloritu.

Obrázek č. 7.4: Jílovité břidlice páskované siltovci (drobně rytmičkový flyš, GT2c)



Odlučnost jílovitých břidlic je deskovitá, v navětralých partiích až tence deskovitá, resp. destičkovitá. Rozhraní mezi masívními dobami (GT2a) a horninami s proměnlivým podílem pelitů (GT2b, GT2c) jsou jasně vyjádřená a ostrá. Změny v granulometrii uvnitř pásma souvrství tvořeného jílovitými břidlicemi a siltovci (GT2) jsou spíše postupné a navzájem prolínající se.

Skalní odřezy pro levobřežní komunikaci budou prováděny z převážné části ve skalním masívu budovaném masívními drobami (GT2a). V menší míře mohou být zastiženy droby s malým podílem jílovitých břidlic (GT2b a zcela podřízeně jemnozrnné až prachovité droby (drobně rytmičkový flyš, GT2c), které vykazují v porovnání s masívními drobami nižší hodnoty pevnostních a deformačních charakteristik.

7.2 Navětrání hornin

Navětrání hornin ovlivňuje základové podmínky zejména ve smyslu změn pevnostních a deformačních charakteristik jednotlivých litologických (geotechnických) typů. Intenzita a dosah procesů zvětrávání je určována především litologickou stavbou, mírou tektonického porušení horninového masívu a vlivem klimatických podmínek (promrzáním) zejména v podmínkách periglaciálu. Na základě dokumentace vrtného jádra a stěn průzkumných šachtic lze horninový masív, z hlediska intenzity jeho navětrání, rozčlenit na níže uvedené podcelky:

a) Svahové sedimenty (kvartér)	F3-G5,R6
b) Horninový masív zvětralý (stupeň č. 1)	R4-R5
c) Horninový masív celkově silně navětralý (stupeň č. 2)	R3-R4
d) Horninový masív celkově slabě navětralý až navětralý (stupeň č. 3)	R2-R3
e) Horninový masív slabě navětralý až zdravý (stupeň č. 4)	R2

Ad a, b) Zvětralé horniny tvoří, spolu s kvartétními (deluviálními) zeminami, pokryv zkoumaného území různé mocnosti. Jedná se o horniny rozložené až na malé kusy jádra a drobné úlomky s hojnými hlinitopísčnými a jílovitopísčnými příměsemi.

Ad c) Silně navětralé horniny se projevují intenzivním celkovým hnědošedým až zeleno-hnědým zabarvením a rozpadem převážně na malé kusy jádra (droby) velikosti do 10 cm, resp. na menší úlomky (jílovité břidlice). Plochy nespojitosti jsou systematicky pokryty intenzivními nálety až povlaky oxidů železa a manganu.

Ad d) Celkově navětralé horniny (droby) jsou charakteristické šedým zabarvením, místy s nazelenalými odstíny. Intenzivnější zelenohnědé zabarvení je patrné podél diskontinuit (aureoly). Plochy nespojitosti jsou často pokryty nálety oxidů železa menší intenzity.

Ad e) Zdravé až slabě navětralé horniny jsou šedé (droby) nebo tmavě šedé až černé (jílovité břidlice). Na odlučných plochách jsou žádné nebo pouze ojedinělé nálety oxidů železa. Charakteristické jsou spíše kalcitové nebo zdravé křemenné výplně, často byl na odlučných plochách diskontinuit zaznamenán výskyt zrn nebo shluků zrn pyritu.

V oblasti levého svahu se hloubka navětrání horninového masívu (R3-R4) pohybuje v rozmezí 2 - 4 m. Ve vrtu J6 byly zastiženy navětralé až silně navětralé horniny až do hloubky 12 m. Hlubší dosah navětrání drob v oblasti vrtů J7 a J6 zřejmě souvisí, kromě jiných faktorů, nejspíše s průběhem dílčí tektonické dislokace a výskytem drob s vyšším podílem pelitů (GT2b, GT2c).

