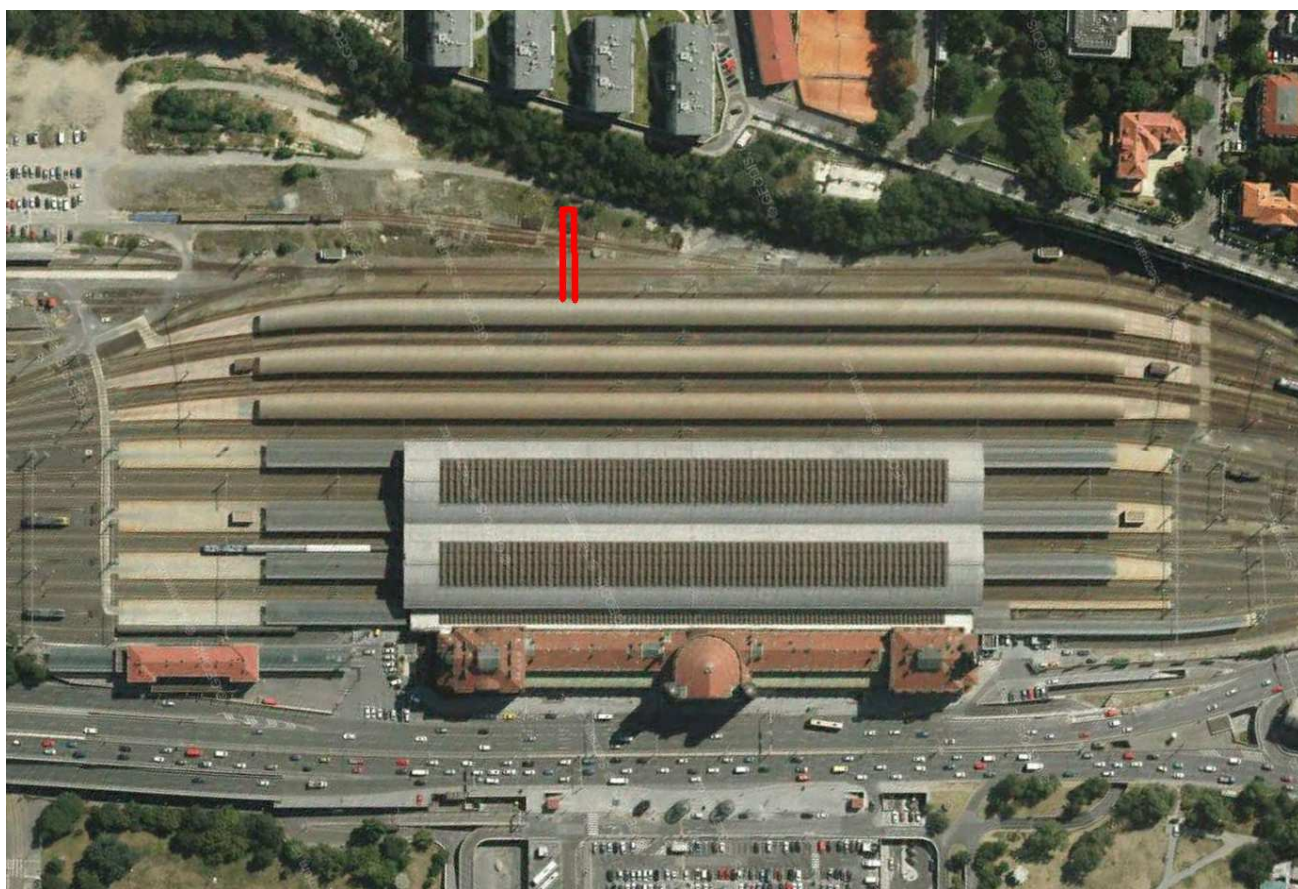


První korozní
spol. s r.o.

Korozní průzkum

Pro akci "prodloužení podchodu
v žst. Praha, hl.n."



Obsah

1. ÚVOD	3
2. VÝCHOZÍ PODKLADY	3
3. POPIS SITUACE V OBLASTI PRŮZKUMU	3
4. POSTUP PRACÍ A MĚŘICÍ TECHNIKA	3
5. MĚŘENÍ INTENZITY ELEKTRICKÉHO POLE V ZEMI	4
6. MĚŘENÍ REZISTIVITY PŮDY	5
7. MĚŘENÍ POTENCIÁLU KOVOVÁ KONSTRUKCE - ELEKTRODA	6
8. MĚŘENÍ PROUDU NA KOVOVÝCH KONSTRUKCÍCH	7
9. ZÁVĚR A NÁVRH OPATŘENÍ	7

Přílohy:

I. Mapy oblasti s vyznačenými měřenými místy, fotografie	3x A4
II. Protokoly a grafy z měření potenciálu a proudu	5x A4
III. Protokoly a graf z měření intenzity el. pole, grafy vektoru el. pole	5x A4

Zprávu vypracoval: Milan Janeček, Pavel Rada
 První korozní spol. s r.o.
 Londýnská 71
 120 00 Praha 2
 Mobil: 603 461 705-7

1. Úvod

Předmětem zprávy je korozní průzkum pro akci „Prodloužení podchodu v žst. Praha, hl. n.“. Průzkum byl proveden se zaměřením na zjištění vlivu bludných proudů na inženýrské sítě a ocelové konstrukce. Terénní práce byly uskutečněny v listopadu a prosinci 2015. Objednatel je SUDOP PRAHA, a.s., zhotovitelem korozního průzkumu První korozní spol. s r.o.

