

Brno – Kopečná

Posouzení stavu podloží v místě propadu vozovky

Geofyzikální měření
Závěrečná zpráva

Zadavatel:

SVIPP s.r.o.
Čechyňská 14a
602 00 Brno
IČO: 45474877

Dodavatel - zpracovatel:



KOLEJ CONSULT & servis spol.s r.o.

Středisko geofyziky 2000
Ing. Ladislav Minář, CSc.
Křenová 35

602 00 Brno

tel-fax: 543 254 144, 602 737 573

IČO: 2530 1110

[mailto: minar@kcas.cz](mailto:minar@kcas.cz)

ROZDĚLOVNÍK

- 1 - 3 **SVIPP s.r.o.**
4 **KOLEJCONSULT & servis spol. s r.o.**

Zpráva je vyhotovena ve 4 exemplářích.

počet stran18

SITUACE



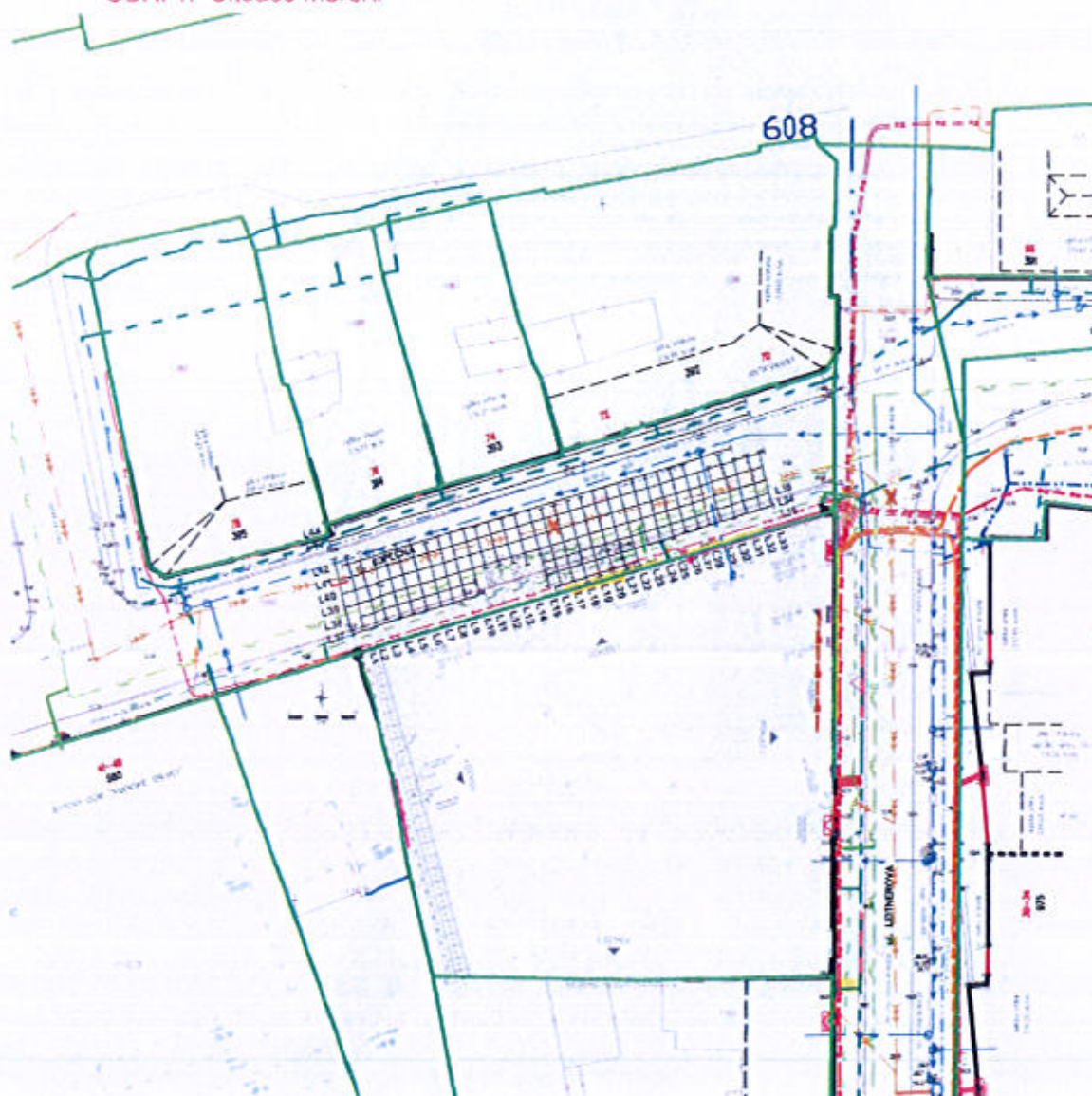
Zájmové území v leteckém snímku

1. ÚVOD

Na základě objednávky SVIPP s.r.o. bylo dne 8. srpna 2021 provedeno geofyzikální měření v místě propadu na ulici Kopečná, č.p. 70 - 76. Cílem měření bylo posouzení stavu podloží a objasnění příčiny propadu.

Georadarové měření bylo realizováno radarem PULSE EKKO Pro kanadské firmy Sensors & Software. Pozice jednotlivých profilů byla zaměřena a vynesena do situačního plánu, který poskytli objednatel, viz obr. 1.

