

GEOtest	Odpovědný řešitel	Zpracovatelé podkladů	Schválil
	Mgr. M. Novotný	Ing. R. Duras, Ing. J. Gebauer	RNDr. L. Klímek, MBA
Objednatel: Statutární město Brno, Dominikánské nám. 1, 601 67			
Název zakázky: Brno Bystřice Kamechy, předběžný geotechnický průzkum pro prodloužení tramvajové tratě	Datum	červen 2016	
	Číslo zakázky	15 7535	
	Měřítko		
Název přílohy: Geofyzikální průzkum	Číslo přílohy	10	
	Číslo výtisku		

Obsah

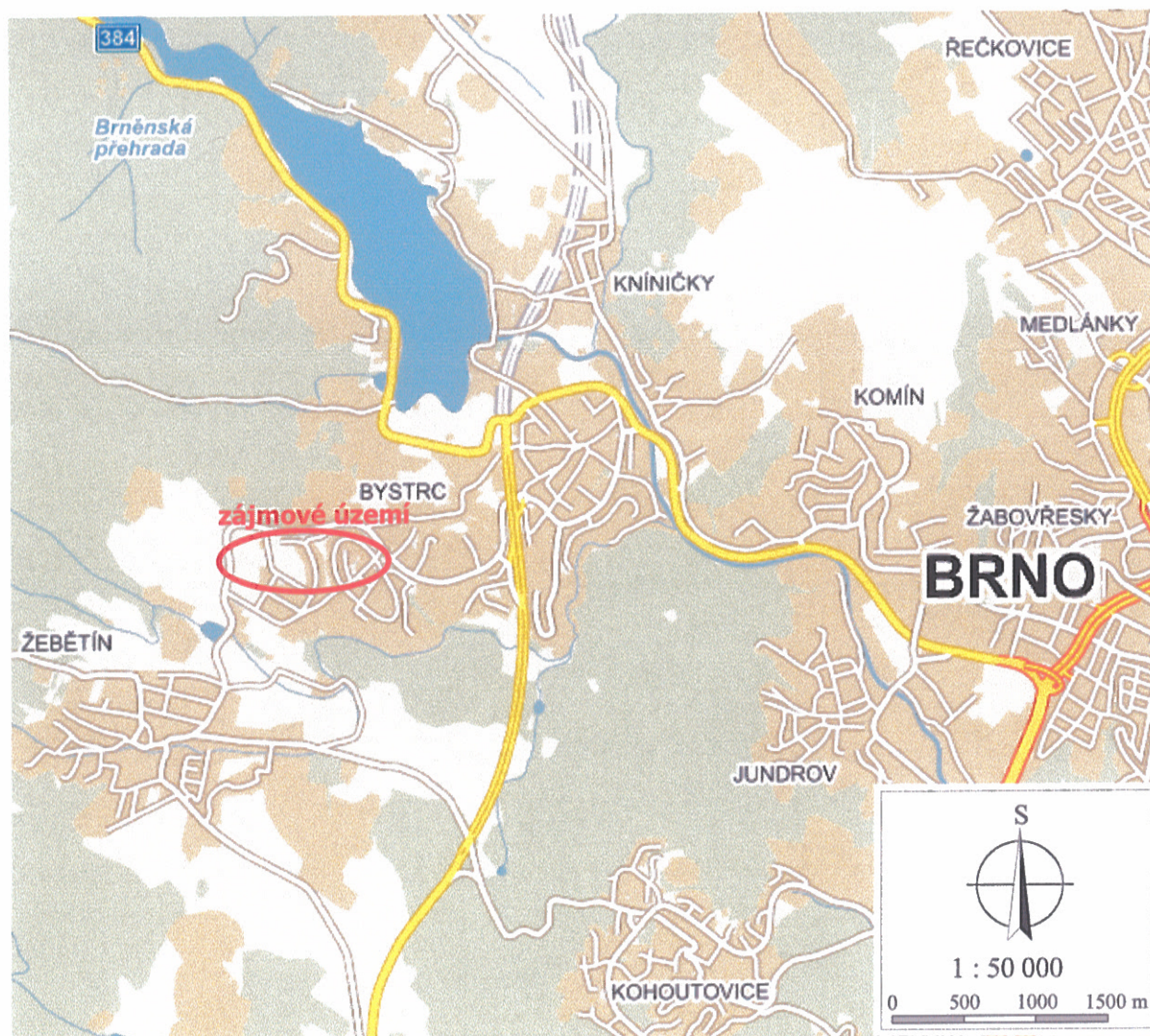
1. Úvod	1
2. Metodika průzkumných prací.....	2
2.1 Mělká refrakční seizmika	2
2.2 Vertikální elektrické sondování.....	2
2.3 Symetrické odporové profilování	3
2.4 Elektrická odporová tomografie	4
3. Výsledky geofyzikálního průzkumu.....	6
3.1 Geofyzikální průzkum nad tunelem a v jeho okolí	6
3.2 Geofyzikální průzkum v předpolí tunelu.....	9
4. Závěr	11

1. Úvod

V rámci etapy předběžného geologického průzkumu pro prodloužení tramvajové trati v zájmovém území Brno Bystrc – Kamechy byl proveden na jaře 2016 geofyzikální průzkum, jehož účelem bylo objasnit geologickou stavbu v definovaných úsecích. Prvním úsekem byl fragment tramvajové trasy mezi stávající smyčkou Ečerova a severovýchodním portálem projektovaného tramvajového tunelu, dále úsek tunelu samotného, prostor za jihozápadním portálem a konečně krátký úsek v závěru projektovaného prodloužení tramvajové tratě.

