



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Životní prostředí

DODATEK Č. 1 KE SMLOUVĚ O DÍLO Č. A01/2023

Zoo Brno a stanice zájmových činností, příspěvková organizace

se sídlem **U zoologické zahrady 46, Brno 635 00**

zastoupená **Mgr. Radanou Dungelovou**, ředitelkou

zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Brně, odd. Pr., vl. 11

IČO: 00101451

DIČ: CZ 00101451

Bankovní spojení: Československá obchodní banka, a.s.

Číslo účtu: 372604403/0300

zástupce pro věci smluvní: Mgr. Radana Dungelová, ředitelka

zástupce pro věci technické: Ing. Miroslav Janota, vedoucí technického úseku

dále jen "**objednatel**" na straně jedné

GEOSTAR, spol. s r.o.

se sídlem: Tuřanka 240/111, Slatina, 627 00 Brno

zastoupená Ing. Mgr. Jiřím Neklem, prokuristou

IČO: 13690337

DIČ: CZ13690337

Bankovní spojení: Komerční banka

Číslo účtu: 6991580217/0100

dále jen "**zhotovitel**" na straně druhé

Preamble

1. Objednatel a zhotovitel uzavřeli dne 6.2.2023 Smlouvu o dílo na akci „*Projektová dokumentace a autorský dozor projektanta sanace svahové nestability v areálu Zoo Brno*“ (dále jen „smlouva o dílo“).
2. Dodavatel stavebních prací v průběhu realizace po odkrytí nesoudržných svrchních vrstev svahu přerušil práce, a v návaznosti na to byl ze strany zřizovatele objednatele zadán geofyzikální průzkum. S ohledem na výsledky geofyzikálního průzkumu a jejich vyhodnocení je nutné upravit původní projektovou dokumentaci v návaznosti na nálezový stav. Jedná se zejména o upřesnění pozic, délek a množství hřebíků, nejedná se však o změnu technologie sanačních prací jako takovou. Jde tedy o nové objektivní skutečnosti, které v době uzavření smlouvy o dílo ani v době vypracování projektové dokumentace nebylo možné předvídat.
3. Objednatel a zhotovitel se proto dohodli na tomto dodatku ke smlouvě o dílo.

I.

1. Zhotovitel se tímto zavazuje pro objednatele provést **úpravu (přepracování) projektové dokumentace** vypracované dle smlouvy o dílo, vč. vypracování nového návrhu a statického posouzení (dále jen jako „dílo“), a to na základě Geofyzikálního průzkumu ze dne 29. září 2024, zpracovaného společností KOLEJCONSULT & servis, spol. s r.o., Křenová 131/35, 602 00 Brno (který je přílohou č. 2 tohoto dodatku) a cenové nabídky zhotovitele ze dne 15.11.2024, (která je přílohou č. 1 tohoto dodatku)



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Životní prostředí

a v souladu s obecně závaznými právními předpisy. Součástí předmětu díla je i zpracování podrobného soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr a jeho ocenění, a to v systému RTS nebo obdobném. Rozsah výkazu výměr bude odpovídat úpravám původní projektové dokumentace, na základě nálezového stavu popsaného v geofyzikálním průzkumu a zpracování změn z toho vyplývajících. Rozpočet musí být stvrzen zpracovatelem rozpočtu. V případě stavebních prací musí být součástí položkového rozpočtu kódy dle Katalogu cen stavebních prací. Položkový rozpočet musí být vypracován do nejmenšího možného detailu, musí být rozčleněn na jednotlivé dílčí činnosti související s realizací daného opatření, výdajů na jakýkoliv pořizovaný materiál atd. Součástí položkového rozpočtu stavebních prací musí být čestné prohlášení zpracovatele rozpočtu, v jaké cenové úrovni vůči použitému ceníku stavebních prací byl rozpočet vypracován.

2. Zhotovitel prohlašuje, že se s geofyzikálním průzkumem dle věty první předchozího odstavce seznámil, shledal ho dostačujícím k provedení díla, a nemá k němu žádných výhrad. Předmětem díla je zejména upřesnění pozic a délek dříve projektovaných zemních hřebíků, na základě nové geometrie svahu a zastižené geologie. Na základě upřesnění pozic a délek hřebíků bude upravena projektová dokumentace. Technologie zajištění je neměnná oproti původnímu řešení. Jedná se o hřebíkování svahu se zachytnými ocelovými sítěmi.

3. Zhotovitel se zavazuje provést dílo v termínu **nejpozději do 14.2.2025**. O předání díla bude sepsán předávací protokol. Zhotovitel předá dílo objednateli v listinné podobě v počtu 6 vyhotovení a v jednom vyhotovení v elektronické podobě na nosiči dat, přičemž pro nosiče dat a požadované formáty se použije ust. čl. I. odst. 1.1. smlouvy o dílo.

4. Cena díla je sjednána jako pevná ve výši **75.000,- Kč bez DPH**. DPH bude účtováno dle obecně závazných právních předpisů. Cena díla byla sjednána na základě cenové nabídky zhotovitele, která je přílohou č. 1 tohoto dodatku. V ceně díla jsou zahrnuta i licenční práva. Zhotovitel má právo na úhradu ceny díla po předání dokončeného díla bez vad a nedodělků objednateli písemným předávacím protokolem a vystavení daňového dokladu.

5. Pokud bude potřeba před dokončením stavby projednání úpravy projektové dokumentace s dotčenými orgány, bude tato inženýrská činnost ze strany zhotovitele zajištěna v rámci autorského dozoru projektanta. Výkon autorského **dozoru projektanta** týkající se upraveného řešení dle tohoto dodatku a jeho realizace bude proveden v rámci výkonu autorského dozoru dle smlouvy o dílo a v rámci původní ceny autorského dozoru uvedené ve smlouvě o dílo.

6. V případě prodlení zhotovitele s provedením díla uhradí zhotovitel objednateli smluvní pokutu ve výši 0,5% z ceny díla bez DPH dle odst. 4 tohoto dodatku za každý den prodlení. Tím není dotčen nárok objednatele na náhradu škody v plné výši.

7. V ostatním se použijí pro práva a povinnosti objednatele a zhotovitele dle tohoto dodatku přiměřeně ustanovení o právech a povinnostech objednatele a zhotovitele uvedená ve smlouvě o dílo.

II.

1. Tento dodatek je vyhotoven ve 4 stejnopisech, z nichž 2 obdrží objednatel a 2 zhotovitel.

2. Tento dodatek nabývá platnosti dnem jeho podpisu oběma smluvními stranami a účinnosti dnem jeho uveřejnění prostřednictvím registru smluv postupem dle zákona č. 340/2015 Sb., o zvláštních podmínkách účinnosti některých smluv, uveřejňování těchto smluv a o registru smluv (zákon o registru smluv). Objednatel odešle dodatek správci Registru smluv k uveřejnění.

3. Obě smluvní strany prohlašují, že tento dodatek je projevem jejich svobodné a vážné vůle, což stvrzují svými podpisy.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Životní prostředí

Přílohy:

1. Cenová nabídka ze dne 15.11.2024
2. Geofyzikální průzkum ze dne 29.9.2024

V Brně dne

V dne

.....

za objednatele
Zoo Brno a stanice zájmových činností,
příspěvkové organizace
Mgr. Radana Dungalová, ředitelka

.....

za zhotovitele
GEOSTAR, spol. s r.o.
Ing. Mgr. Jiří Nekl, prokurista

Zoo Brno a stanice zájmových činností, p. o.

U zoologické zahrady 147/46

635 00 Brno – Bystrc

Ing. Pavelková Martina, Ph.D.

Ing. Michal Obrovský

Brno 15.11.2024

Věc: Cenová nabídka včetně termínu provedení k úpravám projektu „**Projektová dokumentace a autorský dozor projektanta sanace svahové nestability v areálu Zoo Brno**“

Vzhledem k aktuálně jiným podmínkám na dotčené lokalitě byl vznesen požadavek na přepracování statického návrhu a projektové dokumentace v rámci výše uvedené akce.

Níže uvádíme jednotlivé položky včetně ocenění:

• Provedení nového návrhu a statického posouzení	17.000,- Kč bez DPH
• Přepracování projektové dokumentace	58.000,- Kč bez DPH
• <u>Celkem</u>	<u>75.000,- Kč bez DPH</u>

Nejpozdější termín vyhotovení nového návrhu zajištění a projektové dokumentace nabízíme do poloviny února roku 2025.

Za GEOSTAR, spol. s r. o.:


Ing. Andrea Bortl

Sanace svahové nestability v areálu ZOO Brno

Určení hladiny pevného podloží pro navrhovanou sanaci svahu Geofyzikální průzkum

Zadavatel:

Statutární město Brno

Dominikánské náměstí 196/1, Brno-město
602 00, Brno

Zastoupeno: JUDr. Markétou Vaňkovou, primátorkou města Brna

Vyřizuje: Ing. Tomáš Pivec, MBA., vedoucí Odboru investičního Magistrátu města Brna

Číslo smlouvy objednatele: ORG 5541

Číslo smlouvy zhotovitele: 007/2024



Dodavatel - zpracovatel:



KOLEJCONSULT & servis[©]

spol.s r.o.

Ing. Ladislav Minář, CSc.

Křenová 131 / 35

602 00 Brno

tel-fax: 543 254 144, 602 737 573

IČO: 25 30 11 10

minar@kcas.cz, ruzicka@kcas.cz

1. PŘEDMĚT ČINNOSTI

Na základě objednávky Investičního odboru Magistrátu města Brna ze dne 4. 9. 2024 byl ve dnech 10. - 11. a 18. 9. 2024 na lokalitě „areál Zoo Brno, U zoologické zahrady 147/46 635 00 Brno - Bystrc“ (viz. situace lokality; obr. 1, obr. 2, příloha č. 1) proveden geofyzikální (GF) průzkum za účelem vypracování podkladů pro návrh sanace svahu. Průzkum byl proveden za pomoci geologického radaru (GPR) 100 MHz, mělké refrakční seismiky (MRS), elektrické odporové tomografie (ERT) a dipólového elektromagnetického profilování (DEMP) v rámci akce:

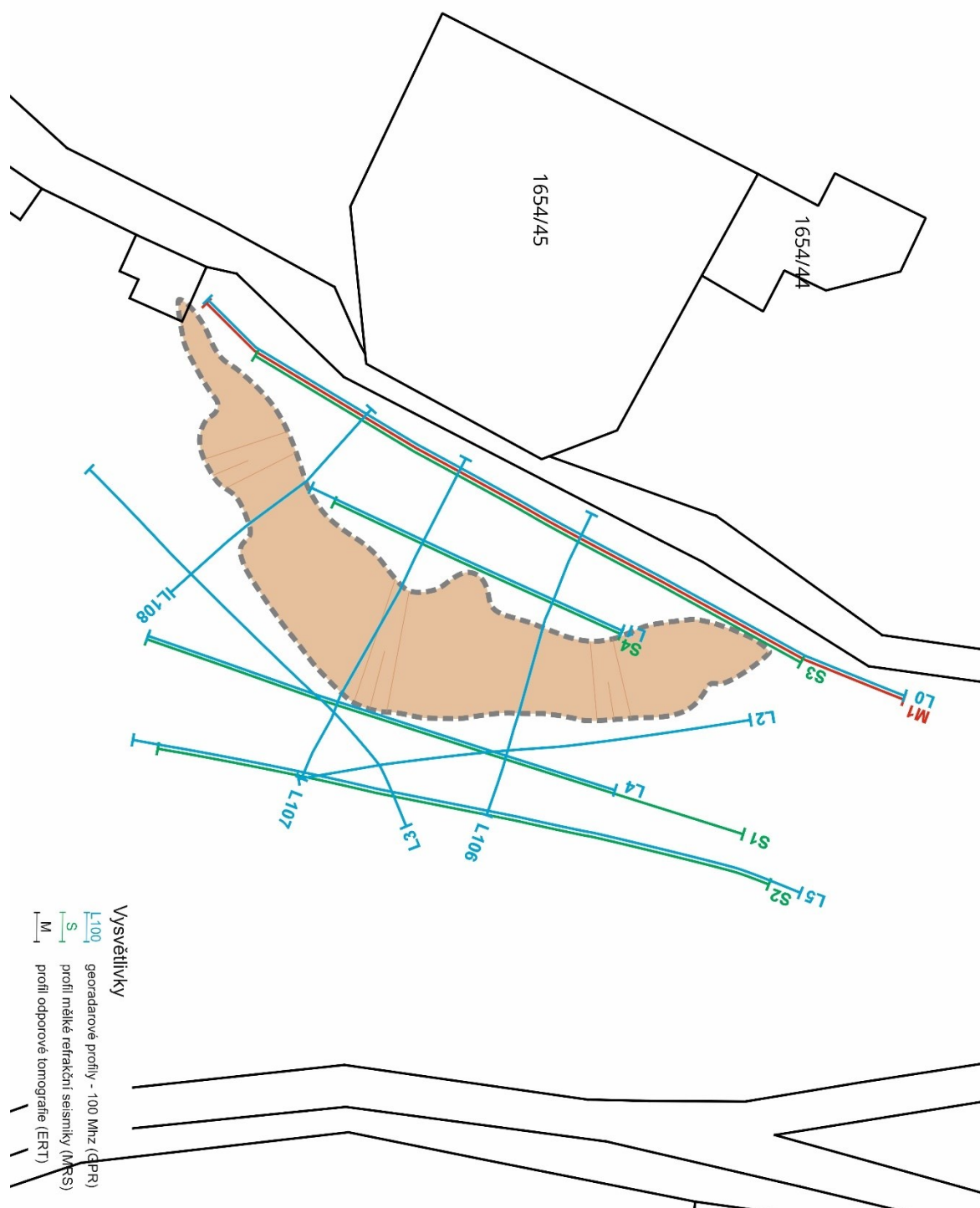
Sanace svahové nestability v areálu ZOO Brno



Obr. 1 Vyznačení zájmové lokality v širším kontextu území. Foto svahu jako zájmové lokality realizace GF průzkumu.