OBR. 1. Situace měření



georadarové profily L0 – L44

1. 1. Stav lokality

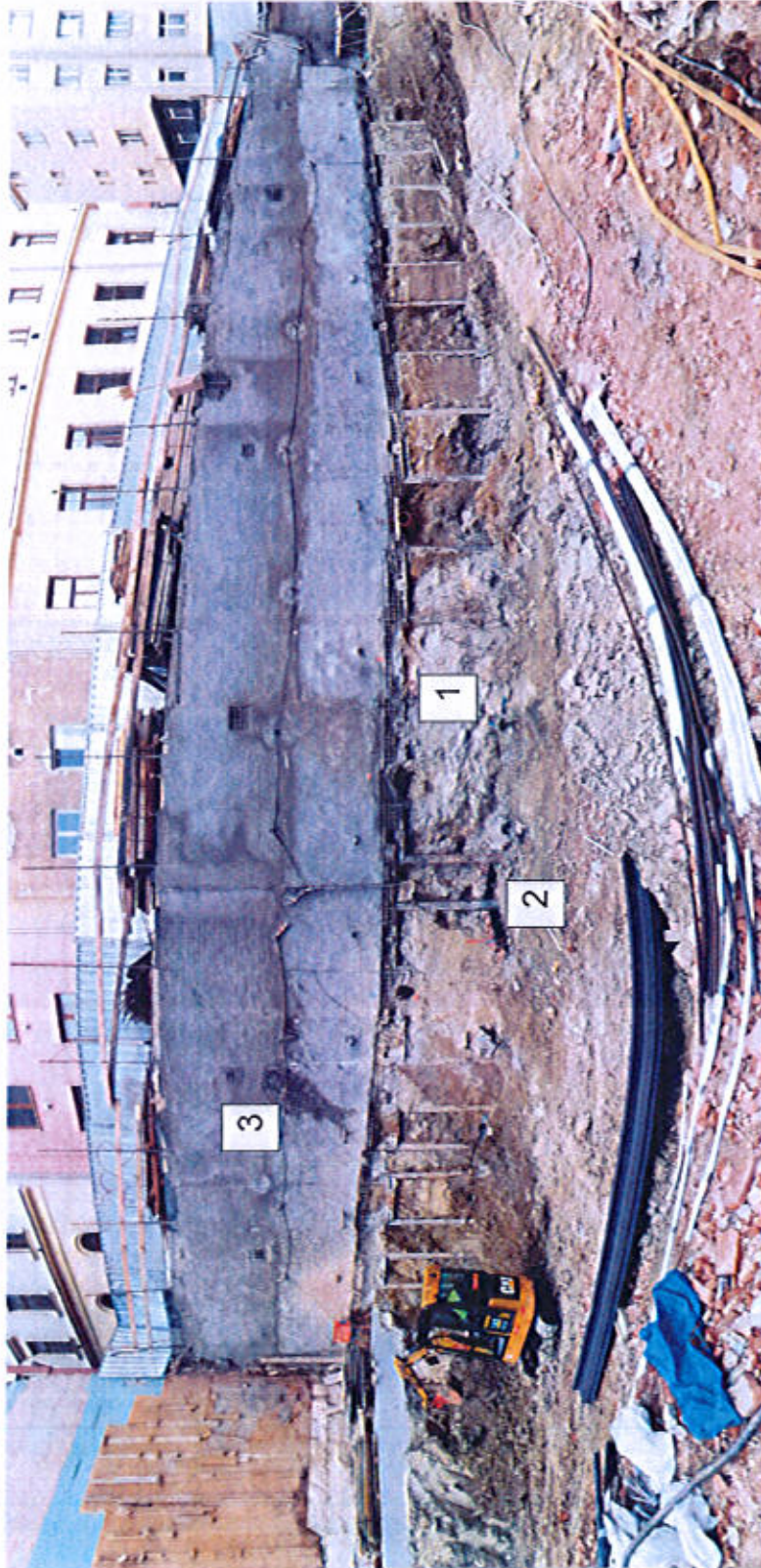


Foto. 1. Dokumentace stěny stavební jámy

Na fotce, kterou poskytl objednatel, lze sledovat základní atributy horninového prostředí a jeho původního narušení hornin – zemin:

1. Heterogenní horninové prostředí, včetně děličho sesuvného tělesa.
2. Starší zásahy do horninového prostředí, odvodňovací štola?
3. Prosakování vody.

1.2. Principy geofyzikálních metod

Metoda radarového profilování.

V trase geofyzikálního profilu je situován přijímač a vysílač signálu. Jejich vzdálenost a krok měření po profilu závisí na povaze řešeného úkolu (očekávaná hloubka hledaných těles, jejich rozměr apod.)

Vysílaný signál přijatý po odrazu od těles v zemi je aparaturou dále zpracováván a je možné jej sledovat na obrazovce připojeného počítače, kde se postupně přímo v terénu vykreslí celý geofyzikální řez po profilu.

Naměřená data se pak dále zpracovávají pomocí programového vybavení, které je součástí přístroje, popřípadě s pomocí dalších programových souborů (např. seismických). Systém zpracování umožňuje zvýrazňovat struktury v různých částech řezu, zatímco jiné jsou potlačovány. Těto možnosti bylo při zpracování výsledků široce použito.

Výsledné profily poskytují obraz o rozložení geologických těles v hloubkovém řezu a o jejich vzájemných vztazích (výše a níže uložené objekty, sledování vzájemné polohy vrstev atd.). Vzhledem k tomu, že pro zpracování je možno použít jen jednu hodnotu rychlosti šíření vln, dochází k určitému zkreslování hloubek v případě, že se v horninovém prostředí hodnoty rychlostí mění. Zkreslení obvykle není významné vzhledem k poměrně úzkému rozmezí možných změn rychlostí.

Hloubkový dosah měření lze do jisté míry ovlivnit výběrem frekvence, neboť vlny o nižší frekvenci pronikají do větších hloubek. V zásadě je však dosah ovlivněn geologickým složením řezu, konkrétně koeficientem útlumu elektromagnetických vln v jednotlivých horninách. Obecně je hloubkový dosah několik desítek metrů.

Foto. 2. Dokumentace měření



2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Z hlediska regionálně-geologického členění je zájmová oblast situována na severozápadním okraji terciérní karpatské předhlubně. Podle geologické mapy v měřítku 1:25000 by se zde měly nacházet bádenské jíly. V databázi vrtů nejsou v tomto místě evidovány žádné sondy.

OBR. 2a. Geologická mapa 1:25000



17. srpna 2021

pleistocén

eQp^3 spraše a sprašové hlíny

miocén

Nb^1 šedé vápnité jíly

$m^1 b_{em}$ metabazalt, zelená břidlice

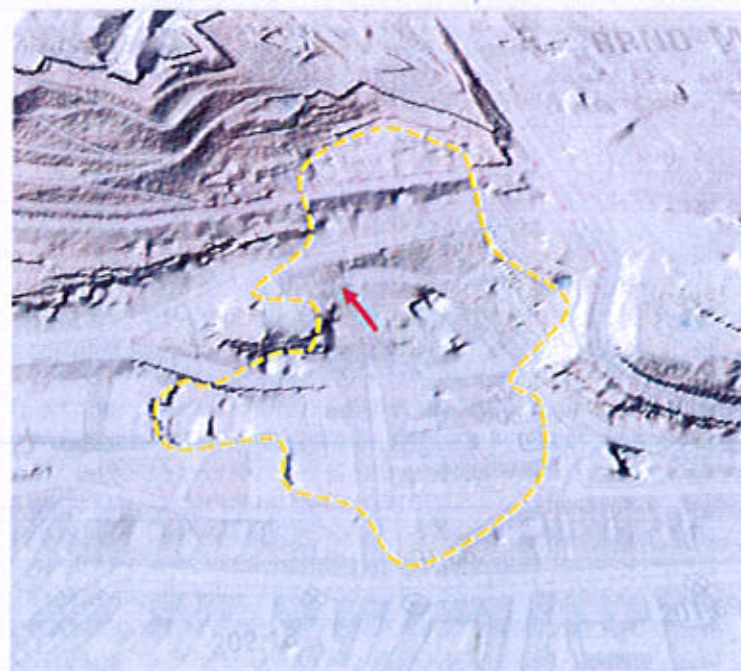


OBR. 2b. Mapa vrtů

2. 1. SVAHOVÉ POHYBY

V registru svahových nestabilit nejsou v zájmovém prostoru vyznačeny žádné stávající ani fosilní sesuvy. Na základě analýzy reliéfu terénu lze v v zájmovém prostoru vymezit starší sesuvné území (žlutá linie). Existenci starých sesuvů dokládají i nejnovější studie, viz *Bubík a kol.*

