

ZPRÁVA O GEOFYZIKÁLNÍM PRŮZKUMU

ZÁKLADNÍ KOROZNÍ PRŮZKUM PRO AKCI: CARLA - CENTRUM PODPORY HUMANITNÍCH VĚD MU - REKONSTRUKCE AREÁLU FILOZOFICKÉ FAKULTY, UL. ARNE NOVÁKA, BRNO



(červenec 2010)

Zadavatel:

Pelčák a partner, s.r.o.
Náměstí 28. října 1104/17
602 00 Brno

Zhotovitel:

SIHAYA, spol. s r.o.
autor zprávy: Viktor Valtr
Veleslavínova 6
612 00 BRNO
tel./fax: 549 211 828
<http://www.sihaya.cz>
sihaya@sihaya.cz

Objednatel: **Pelčák a partner, s.r.o.**
Náměstí 28. října 1104/17
602 00 Brno
IČ: 28270355 DIČ: CZ 28270355
Telefon: 00420 545 215 138

Zpracovatel: SIHAYA, spol. s r.o.
Veleslavínova 6
612 00 Brno
IČ: 46346414 DIČ: CZ46346414
Telefon: 00420549 211 828
Fax: 00420549 211 828

Vypracoval a zodpovědný řešitel pro korozní problematiku: Mgr. Viktor Valtr
Zodpovědný řešitel pro geofyzikální a IG problematiku: RNDr. Viktor Valtr, CSc.

Název zakázky:

**ZÁKLADNÍ KOROZNÍ PRŮZKUM PRO AKCI: CARLA - CENTRUM
PODPORY HUMANITNÍCH VĚD MU - REKONSTRUKCE AREÁLU
FILOZOFICKÉ FAKULTY, UL. ARNE NOVÁKA, BRNO**

Číslo zakázky: 702/2010

Autor: Mgr. Viktor Valtr

Výtisk číslo:

.....
razítko a podpis

BRNO, červenec 2010

ROZDĚLOVNÍK

Tato zpráva je vyhotovena v 6ti výtiscích (+ jeden digitálním výtisk na CD) a obsahuje 17 stran textu a 5 grafických příloh.

Výtisk č. 0	-	archiv SIHAYA, spol. s r.o.
Výtisk č. 1 až 5	-	Pelčák a partner, s.r.o.
Elektronický výtisk č. 6	-	Pelčák a partner, s.r.o.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Fyzikální symboly

J	$[A/m^2]$	výpočtová proudová hustota
J_+	$[A/m^2]$	proudová hustota kladné složky BP
J_-	$[A/m^2]$	proudová hustota záporné složky BP
J_{prevl}	$[A/m^2]$	proudová hustota převládajících BP
J_v	$[A/m^2]$	přepočtená proudová hustota
K_s	$[-]$	celkový sací koeficient konstrukce
K_p	$[-]$	koeficient prostředí
K_k	$[-]$	koeficient konstrukce
ρ_z	$[\Omega m]$	rezistivita (elektrická) hornin
ρ_{zd}	$[\Omega m]$	zdánlivá rezistivita hornin

Zkratky

AB	$[m]$	rozteč proudových elektrod (metoda VES)
AB/2	$[m]$	poloviční rozteč proudových elektrod ~ fiktivní hloubka
BP		bludné proudy
J		jih
JV		jihovýchod
JZ		jihozápad
MN	$[m]$	napěťové elektrody (metoda VES)
MN/2	$[m]$	poloviční rozteč napěťových elektrod
S		sever
SP		(metoda) spontánní polarizace
SP-BP		(metoda) spontánní polarizace ve variantě pro měření BP
TP		technické podmínky
V		východ
VES		(metoda) vertikálního elektrického sondování
Z		západ
z.		západní
ZKP		základní korozní průzkum

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	POPIS LOKALITY	6
2.1	Geologie lokality	6
3	METODIKA MĚŘENÍ	6
3.1	Metoda vertikálního elektrického sondování (VES)	7
3.1.1	Princip průzkumu VES	7
3.1.2	Použitá aparatura a geometrie měření	7
3.1.3	Interpretace křivek VES	7
3.2	Spontánní polarizace – měření bludných proudů (SP-BP)	8
3.2.1	Princip a geometrie průzkumu SP - BP	8
3.2.2	Použitá aparatura pro měření SP	8
4	PRŮBĚH TERÉNNÍCH PRACÍ	9
5	VÝSLEDKY ZÁKLADNÍHO KOROZNÍHO PRŮZKUMU	10
5.1	Potencionální zdroje bludných proudů lokality	10
5.2	Vyhodnocení zemních odporů a hustoty bludných proudů	10
5.2.1	Hodnocení zemních odporů podle ČSN 038372	10
5.2.2	Hodnocení intenzity a směru BP dle ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372	11
5.3	Vyhodnocení ZKP dle TP124, stanovení stupně ochranných opatření	13
5.4	Doporučení pro zpracovatele stavby – návrh korozní ochrany	15
6	Shrnutí výsledků ZKP a závěr	16
	LITERATURA	17

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Klasifikace intenzity bludných proudů podle ČSN 038365.....	10
Tabulka č. 2 Stupeň agresivity prostředí na ocel podle ČSN 038372	11
Tabulka č. 3 Vyhodnocení stupně agresivity prostředí na ocel dle ČSN 03 8372 a podklad pro stanovení stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů ve smyslu technických podmínek MDS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /3/ (TP 24)	14
Tabulka č. 4 – tabulka číslo 1 v technických podmínkách MDS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /3/ (TP 24).....	14