2. SITUAČNÍ POPIS A REŠERŠE

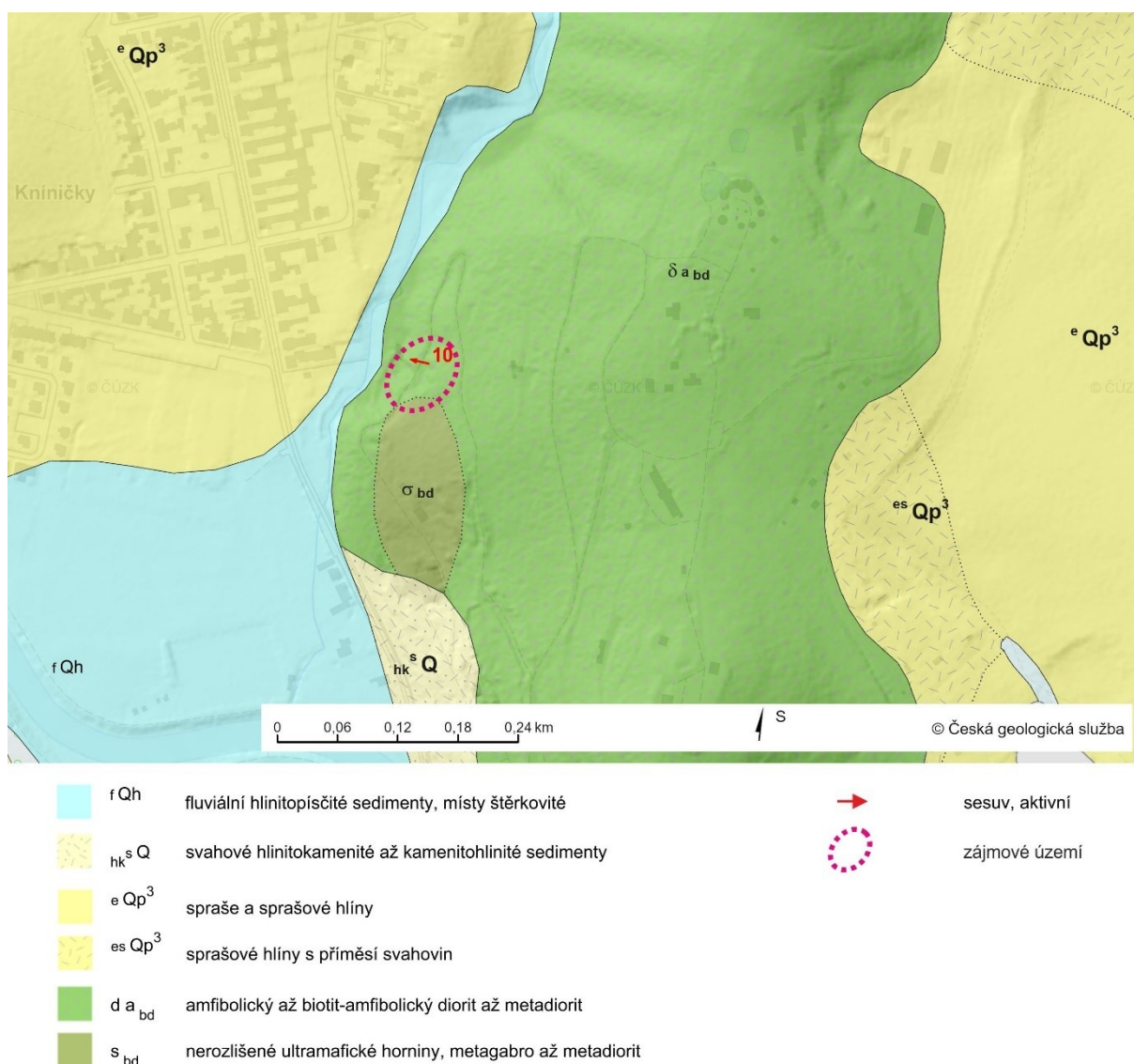
2.1. SITUAČNÍ POPIS



Obr. 2 Situace GF měření na zájmové lokalitě.

2.2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmová oblast se vyskytuje v soustavě českého masivu v moravskoslezské oblasti v regionu brunovistulika. Skalní podloží tvoří horniny brněnského masivu, a to amfibolické a biotit-amfibolické diority až metadiority a metagabra (ultramafické horniny). Horniny jsou středně zrnité, složeny biotitem a metamorfovaným plagioklasem a amfibolem. Skalní podloží je překryto hlinito-šterkovitými deluviálními sedimenty.



Obr. 3 Geologická situace lokality s vymezením na geologické mapě.

Svahové nestability a údaje z mapového portálu města Brna – GIS Brno

Databáze svahových deformací České geologické služby

List 24-32-19, kód s.n. 10

Katastr: Bystřec

Lokalizace: ZOO Bystřec

Autor: Aleš Havlín Typ dokumentace: vlastní Datum: 24.06.2013

Popis: V prostoru ZOO Brno, za voliérou Orla východního (*Haliaeetus pelagicus*) byl zjištěn sesuv, který voliéru poškodil. Svah je tvořen biotit-amfibolickým granodioritem. Akumulační val prorazil částečně drátěné pletivo. Vzhledem k geologickým podmínkám panujícím v zájmovém prostoru nelze vyloučit vznik dalších podobných událostí. Aktualizace 6. 10. 2022. V současné době stále odpadají uvolněné kameny, které se ukládají u paty stěny za palisádovou stěnou a za samotnou voliérou. Jediným trvalým řešením bude provedení stabilizačních opatření, například přikotvením a zasítováním, jehož technologii, rozsah a cenu může určit pouze specialista v oboru geotechniky a inženýrské geologie. Pro umožnění provedení stabilizačních opatření v celém rozsahu skalní stěny doporučujeme demontáž stávající voliéry.

Svahová nestabilita: samostatná

Druh svahové nestability: Sesuvy

Rozměr - délka (m): 10

Rozměr - šířka (m): 40

Výška odlučné stěny (m): 7

Sklon svahu ve stupních: 90

Odhadnutá mocnost S.N.: mělká (1-5 m)

Půdorysný tvar: bodový

Poloha S.N.: svah (obecně)

Typ svahové nestability: akumulace odvalového říčního osypu, nezjištěno

Pasiv. faktory-podm. vzniku: litologie, intenzivní zvětrání

Aktivní faktory: srážky a nasycení vodou

Materiál tělesa S.N.: zvětraliny, svahoviny nebo jiné nepevněné horniny

Vývojové stádium / fáze d.: rozvinutá

Relativní stáří deformace: čerstvá - mladší než 10 let v době kontroly

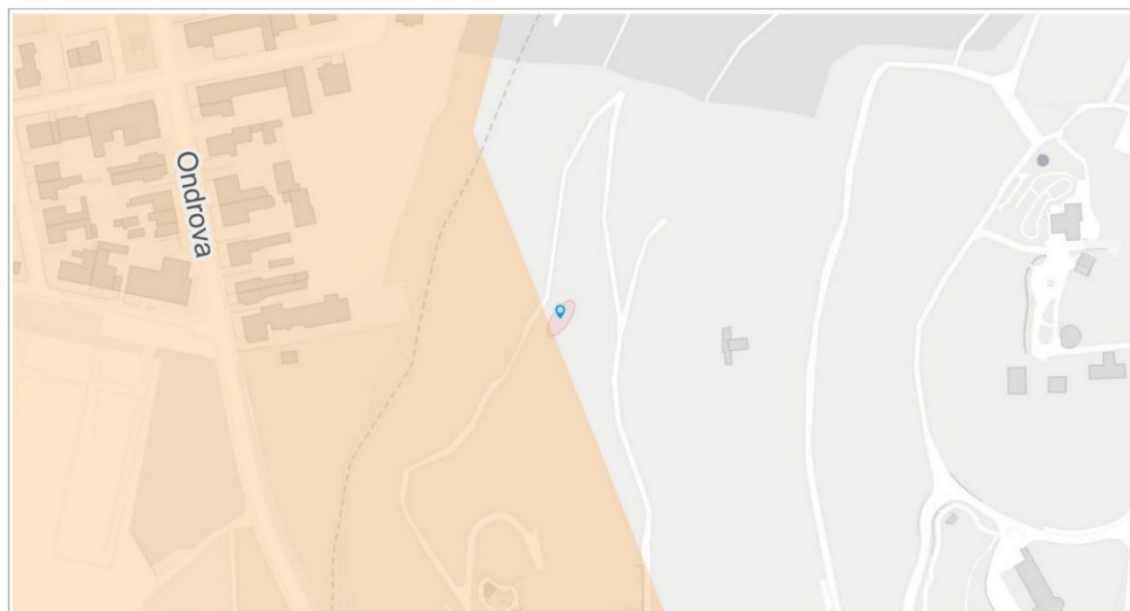
Stupeň aktivity: aktivní

Sanační opatření: pouze provizorní

Poškozené objekty: ptačí voliéry

Ohrožené objekty: ptačí voliéry

Kategorizace ohrožení: Kategorie III. (C)



© SM Brno, KÚ pro JMK, ČÚZK, RÚIAN; © ČÚZK

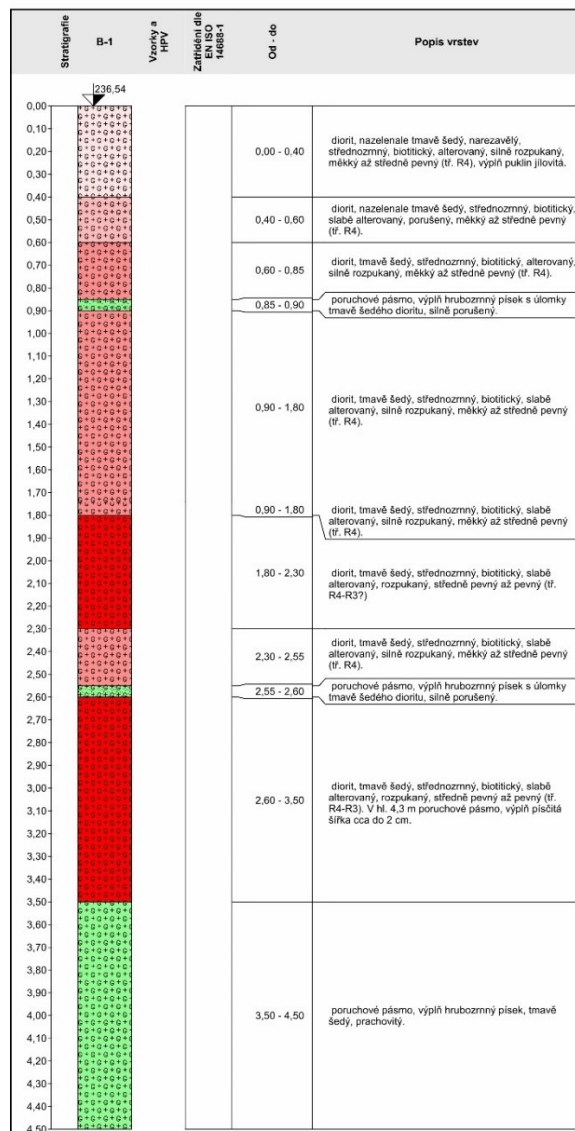
Obr. 4 Mapa svahových nestabilit v blízkosti zájmové lokality.



2.3. VRTNÝ PRŮZKUM

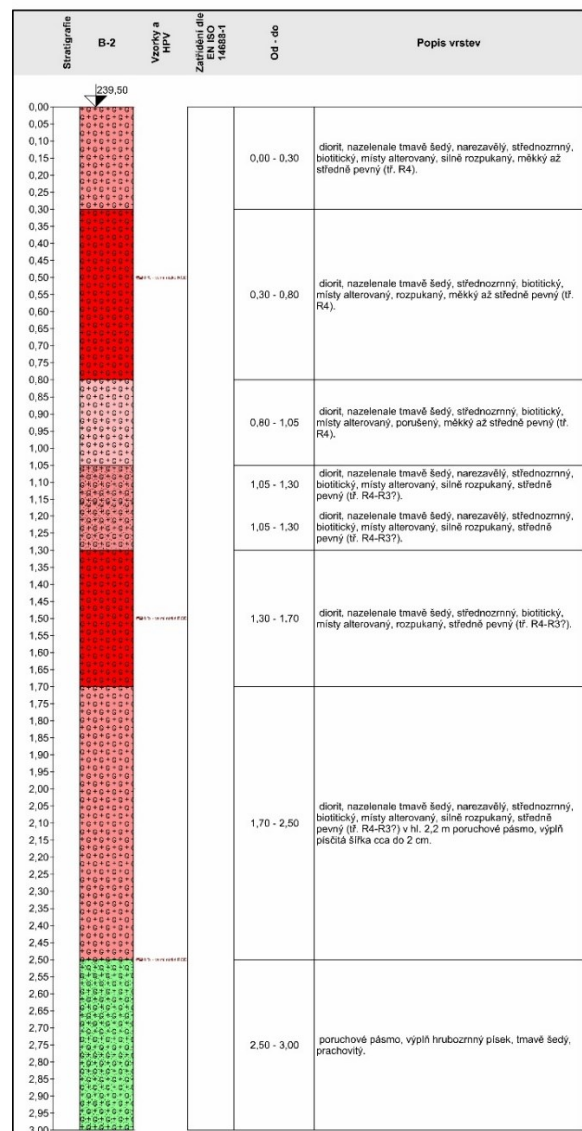
Vrtný průzkum byl na lokalitě proveden dne 12. 7. 2024 firmou UNIGEO a.s., a to formou šikmých odvrťů do stěny svahu. Byly provedeny dva odvrty a to **B1** o celkové délce 4,5 m a **B2** o celkové délce 3 m.

Geologická dokumentace vrtu			
B-1			
Projekt: Brno - ZOO - IG průzkum			
Cíle projektu: Místo: Brno - ZOO	Příloha č.: 4	Vrtná souprava: Celková hloubka: 4,50 m	
Datum zač.: 12.07.2024	Vrtník: Ing. Paliza	Hladina podzemní vody: Souřadnice X: -603286,44	Poloha vrtu: Souřadnice Y: -1155787,85
Datum kon.: 12.07.2024	Dokumentoval: Ing. Paliza	HPV narážek: Souřadnice Z: 236,54 m	HPV ustálená: Souřadnice Z: 236,54 m
Měřítko: 1:14			
Vrtání:		Pažení:	



Legenda:
RQD:
0,0-1,0 m: 0 % - velmi nízké 1,0-2,0 m: 0 % - velmi nízké 2,0-3,0 m: 10 % - velmi nízké 3,0-3,5 m: 0 % - velmi nízké

Geologická dokumentace vrtu			
B-2			
Projekt: Brno - ZOO - IG průzkum			
Cíle projektu: Místo: Brno - ZOO	Příloha č.: 4	Vrtná souprava: Celková hloubka: 3,00 m	
Datum zač.: 12.07.2024	Vrtník: Ing. Paliza	Hladina podzemní vody: Souřadnice X: -603278,76	Poloha vrtu: Souřadnice Y: -1155772,28
Datum kon.: 12.07.2024	Dokumentoval: Ing. Paliza	HPV narážek: Souřadnice Z: 239,50 m	HPV ustálená: Souřadnice Z: 239,50 m
Měřítko: 1:9,4			
Vrtání:		Pažení:	



Legenda:
RQD:
0,0-1,0 m: 0 % - velmi nízké 1,0-2,0 m: 0 % - velmi nízké 2,0-3,0 m: 0 % - velmi nízké

Obr. 5 Vrtné profily odvrťů B1 a B2.



3. METODIKA GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU

3.1. MĚLKÁ REFRAKČNÍ SEISMIKA (MRS)

3.1.1. POPIS METODY MRS

Metoda MRS byla aplikována za účelem zjištění mocnosti a charakteru pokryvu a sledování reliéfu pevného podloží. Pevnost hornin je přímo úměrná rychlosti seismického signálu, který se v nich šíří. Kvartérní pokryv je charakterizován nízkými rychlostmi (ve stovkách m/s) a podložní horniny (neogenní sedimenty) vyššími seismickými rychlostmi. U pevných neogenních hornin lze očekávat rychlosti nad 1800 m/s. V porušených horninách seismické rychlosti klesají.

V metodě MRS se registruje tzv. refrakční seismická vlna, která se na rozhraní láme a vrací se zpět k povrchu. Měří se čas příchodu signálu do geofonů v ekvidistančních vzdálenostech. Ze záznamů závislosti času příchodu signálu ke geofonům na vzdálenosti od bodu úderu (tzv. hodochron), je možné generovat seismické řezy. Tyto tzv. hloubkové a rychlostní řezy ukazují modulaci reliéfu pevného podloží a proměnnost seismických rychlostí v pokryvu a podložních horninách.