OBR.3a. Mapa geohazardů ČGS



OBR.3b.
Reliéf terénu CUZK

Dok. 1. Geologická studie

SEDIMENTY KARPATU A SPODNÍHO BADENU NA ULICI KOPEČNÁ V BRNĚ

Miroslav Bubík¹, Pavla Petrová¹, Rostislav Brzobohatý¹, Šárka Hladilová²,
Radek Mikuláš³

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno; e-mail: bubik@egú.cz, petrova@egú.cz

² Ústav geologických věd PíF MU, Kotlářská 2, 611 37; e-mail: sarika@sci.muni.cz, rosta@sci.muni.cz

³ Geologický ústav AVČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6, Czech Republic; e-mail: mikulas@gli.cas.cz



Obr. 2. Západní stěna stavebního výkopu na Kopečné ulici v Brně s vyznačením vzorků a hominových těles: 1 – metabazit brněnského masívu, 2 – vápnité jily („těgely“) spodního badenu, 3 – gravitačně deformovaná zóna jílu s tenkými čočkami písku, 4 – tělo sesuvu tvořené vápnitými jilami karpátu, 5 – makroskopicky neporušené vápnité jily karpátu, 6 – antropogén (navážky, morové jámy). Foto: M. Bubík.

Fig. 2. Westem wall of the excavation on the Kopečná street in Brno with indicated samples and rock bodies: 1 – metabasite of the Brno Massif, 2 – calcareous clay („tegel“) of the Lower Badenian, 3 – gravitationally deformed zone, layer of clays with thin lens of sands, 4 – landslide body of calcareous clays (Karpatian), 5 – externally undisturbed calcareous clays (Karpatian), 6 – anthropogenic sediments (dump, plague pits). Photograph: M. Bubík

Geodynamické jevy

Korytovitá struktura v s. části zářezu tvořená jilou karpátu je interpretována jako sesuv (tělo sesuvu). Je to nejjednodušší vysvětlení převrácené superpozice (karpát na badenu) pod jejím j. křídlem. Celá korytovitá struktura byla oddělena od podloží hladkou odlučnou plochou, pozorovanou přímo na několika místech po vypadnutí bloku jílu. Spádnice plochy měly střední úklony a směr zhruba k V (dovnitř výkopu). Vyplývá z toho, že zářez odkrývá již jen okraj akumulace, jejíž hlavní masa byla odtěžena. Na kontaktu karpatských a badenských sedimentů byla pod odlučnou plochou asi 0,5 m mocná deformovaná zóna rozklouzaných jílu s tenkými neprůběžnými polohami hnědošedých střednozrnných jílovitých písku. Tyto písky měly přibližně stejný charakter jako písky na bázi badenu.

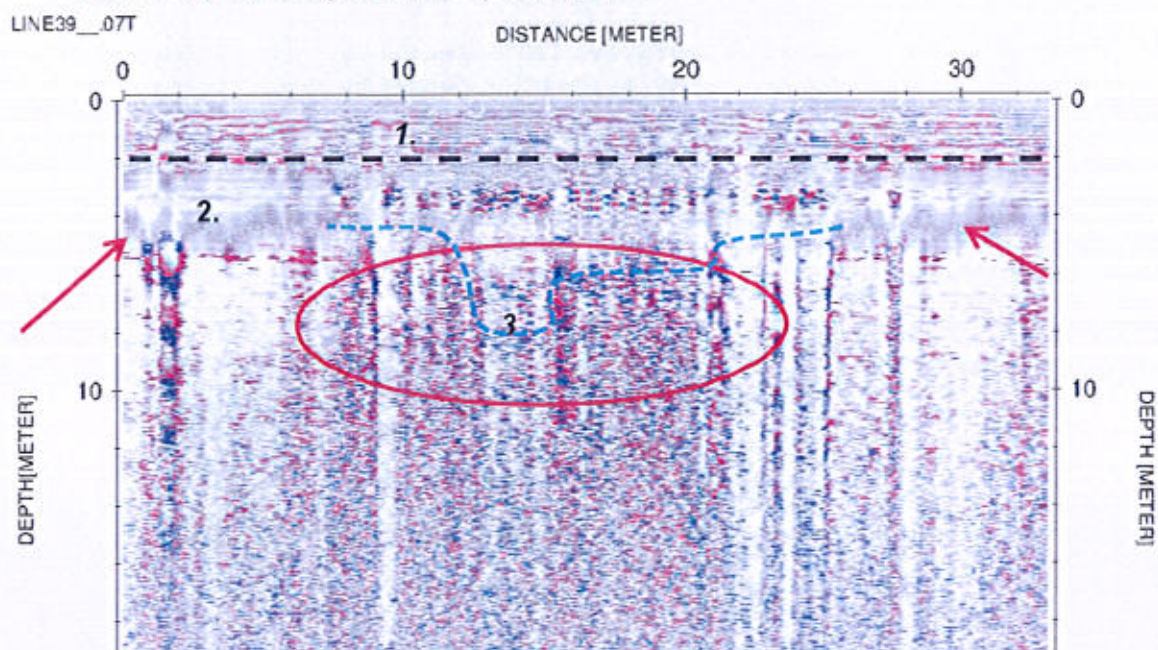
Jedna z poloh byla deformovaná vlečnou vrásou s amplitudou ca 10 cm. Jiná vložka písku byla jen mírně zvlňněná. Deformovaná zóna se od podložních badenských jílu liší hnědlavým odstínem. Neprůběžné polohy bělavých písku na odlučné ploše v s. části zářezu byly patrně vyvlečené sesuvem. V podloží odlučné plochy s písky vystupují vápnité jily karpátu obdobně jako v těle sesuvu. V zářezu nebylo možné rozhodnout, zda jsou tyto jily in situ nebo představují jen hlubší část sesuvu v rámci imbrikované stavby. Je nutno poznamenat, že jily v podloží činily dojem neporušeného sedimentu, zatímco jily v těle sesuvu byly zjevně rozklouzané až prohnětené. Kromě odlučné plochy omezující popisované tělo sesuvu byla pozorována podobně orientovaná plocha porušující badenské „těgely“ přímo pod s. pilířem zaniklého kostela. Je pravděpodobně, že další díle odlučné plochy zůstaly skryty pozorování uvnitř deformované zóny.

3. VÝSLEDKY GEOFYZIKÁLNÍHO MĚŘENÍ

3. 1. INTERPRETACE GEORADAROVÉHO MĚŘENÍ

Naměřené výsledky na georadarových profilech byly podrobeny zpracování v běžném režimu s použitím programového souboru EKKO SOFTWARE. Nadstavbové zpracování bylo provedeno programem REFLEXW 9. Převod časových radarových řezů na hloubkové byl proveden na základě měření CMP.