Geofyzikální práce sestávaly z metody ERT – elektrické odporové tomografie, MRS – mělké refrakční seizmiky, VES – vertikálního elektrického sondování a SOP – symetrického odporového profilování. Oblast průzkumu je vyznačena na obrázku 1-1.

Geofyzikální práce realizovalo pracoviště geofyziky GEOTestu, a.s., kde odpovědným řešitelem byl ing. Roman Duras, držitel odborné způsobilosti v geofyzice č.1939/2005 (vydavatel Ministerstvo životního prostředí).



Obr. 1-1 Situace geofyzikálního průzkumu (zdroj mapového podkladu: www.mapy.cz)

2. Metodika průzkumných prací

Pro potřeby geofyzikálního průzkumu byl zvolen komplex geofyzikálních metod VES, ERT, SOP a MRS. Geoelektrické metody VES, ERT a SOP studovaly horninové prostředí pomocí uměle generovaných elektrických polí a metoda MRS byla projektována pro účely posouzení mechanických vlastností hornin za základě distribuce seizmických vln horninovým prostředím.

2.1 Mělká refrakční seizmika

Mělká refrakční seizmika (MRS) je speciální aplikací metody lomených vln pro zkoumání malých hloubek. Od klasické metody lomených vln se liší používáním relativně nízkenergetických zdrojů elastického vlnění, přenosnými aparaturami a snímači, schopnými registrovat vyšší frekvence seizmického vlnění. Na rozdíl od aparatur pro průzkum velkých hloubek (např. naftový průzkum) musí být aparatury pro MRS schopny odečtu menších časů a též musí mít vyšší rozlišovací schopnost. Důvodem jsou krátké časy, které musíme při řešení geologie malých hloubek použít. Ke zpracování naměřených dat se používá specifických interpretačních postupů, které zohledňují pozvolné změny rychlostí s hloubkou v přípovrchových částech geologických profilů.

Pro potřeby zpracování seizmických dat byla pro účel průzkumu použita metoda t_0 a metoda kritických vzdáleností. Data z měření byla zpracována a interpretována pomocí specializovaného programu REF a následně upravena v grafickém prostředí Surfer, Grapher a Corel.

Seizmický průzkum byl realizován pomocí aparatury GEODE (Geometrics). Aparatura je přenosná, modulární, 24kanálová, konstruovaná s důrazem na mělký reflexní a refrakční průzkum. Aparaturu lze řetězit, propojením např. 10 jednotek lze sestavit pole o 240 snímačích. Aparatura je řízena externě připojeným počítačem. Přístroj umožňuje sumování neomezeného počtu impulsů, jejich filtraci a regulaci signálu v paměti přístroje. Sumace signálu umožňuje potlačit vliv nahodilých jevů. Přístroj byl spouštěn okamžikem počátku působení seizmického zdroje.

Metoda MRS byla aplikována v plném rozsahu v úseku tunelu (průzkumné profily P1 – P4) a přilehlé oblasti za jihozápadním portálem (průzkumný profil P5), viz obrázek 3-1. Vzdálenost geofonů na všech realizovaných profilech byla stanovena 4 m. Zdrojem seizmického vlnění byly údery kladiva, na každém seizmickém položení bylo použito 7 bodů výbuchu. Na lokalitě Brno – Kamechy bylo metodou MRS proměřeno celkem 720 m průzkumných profilů.

2.2 Vertikální elektrické sondování

Metoda vertikálního elektrického sondování (VES) se používá pro zjišťování skokových změn měrného odporu hornin ve vertikálním směru. Principem metody je růst hloubkového dosahu metody s růstem vzdálenosti proudových elektrod. Při odporovém sondování se používají následující uspořádání elektrod:

- Schlumbergerovo
- Wennerovo
- tříelektrodové gradientové
- dipólové.

Nejobvyklejším je čtyřelektrodové Schlumbergerovo uspořádání, kdy všechny elektrody A, B, M, N leží v přímce a jsou symetricky rozmístěny podle středu uspořádání, který je totožný

s bodem zápisu. Elektrody tvoří při terénním měření dva základní okruhy - proudový okruh AB a měřicí okruh MN. Proudový okruh slouží k zavádění proudu do země pomocí elektrod AB a k měření velikosti používaného proudu. Měřicí (neboli potenciálový) okruh zabezpečuje zjišťování rozdílu potenciálů mezi elektrodami MN. Vzdálenost elektrod MN bývá menší než vzdálenost proudových elektrod AB. Body VES bývají řazeny do profilů nebo pokrývají zkoumanou oblast v síti profilů.

Sondážní křivky VES získáme, v případě nejčastěji používaného Schlumbergerova uspořádání, vynesemím zdánlivých měrných odporů ρ_z v závislosti na délce roztažení AB/2. Zdánlivý měrný odpor pro jednotlivé body roztažení určíme pomocí vztahu:

$$\rho_z = k * \Delta U / I$$

kde : **I** je proud zaváděný do země elektrodami A a B
 ΔU je napětí mezi měřicími elektrodami M a N
k je konstanta uspořádání daná vztahem $k = \pi * AM * AN / MN$

Na lokalitě Brno – Kamechy bylo použito Schlumbergerovo uspořádání elektrod a měřeno aparaturou ARES společnosti GF Instruments s.r.o. Předností ARESu je dobrá elektronická vybavenost a jednoduchá obsluha v terénu. Poskytuje podporu standardním a speciálním elektrodám a kompatibilitu s rozšířenými druhy interpretačního software. Pro měření je možné využít buď vestavěného, nebo externího napájecího zdroje. Maximální výstupní výkon přístroje na svorkách AB je 300 W s proudem do 2,0 A. Přesnost přístroje je plus – mínus jedno procento. K měření se používá komutovaného proudu s dobou cyklu 0,3 – 30 vteřin s intervalem 0,1 s. Vstupní odpor v měřicím okruhu je 20 M Ω . Přístroj může pracovat v teplotním rozmezí -10 – +50 °C a je konstruován jako vodotěsný. Komunikace přístroje s PC probíhá přes RS232 a USB rozhraní.