7.3 Úložné podmínky

Obecně jsou úložné podmínky území s výskytem vrstevnatých sedimentárních hornin jedním z důležitých faktorů ovlivňujících celkovou i lokální stabilitu stěn v odřezu. Vcelku detailně byl průběh vrstevního sledu ve zkoumaném prostoru posuzován již v etapě předběžného geologického průzkumu - především na základě dokumentace skalních výchozů a stěn hlubších kopaných sond.

Trasa skalního odřezu levobřežní silnice je v km 3,085-3,285 umístěna do východního ramene rozsáhlé vrásové struktury. Generelní směr sklonu vrstev, odvozený z průběhu pásma jílovitých břidlic, činí 100°. Vrstevní plochy mohou být lokálně zvlněny, o čemž svědčí dílčí hodnoty směru sklonu v rozsahu 85° – 105°, měřené ve stěnách průzkumných šachet. Vrstvy se tedy uklánějí zhruba východním směrem a probíhají kolmo k ose silnice.

Velikost sklonu vrstevního sledu byla stanovována podle průběhu planárních lamin jílovitých břidlic a vrstevních ploch dokumentovaných ve vrtném jádře. V podrobné situaci oblasti přehradního profilu (příloha č. 2) je vývoj hodnot velikosti sklonu naznačen formou izolinií. Přesnost znázornění odpovídá počtu průzkumných děl a jejich umístění. Ve vyšších partiích levého svahu byly zjištěny velikosti sklonu v rozmezí hodnot 10-40°, směrem k patě svahu se velikost sklonu zvyšuje až na 55-60°. Velikost sklonu 10° ve vrtu J6, rychle narůstající s hloubkou až na 50° naznačuje, že levobřežní závazání hráze je umístěno v oblasti vrcholové části antiklinálního ohybu. Tuto domněnku podporuje i změna litologie horninového masívu dokumentovaná ve vrtu J7. Nelze ani vyloučit možnost vzájemného posunutí horninových bloků podél dílčí tektonické dislokace.

Vrstevní spáry podmiňují lavicovitou (GT2a, GT2b) až deskovitou (GT2c) odlučnost horninového masívu.

Z hlediska stability stěn odřezů lze úložné podmínky horninového masívu hodnotit jako vcelku příznivé, neboť vrstevní plochy – potenciaální smykové plochy, se uklánějí ve směru osy odřezu. Vrstevní spáry jsou převážně sevřené nebo jen mírně rozevřené, bez hojnějšího výskytu jílovitých výplní snižujících celkovou smykovou pevnost horninového masívu.

7.4 Tektonické podmínky

Tektonické podmínky zkoumaného prostoru hodnotíme z hlediska porušení horninového masívu průběžnými tektonickými strukturami a diskontinuitami soustředěnými do jednotlivých prostorově shodně orientovaných systémů ploch nespojitosti.

a) Tektonické dislokace

V levém údolním svahu nebyly v průzkumných dílech zjištěny široce rozevřené, průběžné tektonické dislokace vyšších řádů. Výsledky geofyzikálních měření realizovaných v rámci inženýrskogeologického průzkumu přehradního, profilu naznačují, že nelze vyloučit existenci průběžné dislokace charakteru přesmyku, probíhající svahem ve sklonu cca 40-50°. Pravděpodobný průběh dislokace je naznačen v příloze č. 2.

Přesná detekce a stanovení průběhu všech tektonických dislokací ve zkoumaném prostoru není, vzhledem k míře prozkoumanosti území, reálná. Dislokace nižšího řádu, rozevřené v řádu dm, probíhající kolmo k osám odřezů, jejich realizaci s největší pravděpodobností komplikovat nebudou. Poznatky o tektonických podmínkách nebo úložných poměrech v zájmové oblasti bude možné spolehlivě doplnit na základě dokumentace stěn odřezů v rámci výstavby levobřežní komunikace. Proto je nutné zajistit řádnou geologickou dokumentaci zemních a výlomových prací.

b) Puklinové systémy

Výskyt a povahu ploch nespojitosti soustředěných do jednotlivých systémů hodnotíme na základě strukturních měření provedených v odkryvech na levém údolním svahu a starém kamenolomu za levou vzdušní patou hráze, dokumentace stěn kopaných šachet.