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Výtah z geologické mapy ČR 1:50000	5
Obrázek č. 2 Měření VES na bodě ZKP-1	7
Obrázek č. 3 Nepolarizovatelné elektrody Cu-CuSO ₄ zjišťování vlastní polarizace ..	8
Obrázek č. 4 Křivky VES i s interpretací na bodech ZKP na pf A i podle J-1	9

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Situace geofyzikálního měření ZKP s výsledky
Příloha 2	Geologicko-geofyzikální řez s vyznačenými výsledky ZKP
Příloha 3	Grafy časových průběhů měřených BP a jejich okamžitých směrů
Příloha 4	Protokoly měření ZKP na bodech ZKP-1 až ZKP-5
Příloha 5	Oprávnění MD k provádění průzkumných a diagnostických prací

1 ÚVOD

V současné době je plánována rekonstrukce areálu Filozofické fakulty Masarykovy univerzity v Brně na ulici Arne Nováka. V rámci této rekonstrukce jsme byli zadavatelem pověřeni provedením základního korozního průzkumu (ZKP) pro výstavbu objektu CARLA - CENTRUM PODPORY HUMANITNÍCH VĚD MU, pozice viz obrázek č. 1.

Úkolem průzkumu je zjistit potřebné podklady pro stanovení korozního ohrožení projektovaných konstrukcí, jejichž půdorys je vyznačen v situaci v příloze 1.

Objekt bude podle dostupných údajů zadavatele založen piloty až do neogenního podloží a základová spára stěn bude v hlubší části objektu v úrovni cca 223 m n.m.

Celkem bylo v půdorysu plánovaných objektů nebo v jejich blízkosti proměřeno 5 bodů ZKP.

Předkládaná zpráva je sestavena ve formě dle TP124 MDS [3].

Obrázek č. 1 Výtah z geologické mapy ČR 1:50000



Levý horní a pravý dolní roh (Křovák) [-599997; -1159391] [-598190; -1160731], 1:4000

Sjednocená legenda GeoČR 50



- vlastní lokalita

kenozoikum

kvartér

holocén

1 navážka, haldy, výsypky, odval (antropogenní) (složení proměnlivé)

7 smíšený sediment (deluviofluvialní)

13 kamennitý až hlinito-kamennitý sediment (deluvialní) (složení pestré)

pleistocén

16 spraš a sprašová hlína (eolická) (složení křemen + příměsi + CaCO₃)

25 písek, štěrk (fluvialní) (složení pestré)

ČESKÝ MASIV - KRYSTALINIKUM A PREVARISKÉ PALEOZOIKUM

paleozoikum

devon

devon spodní, devon střední

519 arkózy, slepenec (složení křemen, plagioklas)

proterozoikum

neoproterozoikum

1099 šedý, načervenalý biotitický granodiorit (složení biotit)

1113 metabazalt, zelená břidlice

KARPATY

kenozoikum

neogén

miocén

1821 vápnatý jíl (těl), místy s polohami písků (marinní)

2 POPIS LOKALITY

Lokalita leží v Brně na ulici Arne Nováka v areálu Filozofické fakulty Masarykovy univerzity v okolí budovy B2. Povrch je rovinný až mírně svažité z menší části je tvořen zpevněnými povrchy, většinou trávničky, viz příloha číslo 1 a obr. 1.

2.1 Geologie lokality

V zájmové oblasti je kvartérní pokryv na povrchu místy tvořen antropogenními navážkami (hlína až štěrk s úlomky stavebního odpadu apod.). Pod nimi leží většinou kvartérní spraše, prachovité jíly, místy s úlomky granodioritů a níže fluvialní štěrky až písky s přítomností jemnozrnnější zeminy.

Předkvartérní podloží je zde pravděpodobně tvořeno neogenními uloženinami (pravděpodobně jíly) a níže i proterozoickými horninami brněnského masivu.

Typický pro lokalitu je profil vrtu J-1:

Hloubka m: Popis jádra ČSN 72 1001 (ČSN 73 1001):

0,00 – 0,10 dlažební kostka

0,10 – 0,70 navážka

0,70 – 1,10 prachovitý jíl (F6, Cl, spraš), tmavě hnědý, vápnitý, jemně
slídnatý, tuhé konzistence

1,10 – 5,30 prachovitý jíl (F6, Cl, spraš), světle hnědý, vápnitý, jemně
slídnatý, pevné konzistence

5,30 – 8,80 jemnozrnné prachovité jíly (F6, Cl, spraše), pestré (tm. hnědé,
sv. hnědé, bělošedé), zbytky granodioritů, vápnité, jemně
slídnaté, tuhé až pevné konzistence

8,80 - 10,0 (S5 - SC) písek se šterkovitou a jílovitou příměsí

Podzemní voda: Naražená hladina 9,50m
 Ustálená hladina 9,50 m

3 METODIKA MĚŘENÍ

Pro řešení zadaných úkolů, (viz úvod), byla vybrána kombinace těchto metod:

- vertikální elektrické sondování (VES) – tato metoda umožňuje kvantitativně určovat rezistivity (nesprávně je používán termín měrný elektrický odpor) jednotlivých vrstev a hloubky rozhraní těchto vrstev. VES bylo použito v rámci ZKP pro určení rezistivit hornin v základové půdě projektovaných objektů
- metoda spontánní polarizace (SP) pro měření velikosti bludných proudů (BP)

3.1 Metoda vertikálního elektrického sondování (VES)

3.1.1 Princip průzkumu VES

Tato metoda zjišťuje rezistivitu hornin v různých hloubkách pod bodem měření. V použitém uspořádání se hloubkový dosah zvyšuje vzdalováním proudových elektrod AB. Měřením napětí při vzdalování proudových elektrod AB získáme tzv. odporovou křivku – křivku závislosti zdánlivých rezistivit ρ_{zd} na fiktivní hloubce AB/2. Interpretací odporových křivek získáme skutečné rezistivity ρ_z a mocnosti jednotlivých horizontů s různou rezistivitou. Tak umožňuje VES kvantitativně určovat rezistivity i hranice vrstev a, při seřazení bodů měření VES do linie, sestavit geoelektrický, resp. geologicko-geoelektrický řez (viz příloha 2).