Sondy VES byly na jednotlivých průzkumných profilech umísťovány tak, aby upřesnily složitou geologickou stavbu nebo poskytly kvantitativní údaje o zkoumaném prostředí pro další zpracování. Jejich lokalizace je tedy účelová a s výjimkou profilu P5 nepravidelná. Celkem bylo pro účely geofyzikálního průzkumu na lokalitě Brno-Kamechy metodou VES proměřeno 15 pozic.

2.3 Symetrické odporové profilování

Geoelektrické odporové profilování spolu s metodou vertikálního elektrického sondování patří u nás mezi základní stejnosměrné geoelektrické metody. Metoda odporového profilování (OP) nachází uplatnění při sledování změn měrného odporu hornin v horizontálním směru. Metoda má řadu modifikací, což umožňuje vytvářet různá uspořádání elektrod jednak z hlediska konkrétního řešeného problému, tak i z hlediska techniky prací.

Uspořádání elektrod je přesně definované rozmístění elektrod, s nimiž vytváříme a měříme elektrické pole. Při terénním měření můžeme celé uspořádání rozdělit na dva okruhy – proudový a měřicí. Proudové elektrody slouží k zavádění proudu do země a měřicí elektrody k měření potenciálu ve vybraném místě vytvořeného elektrického okruhu. Pro libovolné uspořádání platí princip vzájemnosti elektrod, podle něhož zjistíme tentýž zdánlivý měrný odpor uspořádáním, v němž byly proudové elektrody vyměněny za měřicí a naopak. Charakteristickým znakem většiny modifikací metody odporového profilování je současný pohyb všech elektrod po měřeném profilu při zachování vzájemné vzdálenosti.

Podle uspořádání a způsobu měření se odporové profilování dělí na tři velké skupiny:

- potenciálové
 - dvouelektrodové se stabilní a pohyblivou elektrodou, s rovnoběžným nebo kolmým uspořádáním;
 - tříelektrodové v potenciálovém, kombinovaném nebo diferenciálním uspořádání;
 - čtyřelektrodové;
 - Wennerovo s rovnoběžným nebo kolmým uspořádáním;
 - víceelektrodové (speciální);
- gradientové;
 - tříelektrodové: gradientové, kombinované, diferenciální s rovnoběžným nebo kolmým uspořádáním potenciálních elektrod;
 - čtyřelektrodové: symetrické (Schlumbergerovo), nesymetrické, diferenciálové s rovnoběžným nebo kolmým uspořádáním potenciálních elektrod;
 - víceelektrodové (speciální);
 - diferenciálové;
- dipólové;
 - čtyřelektrodové;
 - osově, ekvatoriální s různými dipóly, oboustranné a diferenciálové.

Na lokalitě Brno-Kamechy bylo měřeno dvojím rozestupem elektrod A10M10N10B a A20M5N20B (Wennerovo a Schlumbergerovo uspořádání). Důvodem dvojího rozestupu bylo posoudit rozložení měřené veličiny ve dvou hloubkových úrovních.

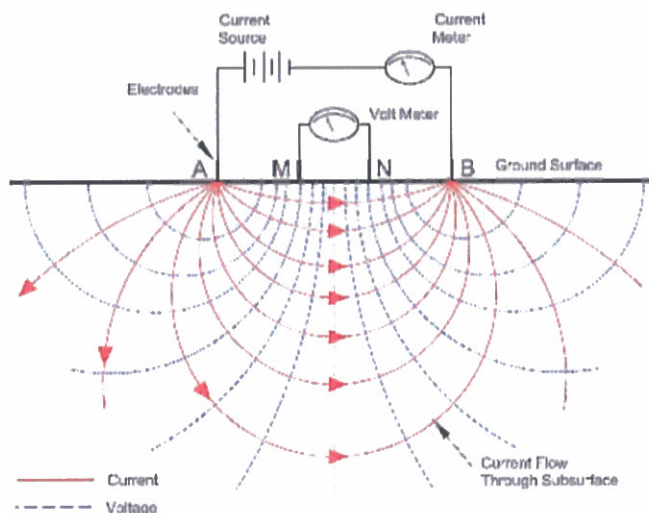
Pro měření metodou SOP byla, podobně jako u metody VES, použita aparatura ARES společnosti GF Instruments s.r.o. Podrobnější popis aparatury je uveden v kapitole 2.2.

Metoda SOP byla aplikována v úseku mezi zastávkou Ečerova a severovýchodním portálem projektovaného tunelu (průzkumné profily A a B) a v závěru projektovaného prodloužení tramvajové tratě (profil C). Krok měření byl jednotný na všech profilech 4 m. Celkem tedy bylo v zájmovém území metodou SOP změřeno 1820 m profilů.