Data naměřená MRS byla zpracována do podoby vertikálních rychlostních modelů seismických vln S1 - S4 v softwaru Reflex-Win 8.0 a následné řezy byly interpretovány

3.1.2. SPECIFIKACE A PARAMETRY MRS PRŮZKUMU

Použité parametry

Přístroj: X610-S (digitální 24 – 48 kanálový seismograf)

Výrobce: M.A.E. Molisana Apparecchiature Elettroniche srl, Italy

- zdroj seismických vln: 8 kg kladivo a ocelová úderná deska (M.A.E)

Datum měření: 10. 9. 2024

Zpracování: Reflex-Win 8.0 (K. J. Sandmeier, Germany)

- profesionální program pro nadstavbové zpracování GPR/MRS

Tab. 1. Metráže geofonů a systém odpalů.

Profil S1 – S3	Přístřel [m]	Bod odpalu [m]	Poloha geofonů [m]
	-10	0	1-2-4-6-8-10
		11	12-14-16-18-20-22
		23	24-26-28-30-32-34
		35	36-38-40-42-44-45
		46	
	56		

3.2. ELEKTRICKÁ ODPOROVÁ TOMOGRAFIE (ERT)

3.2.1. POPIS METODY ERT

Metoda elektrické odporové tomografie (event. akronym ERT z anglického Electrical Resistivity Tomography) spočívá v zavádění elektrického proudu do zemského povrchu přes multielektrodové kabely uzemněné pomocí elektrod. Stejnosměrný proud je mezi elektrodami systematicky přepínán, čímž dochází k proměření odlišných hloubkových úrovní (pseudovrstev). Hloubkový dosah určuje aktivní délka roztažení multielektrodových kabelů, přičemž delší roztažení dosahuje větší teoretické hloubky. Prostorové rozlišení vlastního záznamu primárně určuje zvolená vzdálenost mezi elektrodami, kdy menší krok mezi nimi poskytuje detailnější rozlišení.

V průběhu měření se podle zvoleného schématu (tzv. uspořádání elektrod) postupně určuje dvojice proudových elektrod (tzv. AB event. C1C2), přes které prochází elektrický proud (značka I, jednotka [mA]), a současně dvojice potenčních elektrod (tzv. MN event. P1P2), na kterých se zaznamenává elektrický potenciál (značka U, jednotka [mV]). Z poměru naměřených hodnot U a I vynásobených vztahovou konstantou mezi AB a MN je určena hodnota zdánlivého měrného odporu (R_z). Výstup terénního měření pak představuje obraz rozložení vztažných bodů pro jednotlivé kombinace ABMN s hodnotami zdánlivého měrného odporu (R_z) hornin ve vertikálním řezu, který je rozčleněn do teoretických pseudovrstev bez reálného hloubkového měřítka. V rámci vyhodnocení se metodou inverzního výpočtu převádí



zdánlivé měrné odpory (R_z) na modelové odpory (R_m), a jim odpovídají reálné hloubkové úrovně.

Hodnoty měrného elektrického odporu jsou silně závislé na charakteru materiálu a obsahu vody. Dále měrný elektrický odpor zvyšuje zvětralá či tektonicky postižená část jinak kompaktního horninového prostředí. Za ideálních podmínek lze předpokládat tisíce až desítky tisíc $\Omega \cdot m$ pro magmatické a metamorfní horniny, desítky až stovky $\Omega \cdot m$ pro zpevněné sedimentární horniny a hodnoty do tisíce $\Omega \cdot m$ pro nezpevněné sedimenty. Podzemní voda dosahuje hodnot měrného elektrického odporu 10–100 $\Omega \cdot m$.

3.2.2. SPECIFIKACE A PARAMETRY ERT PRŮZKUMU

Použité parametry

Přístroj: ARES-3D v5.45, SN: 1003237
5 sekcí aktivních multielektrodových kabelů

Výrobce: GF Instruments, s.r.o., Brno

Parametry

- uspořádání elektrod: Wenner - Schlumberger
- délka pulsu: 0.3 s
- průměry měření (stacking): 4/8

Datum měření: 11. 9. 2024

Zpracování: sw. Res2DInv 3.58 (Geotomo Software, Malaysia)

- profesionální program s funkcí inverze naměřených ERT dat

sw. Surfer 9.11 (Golden Software, USA)

- grafická úprava výsledných modelových dat

Naměřené ERT profily byly standardně zpracovány programem Res2DInv 3.58 a graficky vizualizovány v programu Surfer 9.11 do jednotné barevné stupnice. Výběr výsledné varianty modelu (tzv. iterace) byl proveden na základě statistické a vizuální shody naměřených hodnot zdánlivého měrného odporu (R_z) a vypočítaných modelových odporů (R_m).

Tab. 2. Parametry měření ERT

Datum	Profil	Rozestup elektrod [m]	Max.rozestup proud.el. AB Smax [m]	Počet sekcí	Iterace	RMSE [%]
11. 9. 2024	M1	1,5 m	58,5 m	5	5	6%

3.3. GEORADAR (GPR)

3.3.1. POPIS METODY GPR

Metoda georadaru (akronym GPR z anglického Ground Penetrating Radar) spočívá v opakovaném vyzařování elektromagnetických vln do zkoumaného prostředí a následném přijímání jejich odrazů od podpovrchových rozhraní a těles. Při měření se po profilu posunují vysílací a přijímací anténa, přičemž se pro danou pozici zaznamenává průběh vlny skrz hloubkové úrovně. Pohyb antén po profilu může probíhat diskrétními kroky nebo kontinuálním tahem. Vzdálenost antén a jejich posunu po profilu se stanovuje podle cílů průzkumu, především s ohledem na horizontální rozlišení měření. Hloubkový dosah a vertikální rozlišení velikosti zaznamenaných objektů určují frekvence antén a charakter proměřovaného prostředí.

Frekvence používaných antén se pohybují v rozmezí 50 až 1000 MHz a jejich výběr ovlivňuje zákonitost, podle které nižší frekvence dosahují větších hloubek, ale menšího detailu rozlišení a opačně. Charakter geologického prostředí pak určuje koeficient útlumu elektromagnetických vln, resp. rychlost jejich šíření. Rychlost šíření vln se udává v rozmezí 0,033 – 0,300 m·s⁻¹, kde krajní hodnoty odpovídají prostředí vody a vzduchu. Výsledný hloubkový dosah měření tedy ovlivňuje zvodnění či provzdušnění vrstev podle úměry, kdy nižší rychlost vln ve vodou nasyceném prostředí snižuje hloubkový dosah, zatímco při stejné frekvenci vyšší rychlost vln v provzdušněném prostředí zvyšuje dosah. Primární georadarová data se registrují v rámci zvoleného časového úseku, řádově stovky až tisíce nanosekund. Pro přesný převod georadarových časových záznamů na hloubky se využívá rychlostní model šíření elektromagnetické vlny v daném prostředí, který se zjišťuje na lokalitě přímým měřením společného reflexního bodu, označovaného CMP (Common Midpoint). Podstatný vliv na hloubkový dosah georadaru má i výkon jeho vysílače. S ohledem na zmíněné parametry se počítá s měřením do hloubek metrů až desítek metrů.



Výsledný georadarový řez poskytuje obraz o rozložení objektů v hloubkovém řezu a o jejich vzájemných vztazích. Zpracování umožňuje zvýrazňovat nebo potlačovat struktury v různých částech řezu.

3.3.2. SPECIFIKACE A PARAMETRY GPR PRŮZKUMU

Výsledky georadarového měření (GPR) byly zpracovány s použitím software Reflex-Win 8.0 (K. J. Sandmeier, Germany) pro vizualizaci lineárních řezů, EKKO TOOLS 4.23 (Sensors & Software, Kanada) pro získání základních parametrů, EKKO PROJECT 4.2 (Sensors & Software, Kanada). Po zavedení reálné rychlosti šíření signálu V_{ef} v podloží (zjištěné měřením CMP na daném místě) bylo možno data zpracovat v přepočtu časového záznamu na hloubkový.

Georadarová data byla zpracována do podoby vertikálních řezů 100 MHz L00 – L107 (obr. 13 - 21, příloha č. 4).

Z naměřených GPR dat byl vytvořen 3D model rozhraní horniny R3-R2 jako úroveň haldiny pro návrh sanačních opatření (obr. 22 - 23, příloha č. 5)..

V interpretaci dat bylo přihlédnuto k morfologii terénu, geologické mapě, vrtům a již zpracovaným geotechnickým posudkům v lokalitě. Všechny uvedené grafické výstupy jsou součástí příloh.

Použité parametry

Přístroj: pulseEKKO PRO

Antény 100 MHz

Výrobce: Sensors & Software, Inc., Canada

Parametry:

Tab. 3. Přehled použitých georadarových antén a parametrů měření.

Anténa	Krok měření	Doba registrace	Sumace signálu (stacking)	Rozestup antén
100 MHz	500 mm	800 ns	32	1000 mm



Datum měření: 11. – 18. 4. 2024

Zpracování: Reflex-Win 8.0 (K. J. Sandmeier, Germany)

- profesionální program pro nadstavbové zpracování GPR/MRS

3.4. DIPÓLOVÉ ELEKTROMAGNETICKÉ PROFILOVÁNÍ (DEMP)

Při této metodě se vytvoří plošný snímek fyzikálního stavu přívrchového části horninového masívu. Metoda používá aktivního zdroje elektromagnetických vln, který vysílá směřovaný signál do země a přijímá jeho odezvu. Tak je možné velmi podrobně a rychle získat snímek fyzikálního stavu horninového podloží, konkrétně rozložení hodnot zdánlivé měrné vodivosti σ_z a fázového posunu sekundárního pole IF. Z rozdílů vodivosti pak je možno usuzovat na změny litologie hornin, změny vlhkosti, stupeň porušení celistvosti podloží, přítomnost cizích těles jako jsou dutiny, inženýrské sítě atd. U fázové změny se odrážejí magnetické vlastnosti hornin, což opět umožňuje jejich detailní rozčlenění, a dále je možné detekovat kovové předměty, cihelné zdivo a jiné umělé magneticky aktivní materiály. Hloubkový dosah metody je rozdílný pro jednotlivé typy přístrojů.

3.4.1. SPECIFIKACE A PARAMETRY PRŮZKUMU DEMP

Použité parametry

Přístroj: Sonda CMD - Explorer

Výrobce: GF Instruments, s.r.o., Brno

Parametry:

- **typ měření:** kontinuální
- **režim měření:** kombinované
- **hloubkový dosah:** režim HIGH
- **interval měření:** 0,5 s

Tab. 4 Přehled hloubek vodivostních řezů metody DEMP.

Vrstva	Efektivní hloubkový dosah	Vzdálenost středů dipólů
1.	~ 2,2 m	1,48 m
2.	~ 4,2 m	2,82 m
3.	~ 6,7 m	4,49 m

4. VYHODNOCENÍ GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU

4.1. VYHODNOCENÍ MRS PRŮZKUMU

V prostoru zájmové lokality byly metodou mělké refrakční seismiky změřeny profily S1 – S4 a to jak v úrovni paty svahu tak na horní ploše svahu (obr. 2, příloha č. 1).

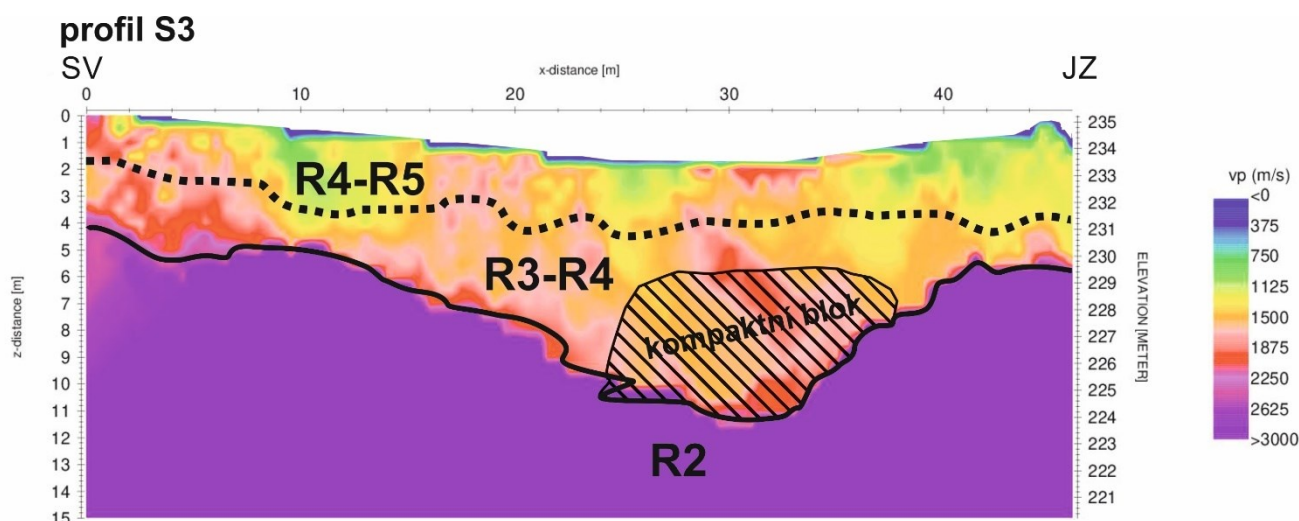
Metoda MRS byla aplikována za účelem zjištění ulehlosti a míry narušení podložních vrstev zemin a pro určení hladiny pro navrhovanou sanaci.

Vertikální řez S3 (obr. 6) o délce roztažení 46 m byl situován cca 8 m od paty svahu. V řezu detekujeme 3 výrazná seismická rozhraní:

1. do 1100 m/s : jedná se o vrstvu, které přiřazujeme kategorii těžitelnosti hornin R4 - R5 tedy nízký až velmi nízký stupeň pevnosti. Jedná se o silně zvětralou svrchní část masivu, která se rozpadá do podoby úlomků a štěrků. Při povrchu vyskytuje silně zvětralá část masivu a to až do podoby hlinito-kamenitého deluviálního pokryvu. Poklesy a nárůsty seis. rychlostí v rámci této vrstvy ukazují na přítomnost velkého množství puklinových zón. Bázi vrstvy detekujeme v hloubce cca 231 – 233 m n. m.

2. 1100 – 2500 m/s : interpretujeme jako vrstvu hornin s kategorií těžitelnosti R3 - R4. Dle řezu je patrné, že stupeň navětrání hornin se s narůstající hloubkou snižuje. Mezi metrážemi 22 – 40 detekujeme výraznou depresní strukturu v rámci této vrstvy a to až na hloubku 224 m n. m.

3. >2500 m/s : tato vrstva hornin je od předchozí oddělena výrazným rychlostním rozhraním a kategorizujeme ji jako horninu R2. Právě rozhraní hornin R2 - R3 interpretujeme jako hladinu vhodnou pro ukotvení navrhovaných sanačních opatření.