Obecně u sedimentárních hornin (při běžné rezistivitě podzemní vody) platí, že čím jemnozrnnější - více jílovitá - je hornina, tím menší má rezistivitu. To umožňuje posoudit i propustnost zemin pod bodem měření.

3.1.2 Použitá aparatura a geometrie měření

Měření VES bylo provedeno přístrojem GEA-IV (viz odstavec 3.2.2). Zdrojem proudu v obvodu AB byla dobíjitelná baterie 348 V. K měření bylo použito Schlumbergerovo uspořádání elektrod při rozestupech proudových elektrod AB/2 = 1.0, 1.3, 1.7, 2.2, 2.8, 3.7, 4.7, 6.1, 8.0, až 107.0 m, při třech rozestupech měřících elektrod MN/2 = 0.2 m, 1.0 m a 5.0 m.

Obrázek č. 2 Měření VES na bodě ZKP-1



3.1.3 Interpretace křivek VES

Naměřené křivky VES byly interpretovány kvantitativně na počítači (program VIS, Chyba, Valtr, 2004-2010).

Na základě získaných dat o mocnostech a rezistivitách jednotlivých vrstev, resp. hloubek jejich rozhraní, byl sestaven schematický vertikální řez v příloze 2. K výsledkům kvantitativní interpretace křivek VES je nutné učinit několik poznámek:

- v důsledku platnosti tzv. principu ekvivalence lze i při velmi přesné kvantitativní interpretaci VES zjistit poměrně přesné hodnoty buď jen příčného odporu, tj. součinu mocnosti a rezistivity příslušné vrstvy, nebo hodnoty

podélné vodivosti, tj. podílu mocnosti a rezistivity příslušné vrstvy. Neznáme-li rezistivity jednotlivých vrstev, je určení mocnosti příslušné geoelektrické vrstvy nebo hloubky do příslušného rozhraní zatíženo chybou, úměrnou rozdílu mezi skutečnou a předpokládanou rezistivitou interpretované geoelektrické vrstvy. Přesná hodnota rezistivity hornin byla určena z VES měřených v blízkosti archívních vrtů.

- křivky VES (měřené v blízkosti výchozů méně vodivých hornin – betonů, stavebních konstrukcí) mohou být ovlivněny přesahem jedné z elektrod do oblasti, kde vystupují podložní horniny (či betonové konstrukce) s vyšší rezistivitou blíže k povrchu. Metoda VES je koncipována na sub-horizontálně zvrstvené prostředí - proto je vliv laterální nehomogenity těžko odstranitelný.
- nezanedbatelný je negativní vliv vodivých sítí na přesnost měření.

Uvedené okolnosti mohou vést ke snížení přesnosti kvantitativní geofyzikální a také geologické interpretace VES.

3.2 Spontánní polarizace – měření bludných proudů (SP-BP)

3.2.1 *Princip a geometrie průzkumu SP - BP*

Metodou SP zjišťujeme parametry elektrického pole v zemi – měříme tzv. bludné proudy (BP). Na každém bodě ZKP je stanoven stejnosměrným voltmetrem (s intervalem vzorkování pole 0,6 s) rozdíl potenciálů mezi dvěma dvojicemi nepolarizovatelných elektrod orientovaných v navzájem kolmých směrech, vzdálených od sebe 10 až 25 m, viz přílohy 1, 3, a 4. Takto bylo na každém bodě měřeno pole BP po dobu delší než 10 minut s intervalem odečtu hodnot potenciálového rozdílu 2 až 5 sekund, vždy ve dvou kolmých směrech. Časové průběhy naměřených rozdílů potenciálů a okamžité směry BP jsou vykresleny v příloze 3.

3.2.2 *Použitá aparatura pro měření SP*

Pro měření el. potenciálu byla použita aparatura GEA IV a nepolarizovatelné elektrody ABEM PbCl a nepolarizovatelné elektrody Cu – Cu SO₄, viz obrázek č. 3. Měřicí systém nepolarizovatelných elektrod byl kalibrován na každém stanovišti měřením ve srovnávacím prostředí (vždy před zahájením odečítání hodnot a po ukončení odečítání hodnot rozdílu potenciálu). Naměřené hodnoty byly pak při zpracování o zjištěné kalibrační změny opraveny. Aparatura GEA IV je kalibrována jednou za rok.

Obrázek č. 3 Nepolarizovatelné elektrody Cu-CuSO₄ – zjišťování vlastní polarizace elektrod – ZKP 3



Technické parametry aparatury GEA IV :