2.4 Elektrická odporová tomografie

Elektrická odporová tomografie (ERT) je moderní geoelektrické měření sloužící pro získávání hloubkového řezu měrného odporu ve sledovaném prostředí. Tato metoda je zejména v zahraničí známa také pod názvem ERI (Electrical Resistivity Imaging) nebo CVES (Continuous VES) ap.

Metoda ERT ve svém principu kombinuje odporové profilování a sondování, jejichž teoretické předpoklady jsou detailně rozpracovány už řadu desetiletí. Vývoj a aplikace metody ERT začal přibližně v osmdesátých letech dvacátého století. Princip měření spočívá v tom, že vysoký počet elektrod (pole elektrod) je umístěn v linii v ekvivalentní vzdálenosti a mnohažilovým kabelem jsou připojené k řídící jednotce. Jednotlivé kabely s připojenými elektrodami (tzv. sekce) lze řetězit do sestav. Dlouhé profily, které nejsou pokryty souvislou sestavou sekcí, se proměřují metodou přeskupování, kde se první sekce neustále přesouvá ve směru profilu na konec sestavy až do proměření požadované délky profilu. Počítač, který je obvykle vestavěn do měřicí aparatury, automaticky během měření určuje, které elektrody v sestavě budou sloužit jako měřicí a které jako proudové, tj. najednou jsou využívány 4 elektrody. Princip měření je obdobný jako u „klasických“ elektrodových odporových metod a znázorňuje jej obrázek 2-1.



Obr. 2-1 Základní princip měření metodou ERT

Postupným střídáním a kombinováním elektrod v sestavě je dosaženo proměření celého zájmového území do požadované hloubky. Hloubkový dosah metody ERT je závislý zejména na použitém uspořádání elektrod (viz níže), pro Schlumbergerovo je to cca 1/5 délky kompletní sestavy elektrod (sekcí). Je-li průzkumný profil pokryt sestavou elektrod bez nutnosti řetězení, pak hloubkový dosah činí cca 1/5 délky průzkumného profilu. Specifikem měření metodou ERT je navíc to, že maximální hloubkový dosah o velikosti 1/5 délky profilu je dosažen v centru profilu a směrem k jeho okrajům klesá. Pro zajištění potřebného hloubkového dosahu v celé délce objednatelem vytýčeného úseku je obvykle nezbytné projektovat relevantně prodloužený průzkumný profil.

Metoda ERT je určena pro průzkum vertikálně a horizontálně orientovaných nehomogenit (poruch, poruchových zón, litologických změn atd.). Pomocí vhodného uspořádání elektrod lze ovlivňovat výsledné zobrazení, a tudíž lze předem zvolit metodu danému účelu nejvhodnější, nejrychlejší a nejpresnější. Mezi základní uspořádání elektrod patří:

- Wennerovo,
- Schlumbergerovo,
- Dipól-dipól,
- Pól-pól,
- Pól-Dipól atd.

Zpracování a zobrazování naměřených dat se provádí pomocí specializovaného software, který je schopen pomocí různě složitých matematických algoritmů inverzní úlohy konstruovat co nejpresnější odporové modely reálného horninového prostředí.

Na lokalitě Brno-Kamechy bylo měření metodou ERT realizováno v systému Schlumbergerova uspořádání elektrod aparaturou ARES firmy GF Instruments, s.r.o. Zpracování výsledků měření a jejich zobrazení bylo provedeno pomocí software RES2DINV, Surfer a Corel.

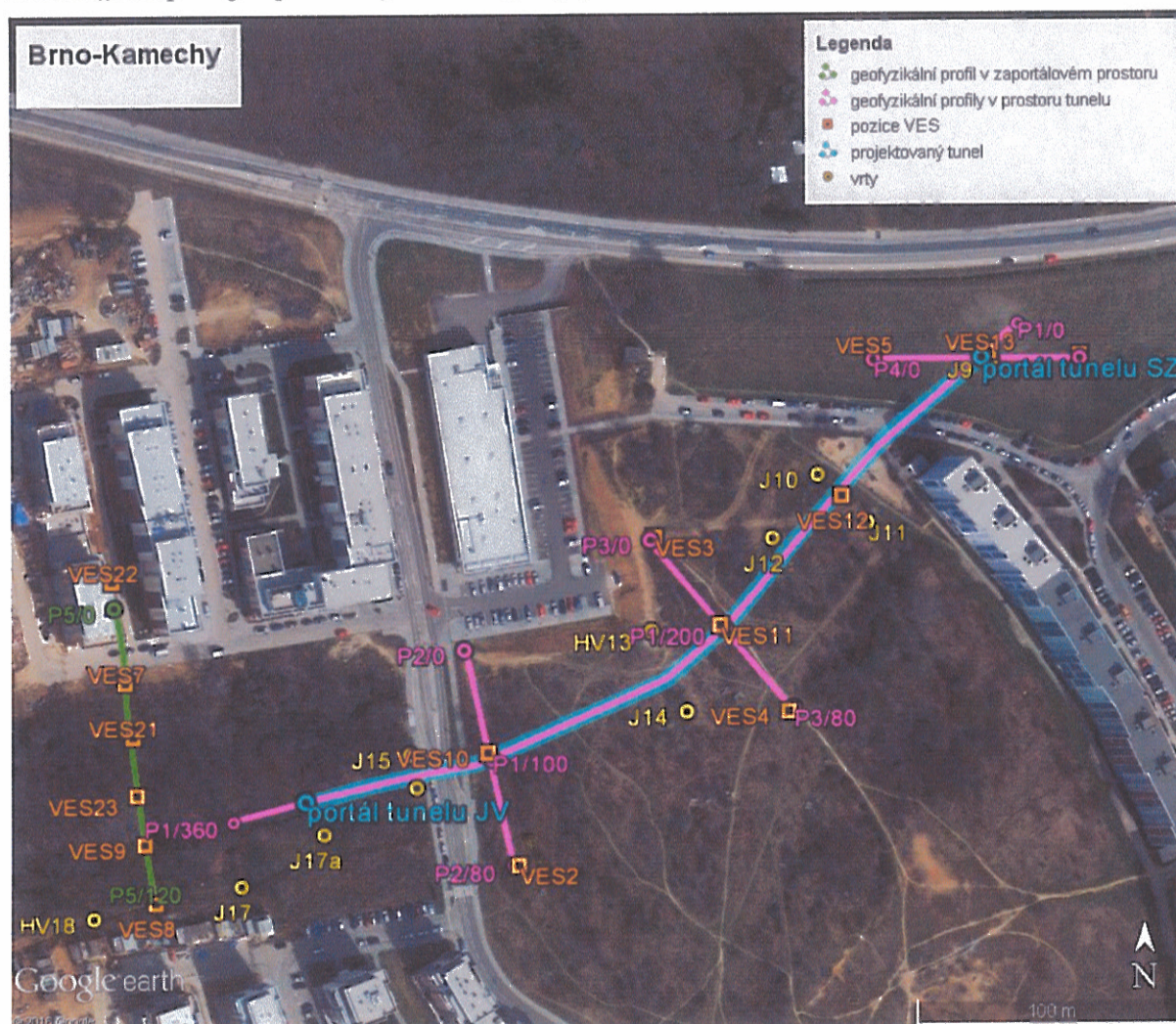
Vzájemná vzdálenost elektrod v sekcích byla stanovena 4 metry. Metoda ERT byla aplikována ve všech zkoumaných úsecích, tj. na průzkumných profilech P1-P5, PA a PC. Celkem bylo v zájmovém území metodou ERT změřeno 2276 m profilů.