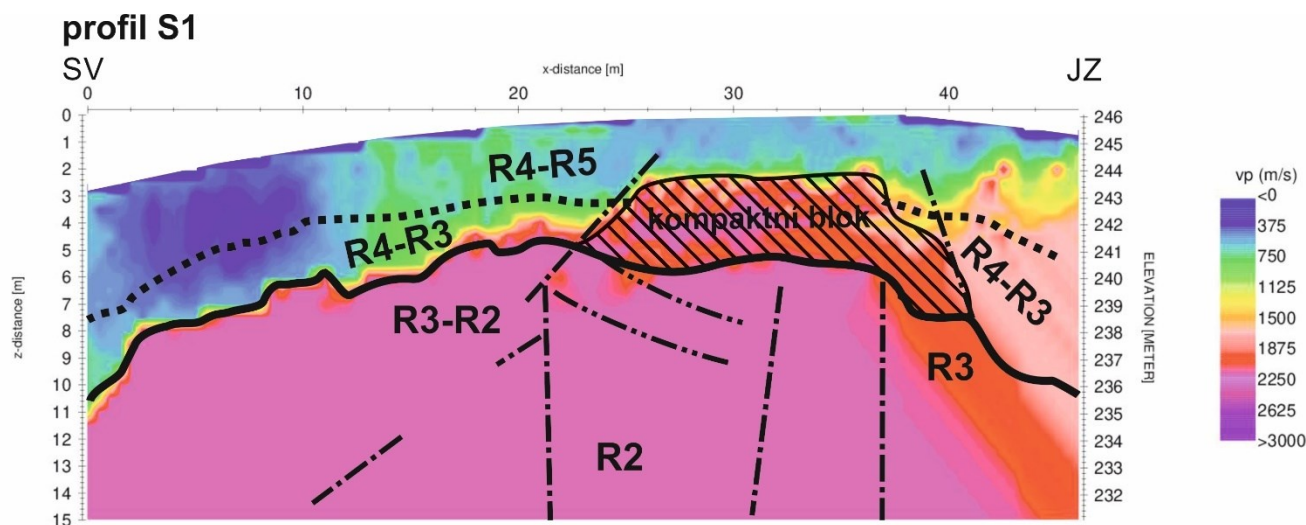
Obr. 6 Vertikální hloubkový řez seismického profilu S3.

Vertikální řez S1 (obr. 7) o délce roztažení 46 m byl situován po horní hraně svahu. V řezu detekujeme 3 výrazná seismická rozhraní:

1. do 700 m/s : kategorizujeme jako vrstvu hornin R5-R4 s výraznou převahou horniny pevnosti R5. Vrstva vykazuje vysoký stupeň navětrání a přítomnost puklinových zón zejména v polohách s rychlostí >400 m/s.

2. 700 – 2000 m/s : vrstva hornin v kategorii R4-R3. zejména v sv. části řezu vykazuje tato vrstva silný stupeň navětrání.

3. >2000 m/s : tato vrstva je opět oddělena od svrchní části profilu ostrým rychlostním rozhraním. Tuto vrstvu kategorizujeme podle pevnosti jako horninu R3-R2 s výraznější převahou R3 zejména ve svrchní části této vrstvy. Zároveň zde detekujeme i množství zlomových poruch, které podstatně ovlivňují pevnost této vrstvy.



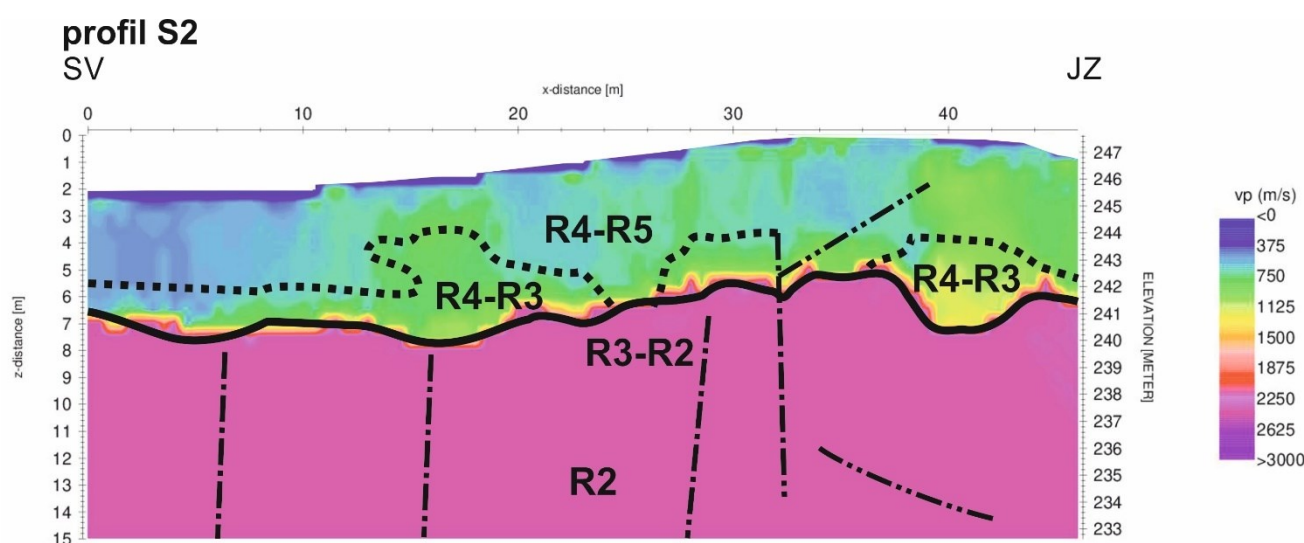
Obr. 7 Vertikální hloubkový řez seismického profilu S1.

Vertikální řez S2 (obr. 8) o délce roztažení 46 m byl situován cca 6 m za horní hranou svahu. V řezu detekujeme 3 výrazná seismická rozhraní:

1. do 900 m/s : kategorizujeme jako vrstvu hornin R5-R4. Ve srovnání s totožnou vrstvou v řezu S1 je patrný mírný nárůst seis. rychlostí. To značí mírně vyšší stupeň pevnosti ovšem tuto vrstvu stále intepretujeme jako silně zvětralou svrchní část masivu s převahou horniny kategorie R5.

2. 900 – 2000 m/s : vrstva hornin v kategorii R4-R3 je zde zastoupena jako přechod do vrstvy hornin pevnosti R3-R2.

3. >2000 m/s : tato vrstva je opět oddělena od svrchní části profilu ostrým rychlostním rozhraním. Tuto vrstvu kategorizujeme podle pevnosti jako horninu R3-R2 při svrchní části s převahou R3. V této vrstvě detekujeme množství vertikálních zlomových poruch, které mohou narušovat pevnost masivu.



Obr. 8 Vertikální hloubkový řez seismického profilu S2.

Jako shrnutí metody MRS lze říci, že zejména na horní hraně je svrchní část masivu silně zvětralá a výrazně postižena zlomovými poruchami a puklinovými zónami. Bázi tvoří hornina z kategorie R3-R2. Tato vrstva má ovšem nižší seis. rychlosti než totožná vrstva pod patou svahu, kde tuto vrstvu interpretujeme jako horninu R2.

Seismický řez S4 byl použit při korelaci s GPR profily a výpočtu modelu podloží pro návrh sanace.

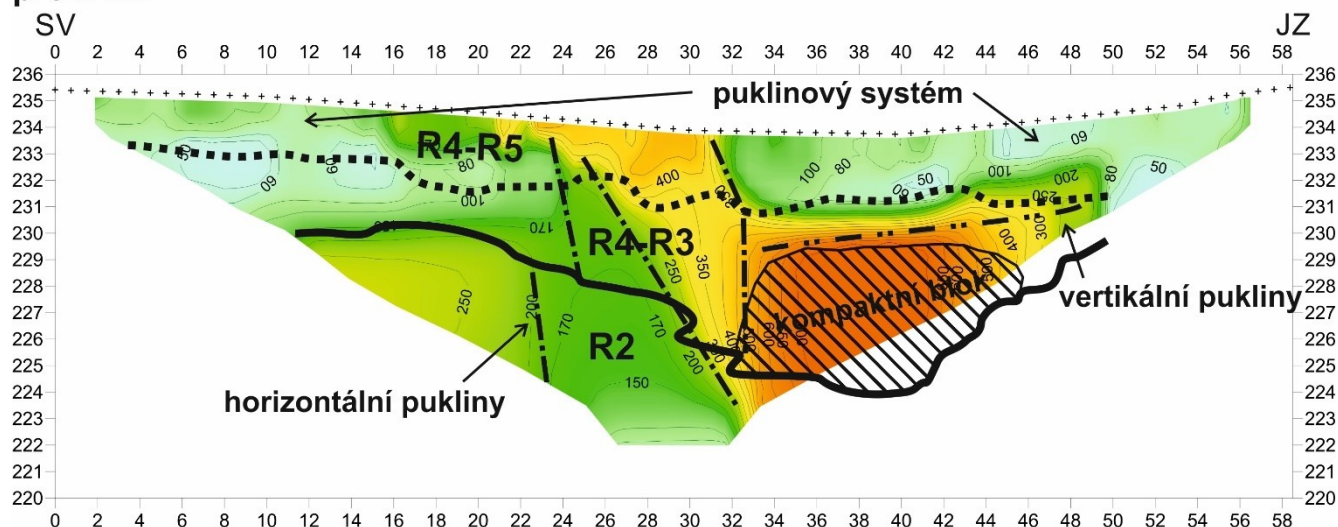
4.2. VYHODNOCENÍ ERT PRŮZKUMU

Profil 2D elektrické odporové tomografie (ERT) M1 (obr. 9) byl situován shodně s MRS profilem S3 podél cesty pod patou svahu cca 8 m od paty.

Na základě měrného elektrického odporu zemin a hornin lze v řezu M1 vymezit množství vertikálních a horizontálních zlomových poruch a puklinových zón. Zejména v sv. části řezu detekujeme vertikální zlomové poruchy až do vrstvy hornin R2.

Na metrů 32 – 46 m detekujeme ve vrstvě horniny R4-R3 kompaktní blok horniny, kde dochází lokálně k nárůstu měrných elektrických odporů na hodnoty $>700 \Omega \cdot m$.

profil M1



Obr. 9 Interpretovaný vertikální řez M1 (ERT).

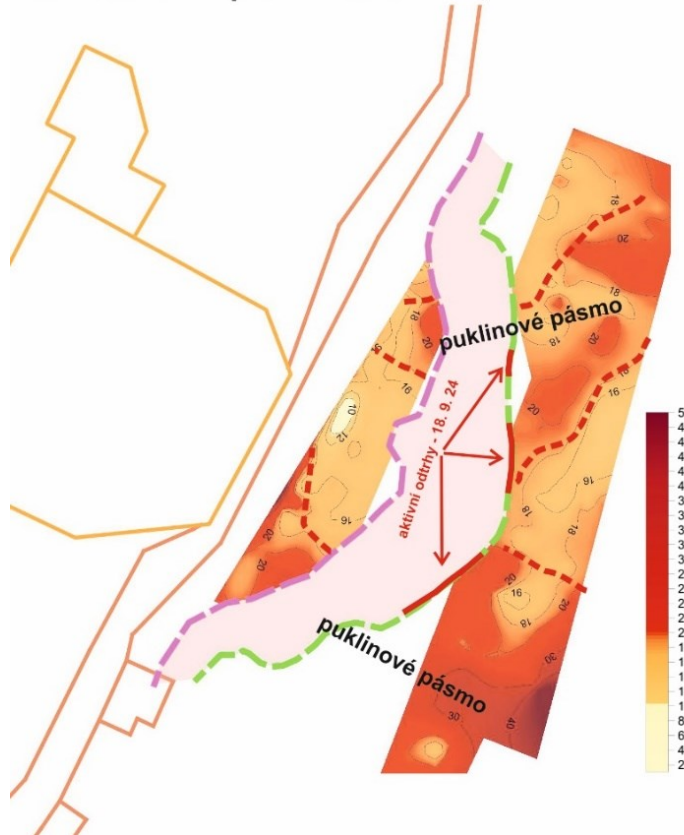
4.3. VYHODNOCENÍ DEMP PRŮZKUMU

Na zájmové lokalitě byla na spodní a horní ploše svahu provedena metoda DEMP – diplové elektromagnetické profilování za účelem zjištění rozložení vlhkosti v horninovém masivu v ploše. Na základě těchto řezů lze určit rozložení a průběh puklinových zón v hloubkách 2,2; 4,2 a 6,7 m (obr. 10 – 12, příloha č. 3). Do řezů byly vyneseny i aktivní odtrhy svrchní části masivu detekované po deštích dne 18. 9. 2024.

Ve vrstvě $h \sim 2,2$ m (obr. 10) detekujeme dvě výrazné puklinové zóny vymezené v řezu červenými přerušovanými liniemi. V těchto zonách byla detekována měrná vodivost prostředí > 40 mS/m. Je patrné, že tyto puklinové zóny směřují právě do prostorů, kde byly detekovány aktivní odtrhy svrchní části masivu.

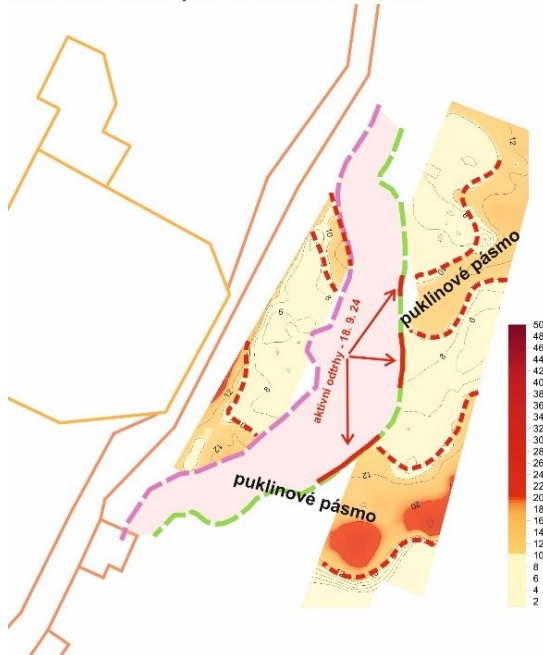
V plošných mapách zdánlivých měrných vodivostí horninového prostředí pro 2. a 3. vrstvu (obr. 11 a 12) pozorujeme puklinové zóny, které se zde propisují z 1. vrstvy. To značí na výrazné poškození svrchních částí masivu zlomovými poruchami.

Vodivost zemin pro 1. vrstvu h ~ 2,2 m



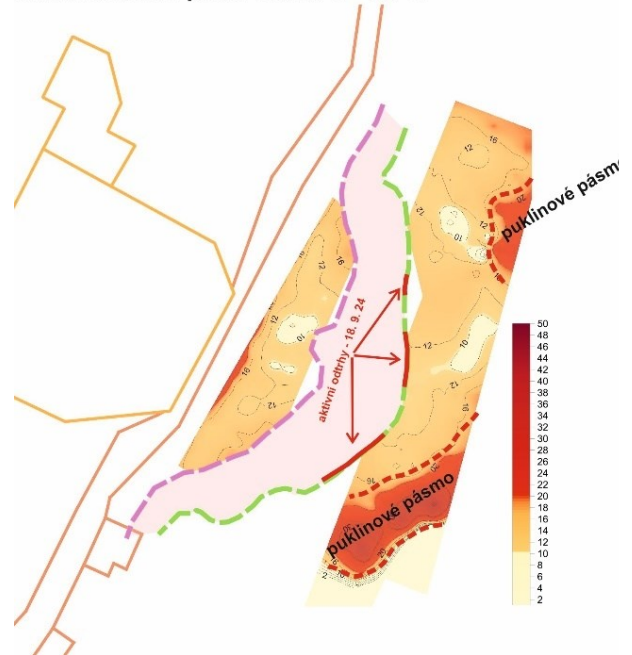
Obr. 10 Plošná mapa zdánlivé měrné vodivosti hornin σ_z v hloubce ~2,2 m.