OBR. 4. Georadarový záznam - vyhodnocení

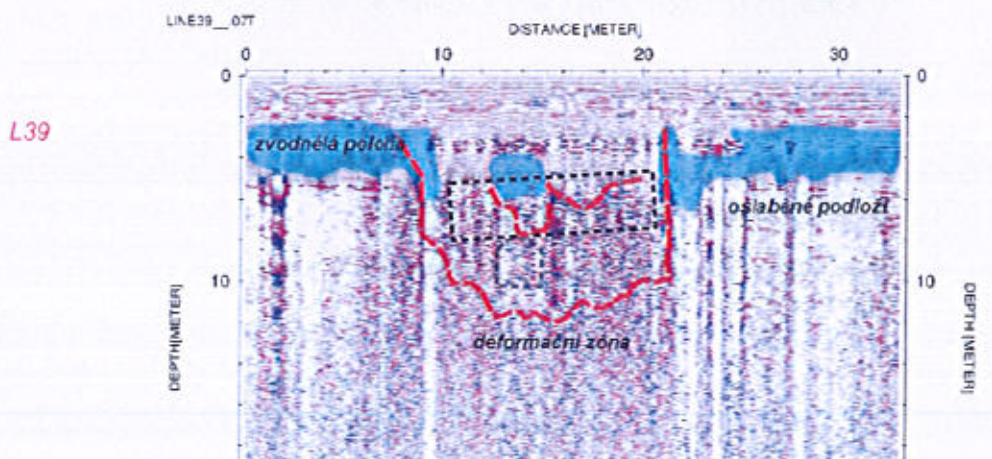
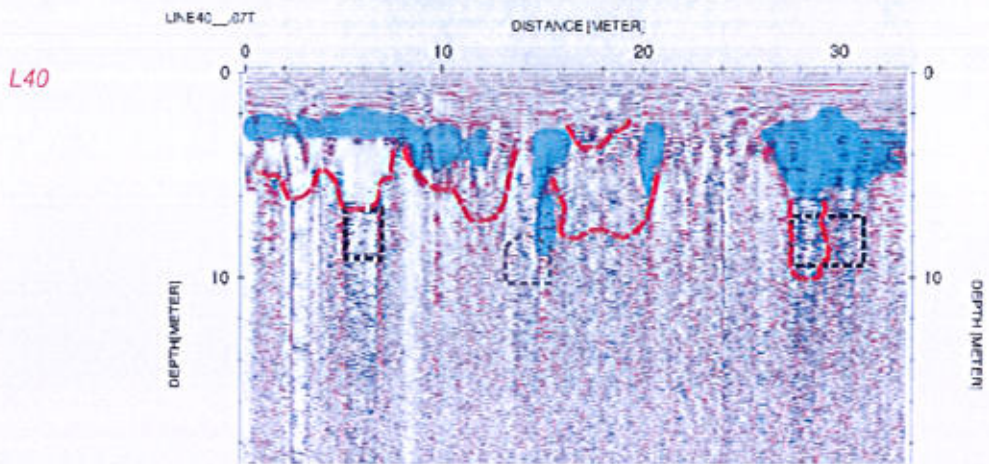
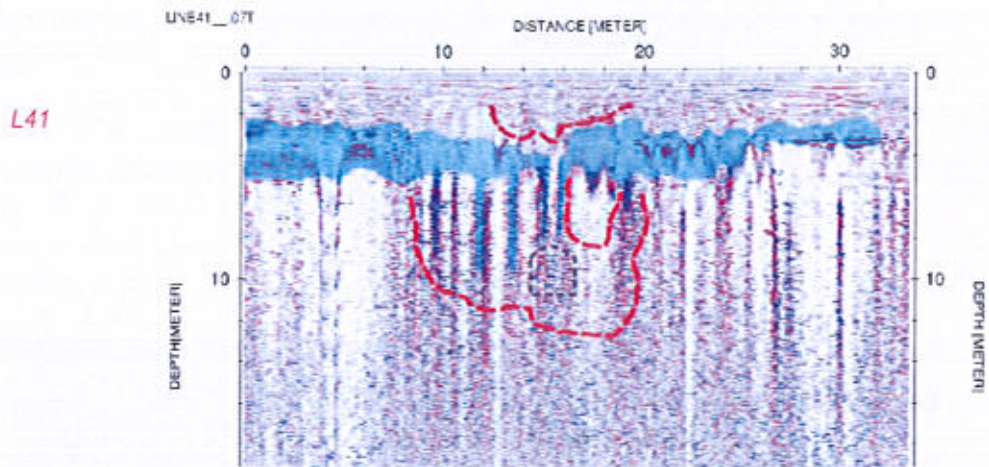


V hloubkovém řezu profilu L39, který byl situován těsně za místem propadu, detekujeme několik anomálních poloh, které jasně charakterizují stav podloží:

1. Povrchové útvary jsou tvořeny navážkami o mocnosti cca 2,2 m.
2. Fázová změna georadarového signálu ukazuje na přítomnost zvodnělé nebo silně provlhlé polohy v úrovni -3 až -5 m. Tato vrstva je mezi metrážemi 10 až 20 přerušena a sledujeme zde zasakování vody do hlubších partií podloží.
3. Zvýšené reflexivita radarového signálu detekuje intenzivně porušené podloží v hloubce 5 až 10 m.

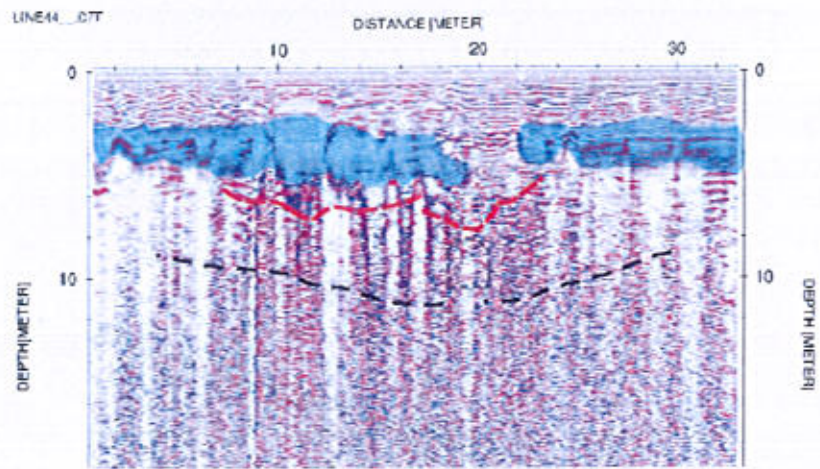
Hlavním výstupem vyhodnocení měření jsou interpretované georadarové hloubkové řezy s vymezením zvodnělé polohy (modrá plocha) a deformačních zón v podloží (červeně přerušované linie). Černou linkou je vymezena báze sesuvného tělesa, viz obr. 5.