3. Výsledky geofyzikálního průzkumu

Geofyzikální průzkum v zájmovém území Brno – Kamechy, je možné členit na dvě části. První část zahrnuje průzkumné práce nad osou projektovaného tramvajového tunelu a v jeho bezprostředním okolí a druhá část upřesňuje průběh geologických aspektů horninového prostředí mimo tunel. Geofyzikální průzkum mimo oblast tunelu byl proveden, po dohodě s investorem, jako nadstavba geofyzikálního průzkumu tunelu a jeho bezprostředního okolí.

3.1 Geofyzikální průzkum nad tunelem a v jeho okolí

Geofyzikální průzkumné práce nad tunelem a v jeho okolí byly realizovány pomocí pěti profilů P1 až P5 (viz obr. 3-1). Podélný profil P1 byl veden v ose projektovaného tunelu a profily P2 až P4 jej doplňovaly v příčném směru. Profil P5 sloužil k doplnění báze znalostí o zkoumaném geologickém prostředí, a to zejména v prostoru za jihovýchodním portálem, kde situaci „komplikuje“ přirozený morfologický prvek – rokle.



Obr. 3-1 Situace geofyzikálních měření nad tunelem a v jeho okolí (zdroj podkladu Google Earth)

Profil P1

Geofyzikální profil P1 byl navržen pro potřeby poznání detailní stavby zkoumaného prostředí v ose projektovaného tramvajového tunelu. Za tím účelem bylo provedeno geofyzikální měření metodami ERT, MRS a VES. Výsledky provedeného měření přináší příloha 1, ve které jsou postupně představeny kvalitativní výsledky seismických měření metodou MRS, kvalitativní výsledky geoelektrických měření metodou ERT a kvantitativní interpretace výsledků seismických měření a měření metodou VES. Do interpretačního řezu jsou také schematicky vkresleny výsledky realizovaných vrtných prací.

Proměřované území je možné, z hlediska celkových výsledků provedených měření, rozdělit na dva základní kvazihomogenní bloky, kdy předěl se nachází ve staničení cca 270 m profilu P1. Z výsledků měření je patrné, že v uvedené metráži se významně mění fyzikální charakter zkoumaného prostředí. Z hlediska velikosti a charakteru rozložení měrných odporů dochází ke skokové změně „z velkých do malých“ a rovněž na výsledcích seismických měření je pozorována změna v distribuci rychlosti seismických vln prostředím. Pravděpodobnou příčinou změny fyzikálních vlastností je přítomnost tektonického porušení zájmového území. Vlivy tektoniky jsou ve výsledcích průzkumu patrné i na jiných pozicích (viz odpovídající grafické symboly v příloze 1), avšak žádné již nejsou tak výrazné, jako výše uvedená.

Z hlediska litologického je zájmové území budováno zejména proterozoickými granodiority s občasným výskytem metabazaltů (viz geologický popis vrtu J12). Vymezení polohy metabazaltu z výsledků provedených prací nelze, jejich fyzikální projev je buď velmi blízký granodioritům, anebo je jejich prostorový rozsah pod hranicí rozlišitelnosti aplikovaných metod průzkumu.