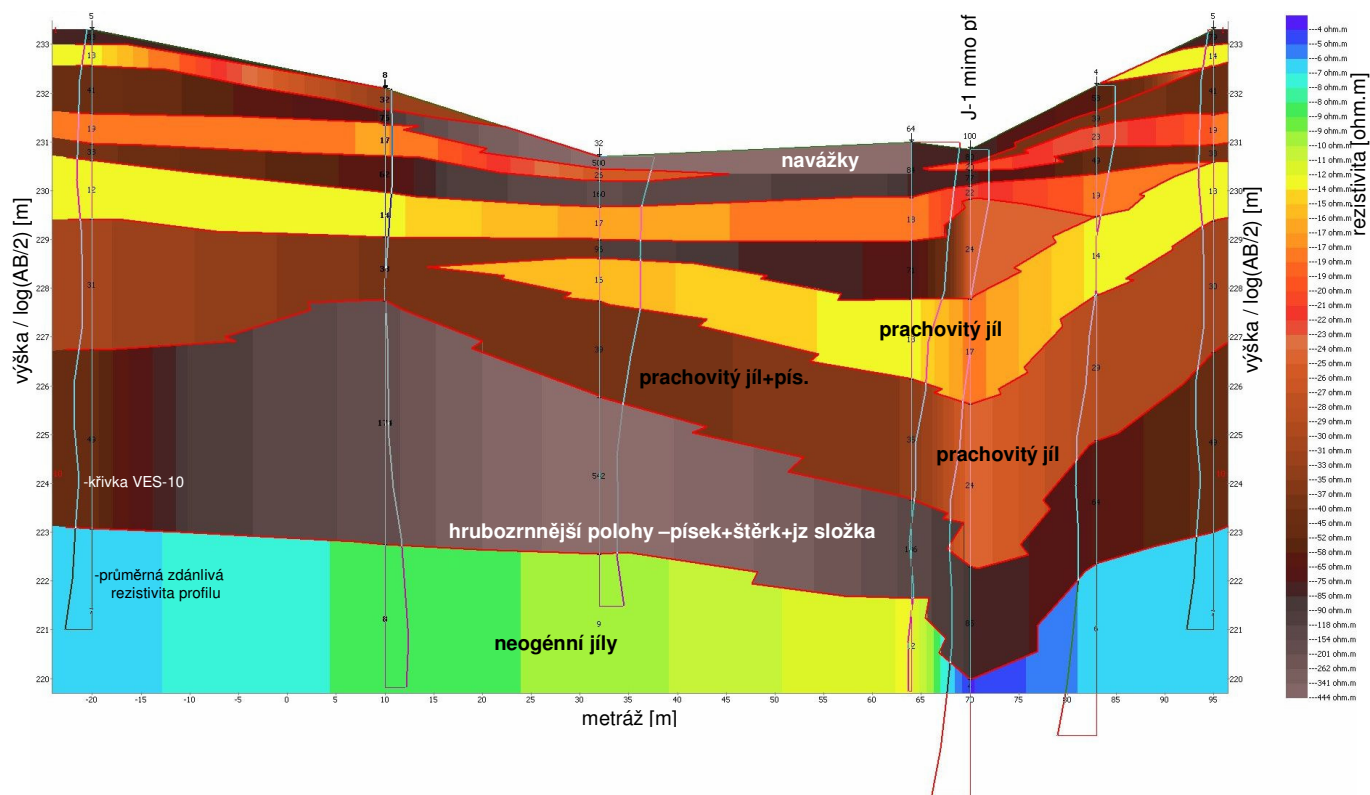
- přenosná aparatura se snímatelným notebookem
- převodník 21 bitů, komutační i kompenzační způsob měření
- rozlišení na 5 μV a 5 μA
- digitální záznam ve formátu ASCII tabulky
- vnitřní odpor > 20 M Ω
- rozsah měření napětí 5 μV až 2,5 V a rozsah měření proudu 5 μA až 5 A
- přesnost opakovaného měření 1 % na plnou výchylku

4 PRŮBĚH TERÉNNÍCH PRACÍ

Práce v terénu proběhly ve dnech 9.7. (body ZKP-1 až ZKP-3), a 12.7. 2010 v době od 9 do 15 hod (metodou SP-BP bylo měřeno v pracovní dny a v pracovní době). Podmínky měření byly následující: Teplota vzduchu se pohybovala v průběhu měření SP-BP od 23 do 32° Celsia. Pracovníky byla vytyčena stanoviště pro měření bludných proudů na (se zástupcem zadavatele) dohodnutých místech v blízkosti plánovaných objektů.

Nepolarizovatelné elektrody byly zapařeny do hloubky 0,2 m pod úroveň spodní hrany suché vrstvy zeminy a plocha kontaktu byla navlhčena vodou. Půda v místě kontaktu s elektrodami byla vlhká a mohla dosahovat teplot asi 15 až 28° Celsia. Bylo proměřeno 5 bodů ZKP (po jednom bodu SP-BP a VES). Body ZKP jsou v tabulce č. 3 seřazeny podle metráže profilu A. Poloha jednotlivých bodů ZKP je zakreslena v situační příloze 1.

Obrázek č. 4 Křivky VES i s interpretací na bodech ZKP na pf A i podle J-1



5 VÝSLEDKY ZÁKLADNÍHO KOROZNÍHO PRŮZKUMU

5.1 Potencionální zdroje bludných proudů lokality

Potencionálními zdroji bludných proudů v prostoru projektované stavby jsou především:

- sítě tramvajových linek DPmB v okolí stavby (X0 m)
- eventuelní produktovody s katodovou ochranou (X-X0 m)
- ostatní elektrická nadzemní i podzemní vedení (NN, VN) v blízkosti
- uzemněné spotřebiče v okolních provozech
- přirozená pole BP.

5.2 Vyhodnocení zemních odporů a hustoty bludných proudů

Pro stanovení agresivity horninového prostředí byla v každém měřeném bodě určena:

- velikost rezistivity (měrného elektrického odporu) v požadovaném intervalu hloubek podle hloubky založení a také
- velikost intenzity a proudové hustoty bludných proudů, viz kapitola 3.

Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny dle ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372.

5.2.1 Hodnocení zemních odporů podle ČSN 038372

Zemní odpor ρ_z (rezistivita) je výsledkem interpretace měření VES (viz obr.6, kde jsou na geoelektrickém řezu interpretovaných rezistivit promítnuty i naměřené křivky VES).