OBR. 5a. Georadarové záznamy ve směru ulice Kopečná

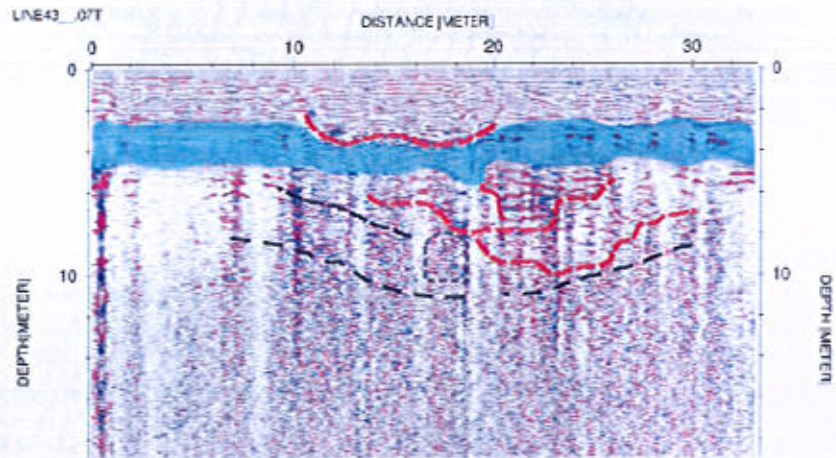


OBR. 5b. Georadarové záznamy ve směru ulice Kopečná

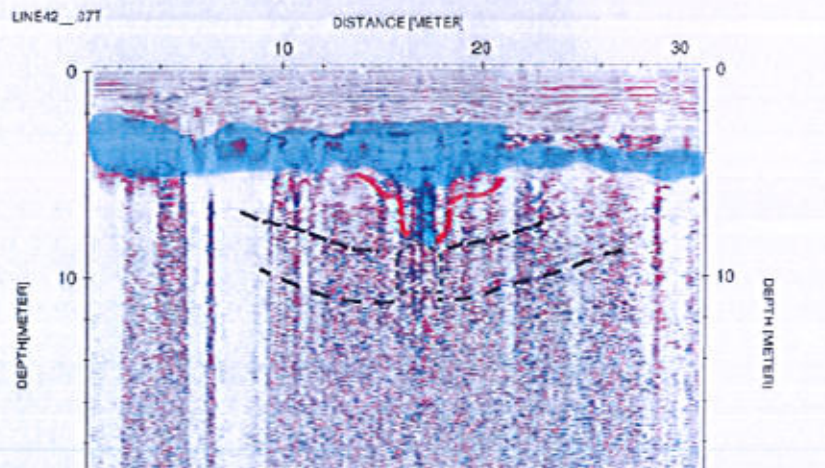
L44



L43



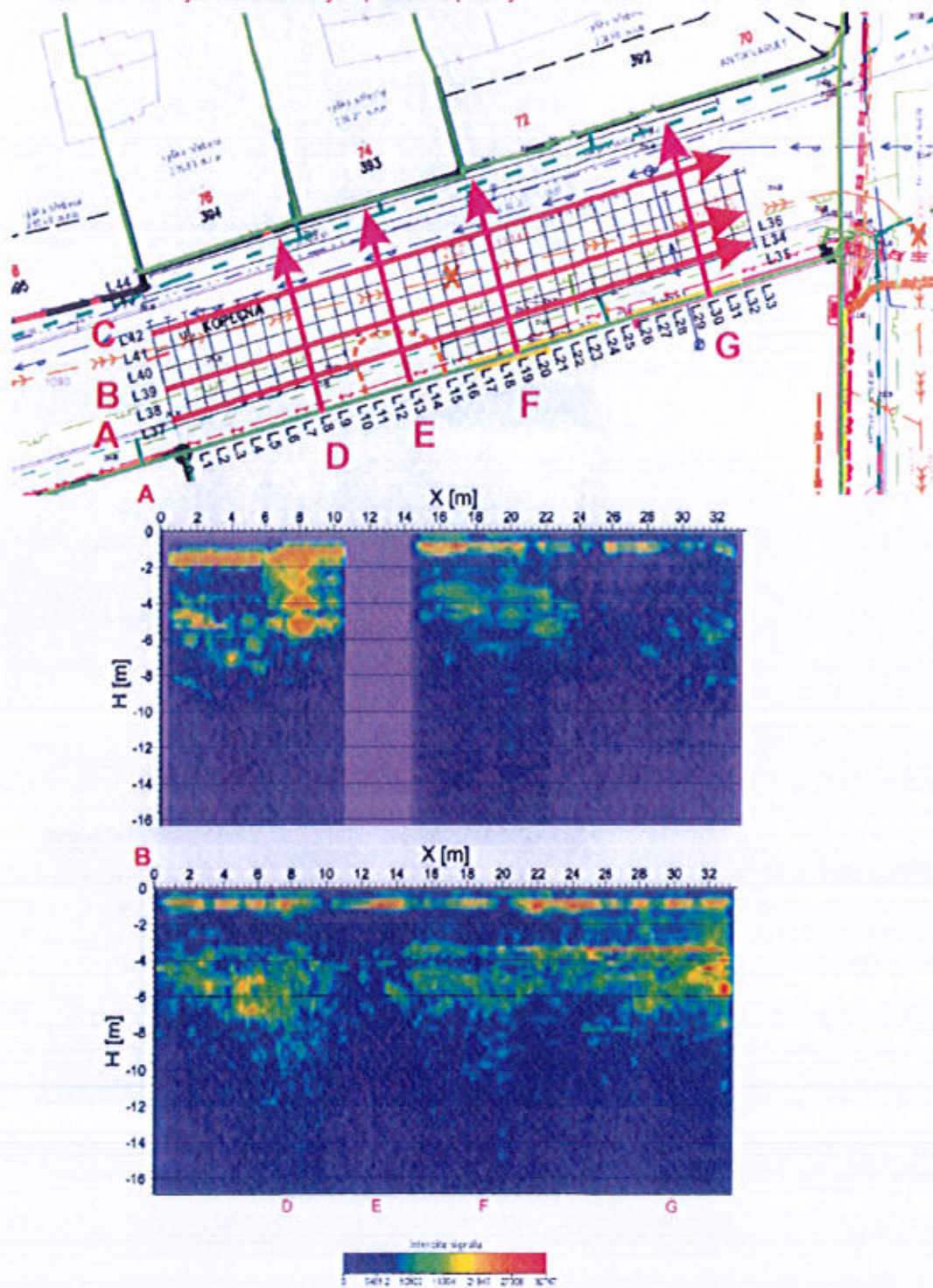
L42



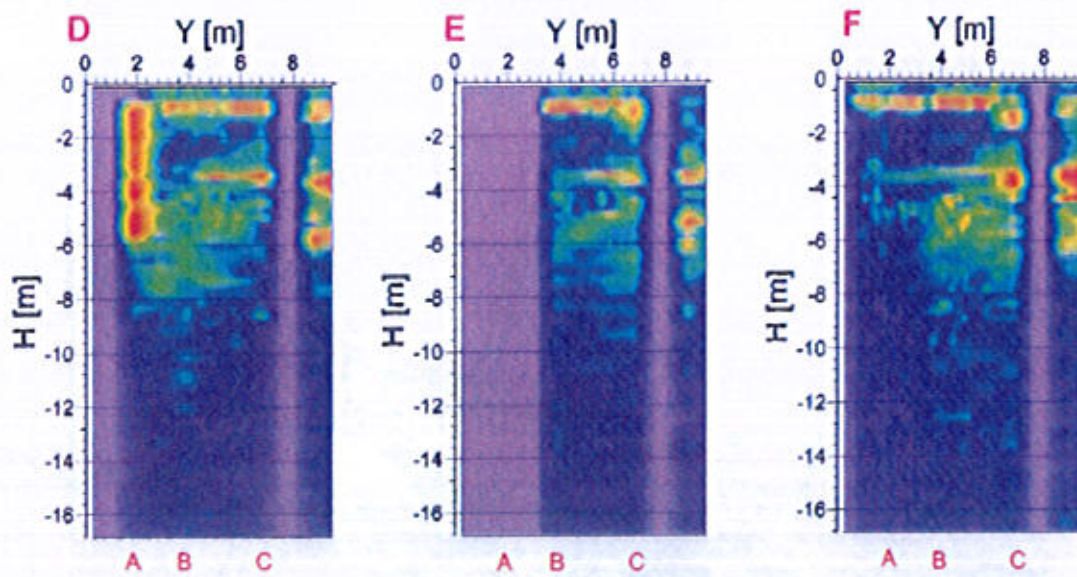
3. 4. OBJEMOVÉ ZMĚNY

Radarové měření též zpracováno programem Voxler za účelem sledování objemových změny v podloží proměřeného úseku ulice. Objemové změny v zeminách sledujeme hlavně v