Fyzikální vlastnosti zastižených hornin se mění v širokém rozsahu. Měrné odpory granodioritů se pohybují v rozmezí od desítek až po stovky Ωm . Tato hodnotová různorodost je pravděpodobně zapříčiněna působením exogenních činitelů jako voda, mráz apod., které způsobují rozklad horniny na základní stavební kameny a také mění jejich fyzikální vlastnosti i chemické složení. Projevy zvětrávání jsou patrné zejména v přípovrchových partiích vyvřelin a intenzivně i směrem do hloubky především v blízkosti tektonického porušení. Zvětralé granodiority se obecně vyznačují nízkými hodnotami měrných odporů, zdravé horniny zase naopak vysokými. Z hlediska seismických měření by v porovnání s odporovým měřením měla platit přímá úměra, tj. zdravá hornina = vysoké odpory = vysoké rychlosti a naopak zvětralá hornina = nízké odpory = nízké rychlosti. Tento předpoklad ve většině platí, určitou odchylku je možné pozorovat právě v úseku od cca 270 m výše. Zde jsou patrné výrazně nižší měrné odpory granodioritů, než je tomu v nižších metrážích. Výsledky vrtných prací v blízkosti profilu však mimo jiné dokládají výskyt i relativně málo porušených hornin. Vzhledem k tomu, že od staničení cca 285 m profilu P1 registrujeme přítomnost výrazného morfologického prvku – rokle, která je podle výsledků dalších průzkumných prací tektonicky predisponována (viz výsledky měření na profilu P5), je možné, že závěr profilu P1 je veden souběžně s tektonikou, podél které rokle vznikla. Existence tektoniky tak pravděpodobně ovlivňuje celkový odporový obraz zkoumaného území.

Mimo studia geologických jevů a skutečností bylo zájmové území posuzováno také z hlediska těžitelnosti hornin. V souladu s normou ČSN 736133 je možné, na základě seismických měření, horninové prostředí klasifikovat třídami těžitelnosti I až III. Pro tento účel bylo zájmové území rozčleněno do rychlostních celků A, B a C (viz graf „Geofyzikální interpretace“). Celek A představuje soubor kvartérních zemin a rozvětralých podložních hornin. Mocnost celku A se pohybuje typicky do 2 m. Hodnoty rychlostí mechanického vlnění se pohybuje v řádu stovek m/s a z hlediska těžitelnosti podle normy ČSN 736133 spadají do třídy I. Celek B, ležící v bezprostředním podloží se již vyznačuje vyššími rychlostmi (maximálně 1400 m/s),

z hlediska těžitelnosti se jedná o horniny snadno těžitelné, tj. spadající do třídy I. Málo zvětralé horniny hlouběji uložené, označené indexem C, se vyznačují vysokými rychlostmi nezdědky překračujícími 4000 m/s. To má za následek potřeby použití minimálně speciální rozpojovací techniky, nebo také aplikace trhacích prací. Dle normy ČSN 736133 se jedná o třídu těžitelnosti II až III. Z uvedeného vyplývá, že třída těžitelnosti se s hloubkou zvyšuje.

Profily P2 – P4

Průzkumné profily P2 až P4 představují sestavu příčných doplňkových profilů k základnímu podélnému profilu P1. Situaci profilů přináší obrázek 3-1. Výsledky měření jsou zobrazeny v přílohách 2 až 4. Příčné profily představují soubor osmdesátimetrových profilů, prostorově doplňujících průzkumné znalosti o profilu P1. Výsledky měření jsou seřazeny identicky s profilem P1.

Nejvýznamnějším zjištěním na profilu P2 je pravděpodobná existence tektonického porušení hornin v metráži cca 30 m, což indikuje pokračování zlomu, porušujícího profil P1 v metráži cca 270 m (viz korelační tektonické schéma na obrázku 3-2). Z hlediska těžitelnosti platí analogie s profilem P1, kdy rychlostní celek A zahrnuje zejména kvartérní pokryv (mocnost do 2 m, rychlosti v řádu stovek m/s) a spadá do třídy těžitelnosti I. Prostřední celek B dosahuje mocnosti cca 8 m, hodnoty rychlostí se pohybují nejčastěji kolem 1000 m/s – třída těžitelnosti I. Nejhlouběji uložený celek C se již vyznačuje rychlostmi v řádu tisíců m/s, proto bude třeba pro těžbu nasadit minimálně speciální rozpojovací techniku a s postupující hloubkou také trhací práce – těžitelnost II až III.