Vodivost zemin pro 2. vrstvu h ~ 4,2 m



Obr. 11 Mapa vodivosti hornin h~4,2 m.

Vodivost zemin pro 3. vrstvu h ~ 6,7 m



Obr. 12 Mapa vodivosti hornin h~6,7 m.

4.4. VYHODNOCENÍ GPR PRŮZKUMU

Na zájmové lokalitě bylo provedeno georadarem liniové měření za použití frekvence 100 MHz. Data byla zpracována v podobě vertikálních řezů, které byly následně interpretovány a korelovány. Z interpretovaných GPR řezů byl dále vytvořen 3D model podloží hornin R3-R2 pro navrhovanou sanaci svahu.

Georadarové záznamy vykazují dobrou čitelnost. Interpretace georadarových profilů byla zaměřena na rozlišení horninového masivu do kategorií pevností hornin, vertikálních a horizontálních zlomových poruch a vymezení hladiny pro navrhovaná sanační opatření R3-R2.

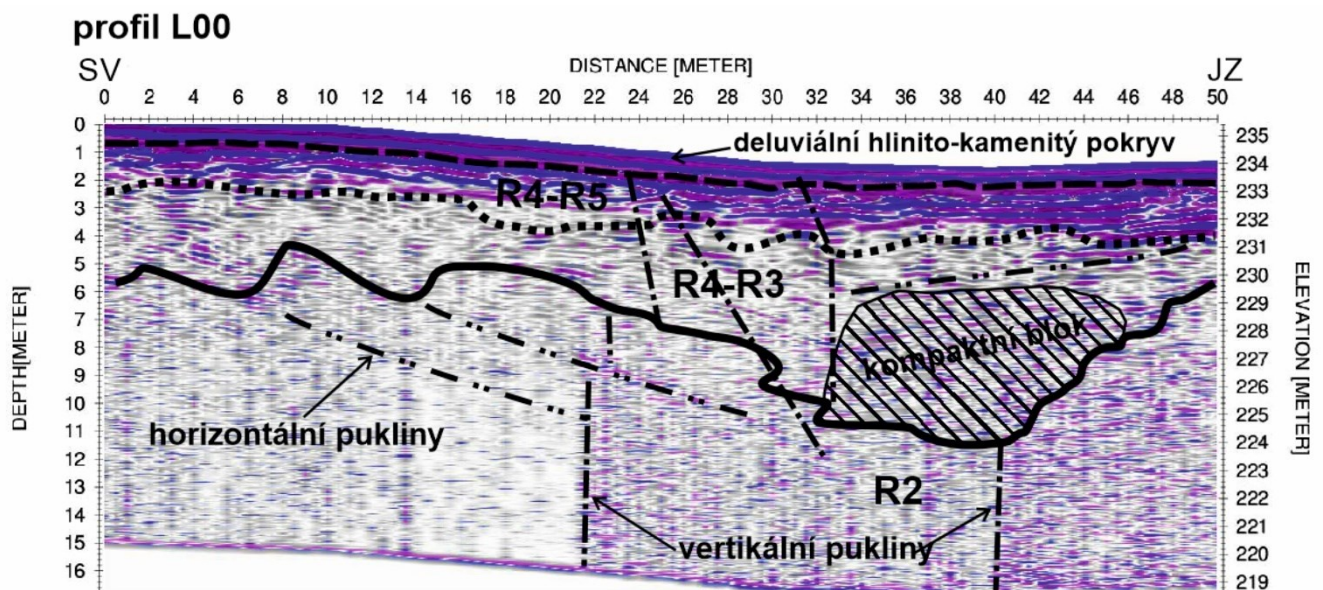
4.4.1. VYHODNOCENÍ PODÉLNÝCH ŘEZŮ L00 – L05 (100 MHz)

Georadarové profily L00 – L05 (obr. 13 - 18, příloha č. 4) byly naměřeny v podélném směru na spodní a horní ploše svahu (obr. 2, příloha č. 1).

GPR profil L00 (obr. 13) byl situován shodně po profilech S3 a M1 a to pod patou svahu cca 8 m od paty s orientací SV – JZ.

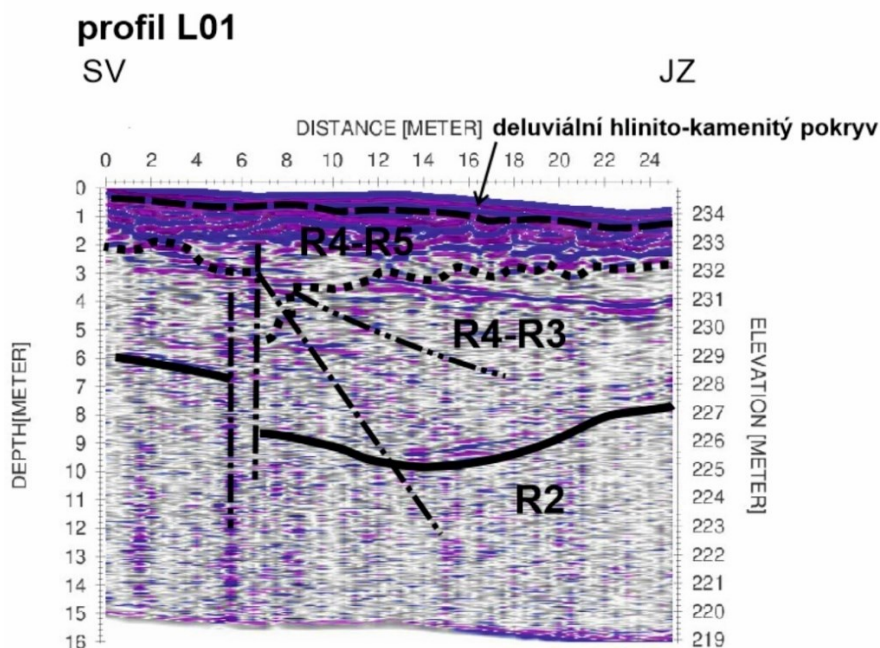
V řezu detekujeme připovrchovou vrstvu deluviálního hlinito-kamenitého pokryvu s mocností do 1 m. Směrem do podloží horninového masivu kategorizujeme horniny podle pevnosti jako R5-R4. Na úrovni 230 – 232 m n. m. interpretujeme horniny jako R4-R3. V úrovni 224 – 230 m n. m. detekujeme přechod do hornin kat. R2. Tuto úroveň interpretujeme jako hladinu pro navrhovanou sanaci svahu. Mezi metrážemi 30 – 46 m je patrná výrazná deprese svrchní úrovně této vrstvy, ve které dle metod MRS a ERT detekujeme kompaktní blok horniny R3.

Černými čerchovanými liniemi vymezujeme vertikální a horizontální zlomové poruchy, které jsou patrné i ve vrstvě hornin R2.



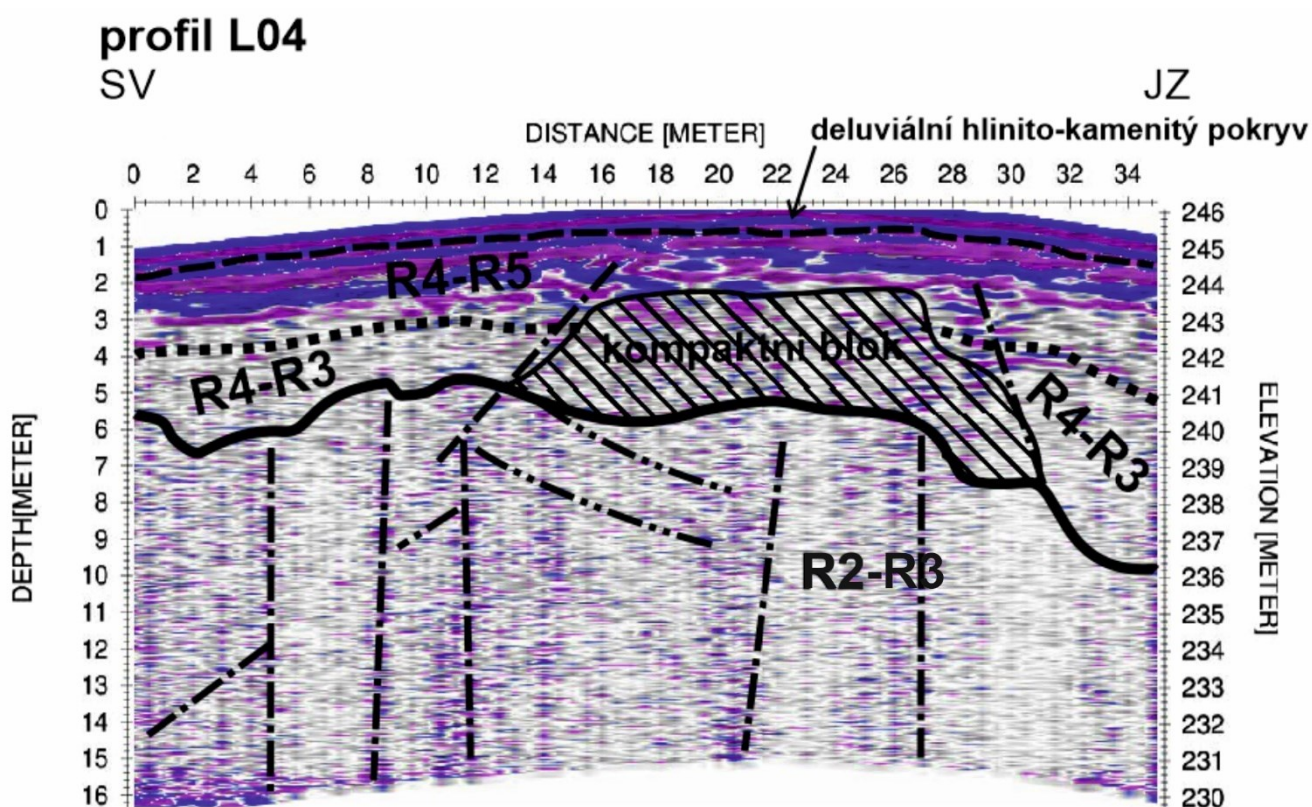
Obr. 13 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L00.

Řez profilem L01 (obr. 14) byl veden v patě svahu a při jeho interpretaci byl korelován s profilem MRS S4. Rozhraní hornin R5-R4 a R4-R3 detekujeme cca v hloubce 2 – 3 m. Rozhraní R4-R3 a R2 detekujeme v hloubce 6 – 9 m. Zároveň detekujeme množství zlomových poruch převážně vertikálního charakteru a to především na metrů 4 – 8 m profilu, kde je patrný pokles podél zlomové struktury.



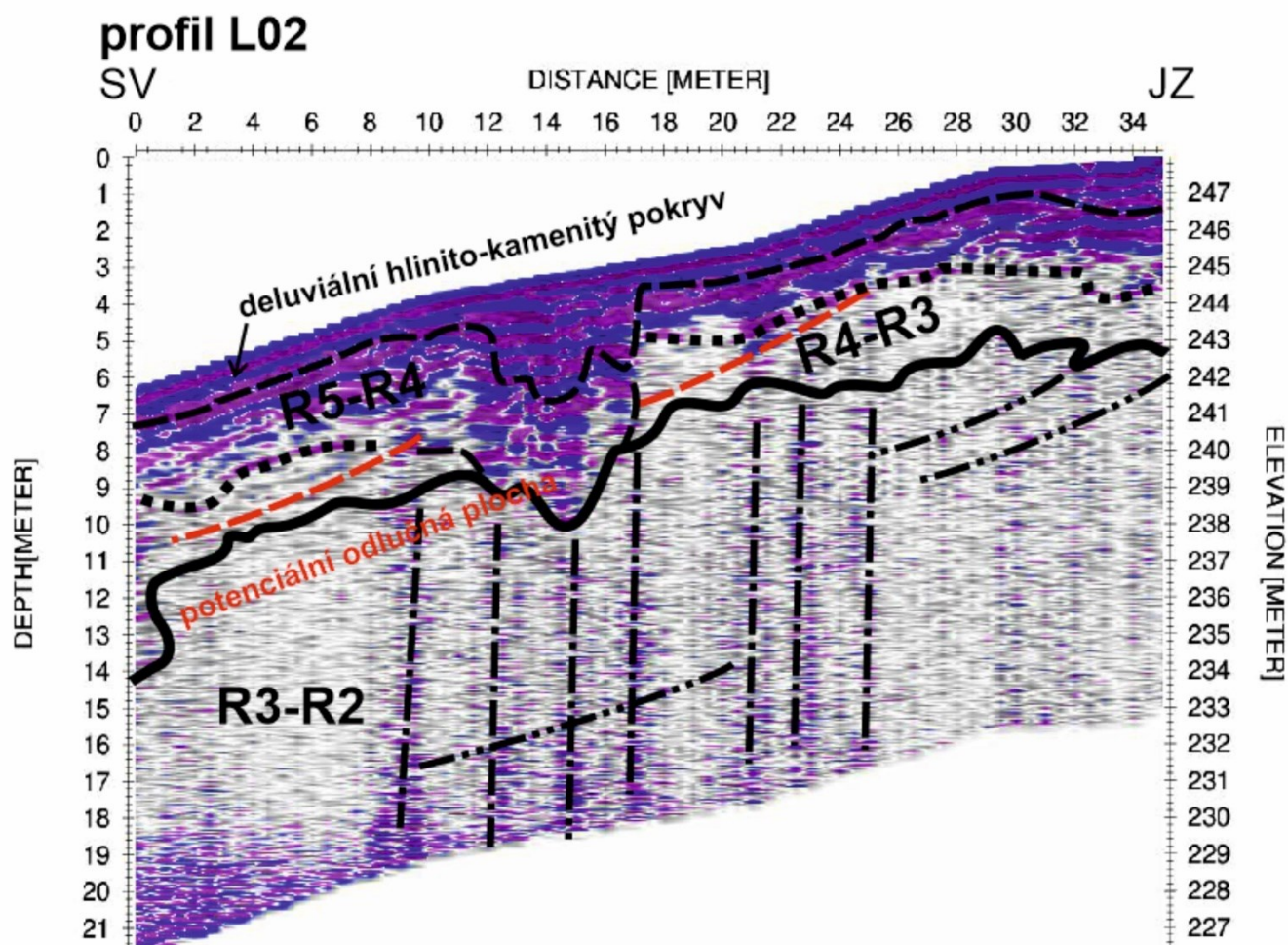
Obr. 14 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L01.

Po horní hraně svahu byl situován GPR profil L04 (obr. 15) s orientací SV – JZ. Horninový masiv je v tomto prostoru podle reflexivity GPR signálu více degradovaný než ve spodní části pod patou svahu. V hloubce cca 4 m je patrný přechod z hornin kategorie převážně R5 do R4. Ve spodní části vrstvy tj. v hloubce cca 5 – 8 m se podle dat profilu S1 bude patrně vyskytovat hornina kat. R3. Hladinu pro navrhovaná sanační opatření interpretujeme jako přechod do hornin R3-R2 v hloubce cca 5 – 10 m v závislosti na metráži řezu. K jz. části svahu se jeví degradace masivu jako pokročilejší a do větších hloubek.



Obr. 15 Interpretovaný GPR řez podélného profilu L04.