hloubce 4 až 7 m a jsou pravděpodobně spojeny s narušeným podložím a zasakováním vody.

OBR. 6a. Objemové změny – podélné profily

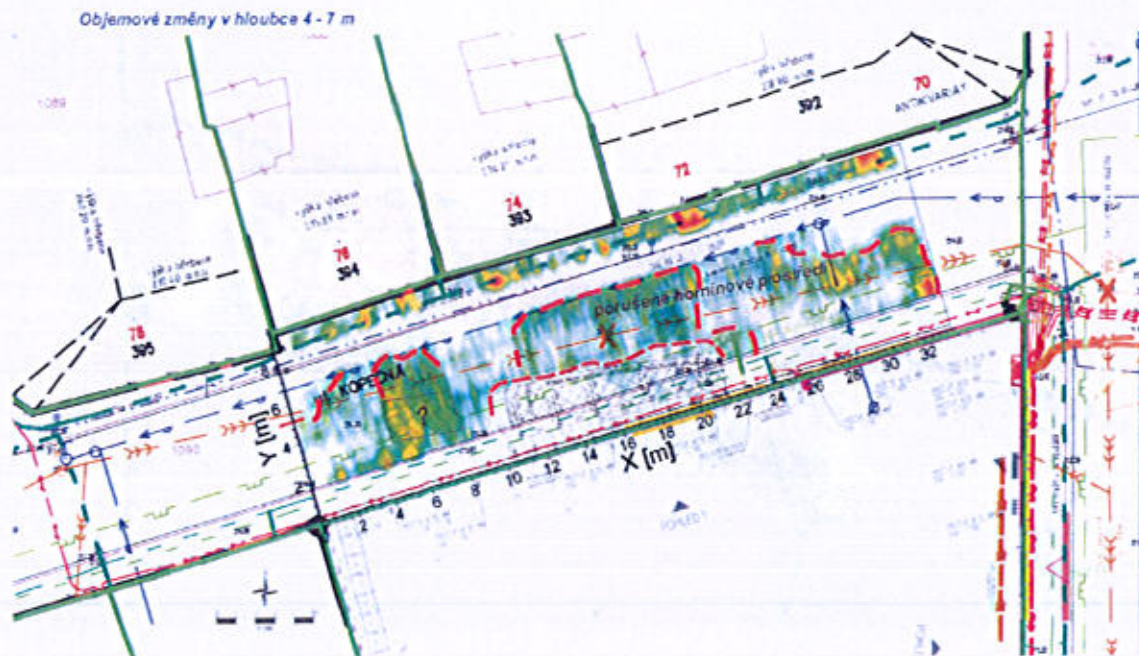


OBR. 6b. Objemové změny – příčné profily



V diagramu jsou objemové změny vyobrazeny barvami od zelené přes žlutou k červené. K největším objemovým změnám dochází v prostoru, kde se vyskytuje oranžová až červená barva.

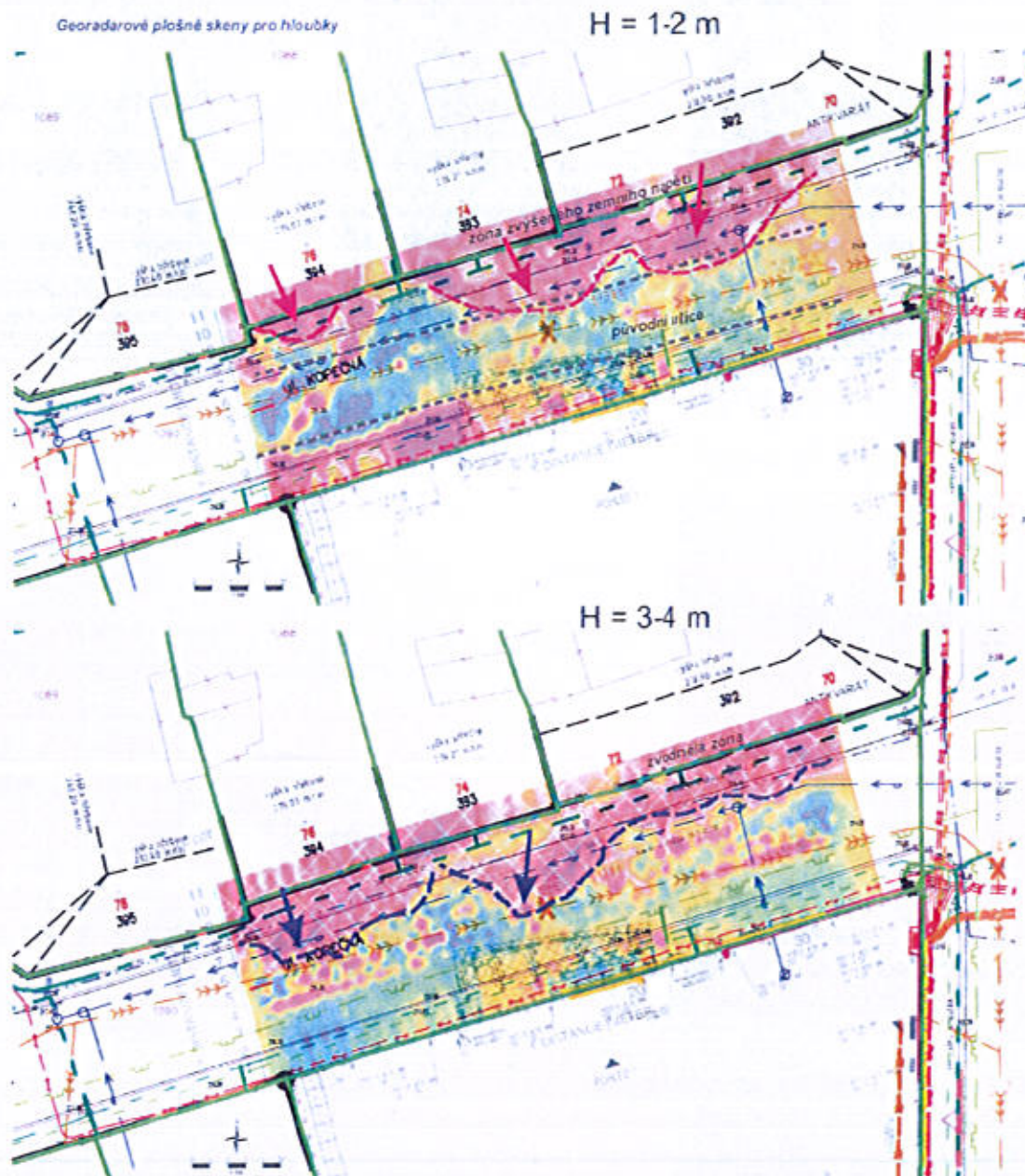
OBR. 7. Objemové změny v úrovni -4 až -7 m