Výsledky kvantitativní interpretace jsou uvedeny v příloze 2 ve formě schematického vertikálního geologicko-geofyzikálního řezu podél profilu A, kde jsou vyznačena rozhraní interpretovaných vrstev i s údaji o jejich rezistivitách (černě) a výsledky ZKP.

Na této lokalitě se vyskytují mezi povrchem a předpokládanou hloubkou založení vrstvy s rezistivitami ρ_z 7 až 500 Ωm náležející dle ČSN 03 8372 do I. až IV. kategorie s velmi nízkou až velmi vysokou agresivitou prostředí na kovová zařízení (viz tabulka č.1, tabulka č.2).

Tabulka č. 1 Klasifikace intenzity bludných proudů podle ČSN 038365

Naměřená intenzita elektrického pole podle postupu z ČSN 03 8365		Vyhodnocení intenzity bludných proudů podle ČSN 03 8365
<0.5	mV/m	slabé bludné proudy
0.5 až 5	mV/m	střední bludné proudy
>5	mV/m	silné bludné proudy

Pro výpočet proudových hustot na jednotlivých stanovištích ZKP je použita nejnižší zjištěná hodnota rezistivity v intervalu od povrchu terénu až do pravděpodobné hloubky založení objektů (kromě před stavbou odstraněných vrstev jako ornice). Tyto nejnižší hodnoty rezistivit jsou pro všechny body ZKP uvedeny v následující tabulce 3.

Tabulka č. 2 Stupeň agresivity prostředí na ocel podle ČSN 038372

Stupeň agresivity prostředí na ocel podle ČSN 03 8372		Rezistivita (měrný elektrický odpor) [Ω m]	Proudová hustota	
			[μ A/m ²]	[mA/m ²]
I.	velmi nízká	>100	<0.1	<1•10 ⁻⁴
II.	střední	50 až 100	0.1 až 3	1•10 ⁻⁴ až 3•10 ⁻³
III.	zvýšená	23 až 50	3 až 100	3•10 ⁻³ až 0.1
IV.	velmi vysoká	<23	>100	>0.1

Stupeň agresivity prostředí podle kritéria rezistivity:

Nejmenší zjištěné hodnoty rezistivity vrstev v hloubkovém intervalu od povrchu podorničního horizontu až do hloubky založení objektů se rezistivity pohybovaly pod jednotlivými body VES od 7 Ω m do 9 Ω m a při mělčím založení (223 m n.m.) nebo nevodivém typu pilot do 17 Ω m. To odpovídá podle kritéria rezistivity zeminy IV. stupni agresivity základového prostředí na ocel, tzn. agresivita prostředí na ocel je zde **velmi vysoká** (dle ČSN 03 8372).

5.2.2 Hodnocení intenzity a směru BP dle ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372

Měření bludných proudů bylo provedeno a zpracováno dle normy ČSN 03 8365, viz kapitola 3.2.

Časové průběhy naměřených elektrických potenciálů BP mezi odpovídajícími elektrodami na všech stanovištích ZKP (opravené o vlastní polarizaci elektrod) jsou graficky prezentované v příloze 3 (v souladu s TP124).

Na téže příloze jsou i grafy okamžitých směrů měřených BP, z nichž lze soudit i na jejich proměnlivost.

Průběh měřených hodnot byl mírně proměnlivý, což ukazuje na mírnou nestálost a většinou periodickou (perioda 10 až 35 s) proměnlivost BP, pravděpodobně vlivem antropogenních BP v okolí stavby.

Protokoly o měření SP-BP a výpočtu proudových hustot jsou uvedeny v příloze číslo 4.

Z hodnot rozdílu potenciálů na příslušných dvou elektrodách (M_1, N a M_2, N) byl pro každé stanoviště vypočten aritmetický průměr. Tato hodnota podělená vzdáleností elektrod představuje velikost rozdílu potenciálů na 1 m (intenzitu) a její extrémy jsou vypsány v příloze 4. Hodnota označená v tabulce č. 3 jako Ustř. je geometrický průměr (vektorový součet) hodnot z obou navzájem kolmých směrů. Pokud byly naměřeny v jednom směru jak kladné, tak záporné hodnoty, byly geometrické průměry počítány pro hodnoty stejného znaménka samostatně (v tabulce č. 3 označeny Ustř+ a Ustř-).

Pro hodnocení velikosti bludných proudů uvádí ČSN 03 8365 tři kategorie, viz tabulka č. 1. Na všech bodech ZKP byly zjištěny **střední BP**.

Z nejnižších hodnot rezistivit v zájmové oblasti do hloubky založení stavby a z velikosti intenzity el. pole (měřených na dvou vzájemně kolmých směrech uspořádání měřicích elektrod, opravených o polarizaci elektrod), byla pro jednotlivé body určena velikost proudové hustoty J (pro kladné a záporné BP) a směr výsledného vektoru intenzity elektrického pole BP (pro kladné, záporné a v určitých případech i pro převládající BP).