GPR profil L02 (obr. 16) byl situován po horní hraně levého křídla svahu. Svrchní část horninového masivu je silně degradovaná až do hloubek cca 6 – 8 m. V této hloubce detekujeme přechod do hornin kat. R3 až R2 na bázi profilu. Tuto úroveň interpretujeme zároveň jako hladinu pro navrhovaná sanační opatření. Ve vrstvě hornin kat. R3-R2 dále detekujeme množství zejména vertikálních zlomových struktur

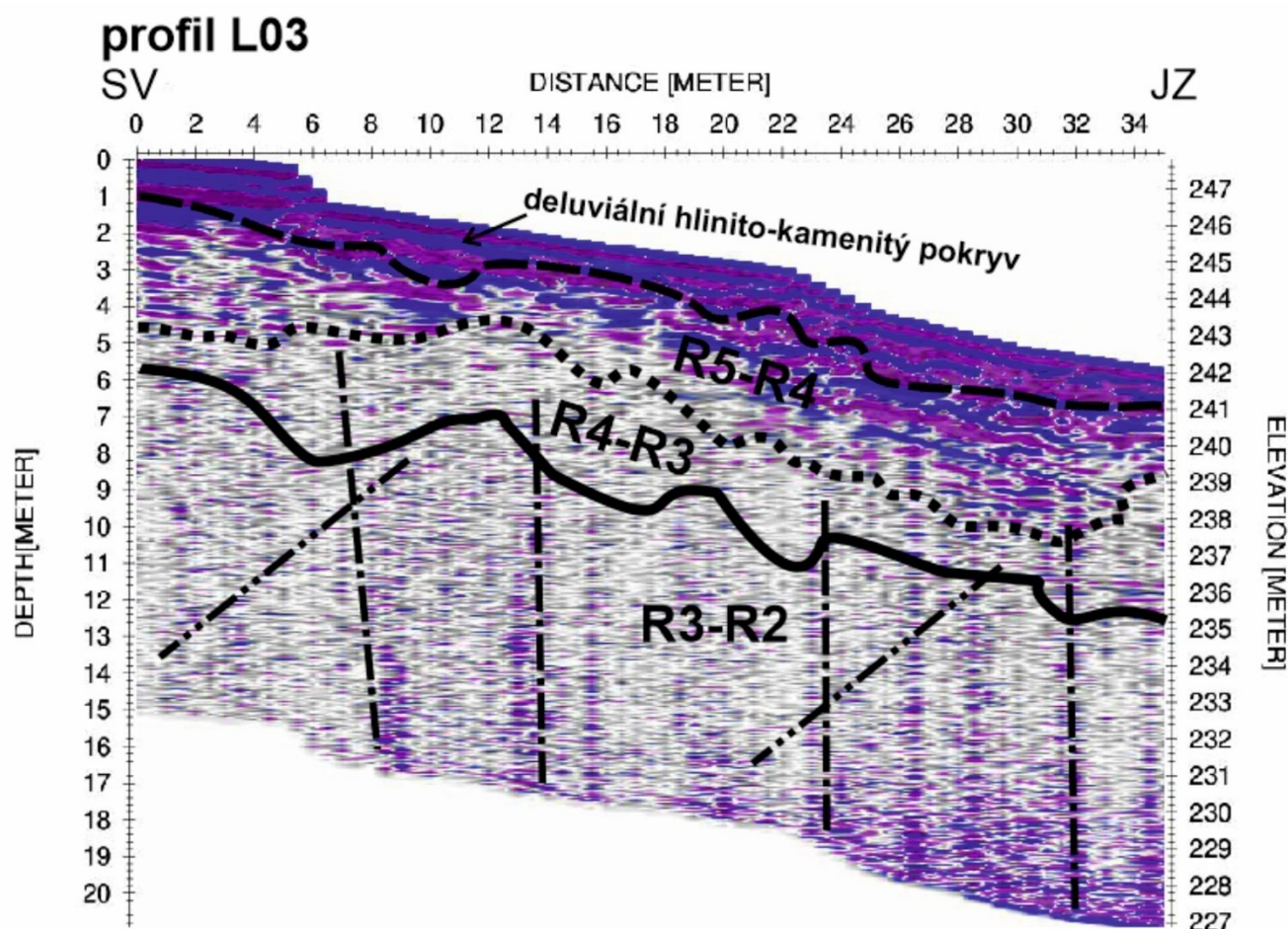


Obr. 16 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L02.

Po horní hraně pravého křídla svahu byl situován GPR profil L03 (obr. 17) s orientací SV – JZ. Situace je zde obdobná k předchozím dvěma popisovaným profilům L02 a L04. Svrchní část horninového masivu je silně degradovaná a to až do hloubky 6 – 8 m. V této hloubce detekujeme přechod do hornin kat. R3, směrem do hloubky R2. Tuto úroveň určujeme jako hladinu pro navrhovaná sanační opatření. V řezu je patrné opět velké množství

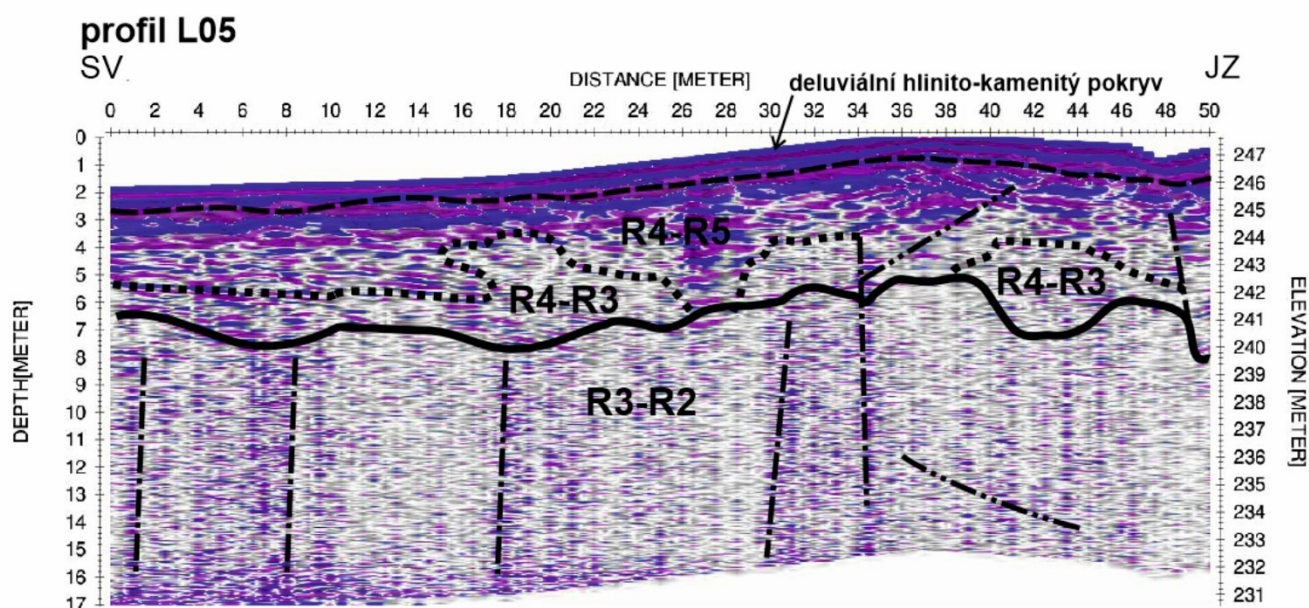
Sanace svahové nestability v areálu Zoo Brno

vertikálních i horizontálních zlomových struktur a puklinových zón, které výrazně ovlivňují pevnost hornin v místě jejich výskytu.



Obr. 17 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L03.

Posledním z podélných řezů je řez po profilu L05 (obr. 18), který byl situován cca 6 m od horní hrany svahu na horní ploše. Svrchní část horninového masivu se jeví jako silně degradovaná místy až do hloubek 6 – 8 m, kde detekujeme přechod do méně degradovaných hornin kat. R3 – R2. V rámci této vrstvy opět detekujeme výskyt množství převážně vertikálních zlomových struktur a puklinových zón.

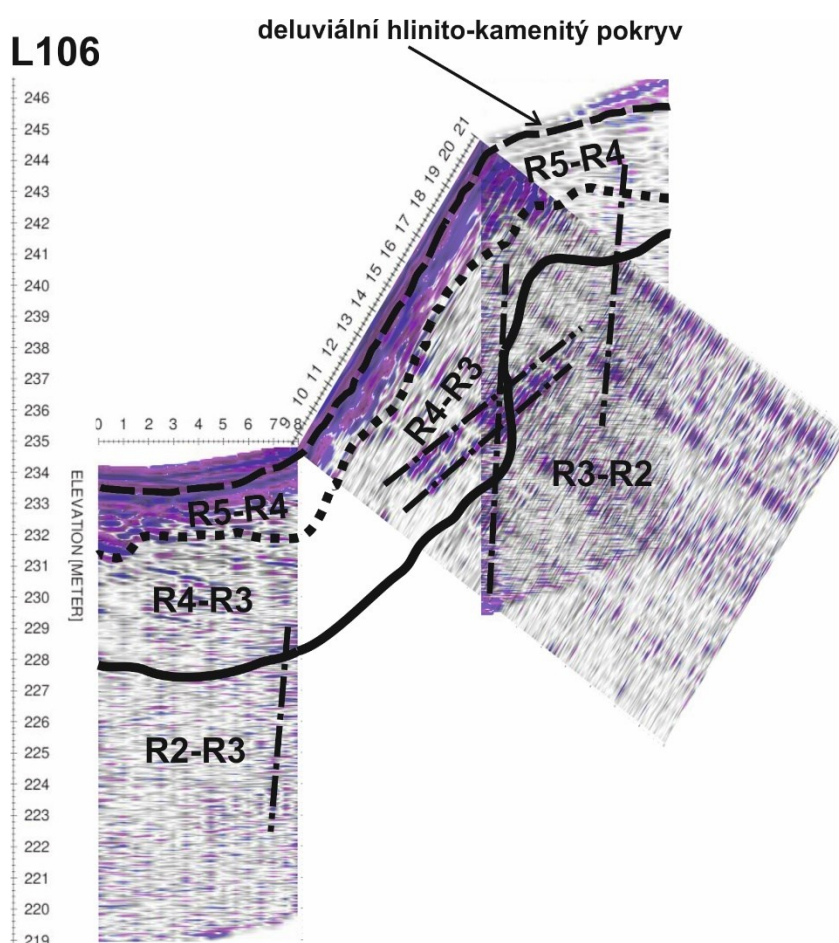


Obr. 18 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L05.

4.4.2. VYHODNOCENÍ PŘÍČNÝCH ŘEZŮ L106 – L108 (100 MHz)

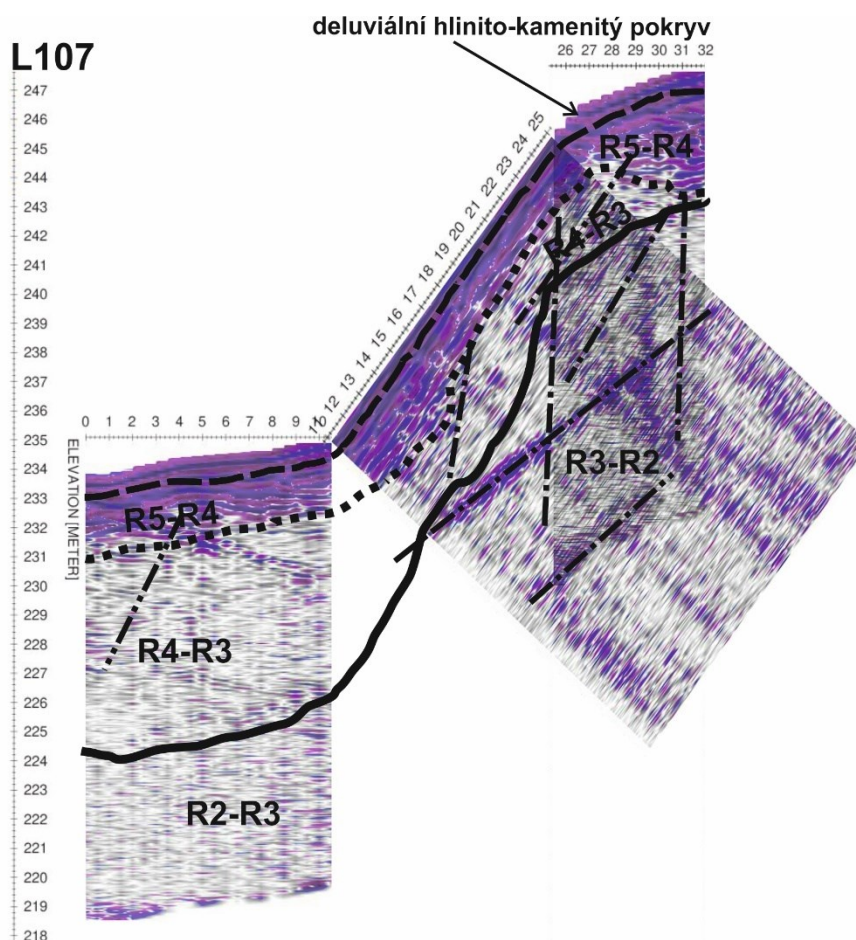
Příčné GPR profily L106 – L108 (obr. 19 - 21, příloha č. 4) byly situovány v příčném směru ze spodní plošiny svahu přes svah na horní plošinu svahu (viz. situace GF průzkumu na lokalitě, obr. 2, příloha č. 1). Při interpretaci byla provedena korelace s podélnými profily ERT, MRS a GPR.

Vertikální řez příčného profilu L106 (obr. 19) byl situován v levém křídle svahu. V řezu byla interpretovaná svrchní vrstva horninového masivu jako silně degradovaná a to až do hloubky cca 5 – 6 m. Horninový masiv se v horní části svahu a v prostoru horní plošiny jeví jako více degradovaný než je tomu ve spodní části svahu. Přejít do hornin kategorie R3-R2 v průměrné hloubce cca 6 – 8 m interpretujeme jako hladinu vhodnou pro sanační opatření svahu. V horní části svahu dále detekujeme přítomnost většího množství vertikálních i horizontálních zlomových struktur a puklinových zón, a to i ve vrstvě hornin kat. R3-R2. Tyto puklinové zóny výrazně ovlivňují pevnost masivu v prostoru jejich výskytu.



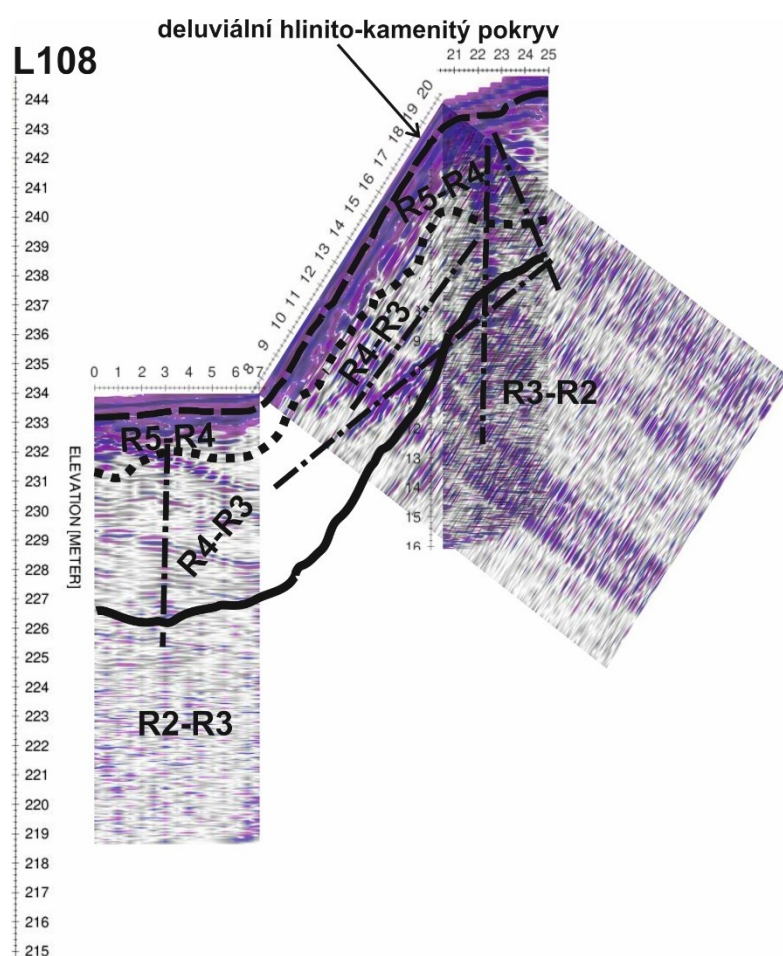
Obr. 19 Interpretovaný vertikální řez příčného profilu L106.