Hlavní puklinový systém A je orientován zhruba kolmo na směr vrstev a sklání se ve směru SSZ až SSV, resp. protiklonně. Plochy nespojitosti tohoto systému jsou většinou strmě ukloněné (70-90°), převážně sevřené až mírně rozevřené (do 3 mm), v zóně intenzivnějšího navětrání masívu až slabě rozevřené, generelně do 2-5 mm, vyplněné vplavenými jemnozrnnými částicemi nebo jsou bez výplně. Trhliny jsou průběžné v řádu několika m až prvních desítek metrů napříč vrstevním sledem.

Puklinový systém B je orientován protiklonně k vrstevnímu sledu, uklání se tedy zhruba západním směrem. Velikost sklonu puklinového systému B závisí do značné míry na velikosti sklonu vrstev a pohybuje se převážně v rozmezí hodnot 40-60°. Jedná se o diskontinuity neprůběžné, vymezené jednotlivými horninovými lavicemi, resp. deskami.

Puklinové systémy A, B a vrstevní plochy podmiňují blokovitou odlučnost horninového masívu. Velikost jednotlivých bloků závisí na mocnosti desek a lavic, resp. frekvenci trhlin a může se pohybovat v rozsahu několika dm³ až m³, také v závislosti na intenzitě navětrání horninového masívu.

Dále se vyskytují plochy nespojitosti různě prostorově orientované, většinou mírnějšího sklonu – do 50°. „Náhodné“ trhliny jsme zařadili do systému C.

V podmínkách navětralého až slabě navětralého horninového prostředí jsou odlučné plochy pokryty nálety až povlaky oxidů železa. Zaznamenán byl rovněž výskyt kalcitu a přítomnost shluků zrn pyritu ve výplni trhlin. Zejména v oblastech intenzivnějšího tektonického porušení jsou trhliny sekundárně vyhojeny křemenem. Trhliny jsou většinou planární nebo mírně

zazubené, s drsným povrchem odlučných ploch. Frekvence puklin je proměnlivá, obecně platí, že v navětralých partiích horninového masívu činí jejich četnost 0,1-0,3 m, v podmínkách slabě navětralých a zdravých hornin se zvyšuje na cca 0,3-1,0 m.

Tabulka č. 7.4: Přehled hlavních zaštižovaných puklinových systémů

Označení puklinového systému	Směr sklonu (°)	Velikost sklonu (°)
A	330-30/150-210	70-85
B	270-290	40-60
C	různý	Převážně <50
Vrstevní plochy	85-105	30-55

Prostorová orientace puklinových systémů je rozhodující při posuzování stability stěn stěn odřezů. Tvar stěn odřezů bude určován především průběhem diskontinuit systému A, probíhajících subparalelně s osou komunikace. Prostorová orientace vrstevních ploch a diskontinuit systému B je z hlediska stability svahu odřezů vcelku příznivá. Lze předpokládat tendenci k přirozenému utváření jednotlivých strmých částí svahu odřezu podél odlučných ploch systému A.

7.5 Fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin (zemín)

a) Kvartérní pokryv

Zkoumané zemní prostředí lze rozčlenit na celky (geotechnické typy), kvazihomogenní ve smyslu jejich geneze, granulometrického složení a hodnot fyzikálně-mechanických vlastností:

- Svahové sedimenty charakteru hlinitokamenité suti (deluvium). Granulometricky se jedná o hlinitý štěrk, hrubý až balvanitý (G4(b))-GM. Geotechnický typ GT1a
- Soudržné zeminy třídy F6-CL tuhé konzistence, eolické geneze. Geotechnický typ GT1b.