Hodnoty vypočtených proudových hustot jsou uvedeny v tabulce č. 3. Pokud byly v obou směrech naměřeny kladné i záporné BP, ale počty naměřených kladných a

záporných hodnot BP v různých směrech si navzájem neodpovídají a převládající BP mají směr do kladných hodnot v jednom a do záporných hodnot v kolmém směru, (viz pravá část přílohy 3), pak by mohlo dojít vyhodnocením podle normy ke snížení výsledné hodnoty proudových hustot oproti skutečné hodnotě. Proto v těchto případech byla vypočtena i hodnota proudové hustoty z převládajících složek BP bez ohledu na znaménko (při formálním otočení směru příslušné elektrody M1 nebo M2 to normovému postupu neodporuje). Tato proudová hustota je v přílohách č. 4 označena J_{prevl} . Pokud byla tato proudová hustota J_{prevl} větší než proudová hustota vypočtená z kladných a záporných složek BP, pak byla použita jako výpočtová proudová hustota v tabulce č. 3 pro výpočet přepočtených proudových hustot podle TP124 [3]. Směry vektoru intenzity elektrického pole převládajících BP jsou v příloze 1 zakresleny žlutooranžovou šipkou s délkou úměrnou velikosti proudové hustoty převládajících BP.

Stupeň agresivity prostředí závisí především na velikosti rezistivity a velikosti vektoru proudové hustoty v měřeném místě a určuje se podle tabulky č. 2.

Stupeň agresivity prostředí podle kritéria proudové hustoty:

Zjištěné hodnoty výpočtových proudových hustot (převládajících BP) se pohybují v rozmezí od $152 \mu A \cdot m^{-2}$ do $454 \mu A \cdot m^{-2}$.

Podle tabulky č. 2 hodnoty výpočtových proudových hustot převládajících BP na všech bodech ZKP odpovídají IV. stupni agresivity – je zde tedy **podle kritéria proudové hustoty agresivita prostředí na ocel velmi vysoká** (dle ČSN 03 8372).

Situace měření s výsledky:

Poloha projektovaných objektů, bodů VES a ZKP s výsledky je (dle zaměření bodů dálkoměrem od sousedních budov zakreslených v podkladu dodaném zadavatelem a podle zaměření pomocí ruční GPS) vykreslena v situační příloze 1.

Do této situace jsou zakresleny polohy jednotlivých stanovišť měření ZKP i polohy jednotlivých elektrod (M1, M2 a N) při měření potenciálových rozdílů.

U každého stanoviště jsou žlutooranžově zakresleny zjištěné vektory elektrického pole převládajících bludných proudů nebo i záporné a kladné složky jsou-li významné.

Velikosti proudové hustoty pole bludných proudů jsou úměrné velikosti této žlutooranžové šipky (ve směru BP).

Směry výsledných vektorů intenzity elektrického pole bludných proudů (viz přílohy 1 a 3) jsou velmi mírně proměnlivé v čase i v místě a naznačují podíl střídavých polí a existenci více zdrojů BP. Většina směrů výsledného vektoru intenzity BP míří shodně generelně k J (k JZ až JV).

5.3 Vyhodnocení ZKP dle TP124, stanovení stupně ochranných opatření

Hodnoty výpočtových proudových hustot jsou uvedeny v tabulce č. 3. V situační příloze 1 jsou směry vektoru intenzity elektrického pole převládajících BP zakresleny šipkou žlutooranžové barvy (velikost šipky je úměrná velikostí BP).

Výsledky hodnocení agresivity zemního prostředí na ocel na jednotlivých stanovištích jsou souhrnně uvedeny v tabulce č. 3.

Pokud jde o stanovení stupně ochranných opatření pro navrhovanou konstrukci, je třeba (pokud má alespoň určitá část konstrukce vyšší vodivost než podloží, železné konstrukční prvky, a uzemnění na více než jednom místě) postupovat ve smyslu tabulky č. 1 technických podmínek MD (TP 124) „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ [3], která je prezentována v této zprávě v tabulce č. 4.

Podle této tabulky „Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu BP“ jsou zkoumané oblasti členěny do 5ti skupin (základní ochranná opatření stupeň č. 1 až 5) podle kritéria přepočtené hodnoty proudové hustoty J_v , která je dána vztahem:

$$J_v = K_s \cdot J$$

kde K_s je celkový sací koeficient konstrukce (mostu, žb. objektu)

a J je výpočtová proudová hustota stanovená v souladu s ČSN 03 83 72.

Sací koeficient konstrukce (mostu) je vyjádřen empirickým vzorcem:

$$K_s = K_{sm} + K_k + K_p$$

kde K_s je celkový sací koeficient konstrukce (mostu) (může nabýt hodnot 0 až 10, přičemž 0 je pro kamenné mosty či jiné mosty bez ocelové výztuže)

K_{sm} je vlastní sací koeficient mostu a pro nové mosty nabývá dle rozměru a použitého typu konstrukce hodnot 1 až 5. K_k je koeficient konstrukce a nabývá hodnot:

0... pro elektricky izolačně oddělené konstrukce

1... částečné oddělení nebo rozdělení konstrukce

2... konstrukce tvoří elektricky vodivě nedělitelný celek

K_p je koeficient prostředí, který umožňuje zohlednit při hodnocení ZKP další případná nebezpečí koroze BP, jako např. blízkost měnícíny.

Přesná hodnota K_s nebyla určena, neboť pro určení sacího koeficientu konstrukce hal založení objektů není dostatek podkladů. Celkový sací koeficient konstrukcí K_s byl pro přepočet v tabulce č. 3 stanoven odhadem (i z důvodu blízkosti tratě ČD, blízkosti plynovodu a jiných sítí s eventuelní aktivní ochranou, a možnosti budoucího zasolení podzemních vod základové půdy posypovou solí) na hodnotu 1,3.

Přepočtené proudové hustoty (s $K_s=1,3$) se na proměřených bodech ZKP pohybují v poměrně úzkém intervalu od $197,6 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2$ do $590,2 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2$.

To znamená, že na celé lokalitě stavby v blízkosti bodů ZKP-1 až ZKP-5 bude nutno provést **základní ochranná opatření stupně č. 4**.