Vertikální řez po profilu L107 (obr. 20) byl situován přes středovou část svahu. Situace je zde obdobná jako na profilu L106. Ve spodní části pod patou svahu detekujeme degradaci horninového masivu do větší hloubky až cca 10 m. To je způsobeno přítomností depresní struktury, která je více popsána v řezu po profilu L00 a S3. Zároveň v tomto prostoru detekujeme puklinovou zónu, která navazuje na puklinový systém v horní části svahu. V horní části svahu v místě horní hrany a v prostoru horní plošiny detekujeme podle zvýšené reflexivity GPR signálu a rychlosti seis. vln nižší kategorii hornin a to R3. Přechod z hornin R4-R3 do kat. R3-R2 považujeme za hladinu vhodnou pro návrh sanačních opatření pro zajištění stability svahu.



Obr. 20 Interpretovaný vertikální řez příčného profilu L107.

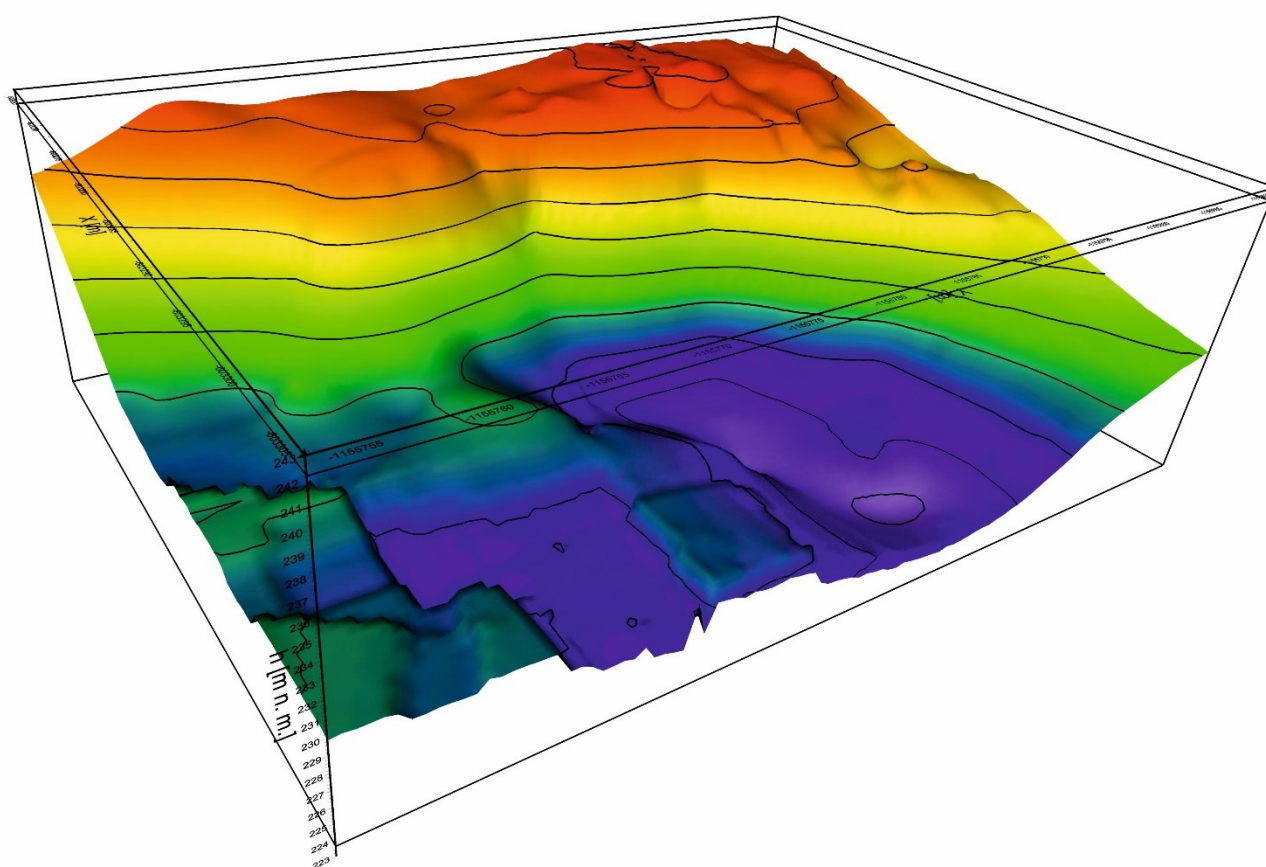
Poslední z řady příčných řezů je řez po profilu L107 (obr. 21), který byl situován v pravé části svahu. Situace je zde obdobná jako na předchozích dvou profilech L106 a L107 s tím, že v horní části svahu detekujeme větší míru degradace horninového masivu a to až do hloubky cca 8 m. Ve spodní části svahu se stále nacházíme v prostoru depresní struktury proto je zde míra degradace vyšší než v levé části svahu. Rozhraní hornin R4-R3 a R3-R2 zde detekujeme v hloubce cca 7 m. V řezu detekujeme opět množství převážně vertikálních zlomových struktur a puklinových zón. Celkově se tato pravá část jeví jako silněji zvětralá a degradace horninového masivu zde dosahuje větších hloubek než na straně levé.



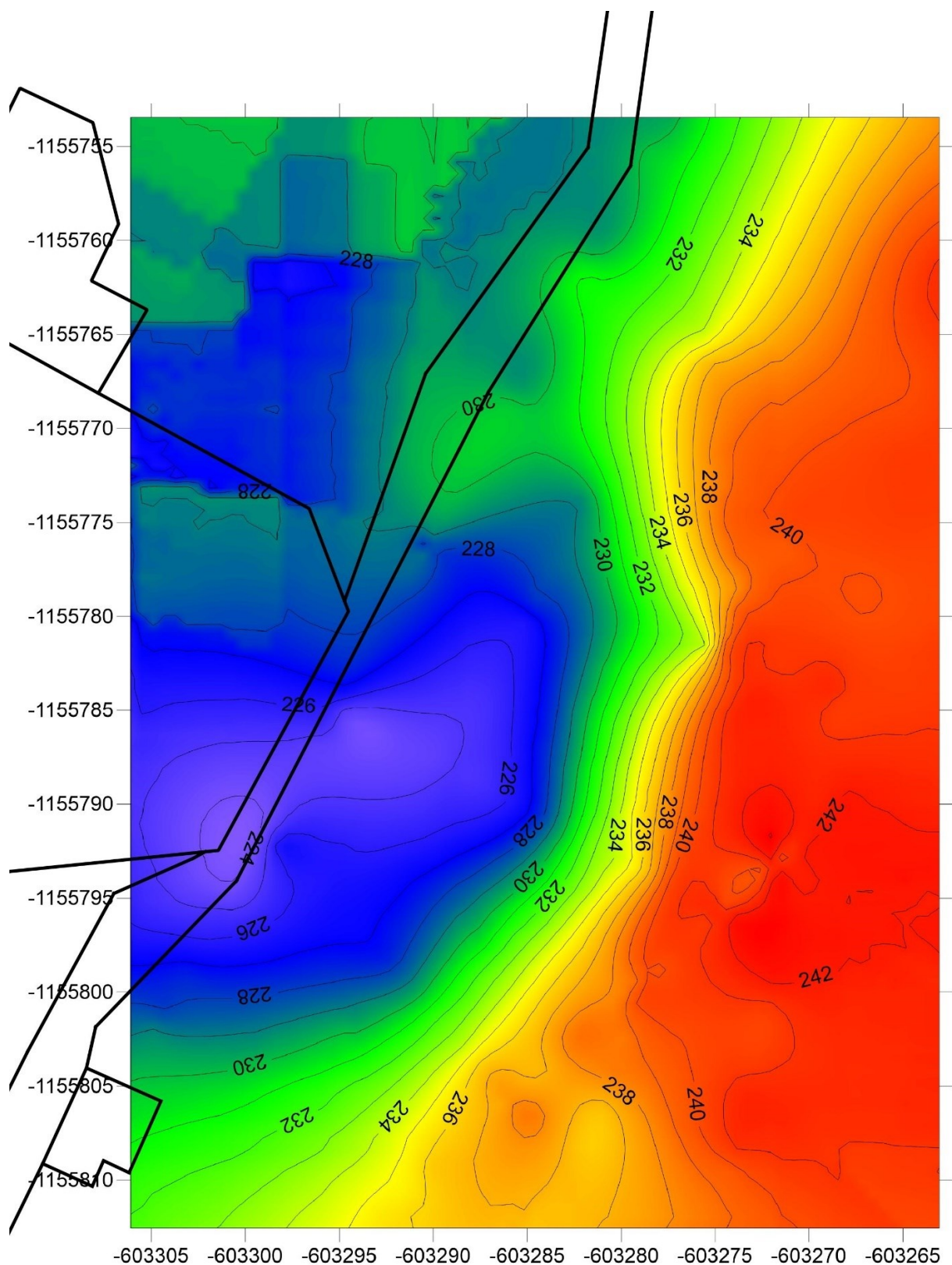
Obr. 21 Interpretovaný řez příčného profilu L108.

4.5. 3D MODEL ÚROVNĚ HORNIN KATEGORIE R3-R2

Pro sestavení 3D modelu úrovně vrstvy hornin kat. R3-R2, kterou určujeme jako hladinu pro návrh sanačních opatření na zajištění stability svahu byla využita komplexní data z celého GF průzkumu lokality. Výsledkem je 3D model úrovně hornin kategorie R3-R2 a 2D plošná mapa úrovně R3-R2 (obr. 22, 23; příloha č. 5) tohoto rozhraní. Dále je tato úroveň definována v tabulce souřadnic s přiřazenou nadm. výškou v systému S-JTSK EPSG 5514. Tabulka je součástí závěrečné zprávy jako příloha č. 6.



Obr. 22 3D model úrovně hornin kategorie R3-R2.