Zatřídění kvartérních zemín bylo provedeno podle dnes již zrušené, geology ale stále používané ČSN 73 1001 *Základová půda pod plošnými základy*, resp. ČSN EN ISO 14688-1, ČSN EN ISO 14688-2 *Geotechnický průzkum a zkoušení-Pojmenování a zatřídování zemín, části 1,2*. Hodnoty fyzikálně-mechanických vlastností jednotlivých granulometrických typů (tabulka 7.5) byly stanoveny na základě makroskopického popisu výkopku z průzkumných šachet S314, S324 (1) jako směrné normové charakteristiky dle ČSN 73 1001 *Základová půda pod plošnými základy*.

Tabulka č. 7.5: Hodnoty základních geotechnických parametrů kvartérních zemín

Zemní typ	ρ_n	E_{def}	γ	φ_{ef}	C_{ef}	Rdt	K_{fil}
Hlinitokamenité sutě (G4-b)	20,5	25-50	0,30	33	1	250-300	10^{-5} - 10^{-7}
Jílovitopísčité zeminy (F6-CL)	21,0	4	0,40	18	15	100	10^{-8} - 10^{-9}

Poznámka: ρ_n - objemová tíha (kN/m^3), E_{def} - modul přetvárnosti (MPa), γ - Poissonovo číslo, φ_{ef} - úhel vnitřního tření efektivní (°), C_{ef} - koheze efektivní (kPa), Rdt - výpočtová únosnost (kPa), K_{fil} - koeficient filtrace ($m.s^{-1}$).

Dle ČSN 73 3050 *Zemní práce* přísluší zeminy GT1a do 3-4. třídy těžitelnosti, zeminy GT1b do 2. třídy těžitelnosti. Podle ČSN 73 6133 *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací* spadají kvartérní zeminy do I. třídy těžitelnosti.

Hlinitokamenité sutě jsou propustné až málo propustné, mírně namrzavé až namrzavé v závislosti na podílu jemnozrnné frakce, dle ČSN 73 3050/73 6133 je řadíme do třídy 4/II.

Z hlediska možností použitelnosti sypaniny vytěžené při zemních pracích představují materiál využitelný a vhodný i pro náročnější využití (násypy, zpětné zásypy, event. podloží komunikací, zpevněných ploch, cyklostezek atp.) Pokud bude možno při zemních pracích těžit tyto zeminy odděleně, budou představovat celkově dobře použitelný, vhodný typ sypaniny i pro použití do náročných násypů, zásypů a podloží komunikací, včetně konstrukční pláne a aktivní zóny komunikací.

b) Horninový masív

Podle litologického složení lze horninový masív v posuzovaném prostoru rozčlenit na tři základní kvazihomogenní celky (geotechnické typy):

- Droby převážně masivní struktury, místy s podřízeným podílem (do 30%) pelitů – převážně jílovitých břidlic – GT1.
- Droby s podřízeným nebo rovnovážným podílem (30-50%) pelitů – GT2.
- Jílovité břidlice s podřízeným podílem drob (drobně rytmický flyš) – GT3.

Uvedené geotechnické typy se dále člení na podcelky podle intenzity navětrání (kap. 7.2).

Na základě vyhodnocení provedených polních a laboratorních zkoušek doporučili zástupci zpracovatele těchto zkoušek (GEOtest, a.s.) uvažovat při statických výpočtech, hodnoty fyzikálně-mechanických vlastností jednotlivých geotechnických typů uvedené v tabulce 7.6.