2. Výchozí podklady

K vypracování korozního průzkumu byly získány následující podklady:

- Objednávka kooperačních prací.
- Situace stavby v elektronické podobě.
- Technické konzultace s objednatelem.
- Korozní normy ČSN EN 12954, 13509, ČSN řady 03 83xx a související, MD TP 124, předpis ČD SR 5/7 (S), TKP staveb ČD, kap. 25 a dále TPG platné v plynárenském sektoru.

3. Popis situace v oblasti průzkumu

V rámci akce "Prodloužení podchodu v žst. Praha, hl. n." se jedná o prodloužení v místě severního podchodu za hranici 7. nástupiště cca 24 m od jeho hrany směrem k ulici Italská.

Ve sledovaném prostoru se nachází různé druhy stávajících inženýrských sítí, obvyklé pro městskou zástavbu a blízkost velké vlakové stanice.

Zdrojem bludných proudů ve sledované oblasti je především železniční trať (3 kV =) a dále pak tramvajová trať se stejnosměrnou trakční soustavou 600 V, vedená v ulicích Seifertova a Vinohradská. Dalším významnějším zdrojem bludných proudů jsou trasy metra "C" (vzdálené cca 250-300 m) a "A" (vzdálené cca 700 m) se stejnosměrnou trakční soustavou 750 V.

4. Postup prací a měřicí technika

V zájmové oblasti byl proveden korozní průzkum sestávající z

- **Měření intenzity elektrického pole v zemi** - Registrační měření intenzity elektrického pole a stanovení hustoty proudu v půdě.
- **Měření rezistivity půdy** – Měření rezistivity půdy čtyřelektrodovou Wernerovou metodou. Rezistivita byla měřena v místě měření proudového pole, pro výpočet hustoty proudu v půdě a tam, kde to travnaté plochy umožnily.
- **Měření potenciálu plynovod - elektroda** - Registrační měření potenciálu kovových konstrukcí.

- **Měření vstupujícího/vystupujícího proudu do/z plynovodu** - Registrační měření vstupujícího/vystupujícího proudu do/z kovových konstrukcích pomocí ocelového vzorku o ploše 100 cm².

K registračním měřením byl použit systém KORODAT. Systém KORODAT sestává z elektronického záznamníku KD, servisního modulu s LCD displejem pro indikaci měřených hodnot, osobního počítače a speciálního programového vybavení. Záznamník KD-5 je mikroprocesorem řízený elektronický záznamník, který umožňuje dlouhodobé synchronní měření a záznam korozních veličin. Umožňuje měřit potenciál kovová konstrukce - elektroda a proud - obecně libovolné napětí a proud. Elektronický záznamník KORODAT má vstupní odpor cca 1 MΩ. Komunikace se záznamníkem KORODAT se uskutečňuje pomocí přenosného počítače (notebooku) přes sériovou linku RS 232. Vyhodnocení a archivace naměřených hodnot se provádí programovým vybavením KD Office. Pro měření potenciálu a proudu do ocelové elektrody byly záznamníky nastaveny na měření 1. a 2. kanálem, rozsah ±20 V, respekt. ±100 mV. Perioda měření byla 1 s. Pro měření intenzity elektrického pole byl využit 2. kanál. Další přístroje jsou popsány v příslušném textu.

Pro terénní měření byly použity přenosné snímací elektrody Cu/CuSO₄ umístěné převážně v travnatých plochách. Galvanický kontakt na potrubí byl získán většinou v armaturách umístěných v chodnicích, měření ve vozovkách je prakticky vyloučené. Při měřeních se denní teploty pohybovaly kolem 7 °C.

5. Měření intenzity elektrického pole v zemi

Intenzita elektrického pole v zemi byla měřena na dvou místech v ose budoucího podchodu. Měření bylo provedeno vždy pomocí tří referenčních elektrod Cu/CuSO₄ uložených v půdě v navzájem kolmých směrech ve vzdálenosti 5 m od sebe. Napětí mezi elektrodami bylo registrováno elektronickými záznamníky KORODAT. Měření se zjistí napěťové rozdíly ve směrech navzájem kolmých, výpočtem lze pak zjistit vektor intenzity elektrického pole a hustotu proudového pole. Pro výpočet intenzity elektrického pole a hustoty proudu v půdě resp. pro stanovení agresivity prostředí a přítomnosti bludných proudů v zemi jsou použity maximální naměřené hodnoty. Elektrické pole bylo měřeno ve směrech světových stran sever – jih a východ – západ.