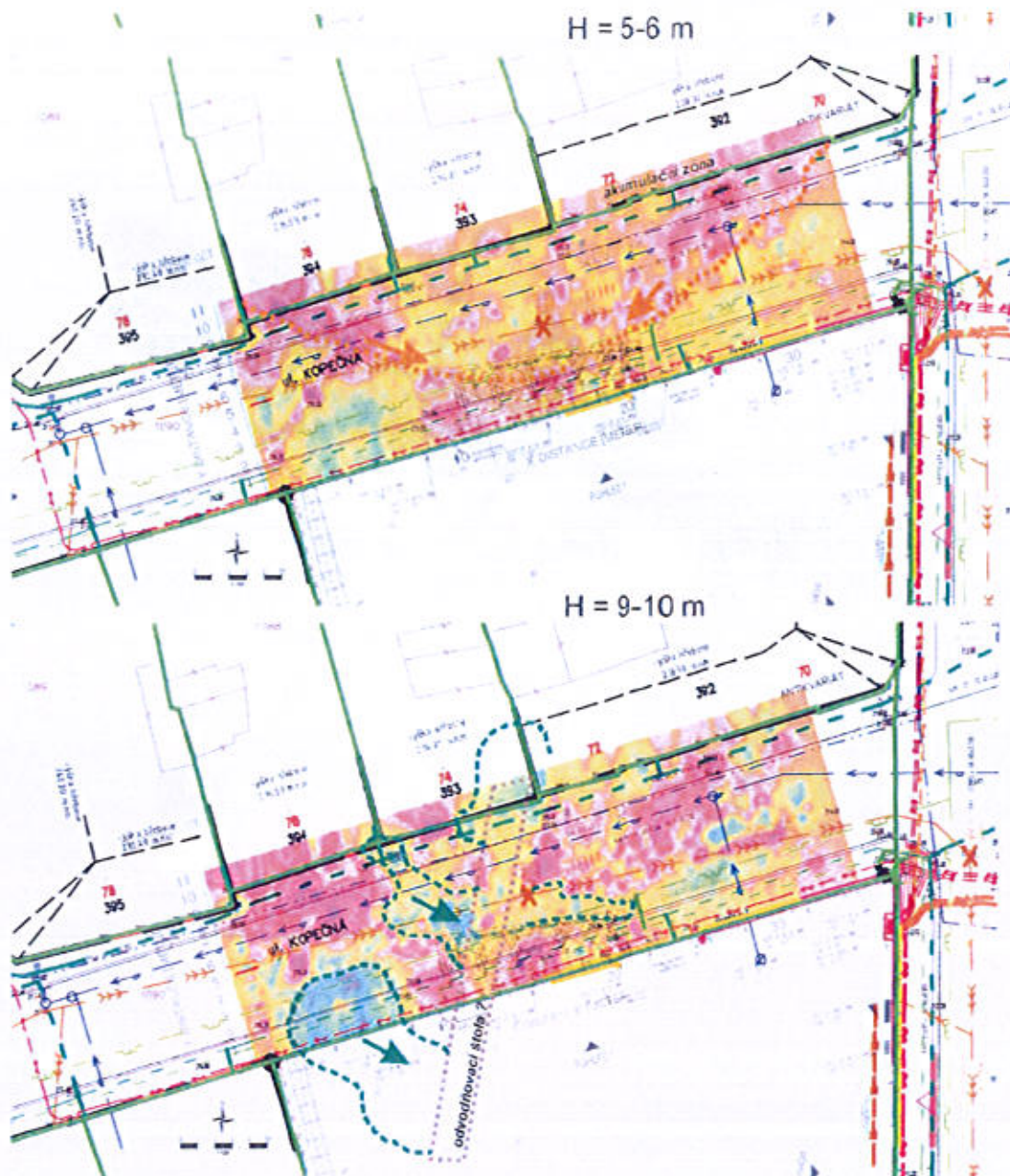
3. 3. PLOŠNÁ KORELACE

Georadarové měření bylo zpracováno ve formě plošných 2D skenů pro vybrané hloubkové úrovně.