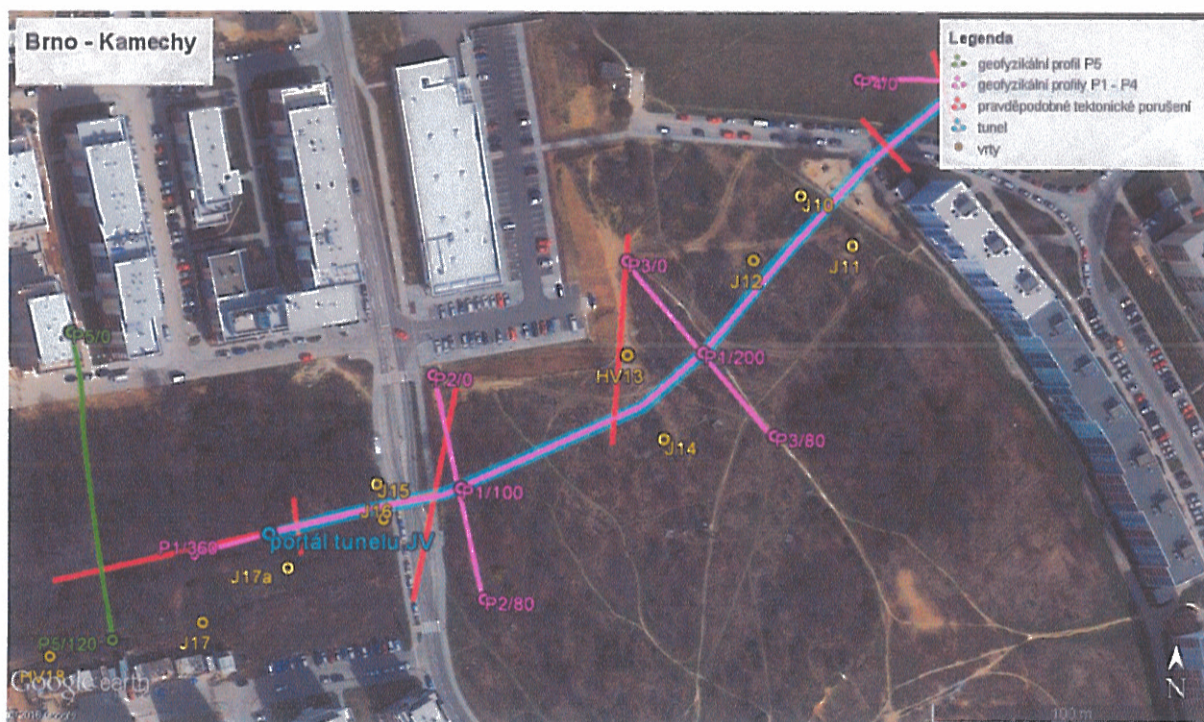
Profil P3 a P4 se vyznačují identickými zjištěními, jako v případě profilu P2, tj. pravděpodobnou přítomností tektoniky a také členěním na celky z hlediska těžitelnosti. Na profilu P3 byly v podloží (celek C) identifikovány horniny s rychlostmi maximálně 2600 m/s, což by mělo odpovídat třídě těžitelnosti maximálně II, zatímco u profilu P4 je situace analogická profilu P2, tj. v celku C bude nezbytné se zvyšující se hloubkou místy počítat také s trhacími pracemi (těžitelnost II – III).

Profil P5

Průzkumný profil P5 byl situován do prostoru za jihovýchodním portálem projektovaného tunelu a jeho účelem bylo mimo jiné posoudit původ „rokle“, jakožto výrazného a zároveň také komplikujícího aspektu budoucí stavby. Grafické výsledky měření přináší příloha 5.

Při pohledu na výsledky průzkumných prací, zejména na grafický výstup metody ERT, je zřejmé, že horninové prostředí v dosahu profilu P5 je budováno zejména horninami o velmi nízkých hodnotách měrných odporů (první desítky Ωm). Vzhledem k charakteru odporového pole a s ohledem na měření provedená na jiných úsecích nelze vyloučit, že dominantním litologickým celkem zájmového prostoru jsou horniny jílovitého charakteru. Tento horninový komplex „prorážejí“ dvě relativně vysokoodporové anomálie, které mají podporu ve všech geofyzikálních výstupech: VES, ERT i výsledcích seismických prací. První vysokoodporová anomálie je lokalizována do staničení cca 20 – 40 m. Jak bylo zmíněno, anomálie je velmi dobře patrná na výsledcích měření metodou ERT. V grafu izolinií rychlostí je v uvedené metráži patrné zvýšení rychlostí, rovněž sonda VES vykazuje anomální hodnoty oproti bezprostřednímu okolí. Z tohoto prostoru nemáme k dispozici výsledky vrtných prací (nebyly zde projektovány), můžeme se jen domnívat, zda se jedná o blok vyvřelin, či zda jde o „otevřenou“ poruchovou zónu, či vyplněnou písčitém materiálem. S ohledem na existenci zvýšených rychlostí bude platná spíše první varianta, ovšem postižená značným stupněm zvětrání.

Druhá vysokoodporová anomálie se vyskytuje „v rokli“, je tedy s ohledem na reliéf povrchu terénu pravděpodobné, že rokle je tektonicky predisponována a dnešní stav je výsledkem působení exogenních činitelů (zejména vody a mrazu).



Obr. 3-2 Tektonické korelační schéma (zdroj podkladu Google Earth)

Z hlediska zařazení podle těžitelnosti platí pravidla popsána výše, a tedy celky A a B zahrnující kvartérní pokryv a část komplexu podložních rozvětralých hornin spadají do třídy I, celek C s horninami, ve kterých se seismické vlny šíří až rychlostmi 4000 m/s, budou podle normy ČSN 736133 těžitelné minimálně s nasazením speciální rozpojovací techniky (třída II až III).

3.2 Geofyzikální průzkum v předpolí tunelu

Mimo prostor tunelu byl proveden průzkum od zastávky Ečerova po severovýchodní portál tunelu (průzkumné profily PA a PB) a v závěru projektované trasy mezi vrty J20 a J21 (průzkumný profil PC). Situaci měření přináší obrázky 3-3 a 3-4.

Geofyzikální průzkum v prostoru profilů PA a PB byl projektován za účelem detailního poznání rozsahu intruze metabazaltů, které byly identifikovány vrtnými pracemi (vrt J6). Protože byl vysloven předpoklad, že metabazalty intrudovaly podél tektonické poruchy, bylo podél profilů PA a PB navrženo a realizováno měření metodou SOP, které poskytlo informace o rozsahu a orientaci studovaného tělesa. Mimo odporového profilování bylo na profilu PA také provedeno měření metodou ERT pro identifikaci dalších aspektů geologické stavby dotčeného území.