Intenzita elektrického pole je dána vztahem

$$E = U / L \quad [\text{mV/m, mV, m}],$$

kde:

U je napětí mezi elektrodami,

L je vzdálenost elektrod

Hustota proudového pole je dána vztahem

$$J = E / \rho \quad [\text{mA/m}^2, \text{mV/m, } \Omega\text{m}].$$

kde:

E je intenzita el. pole mezi elektrodami,

ρ je rezistivita půdy.

ČSN 03 8375 stanoví podle hustoty proudu v půdě v cizím proudovém poli agresivitu prostředí:

Stupeň	Agresivita prostředí	Hustota proudu v půdě [$\mu\text{A}/\text{m}^2$]
I.	Velmi nízká	$< 0,1$
II.	Střední	$0,1 - 3,0$
III.	Zvýšená	$3,0 - 100$
IV.	Velmi vysoká	> 100

Proudové pole bylo měřeno na místě vyznačeném na „Situacích č. 2 a 3 (v příloze I.) označeno PP1. Přehled základních výsledků je v následující tabulce.

Poř. č.	Popis místa	Max. intenzita el. pole [mV/m]	Max. hustota proud. pole [$\mu\text{A}/\text{m}^2$]	Agresivita prostředí podle ČSN 03 8375
PP1	mezi krajní kolejí a cestou (konec nového podchodu)	11,39	209,8	IV. – velmi vysoká
PP2	mezi předposlední a krajní kolejí	13,48	134,30	IV. – velmi vysoká

Protokoly a grafy z měření intenzity elektrického pole jsou v příloze č. II.

6. Měření rezistivity půdy

Pro měření byla využita čtyřelektrodová Wennerova metoda s digitálním přístrojem Tellurohm C.A 2. Měřicí metoda je podrobně popsána v ČSN 03 8363: "Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Měření zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou". Při měření byla použita rozteč elektrod 2 m tzn. rezistivita byla měřena do hloubky 2 m.

Rezistivita půdy je dána vztahem:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad [\Omega\text{m}]$$

kde ρ je rezistivita půdy [Ωm]

a je vzdálenost sousedních elektrod [m]

R je hodnota odporu naměřená přístrojem [Ω]

Podle ČSN 03 8375 „Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo vodě proti korozi“, tabulka 1, je agresivita prostředí rozdělena do čtyř stupňů:

Stupeň	Agresivita prostředí	Rezistivita půdy [Ωm]
I.	velmi nízká	> 100
II.	střední	50 – 100
III.	zvýšená	23 – 50
IV.	velmi vysoká	< 23

Rezistivita půdy byla zjištěna v místech měření intenzity elektrických polí (místa označená PP) a to ve směrech sever-jih a východ-západ. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Poř. č.	Směr	Odpor [Ω]	Rezistivita [Ωm]	Stupeň agresivity	Průměrná Rezistivita [Ωm]
PP1	S-J	4,56	57,3	II. střední	54,3
PP1	V-Z	4,09	51,4	II. střední	
PP2	S-J	8,13	102,2	I. velmi nízká	100,4
PP2	V-Z	7,85	98,6	II. střední	

Pro výpočet hustoty proudu v půdě v cizím proudovém poli byla použita průměrná hodnota rezistivity z naměřených hodnot na daném místě.

7. Měření potenciálu kovová konstrukce - elektroda

Potenciály byly měřeny registračně na dvou místech.

Poř. č.	Popis místa	Prům. potenciál [V]	Prům. proud do OC el. [mA]
MB1	Nulový vodič přenosného stavebního rozvaděče	-0,50	-0,06
MB2	Uzemnění sloupu mezi kolejemi	-0,27	0,03

Z hlediska hodnocení potenciálů místa MB1 a MB2 vykazují hodnoty, které lze na těchto konstrukcích předpokládat. V obou případech se jedná o uzemňovací soustavy různých rozsahů a stárí. Rozhodující je, že nebyly zjištěny žádné podstatné hodnoty vystupujících nebo vstupujících bludných proudů. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty potenciálů a také vstupující/vystupující proud. Více je v protokolech a grafech z měření potenciálů, které jsou v příloze č. II.

8. Měření proudu na kovových konstrukcích

Na stejných místech uvedených v tabulce v předchozí kapitole byly měřeny i proudy vstupující/vystupující do/z obou kovových konstrukcí přes ocelové elektrody o ploše 100 cm² umístěné v zemi. Jedná se tedy o měření jako v případě potenciálů, ale s využitím 2. kanálu přístroje. Pokud naměřené hodnoty proudů mají záporné znaménko (viz tabulka a grafy), bludné proudy do potrubí vstupují a při kladných hodnotách je tomu naopak. Vystupující proudy, které by měly zásadní vliv na úbytek materiálu nebyly zjištěny. Průměrné proudy do ocelových elektrod jsou uvedeny v tabulce v předešlé kapitole. Protokoly a grafy z měření proudů jsou v příloze č. II.