OBR. 8a. Georadarové skeny

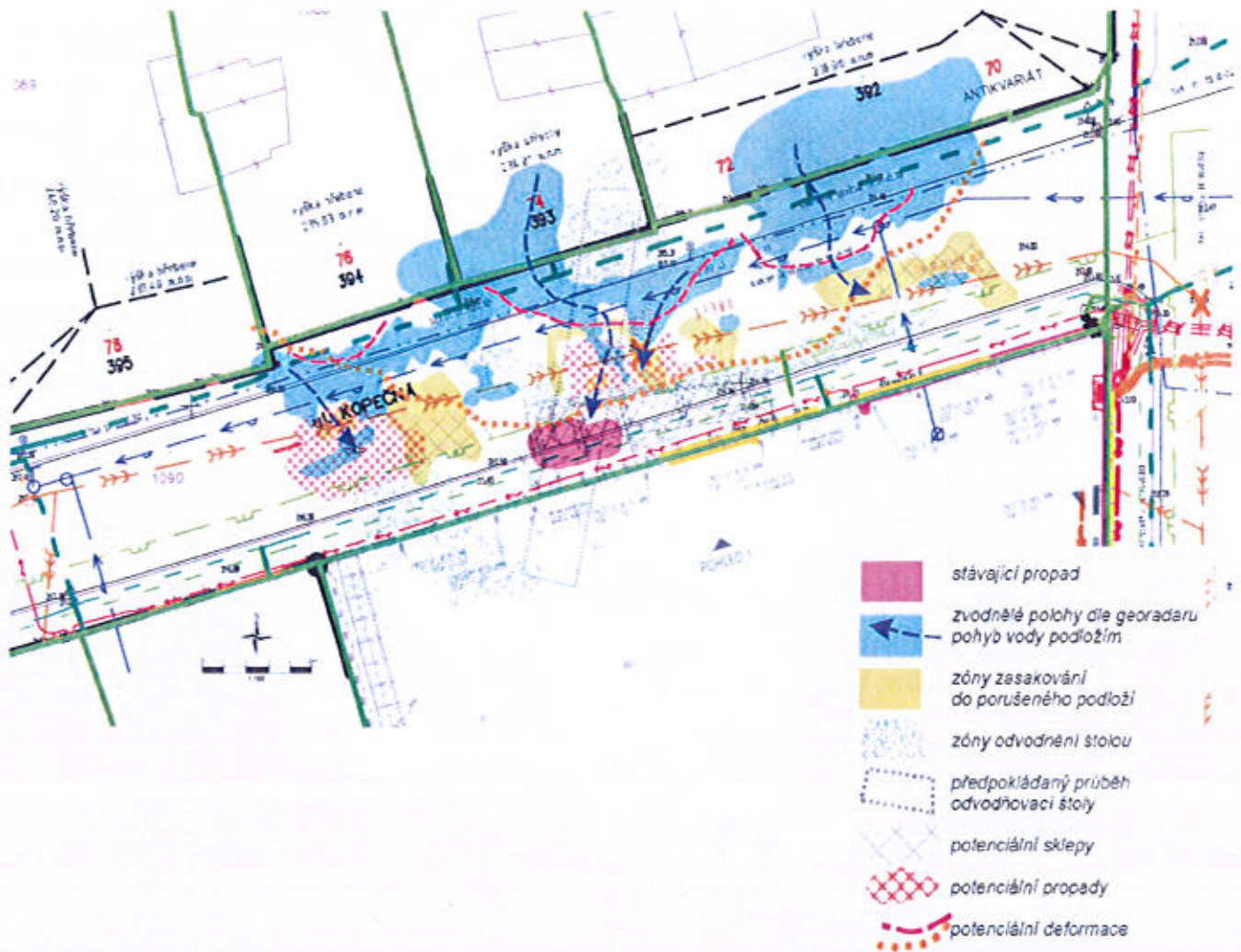


OBR. 8b. Georadarové skeny



Hlavním výstupem měření je mapa georadarových anomálií, které jsou zatříděny dle charakteristického projevu.

OBR. 13. Korelace geofyzikálních anomálií



4. ZÁVĚR

V rámci geofyzikálního měření na lokalitě Brno – Kopečná bylo provedeno geofyzikální měření Georadarem za účelem posouzení stavu podloží v místě propadu. Hlavním výstupem jsou interpretované radarové řezy a plošná korelace detekovaných anomálií.

Výsledky geofyzikálního měření lze shrnout do následujících bodů:

1. Zemní těleso v místě zájmového objektu je dle geologické mapy tvořeno bádanskými jíly. Pokryvné útvary jsou zastoupeny sprašovými hlínami, které jsou překryty cca 2,2 m mocnou vrstvou navážek. V úrovni 4 ž 7 m se vyskytují starší, částečně zaniklé podzemní objekty.
2. Dle fotodokumentace záporové stěny je horninové prostředí v hloubce 5 až 8 m velmi heterogenní, vedle bádanských jíků (zelenošedé polohy) se zde vyskytují i litologicky a stratigraficky odlišná tělesa, viz např. poloha světlešedých jíků v nadloží obnažení klenby odvodňovací štoly. Mohlo by se jednat o sesuvný blok karpátu, tak jak to dokládá geologická studie autorů Bubík a kol.
3. Této skutečnosti odpovídá i měření georadaru, které v plošném skenu pro hloubku 5 až 6 m detekuje mísovité rozhraní - kumulační část staršího sesuvu, jehož čelo se dotýká objeveného sklepa, a to právě v místě stávajícího propadu (obr. 8b).
4. Jak ukazují hloubkové radarové řezy, báze sesuvného tělesa se nachází v hloubce 8 až 10 m. Na profilech L42 až L44 interpretujeme viditelná mísovitá rozhraní v délce 20 až 25 m. V radarových záznamech jsou patrné dynamické změny signálu v jejich nadloží (obr 5b). Zvýšená intenzita signálu v úrovni -4 až -7 m ukazuje na větší míru porušení horninového prostředí a objemové změny v zeminách.
5. Z geofyzikálního měření vyplývá, že hlavní příčinou propadu vozovky na ulici Kopečná bude s velkou pravděpodobností koincidence starého sklepa a čela fosilního sesuvu. V těchto místech sledujeme vyšší míru narušení horninového prostředí. K vyšší míře porušení pravděpodobně přispívá i existence staré odvodňovací štoly, která nad sebou vytváří deformační kužel.
6. Ukazuje se (profil L41 na obr. 5a), že do oslabeného prostoru dlouhodobě zatéká voda ze zvodnělé polohy, kterou detekujeme v hloubce 3 až 5 m. Z plošného skenu pro hloubku 3 až 4 m lze vymezit souvislou anomální zónu na severní straně ulice Kopečná, včetně fázového posunu v místě propadu. Fázový posun signalizuje směr pohybu vody.
7. Voda do prostoru natéká pravděpodobně z horní části Leitnerovy a přilehlé části Pekařské ulice.
8. Současně se ukazuje, že se v hloubce 1 až 2 m (úroveň základů domů) vyvíjí dynamická zóna, která signalizuje zvýšení tlak v zeminách a možnost reaktivace pohybu, což by mohlo mít vliv na stabilitu blízkých objektů.
9. Vedle objeveného sklepa jsme vymezili ještě dvě další potenciální polohy. Před domem č.p. 394/76 jsme vyznačili místo dalšího potenciálního propadu.

Na základě georadarového měření předkládáme následující doporučení:

1. V zájmovém prostoru situovat 2 – 3 průzkumné vrtý, které upřesní litologické a hydrogeologické poměry.
2. Provést doplňující geofyzikální měření za účelem zjištění struktury a rozsahu sesuvu a detekce přítoků vody.
3. Zajistit objekty na severní straně ulice proti svahovému pohybu. Jedná se o domy č.p. 392/70, 392/72, 393/74 a 394/76.

Brno, 19. srpna 2021

zpracoval: **Mgr. František Hubatka**
Mgr. Petr Kovář
Ing. Jiří Hruška

 **KOLEJ CONSULT & servis,**
spol. s r.o.
002 00 Brno, Křenová 131/35 IČO 25301110
tel./fax: +420 543 254 144 DIČ CZ25301110
tel: +420 543 254 273 e-mail: info@kolej.cz

Ladislav Minář, ing. CSc.