Z výsledků geofyzikálního průzkumu prezentovaných v přílohách 6 a 7 vyplývá, že metabazaltové těleso se na profilu PA rozkládá v úseku staničení 380 až 620 m, a na profilu PB v úseku 400 až 540 m. V uvedených staničeních se metabazaltové těleso projevuje i makroskopicky, tj. existencí výrazné terénní elevace. Redukovaný projev metabazaltu na profilu PB vypovídá o skutečnosti, že výlevné těleso směrem k jihu postupně vyznívá (viz korelační schéma na obrázku 3-5). Z výsledků průzkumu metodami SOP a ERT je navíc patrné, že výlevné těleso je pravděpodobně porušeno dílčí tektonikou ve staničení cca 480 m. Pro

úplnost je možné dodat, že zájmové území v prostoru profilů PA a PB je s ohledem na výsledky měření budováno horninami (zeminami) s vysokým obsahem jílových součástí.



Obr. 3-3 Situace geofyzikálních profilů PA a PB (zdroj podkladu Google Earth)

Geofyzikální profil PC byl projektován a realizován za účelem zmapování průběhu rozhraní pokryv – skalní podloží (tvořeno granodioritem). Průzkumnými pracemi bylo zjištěno, že litologické rozhraní mezi pokryvnými hlinito-jílovitými útvary a podložími vyvřelinami je od staničení cca 40 m strmě ukloněné, proto nebylo vrtý J20 a J21 zastiženo.



Obr. 3-4 Situace geofyzikálního profilu PC (zdroj podkladu Google Earth)



Obr. 3-5 Korelační schéma intruze bazaltů s dílčím tektonickým porušením (zdroj podkladu Google Earth)

4. Závěr

Na lokalitě Brno-Kamechy byl proveden geofyzikální průzkum zejména za účelem upřesnění geologické stavby zájmového území. Průzkumné práce byly soustředěny do prostoru tunelu (profily P1 – P5) a mimo něj (profily PA – PC).

Průzkumné profily v prostoru tunelu byly proměřeny komplexem geofyzikálních metod MRS, ERT a VES. Metodika prací, výsledky měření a jejich interpretace byly popsány v předchozích kapitolách. Grafická prezentace výsledků je znázorněna v samostatných přílohách č.1 až 5.

Geofyzikálním průzkumem v oblasti tunelu bylo zjištěno, že zájmové území je budováno zejména vyvřelinami, s výjimkou prostoru kolem profilu P5, kde byly naopak jako dominantní identifikovány horniny zejména hlinité (jílovité) povahy. Dále bylo zjištěno, že zájmové území je postiženo tektonickou činností, projevující se lokální změnou fyzikálních vlastností postižených hornin. Rokle, výrazně ovlivňující morfologickou stavbu zájmového území od staničení cca 285 m je pravděpodobně relikt působení exogenních činitelů v tektonicky porušeném území.

Mimo geologických aspektů horninového prostředí bylo zájmové území tunelu a nejbližšího okolí posuzováno také z hlediska těžitelnosti hornin. Posouzení bylo realizováno v souladu s normou ČSN 736133, tj. na základě seismických měření. Analýzou získaných údajů bylo zjištěno, že v zájmovém území se vyskytují dvě základní seismická rozhraní. První rozhraní odděluje seismické vrstvy A a B, tj. kvartérní pokryv s eluviem horninového podloží a zvětralé podloží. Obě seismické vrstvy se vyznačují poměrně nízkými rychlostmi (do maximálně 1400 m/s) a reprezentují třídu těžitelnosti I. Nejhlubší seismická vrstva C je charakterizována nejvyššími rychlostmi (nejčastěji přesahujícími 4000 m/s), což je charakteristika navětralých hornin, které bude nutno rozpojovat a těžit za použití speciální techniky – třída těžitelnosti II a v případech zdravých skalních hornin třída těžitelnosti III.

Prostor mimo tunel byl zkoumán průzkumnými profily PA až PC. Profily PA a PB byly lokalizovány do úseku od zastávky Ečerova po severovýchodní portál projektovaného tunelu. Účelem měření bylo zejména vymezení rozsah intruze metabazaltů, prorážející bazální komplex hlinitojílovitých hornin. Výsledky měření jsou znázorněny v samostatných přílohách 6 a 7 a na obrázku 3-5. Průzkumný profil PC byl lokalizován mezi vrty J20 a J21 (J22), kde měl objasnit „absenci“ skalního podloží ve vrtech J21 a J22. Geofyzikální průzkumné práce přinesly poznatek o změně sklonu rozhraní pokryv – skalní podloží, kdy od metráže cca 40 m přechází uvedené rozhraní od subhorizontálního v strmě ukloněné. Výsledky měření jsou znázorněny v příloze 8.

Realizovanými geofyzikálními pracemi jsme doplnili požadované informace o geologické stavbě zájmového území a zároveň identifikovali nedostatečně prozkoumaná místa pro další etapy průzkumu. První pozicí je prostor kolem severovýchodního portálu tramvajového úseku, kde je nutné detailně zmapovat kontakt mocného komplexu hlín (jílů) a granitoidů. Druhým úsekem je prostor kolem staničení cca 270 m profilu P1, kde se významně mění fyzikální obraz zájmového území, pravděpodobně v důsledku existence alespoň dvou zlomových systémů. Také doporučujeme identifikovat kontakt komplexu hlín a jílů, modelující zájmové území v prostoru profilu P5, s granodiority dominantními v prostoru projektovaného tunelu a zjistit prostorový průběh (resp. možný dopad na budoucí stavbu) fyzikální anomálie na profilu P5 ve staničení cca 20 – 40 m.

V Ostravě dne 10.6. 2016

Ing. Roman Duras

Ing. Jan Gebauer