9. Závěr a návrh opatření

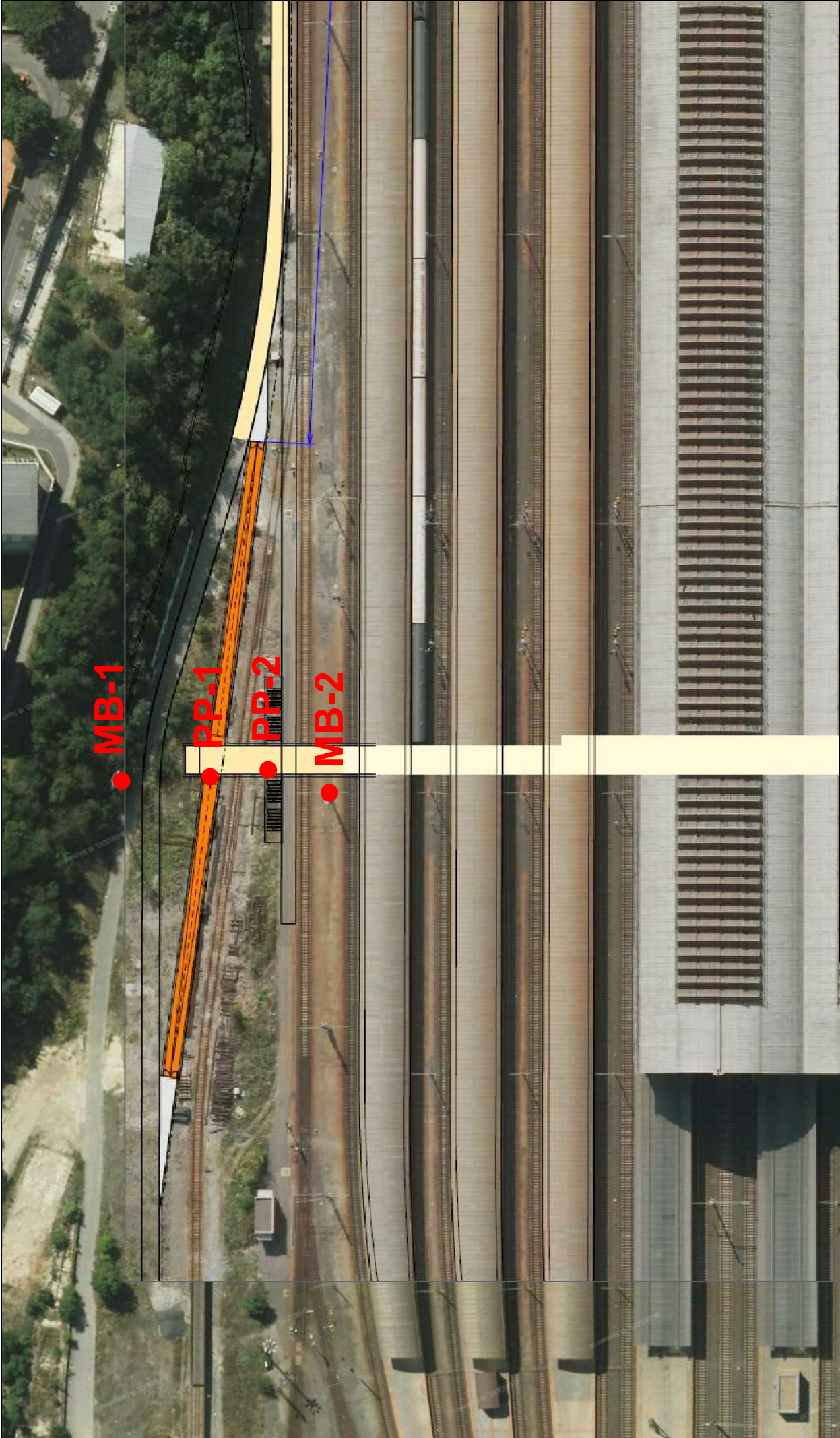
V rámci korozního průzkumu pro akci "Prodloužení podchodu v žst. Praha, hl. n." byla provedena vybraná měření a další terénní šetření. Naměřené hodnoty a příslušné grafy jsou soustředěny do příloh této zprávy.

Korozním měřením byla prokázána přítomnost bludných proudů. Celkovou agresivitu prostředí ve sledované oblasti lze hodnotit podle ČSN 03 8375 stupněm IV. – velmi vysokou. Vyplývá to z hodnocení hustoty proudu v půdě, která dosahuje hodnoty 209,8 $\mu\text{A}/\text{m}^2$. Z hlediska rezistivity půdy se jedná o stupeň agresivity II. - střední až III. - zvýšenou. Měření rezistivity půdy je pouze doplňující a nelze z něj v tomto případě dělat důležité závěry. Potenciálová a proudová měření na měřících bodech MB-1 a MB-2 (uzemňovací vodiče) nevykazují vliv intenzivních bludných proudů na měřené konstrukce.