Tabulka č. 7.6: Doporučené hodnoty fyzikálně-mechanických vlastností horninového masívu

Geotechnický typ			GT1			GT2			GT3		
Druh horniny			droba			droba-břidlice			břidlice-droba		
Stupeň navětrání masívu			zdravá	slabě navětralá	navětralá	zdravá	slabě navětralá	navětralá	zdravá	slabě navětralá	navětralá
Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2			R2	R2-R3	R3-R4	R2-R3	R3	R3-R4	R3	R3-R4	R4
modul přetvárnosti	E_{def}	[MPa]	7000	5400	2800	3000	1500	800	2200	800	300
modul pružnosti	E	[MPa]	8000	7000	4500	3500	2000	1350	2500	1200	480
Poissonovo číslo	n	[-]	0,15	0,15	0,15	0,18	0,20	0,22	0,22	0,22	0,25
mez kluzu											
Počáteční pevnost	τ_0	[kPa]	0	717	288			198			
Třecí úhel	φ	[°]	74,4	51,6	41,1			28,7			
mez pevnosti											
Počáteční pevnost	τ_0	[kPa]	0	0	343			404			
Třecí úhel	φ	[°]	74,9	71,4	62,5			48,7			
Reziduální pevnost											
Počáteční pevnost	τ_0	[kPa]	0	1	329			322			
Třecí úhel	φ	[°]	68,3	68,6	38,9			40,1			

Tabulka č. 7.7: Zatřídění hornin podle těžitelnosti a vrtatelnosti

Geotechnický typ			GT1			GT2			GT3		
Druh horniny			droba			droba-břidlice			břidlice-droba		
Stupeň navětrání masívu			zdravá	slabě navětralá	navětralá	zdravá	slabě navětralá	navětralá	zdravá	slabě navětralá	navětralá
Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2			R2	R2-R3	R3-R4	R2-R3	R3	R3-R4	R3	R3-R4	R4
Těžitelnost ČSN 73 3050			6	5-6	5	5-6	5	4-5	5	4-5	4
Těžitelnost ČSN 73 6133			III.	III.	II.	III.	II.	II.	III.	II.	II.
Vrtatelnost URS			IV	IV	III	IV	III	III	III	III	II

7.6 Hydrogeologické podmínky

Hydrogeologické podmínky posuzovaného území jsou určovány morfologií levého údolního svahu a stavbou (intenzitou rozpukání) horninového masívu.

Trasa levobřežní komunikace probíhá svažitém územím, jižním a JV svahem Křížového vrchu, solitérního morfologického prvku zhruba kuželovitého tvaru, drénovaného vodotečemi v podstatě po celém obvodu (příloha č. 1.2), s relativně nevelkou dotační plochou. V oblasti levého údolního svahu byla zjištěna hladina podzemní vody v hloubkách až 29 m (J6). HPV v levém svahu je tedy poměrně hluboce zaklesnuta a mírně stoupá od jeho paty směrem do masívu. Základová spára komunikace probíhá nad úrovní HPV.

Při realizaci odřezů lze očekávat pouze malé množství přítoků z jejich obnažených stěn, převážně spojených s intenzivnějšími dešťovými srážkami.

Chemismus podzemních vod je naprosto převážně charakterizován kalcium hydrogen-uhličitanovým typem, lokálně kalcium sulfátovým typem. Mineralizace podzemních vod se převážně pohybuje v rozmezí 0,2 až 0,5 g.l⁻¹. Agresivita podzemní vody na stavební materiály (uhličitanová, síranová) nebyla zjištěna.

8. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Na základě dosavadních poznatků o inženýrskogeologických podmínkách horninového prostředí v trase levobřežní komunikace lze konstatovat:

- a) Horninový masív je budován převážně střednězrnnými kulmskými drobami, masívní struktury, lavicovité odlučnosti, místy podřízeně laminovanými jílovitými břidlicemi (GT2). Ve staničení cca 3,140-3,170 lze očekávat průběh pásma charakteru drobného flyše s převahou jílovitých břidlic (GT2c) přecházejícího do pásma drob s podřízeným podílem pelitů (GT2b).
- b) Povrch území je v úseku km 2,200-3,320 překryt svahovými sedimenty – hlinitokamenitými sutěmi, dosahujícími v km 2,200-2,450 mocnosti až 4 m. V úsecích, kde trasa komunikace prochází skalními odřezy nepřesahuje mocnost deluvia 1,0-1,5 m. V úseku km 3,320-3,965 je kvartérní pokryv tvořen jemnozrnnými zeminami eolické geneze.
- c) Báze zóny intenzivnějšího navětrání střednězrnných drob (GT2, podcelek 1-2) odhadujeme na 2-3 m. Hlubší dosah zóny intenzivnějšího navětrání hornin lze očekávat v oblastech výskytu drob se zvýšeným podílem pelitů (GT2b) a jílovitých břidlic (GT2c) – odhadem až 6 - 8 m. Níže se budou vyskytovat relativně pevné horniny podcelků 3-4.
- d) Vrstevní sled se uklání zhruba východním směrem. Velikost sklonu vrstev se mění v rozsahu cca 30° až 60°. Nebyl zjištěn výskyt širěji rozevřených vrstevních spár (v řádu prvních cm), vyplněných jemnozrnnými zeminami, bránících kontaktu odlučných ploch.
- e) V oblasti levého údolního svahu nebylo minulými pracemi zjištěno intenzivnější tektonické porušení horninového masívu. Nelze vyloučit výskyt příčných tektonických dislokací rozevřených v řádu prvních dm, relativně strmě skloněných.
- f) Horninový masív je porušen diskontinuitami soustředěnými do dvou hlavních puklinových systémů. Hlavní puklinový systém A je orientován zhruba kolmo na směr vrstev a sklání se ve směru SSZ až SSV, resp. protiklonně. Plochy nespojitosti tohoto systému jsou většinou strmě ukloněné a průběžné v řádu několika m až prvních desítek

metrů. Puklinový systém B je orientován protiklonně k vrstevnímu sledu, uklání se tedy zhruba západním směrem. Jedná se převážně o diskontinuity neprůběžné, strměji skloněné, vymezené jednotlivými horninovými lavicemi, resp. deskami. Dále se vyskytují plochy nespojitosti různě prostorově orientované, tzv. „náhodné“ trhliny

- g) V prostoru levého údolního svahu nebyly zjištěny starší svahové deformace, k jejichž aktivizaci by mohlo docházet v důsledku stavebních prací.

Inženýrskogeologické podmínky úsecích skalních odřezů výšky hodnotíme z hlediska celkové stability jeho stěny jako vcelku příznivé. Puklinové systémy A, B a vrstevní plochy podmiňují blokovitou odlučnost horninového masívu. Velikost jednotlivých bloků závisí na mocnosti desek a lavic, resp. frekvenci trhlín a může se pohybovat v rozsahu několika dm^3 až m^3 , také v závislosti na intenzitě navětrání horninového masívu. V částech horninového masívu budovaných pevnými drobami (GT2a, GT2b) lze očekávat velikost bloků v řádu prvních m^3 . V pásmech výskytu hornin s převažujícím podílem pelitů (GT2c) s hlubším dosahem procesů zvětrávání se velikost bloků, resp. horninových úlomků pohybuje v řádu dm.

Výlom odřezu doporučujeme provádět po jednotlivých etážích výšky max. 2-3 m s průběžnou dokumentací a posuzováním stability postupně obnažované skalní stěny. V převážné části trasy odřezu, budované pevnými skalními horninami tříd R2-R3 lze uvažovat s využitím trhacích prací. Navětralé horniny a jílovité břidlice (GT2c) bude možno, dle našeho názoru, rozpojovat strojně.

Předpokládáme nutnost průběžného zajišťování stability stěny odřezu proti vypadávání jednotlivých horninových bloků tyčovými kotvami délky do 5 m. V oblastech výskytu silně navětralých hornin, zejména v pásmu drobného flyše (GT2c) doporučujeme uvažovat s ochranou svahu s využitím kotvené vysokopevnostní sítě.

Zemní práce související s realizací odřezu by měly být sledovány a průběžně vyhodnocovány inženýrským geologem nebo geotechnikem.