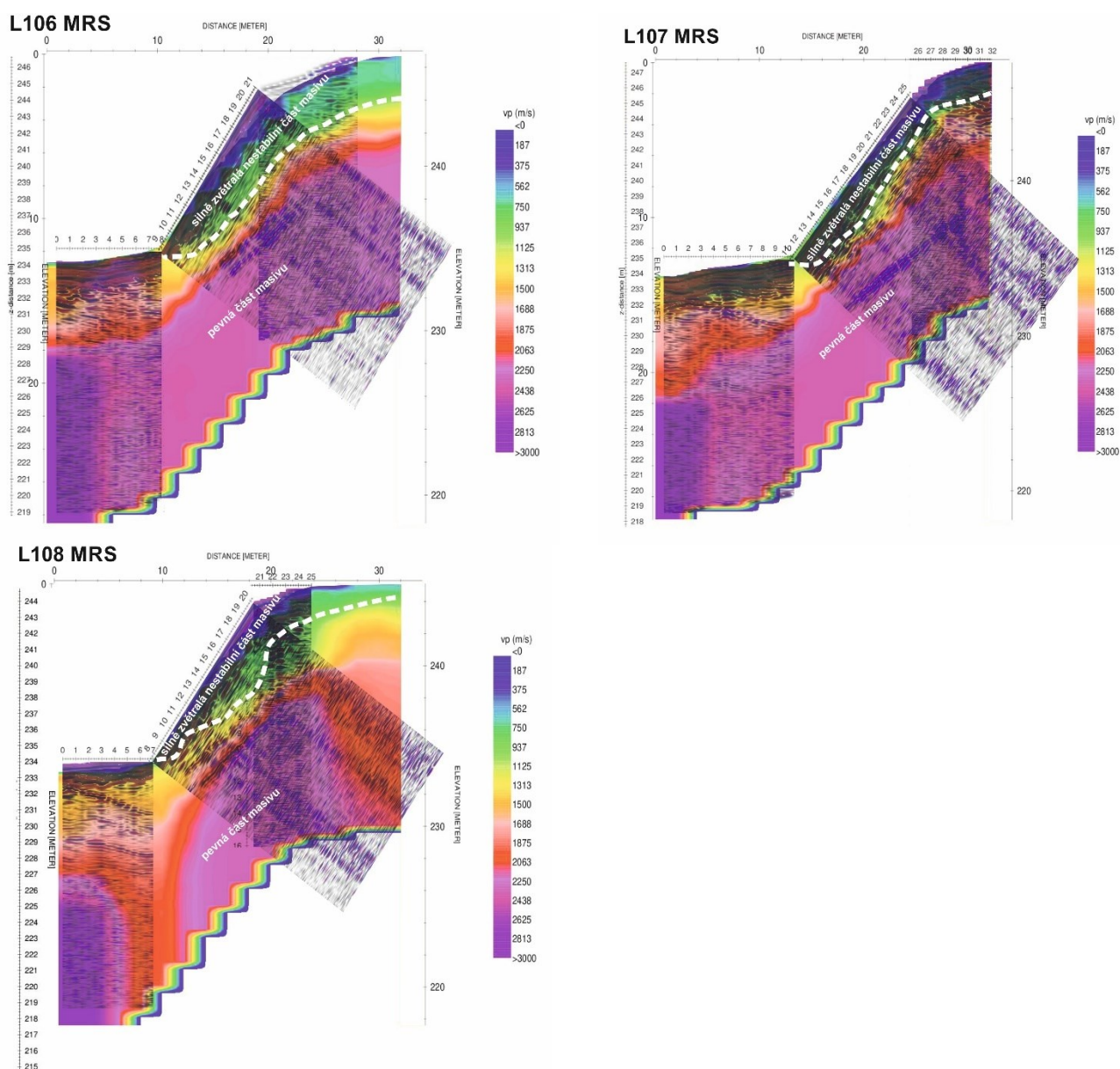


>

Obr. 23 2D plošná mapa úrovně hornin kategorie R3-R2

4.6. STABILITA SVAHU

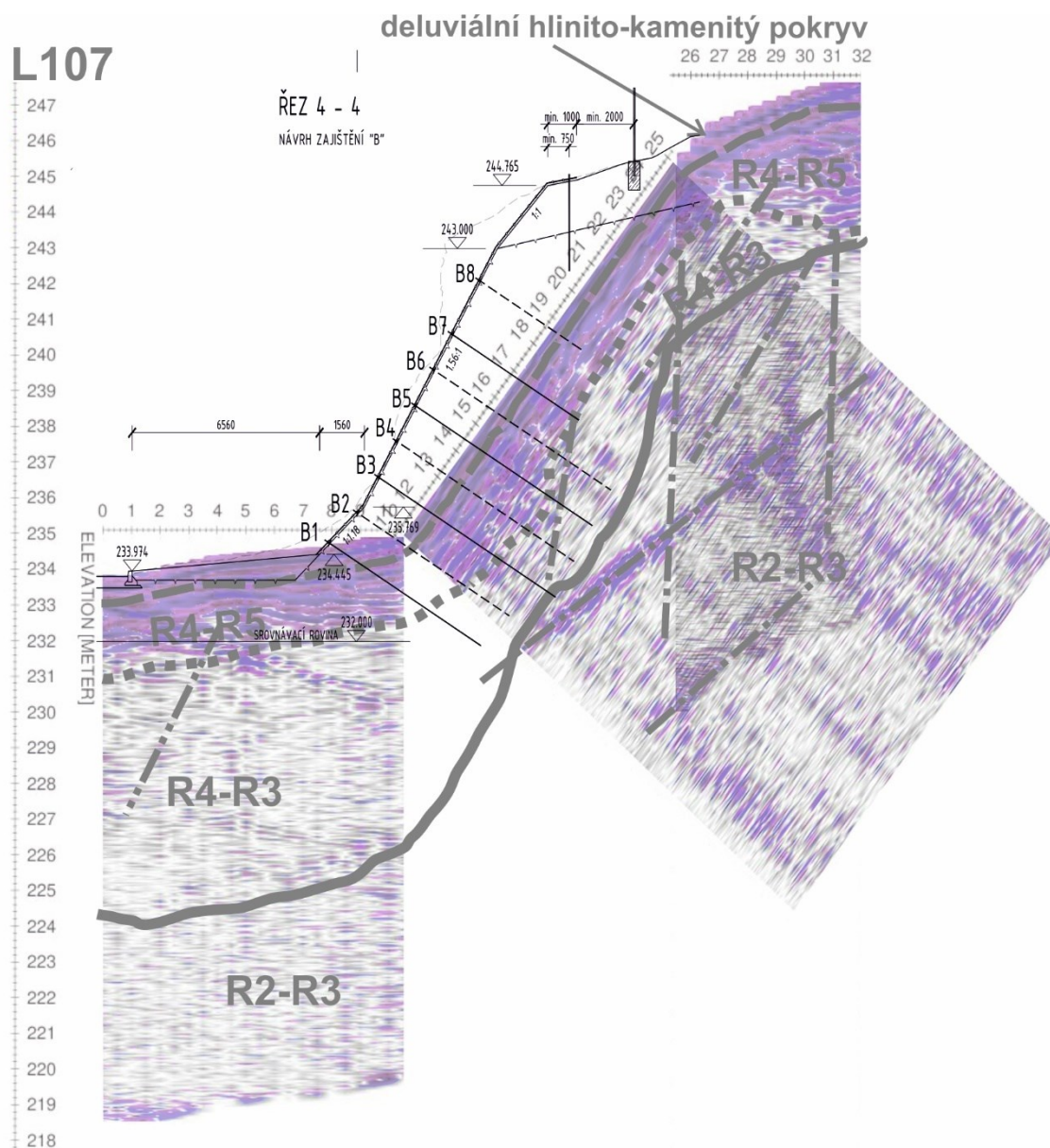
Z podélných řezů S1 – S4 byly v prostorech umístění příčných GPR profilů L106 – L108 sestaveny vertikální řezy L106 MRS – L108 MRS (obr. 24). Na základě reflexivity GPR signálu a rychlosti seis. vln z metody MRS byla v řezech bílou přerušovanou linií vymezena svrchní vrstva horninového masivu, kterou definujeme jako silně navětralou až zcela zvětralou nestabilní část masivu. V rámci této silně nestabilní části bude docházet ke vzniku lokálních odtrhů a sesouvání až vypadávání sutí až jednotlivých balvanů. Tuto svrchní část doporučujeme odtěžit.



Obr. 24 Řezy L106 MRS – L108 MRS s vymezením silně nestabilní části horninového masivu.

4.7. SOUČASNÁ PROJEKTOVANÁ SANAČNÍ OPATŘENÍ

Do příčného GPR řezu L107 situovaného středem svahu byl vložen řez 4 – 4 s projektovanými sanačními opatřeními. Je patrné, že projektované kotvy se stále nachází v silně degradované části horninového masivu, ve které se nachází množství jak vertikálních tak horizontálních zlomových struktur a puklinových zón.



Obr. 25 Řez projektovaných sanačních opatření na stabilizaci svahu.

5. ZÁVĚR

Geofyzikální měření bylo na zájmové lokalitě „areál Zoo Brno, U zoologické zahrady 147/46, 635 00 Brno - Bystrc“ (viz situace lokality; obr. 2, příloha č. 1) provedeno ve dnech 10. – 11. a 18. 9. 2024 za účelem vypracování podkladů pro návrh sanace svahu. Měření bylo provedeno za pomoci metody georadaru (GPR – 100 MHz), mělké refrakční seismiky (MRS), elektrické odporové tomografie (ERT) a dipólového elektromagnetického profilování (DEMP).

1. Podloží zájmové lokality je tvořeno horninami brněnského masivu. Jedná se především o amfibolické a biotit-amfibolické diority, metadiority až metagabra. Nejsvrchnější část tvoří deluviální hlinito-kamenitý pokryv.
2. V rámci průzkumu byly firmou Unigeo provedeny dva odvrtý B1 a B2 do stěny svahu. Z vrtných profilů je patrné, že je zde velká míra narušení svrchních částí horninového masivu a to jak vertikálními tak horizontálními zlomovými strukturami a puklinovými zónami.
3. Na MRS profilu S3 umístěném na spodní ploše svahu v úrovni paty je patrná výrazná depresní struktura, ve které je situovaná vrstva více degradovaných hornin R3-R4. Přejít do hornin R2 je patrný v hloubce 4 – 10 m a vzhledem k seis. rychlosti >2500 m/s lze tuto úroveň považovat za stabilní úroveň pro navrhovaná sanační opatření.
4. Z MRS profilů v horní části svahu je patrné, že svrchní část masivu je silně degradovaná a to až do hloubek cca 6-8 m. Dle rychlosti seis. vln ve vrstvě R3-R2 >2000 m/s lze říci, že v této vrstvě bude výraznější podíl horniny kategorie R3.
5. V metodě ERT byl detekován kompaktní horninový blok, který se nachází v depresní struktuře popisované na profilu S3. Tento blok je ovšem od bazické vrstvy R2-R3 oddělen výrazným jak odporovým tak rychlostním rozhraním.

6. Z metody DEMP zejména z první vrstvy v hloubce ~ 2,2 m je patrné rozložení zvýšené měrné vodivosti prostředí v rámci svrchní části masivu. Ke zvyšování vodivosti dochází právě na puklinových zónách a zlomových strukturách, a to přítomností vyššího množství půdní vlhkosti a podpovrchové vody. Vymezené puklinové systému navazují na aktivní odtrhy v horní části svahu detekované po deštích dne 18. 9. 2024.
7. V podélných GPR řezech bylo vymezeno rozhraní pevnostní kategorie hornin R3-R2 jako úroveň hladiny pro navrhovaná sanační opatření. Ve spodní části se tato úroveň pohybuje v hloubce 4 – 10 m v horní části svahu v úrovni 6 – 8 m přičemž míra degradace hornin v horních částech svahu je vyšší i ve vrstvě R3-R2.
8. V rámci příčných řezů byla rovněž vymezena úroveň pro navrhovanou sanaci jako rozhraní vrstev R3-R2. Z řezů je patrné, že míra degradace horní části svahu je výrazně vyšší než v části dolní. Zejména v prostoru horní hrany a horní části svahu je svrchní část masivu silně nestabilní a může docházet k lokálním odtrhům a vypadávání suti i větších balvanů. Tuto svrchní silně nestabilní část doporučujeme odtěžit.
9. Jako souhrnný výsledek GF průzkumu byl vedle jednotlivých řezů vytvořen digitalizovaný 3D model úrovně hornin kategorie R3-R2. Tato úroveň byla určena jako vhodná pro návrh sanačních opatření na zajištění stability svahu
10. Do příčného řezu L107 byl vložen řez projektovaných sanačních opatření. Z výsledného řezu je patrné, že navrhovaná délka a pozice – kořen kotev se nachází v prostoru silně degradované a nestabilní částí horninového masivu.
11. Navrhovaná sanační opatření zpracovaná v projektové dokumentaci doporučujeme na základě zjištěných skutečností optimalizovat.



12. V rámci optimalizace je nutné zvážení principu navrhovaného řešení, nebo komplexní změnu principu a technologie provedení sanačních opatření.

13. Doporučujeme zvážit kombinaci kotvené gravitační zárubní zdi se zpevněním horninového svahu.

V Brně, 29. září 2024

Zpracoval: Mgr. Vít Růžička

Spolupracovali: Mgr. František Hubatka

Mgr. Petr Kovář

Mgr. Bc. David Vaněček



 **KOLEJCONSULT & servis,**
spol.s r.o.
602 00 Brno, Křenová 131/35 IČO: 25301110
tel-fax: +420 543 254 144 DIČ: CZ25301110
tel: +420 543 254 278 e-mail: info@kcas.cz

.....
Vít RŮŽIČKA, Mgr.



 **KOLEJCONSULT & servis,**
spol.s r.o.
602 00 Brno, Křenová 131/35 IČO: 25301110
tel-fax: +420 543 254 144 DIČ: CZ25301110
tel: +420 543 254 278 e-mail: info@kcas.cz

.....
Ladislav MINÁŘ, Ing. CSc.





6. ANOTACE

Název zprávy: Sanace svahové nestability v areálu Zoo Brno

Určení hladiny pevného podloží pro navrhovanou sanaci svahu

Autoři: Mgr. V. Růžička

Organizace: KOLEJCONSULT & servis, spol. s r.o.

Počet stran: 37

Rozdělovník: 4 exempláře vyhotovení zprávy

(3) Zadavatel

(1) KOLEJCONSULT & servis spol. s r.o.

7. POUŽITÉ ZDROJE

Geovědní mapa 1:25 000. Brno-Bystrc [Online]. Praha: Česká geologická služba, 2024. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr25/>, [cit. 2024-09-16]

Mapový portál města Brna. [Online]. Brno: Magistrát města Brna. Oddělení GIS, odbor městské informatiky. Dostupné z: <https://gis.brno.cz/mapa/geologie-public/?c=-603160.85%3A-1155806.95&z=9&lb=zm-brno-seda-all&ly=uln%2Cvrt%2Carealy%2Criz-oblast%2Chydro-uz%2Cloz-uz%2Cgeol-uz%2Ckon-uz%2Cbyv-skl%2Czasak&lbo=1&lyo=&i=-603274.34%3A-1155766.50>, [cit. 2024-09-16]

Svahové deformace. Brno-Bystrc [Online]. Praha: Česká geologická služba, 2024. Dostupné z: [Databáze svahových deformací České geologické služby \(geology.cz\)](https://geology.cz) [cit. 2024-09-16]

Obsah

1. Předmět činnosti	2
2. Situační popis a rešerše	3
2.1. Situační popis	3
2.2. Geologické poměry	4
2.3. Vrtný průzkum	6
3. Metodika geofyzikálního průzkumu	7
3.1. Mělká refrakční seismika (MRS)	7
3.1.1. Popis metody MRS	7
3.1.2. Specifikace a parametry MRS průzkumu	7
3.2. Elektrická odporová tomografie (ERT)	8
3.2.1. Popis metody ERT	8
3.2.2. Specifikace a parametry ERT průzkumu	9
3.3. Georadar (GPR)	10
3.3.1. Popis metody GPR	10
3.3.2. Specifikace a parametry gpr průzkumu	11
3.4. Dipólové elektromagnetické profilování (DEMP)	12
3.4.1. Specifikace a parametry průzkumu DEMF	12
4. Vyhodnocení geofyzikálního průzkumu	13
4.1. Vyhodnocení MRS průzkumu	13
4.2. Vyhodnocení ERT průzkumu	16
4.3. Vyhodnocení DEMF průzkumu	17
4.4. Vyhodnocení GPR průzkumu	19
4.4.1. Vyhodnocení podélných řezů L00 – L05 (100 MHz)	19
4.4.2. Vyhodnocení příčných řezů L106 – L108 (100 MHz)	24
4.5. 3D model úrovně hornin kategorie R3-R2	28
4.6. Stabilita svahu	30
4.7. Současná projektovaná sanační opatření	31
5. Závěr	32
6. Anotace	35
7. Použité zdroje	35

Seznam obrázků

Obr. 1 Vyznačení zájmové lokality v širším kontextu území. Foto svahu jako zájmové lokality realizace GF průzkumu.	2
Obr. 2 Situace GF měření na zájmové lokalitě.	3
Obr. 3 Geologická situace lokality s vymezením na geologické mapě.	4
Obr. 4 Mapa svahových nestabilit v blízkosti zájmové lokality.	5
Obr. 5 Vrtné profily odvrťů B1 a B2.	6
Obr. 6 Vertikální hloubkový řez seismického profilu S3.	14
Obr. 7 Vertikální hloubkový řez seismického profilu S1.	15
Obr. 8 Vertikální hloubkový řez seismického profilu S2.	16
Obr. 9 Interpretovaný vertikální řez M1 (ERT).	17
Obr. 10 Plošná mapa zdánlivé měrné vodivosti hornin σ_z v hloubce ~2,2 m.	18
Obr. 11 Mapa vodivosti hornin h~4,2 m.	18
Obr. 12 Mapa vodivosti hornin h~6,7 m.	18
Obr. 13 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L00.	20
Obr. 14 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L01.	20
Obr. 15 Interpretovaný GPR řez podélného profilu L04.	21
Obr. 16 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L02.	22
Obr. 17 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L03.	23
Obr. 18 Interpretovaný vertikální řez podélného profilu L05.	24
Obr. 19 Interpretovaný vertikální řez příčného profilu L106.	25
Obr. 20 Interpretovaný vertikální řez příčného profilu L107.	26
Obr. 21 Interpretovaný řez příčného profilu L108.	27
Obr. 22 3D model úrovně hornin kategorie R3-R2.	28



Sanace svahové nestability v areálu Zoo Brno

Obr. 23 2D plošná mapa úrovně hornin kategorie R3-R2	29
Obr. 24 Řezy L106 MRS – L108 MRS s vymezením silně nestabilní části horninového masivu.....	30
Obr. 25 Řez projektovaných sanačních opatření na stabilizaci svahu.	31

Seznam tabulek

Tab. 1. Metráže geofonů a systém odpalů.	8
Tab. 2. Parametry měření ERT	10
Tab. 3. Přehled použitých georadarových antén a parametrů měření.	11
Tab. 4 Přehled hloubek vodivostních řezů metody DEMP.....	13

Seznam příloh

	Měřítko
1. Situace GF průzkumu na zájmové lokalitě	1 : 250
2. Interpretované GF profily M1 (ERT) a S1 – S3 (MRS)	1 : 250/200
3. Měrná vodivost zemin pro hloubky 2,2; 4,2; 6,7 m	1 : 500
4. GPR profily s vymezením pevnosti horninového masivu	1 : 250/200
5. 3D model hladiny pro navrhovanou sanaci R2-R3	1 : 250
6. Souřadnice XYZ horninového rozhraní R3-R2	