Pro další projekční činnost doporučujeme důsledně respektovat zásady ochrany proti korozi železobetonových konstrukcí a podzemních sítí. Hodnoceno podle směrnice TP124, tab. 1 přílohy 8, je nutné respektovat základní ochranná opatření stupně č. 4. Další zásady pro protikorozní ochranu jsou uvedeny v předpisu ČD SR 5/7 (S), v korozních normách ČSN 03 8372, ČSN 03 8350 a dalších, dále pak v Technických a kvalitativních podmínkách staveb Českých drah, kapitola 25, část 25 A – Ochrana proti elektrochemické korozi a korozi bludnými proudy.

Příloha I.

Mapy oblasti s vyznačenými měřeními místy, fotografie



<div>Legenda</div> <div>● PP</div> <div>Místo měření proudového pole</div> <div>● MB</div> <div>Místo měření potenciálu a proudu</div>	<div></div>	<div>První korozní spol. s r.o.</div> <div>Navrhl, kontroloval / podpis Milan Janeček</div> <div>Vypracoval / podpis Pavel Rada</div>				<div>Londýnská 71 120 00 Praha 2</div>		<div>Název</div> <div>Prodloužení podchodu v žst. Praha, hl. n.</div> <div>Situace měřených míst</div>				<div>Číslo zakázky</div> <div>2015 D 33</div>	
								<div>Datum</div> <div>07. 12. 2015</div>					
								Měřítko	Formát / Počet A4	Soubor	Číslo výkresu		
									A4 / 1	Situace měřených míst.dwg	PK-15-33-01		



MB-1, Nulový vodič přenosného stavebního rozvaděče



MB-2, Uzemnění sloupu mezi kolejemi



PP1, mezi krajní kolejí a cestou (konec nového podchodu)



PP2, mezi předposlední a krajní kolejí

Příloha II.