Stupeň základních ochranných opatření č. 4 nebude na žádném bodě překročen, bude-li použit celkový sací koeficient stavby $K_s \leq 2,4$ (viz následující tab.)

Tabulka č. 3 Vyhodnocení stupně agresivity prostředí na ocel dle ČSN 03 8372 a podklad pro stanovení stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů ve smyslu technických podmínek MDS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /3/ (TP 124)

Vyhodnocení stupně agresivity prostředí na ocel dle ČSN 03 8372 a podklad pro stanovení stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů ve smyslu technických podmínek MDS „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /3/ (TP 124)

ZKP A. Nováka		zpracováno			podle ČSN 03 8372						podle TP 124 /3/			
Brno-CARLA..MUNI		podle ČSN 03 8365			minimální	stupeň	proudová hustota		stupeň agresivity	výpočtová proudová hustota J [μA/m²]	celkový sací koef. Ks	přepočtená proudová hustota Jv [A/m²]	Základní pasivní ochranná opatření pro omezení vlivu BP stupně číslo:	
bod	staničení	napětí změřené		bludné	rezistivita	agresivity	kladné	záporné	prostředí na ocel					
ZKP	bodu ZKP	Ustř+	Ustř-	proudy	do hl. zákl.	prostředí na ocel	složky	složky	dle proudové					
název	[př m]	[mV/m]	[mV/m]	jsou zde:	[Ωm]	dle rezistivity	J ₊ [μA/m²]	J ₋ [μA/m²]	hustoty					
ZKP-1	A 4	2.025	0.883	střední	8	IV. velmi vysoká	253.09	110.33	IV. velmi vysoká	276	1.3 ?	358.8 *10 ⁻⁶	4	
ZKP-2	A 32	0.08	1.361	střední	9	IV. velmi vysoká	8.88	151.26	IV. velmi vysoká	152	1.3 ?	197.6 *10 ⁻⁶	4	
ZKP-3	A 60	-	2.827	střední	9	IV. velmi vysoká	-	314.1	IV. velmi vysoká	315	1.3 ?	409.5 *10 ⁻⁶	4	
ZKP-4	A 83	2.096	0.688	střední	7	IV. velmi vysoká	299.44	98.24	IV. velmi vysoká	300	1.3 ?	390 *10 ⁻⁶	4	
ZKP-5	A 106	2.299	2.2	střední	7	IV. velmi vysoká	328.4	314.32	IV. velmi vysoká	454	1.3 ?	590.2 *10 ⁻⁶	4	
průměry na profilu A:		2.1216	=>střední		8	IV. velmi vysoká			IV. velmi vysoká <=	299.4		389.22 *10 ⁻⁶	=> 4	

Poznámka: Přesné stanovení celkového sacího koeficientu staveb Ks nebylo možné, protože v době ZKP nebyly parametry staveb známy. (Koeficient Ks byl stanoven na hodnotu 1.3. Přepočtená proudová hustota byla vypočtena dle vztahu: $J_v = J \cdot K_s$). Maximální hodnota přepočtené proudové hustoty je 590.2 * 10⁻⁶ A/m² a minimální je 197.6 * 10⁻⁶ A/m². Z toho plyne, že pro všechny body ZKP platí základní ochranná opatření stupně číslo 4. Dle průměrné hodnoty přepočtených proudových hustot pak platí základní ochranná opatření stupně číslo 4 pro celou stavbu. Stupeň základních ochranných opatření číslo 4 platí s velkou rezervou a nebude na nejkritičtějších bodech ZKP-5 překročen pro základy s Ks menším než 2.4.

Tabulka č. 4 – tabulka číslo 1 v technických podmínkách MDS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /3/ (TP 24)

Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů		
Základní ochranná opatření stupeň č.	Proudová hustota [A/m²] hodnoty změřené nebo přepočtené koeficientem sacího efektu mostu Ks	Provedení základních ochranných opatření. Opatření dle číslic a písmen lze kombinovat na základě odborného posouzení.
1	<1*10 ⁻⁷	1. Primární ochrana dle ČSN ISO 9690 (73 1215) a ČSN P ENV 206 (73 2403), tab.3 A - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
2	1*10 ⁻⁷ až 3*10 ⁻⁶ 0.1*10 ⁻⁶ až 3*10 ⁻⁶	2. Kombinace primární ochrany dle ČSN ISO 9690 (73 1215) a ČSN P ENV 206 (73 2403), tab.3 a případné sekundární ochrany dle TP, čl. 5.2 B - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
3	3*10 ⁻⁶ až 1*10 ⁻⁴ 3*10 ⁻⁶ až 100*10 ⁻⁶	3. dle ad 2 plus C - konstrukční opatření dle TP, čl. 5.3, bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
4	1*10 ⁻⁴ až 3*10 ⁻³ 100*10 ⁻⁶ až 3000*10 ⁻⁶	4. dle ad 2 plus D - konstrukční opatření dle TP, čl. 5.3, včetně propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
5	> 3*10 ⁻³	5. dle ad 4 plus E - dokumentace "Elektrické rozvody a zařízení pro kontrolu vlivu bludných proudů" umožňující elektrická a geofyzikální měření (DEM) včetně realizace ev. návrhu následných ochranných opatření.

Pokud by byl objekt CARLA založen mělkěji - nad povrch neogénních jílu - přepočtené proudové hustoty by se pohybovaly v intervalu od 119,6 μA/m² do 283,4 μA/m² a bylo by tedy rovněž nutno provést základní ochranná opatření stupně č. 4.