Protokoly a grafy z měření

**potenciálu potrubí – elektroda,
proudu do ocelové elektrody**

POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

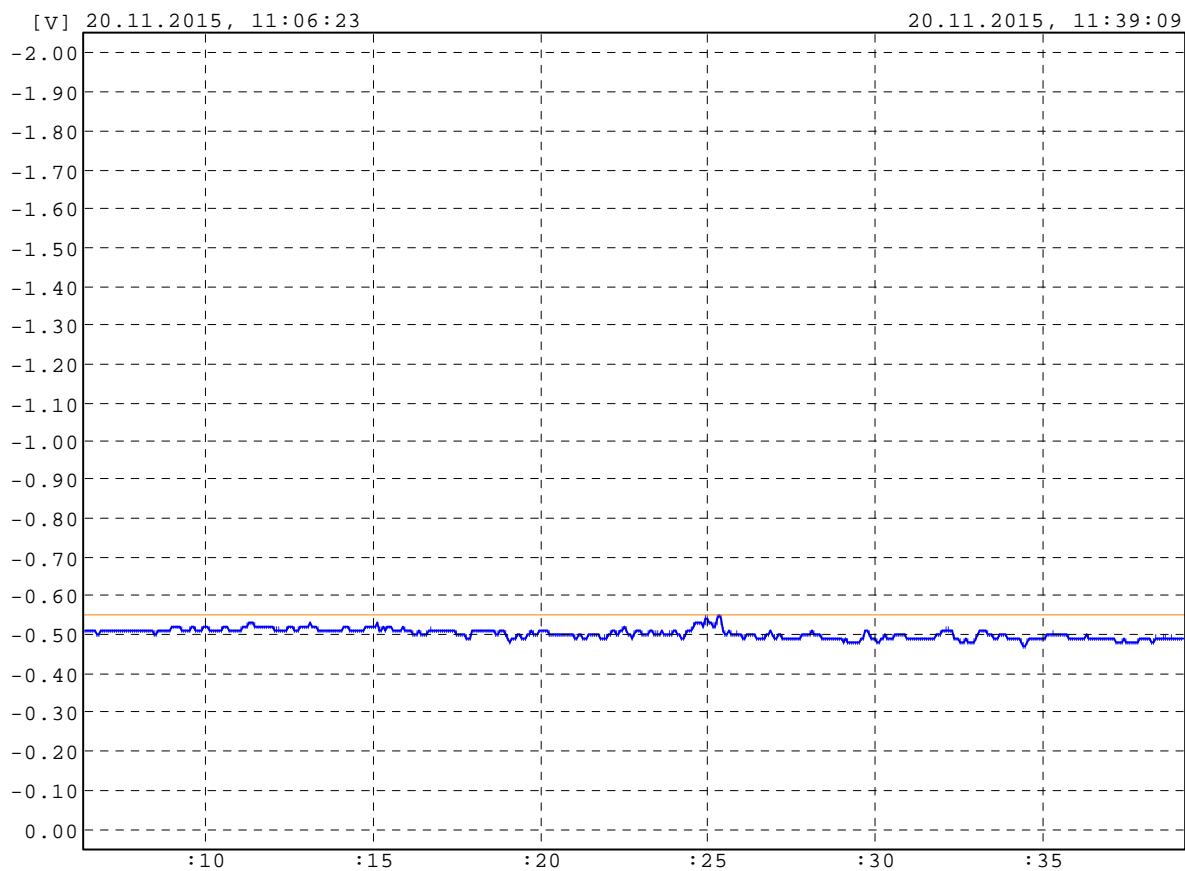
Měření

Místo: MB-1, Nulový vodič přenosného stavebního rozvaděče
Záznamník: KD5.1/P11 Kanál: 1: 12 bit, $\pm 20.0V$
Začátek: 20.11.2015, 11:06:23 Perioda: 1s
Konec: 20.11.2015, 11:39:09 Počet hodnot: 1966
Soubor: d:\Korodat.CZ\Pha_hl_n\1-Nulak.1kk

Statistika

Průměrná hodnota	-0.50V	Limitní hodnota.....	-0.55
Minimální hodnota	-0.55V	Nad hranicí	0.6%/-0.55V
Maximální hodnota	-0.47V	Pod hranicí	99.4%/-0.50V

Grafické zobrazení



PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

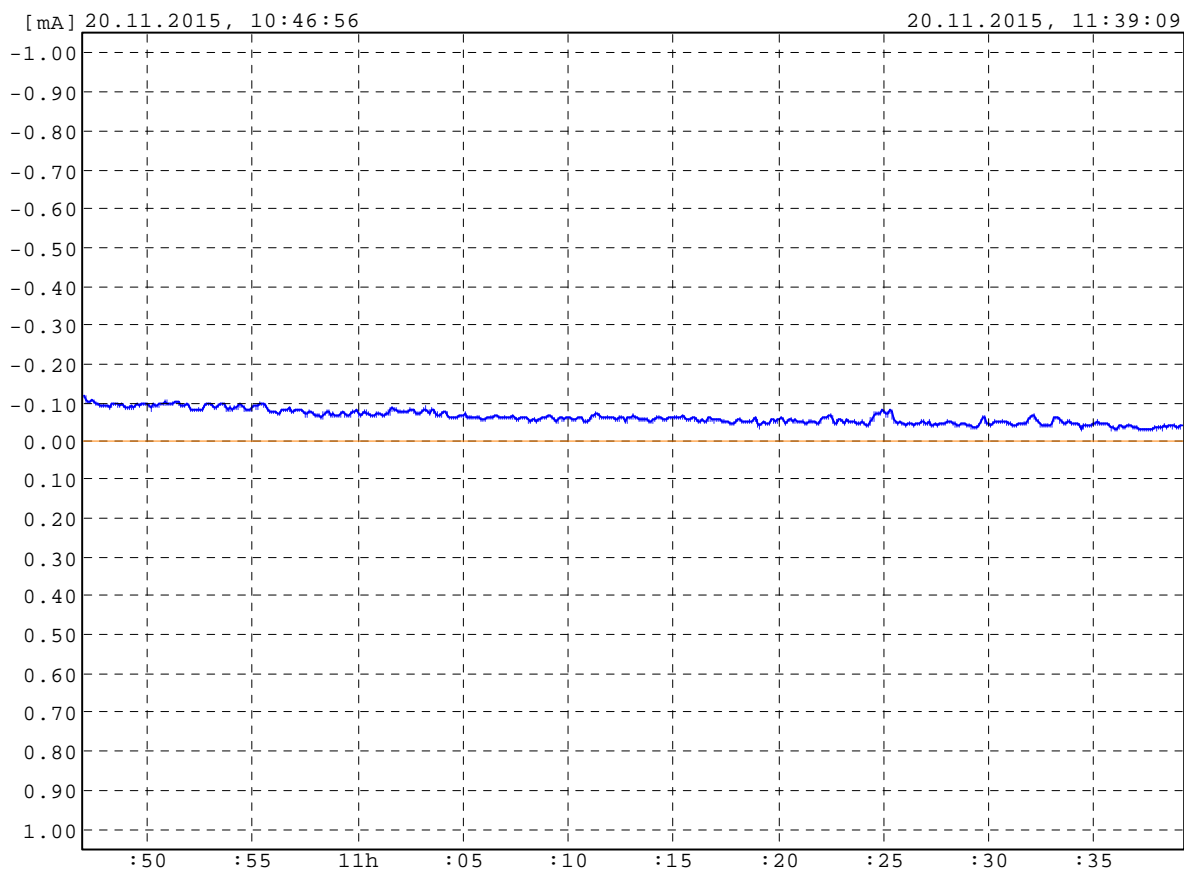
Měření

Místo: MB-1, Nulový vodič přenosného stavebního rozvaděče
Záznamník: KD5.1/P11 Kanál: 2: 12 bit, -+4.50mA
Začátek: 20.11.2015, 10:46:56 Perioda: 1s
Konec: 20.11.2015, 11:39:09 Počet hodnot: 3133
Soubor: d:\Korodat.CZ\Pha_hl_n\1-Nulak.2kk

Statistika

Průměrná hodnota	-0.06mA	Limitní hodnota.....	0.00
Minimální hodnota	-0.12mA	Vstupuje	100.0%/-0.06mA
Maximální hodnota	-0.03mA	Vystupuje	0.0%/-

Grafické zobrazení



POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

Měření

Místo: MB-2, Uzemnění sloupu mezi kolejemi
Záznamník: KD5.1/P10 Kanál: 1: 12 bit, -+20.0V
Začátek: 20.11.2015, 10:41:57 Perioda: 1s
Konec: 20.11.2015, 11:36:16 Počet hodnot: 3259
Soubor: d:\Korodat.CZ\Pha_hl_n\2-Sloup.1kk

Statistika

Průměrná hodnota	-0.27V	Limitní hodnota.....	-0.55
Minimální hodnota	-0.31V	Nad hranicí	0.0%/-
Maximální hodnota	-0.24V	Pod hranicí	100.0%/-0.27V

Grafické zobrazení



PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

Měření

Místo: MB-2, Uzemnění sloupu mezi kolejemi
Záznamník: KD5.1/P10 Kanál: 2: 12 bit, -+6.70mA
Začátek: 20.11.2015, 10:36:57 Perioda: 1s
Konec: 20.11.2015, 11:36:16 Počet hodnot: 3559
Soubor: d:\Korodat.CZ\Pha_hl_n\2-Sloup.2kk

Statistika

Průměrná hodnota	0.03mA	Limitní hodnota.....	0.00
Minimální hodnota	0.02mA	Vstupuje	0.0%/-
Maximální hodnota	0.03mA	Vystupuje	100.0%/0.03mA

Grafické zobrazení



Příloha III.

Protokoly a grafy z měření

Intenzity elektrického pole
Graf vektoru elektrického pole

PP1, mezi krajní kolejí a cestou (konec nového podchodu)
Intenzity elektrického pole - směr sever-jih



Intenzity elektrického pole - směr východ-západ



PROTOKOL Z MĚŘENÍ
intenzity elektrického pole – hustoty proudu v půdě

Místo měření : PP1, mezi krajní kolejí a cestou (konec nového podchodu)
Začátek měření : 20.11.2015 10:10:56
Konec měření : 20.11.2015 11:31:24