5.4 Doporučení pro zpracovatele stavby – návrh korozní ochrany

Na základě výsledků ZKP doporučujeme pro celou stavbu objektu CARLA provést **základní ochranná opatření stupně č. 4** podle TP124 MD [3], tj.:

- v případě železobetonových konstrukcí s předpokladem sacího efektu BP provést kombinaci primární ochrany dle ČSN ISO 9690 (73 1215) a ČSN P ENV 206 (73 2403), tab.3 a případné sekundární ochrany dle TP, čl. **5.2** a konstrukční opatření podle TP124 článek **5.3**, **včetně propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce.**
 - ⇒ izolovat tělesa železobetonových prvků základů od vodivějších (jílovitých, hlinitých) zemin svislou izolační fólií, či impregnací betonu v kontaktu se zemínou
 - ⇒ zajistit dostatečné krytí výztuže použitím nevodivých (betonových) podložek proti kontaktu armování - zemina
 - ⇒ spojení výztuží v jednotlivých základových pasech elektrickým svárem (pro minimalizaci počtu článků výztuž-beton-výztuž) by mělo být provedeno po obvodu tělesa armokoše bodovými sváry Ø 5 mm u křížujících se výztuží, oboustranným svárem délky 100 mm u podélně svařovaných výztuží a koutovým oboustranným svárem 4 mm * 10 mm v případě spoje výztuže s ocelovou deskou
 - ⇒ předpokládáme (ideálně nevodivé) oddělení stavby od spodní stavby základů (hydroizolace), které je zároveň součástí ochrany horní stavby proti BP (ochrana nadložní části konstrukce) a snižuje sací efekt BP, jejichž směr je většinou severojižní (JV-SZ až JZ-SV).
- při eventuelních přeložkách úložných zařízení v maximální míře používat nevodivé (nekovové) materiály

6 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ ZKP A ZÁVĚR

Ve dnech 9.7. a 12.7. byl pracovníky firmy SIHAYA, spol. s r.o. proveden základní korozní průzkum (ZKP) na pěti stanovištích, viz situační příloha 1. Metodou VES zjištěné nejmenší hodnoty rezistivity vrstev v hloubkovém intervalu od povrchu až do hloubky založení objektu (až do neogenního podloží a základová spára stěn bude v hlubší části objektu v úrovni cca 223 m n.m.) se pohybovaly v rozmezí od 7 Ω m do 9 Ω m a při mělčím založení (223 m n.m.) nebo nevodivém typu pilot do 17 Ω m. Podle kritéria rezistivity zeminy tedy odpovídá agresivita základového prostředí na ocel IV. stupni agresivity – tzn. podle kritéria rezistivity je na lokalitě stavby agresivita prostředí na ocel velmi vysoká (podle ČSN 03 8372).

Metodou SP-BP byly zjištěny střední BP.

Hodnoty výpočtových proudových hustot převládajících BP (od 152 po 545 μ A/m²) na všech bodech ZKP odpovídají IV. stupni agresivity (podle tabulky č. 2) – je zde tedy podle kritéria proudové hustoty agresivita prostředí na ocel velmi vysoká (dle ČSN 03 8372). Výsledný stupeň agresivity základového prostředí na ocel podle ČSN 03 8372 je dán vyšší hodnotou z obou použitých kritérií.

Na všech bodech ZKP (ZKP-1 až ZKP-5) je tedy výsledný stupeň agresivity prostředí na ocel číslo IV. – agresivita prostředí na ocel je zde tedy (podle ČSN 03 8372, detailně viz tabulka č. 3) velmi vysoká.

Návrh stupně základních ochranných opatření byl v souladu s TP124 MD proveden podle hodnoty přepočtené proudové hustoty, která je daná vztahem:

$J_v = K_s \cdot J$, kde J je proudová hustota výpočtová a K_s je sací koeficient konstrukce (viz kapitola 5.3). Celkový sací koeficient konstrukce K_s byl pro přepočet v tabulce č. 3 stanoven na hodnotu 1,3.

Přepočtené proudové hustoty se pak na proměřených bodech ZKP pohybují v intervalu od 197,6 μ A/m² do 590,2 μ A/m² a to znamená, že pro celou plánovanou stavbu komplexu CARLA je podle technických podmínek TP124 MD [3] nutno provést **základní ochranná opatření stupně č. 4** (viz tabulka číslo 4).

Stupeň základních ochranných opatření č. 4 nebude na žádném bodě překročen, bude-li použit celkový sací koeficient stavby $K_s \leq 2,4$. Výsledky ZKP jsou podrobně popsány v kapitole 5 a doporučením pro zpracovatele stavby se zabývá kapitola 5.4.

Zprávu vypracoval: Mgr. Viktor Valtr

V Brně, dne 20. července 2010

LITERATURA

- [1] ČSN 03 8372: *Zásady ochrany proti korozi nelineových zařízení uložených v zemi nebo ve vodě*. Praha: ÚNM, 1977.
- [2] CZUDEK T. et al. *Regionální členění reliéfu ČSR*. (Mapa 1:500 000). Brno: Geografický ústav ČSAV Brno, 1973.
- [3] MINISTERSTVO DOPRAVY A SPOJŮ. *Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací*. Technické podmínky.- Schváleno MDS - OPK č.j. : 30085/99-120 ze dne 20.12.1999 s účinností od 1.1.2000.- Praha: JEKU s.r.o., PONTEX, s.r.o., prosinec 1999.
- [4] ÚSTŘEDNÍ ÚSTAV GEOLOGICKÝ: *Geologická mapa ČSR*.- List Brno - Měřítko 1:50000.- Redaktor listu O. Matějovská, Praha:, 1988.
- [5] ČSN 03 8365. *Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi.- Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi*. Praha: Ústav pro normalizaci a měření Praha., 1978.