1.SOUBOR: PP1J.2KD
Plus pól : JIH
Korodat číslo : 13

2.SOUBOR: PP1V.2KD
Plus pól : VÝCHOD
Korodat číslo : 521

Vzdálenost elektrod : 5.0 m
Rezistivita půdy : 54.3 Ohm.m

MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE

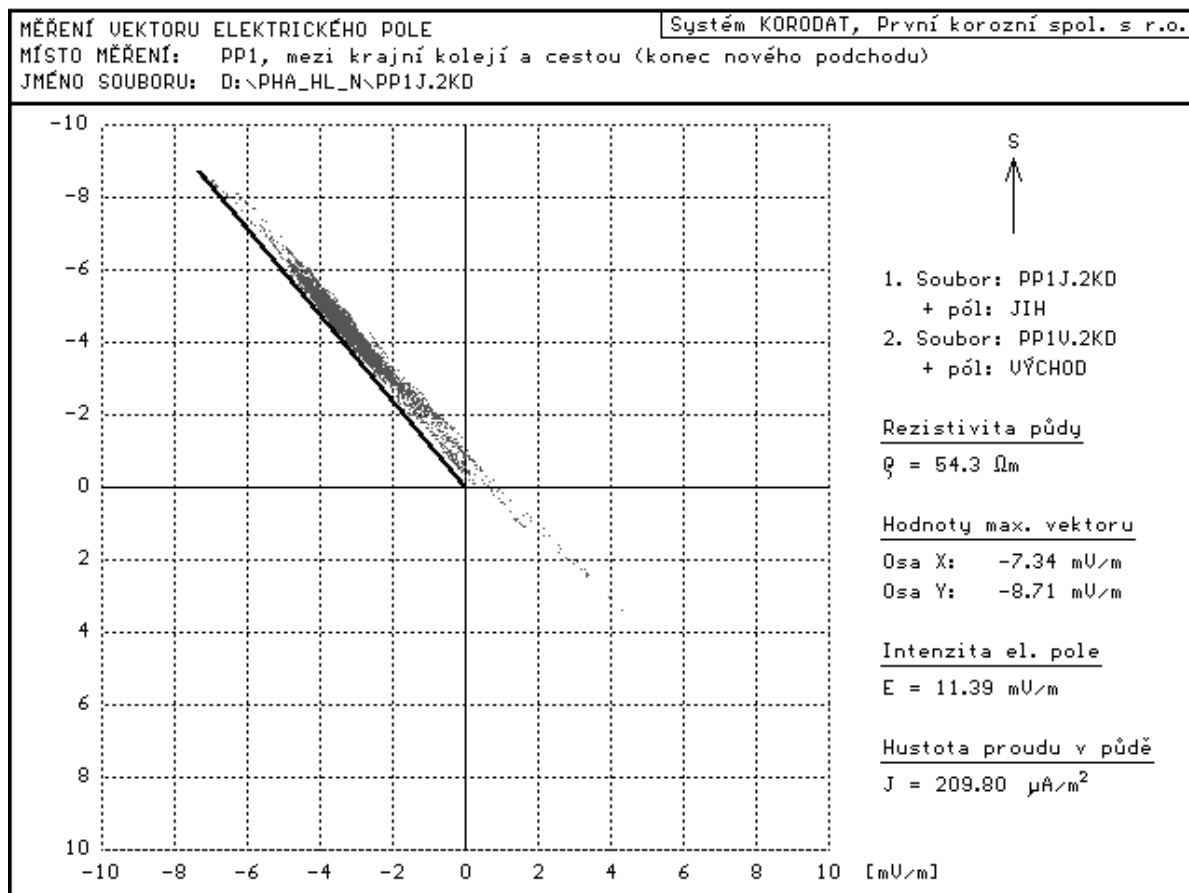
Osa X: -7.34 mV/m
Osa Y: -8.71 mV/m

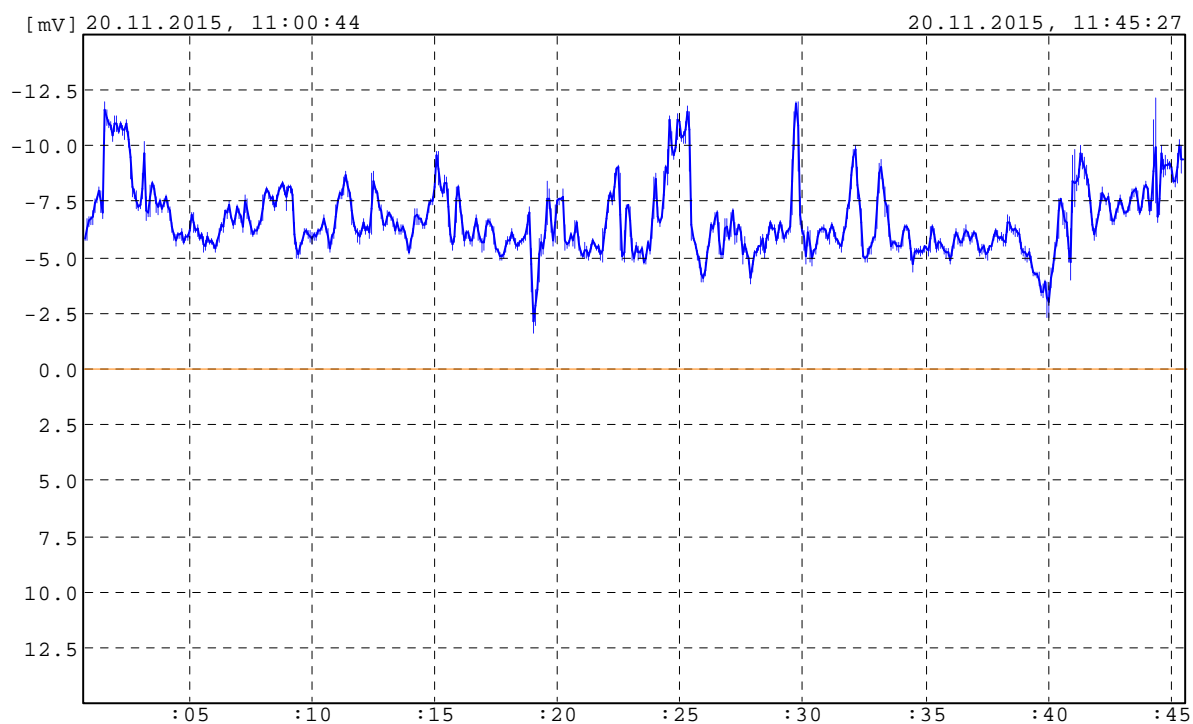
MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE

$E = 11.39 \text{ mV/m}$

MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI

$J = 209.80 \text{ uA/m}^2$



PP2, mezi předposlední a krajní koleji
Intenzity elektrického pole - směr sever-jih**Intenzity elektrického pole - směr východ-západ**

PROTOKOL Z MĚŘENÍ
intenzity elektrického pole – hustoty proudu v půdě

Místo měření : PP2, mezi předposlední a krajní kolejí
Začátek měření : 20.11.2015 11:00:44
Konec měření : 20.11.2015 11:45:26

1.SOUBOR: PP2J.2KD
Plus pól : JIH
Korodat číslo : 6

2.SOUBOR: PP2V.2KD
Plus pól : VÝCHOD
Korodat číslo : 13

Vzdálenost elektrod : 5.0 m
Rezistivita půdy : 100.4 Ohm.m

MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE
Osa X: -12.09 mV/m
Osa Y: -5.98 mV/m

MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE
E = 13.48 mV/m

MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI
J = 134.30 uA/m²

