



Katodická protikoroziční ochrana potrubí, nádrží, tunelů,
mostů a železobetonových objektů

Základní korozní průzkumy

Projekční činnost v oblasti katodické ochrany

Diagnostická zpráva

Korozní průzkum – Rozvoj vodíkové mobility v Ostravě, 1. etapa

Zpracoval: KPTECH, s.r.o.
Objednatel: IGEA, s.r.o.
Zakázka: 21KP009
Zpráva č.: 05/2021
Datum: 29. 1. 2021

Obsah

1	Identifikační údaje	3
2	Úvod	5
2.1	Technická specifikace zakázky	5
2.2	Situační mapa	6
3	Koroze stejnosměrnými bludnými proudy a ochranná opatření	7
3.1	Koroze stejnosměrnými bludnými proudy	7
3.2	Polarita stejnosměrné trakce v Ostravě	9
3.3	Opatření proti korozi stejnosměrnými bludnými proudy	9
3.3.1	Pasivní ochrana	9
3.3.2	Aktivní ochrana – katodická ochrana	10
3.3.3	Aktivní ochrana – elektrická polarizovaná drenáž	10
4	Měřicí postupy, popis měření dle technických předpisů	11
4.1	Měření samovolného korozního potenciálu E_n zapínacího potenciálu E_{on}	11
4.2	Měření zdánlivého měrného odporu půdy	11
4.3	Stanovení přítomnosti bludných proudů – měření proudových polí	12
4.4	Stanovení stupně základních pasivních opatření dle TP124	14
5	Naměřené hodnoty	15
5.1	Parametry elektrických polarizovaných drenáží v předmětné oblasti	15
5.2	Naměřené hodnoty potenciálů E_n a E_{on}	15
5.3	Měření zdánlivého měrného odporu půdy	18
5.4	Měření přítomnosti bludných proudů v zemi (měření proudových polí)	19
5.5	Stanovení stupně základních pasivních opatření dle TP124	21
6	Vyhodnocení naměřených údajů	21
6.1	Vyhodnocení parametrů elektrických polarizovaných drenáží v předmětné oblasti	21
6.2	Vyhodnocení naměřených hodnot potenciálů E_n a E_{on}	21
6.3	Měření zdánlivého měrného odporu půdy	21
6.4	Vyhodnocení měření přítomnosti bludných proudů v zemi (měření proudových polí)	22
6.5	Vyhodnocení a stanovení stupně základních pasivních opatření dle TP124	22
6.5.1	Doporučená základní pasivní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů dle TP 124:	22
7	Závěr	23
8	Příloha – Fotodokumentace	24

1 Identifikační údaje

Zakázka č.:	21KP009
Objednatel:	IGEA, s.r.o. Na Valše 47/3 702 95 Ostrava-Přívoz
Název a sídlo společnosti:	KPTECH, s.r.o. Tolstého 1951/5 702 00 Ostrava, Moravská Ostrava
Měření provedli:	Ing. Tomáš Kolek, pracovník kat. ochr. dle ČSN EN 15257, st. č. 2. Ing. Samuel Przeczek, pracovník katodické ochrany.
Místo:	ul. Počáteční, GPS: 49°49'23.963"N, 18°19'14.534"E.
Datum měření:	leden 2021.
Zpracoval:	Ing. Tomáš Kolek, pracovník kat. ochr. dle ČSN EN 15257, st. č. 2. Ing. Samuel Przeczek, pracovník katodické ochrany.
Kontroloval:	Ing. Svatopluk Dorda, pracovník kat. ochr. dle ČSN EN 15257, st. č. 3.
Podklady:	(1) Mapové podklady poskytnuté objednatelem.
Použité měřicí přístroje:	Měřič zemních odporů PU 183, vč. 9721667, s platnou kalibrací. Multimetr METEX M-4650CR, vč. CJ295195 s platnou kalibrací. Multimetr METEX M-4650CR, vč. EF712425, s platnou kalibrací. 4 x přenosná měřicí elektroda Cu/CuSO ₄ , ověřené měřidlo. PC s programovým vybavením – DigPro 7.0. Digitální multimetr OWON B35T+, vč. 16230323, ověřené měřidlo.

Výchozí technické předpisy ČSN, TPG:

- ČSN EN 12954 – Katodická ochrana kovových zařízení uložených v půdě nebo ve vodě – Všeobecné zásady a aplikace na potrubí.
- ČSN EN 13509 – Měřicí postupy v katodické ochraně.
- ČSN 03 8376 – Zásady pro stavu ocelových potrubí uložených v zemi. Kontrolní měření z hlediska ochrany před korozi.
- ČSN 03 8375 – Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi.
- ČSN 03 8363 – Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v půdě. Měření zdánlivého měrného odporu půdy Wernerovou metodou.
- ČSN 03 8372 – Zásady ochrany proti korozi nelineových zařízení uložených v zemi nebo ve vodě.
- ČSN 03 8373 – Zásady provozu, údržby a revize ochrany proti korozi kovových potrubí a kabelů s kovovým pláštěm uložených v zemi.
- TPG 920 23 - Ochrana kovových objektů a zařízení proti atmosférické korozi.
- TPG 920 26 - Katodická ochrana potrubí uložených v zemi.
- TPG 920 25 - Omezení koroziho účinku bludných a interferenčních proudů na úložná zařízení.
- TP 124 - Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací.

2 Úvod

Dle požadavku objednatele se provedl základní korozní průzkum v oblasti Ostrava – Hranečnick, kde bude probíhat výstavba vodíkové stanice.

Vzhledem k tomu, že se stavební objekt nachází v bezprostřední blízkosti stejnosměrné tramvajové traktce Dopravního podniku Ostrava, tak je veškeré kovové úložné zařízení (uzemnění, ocelová potrubí apod.) a železobetonové konstrukce (mostní objekty, základy budov apod.) v okolí ohroženo negativními vlivy bludných proudů.

Bludné proudy také produkují ostatní zařízení protikorozní ochrany PKO (SKAO – stanice katodické ochrany, EPD – elektrická polarizovaná drenáž a ZEPD – zesílená elektrická polarizovaná drenáž, resp. saturáž) instalované na plynovodech a vodovodech v předmětné lokalitě o kruhu několika stovek metrů až kilometrů.

V okruhu 1 km se nachází několik zařízení PKO různých provozovatelů, a to:

Nejbližší stanice EPD instalované na potrubních rozvodech plynovodu společnosti GasNet:

- EPD Hranečnick 1 (PK-31594),
- EPD Hranečnick 3 (PK-31597),
- EPD Lučina (PK-31595).

2.1 Technická specifikace zakázky

- Měření zdánlivého měrného odporu půdy.
Aplikace Wennerovy metody do hloubky 1,6, vyhodnocení dle ČSN 03 8375, tabulka č. 1.
- Měření potenciálu konstrukce – půda.
Měření a případná registrace potenciálu na vhodných měřicích bodech. Vyhodnocení podle ČSN 03 8350.
- Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi. Vyhodnocení podle ČSN 03 8365.
- Posouzení zamýšleného stavebního záměru, určení kritických míst, nevhodné provedení apod.
- Vyhodnocení získaných údajů. Diagnostická zpráva s výsledky měření, včetně fotodokumentace.

Obr. 1 Situační mapa

3 Koroze stejnosměrnými bludnými proudy a ochranná opatření

3.1 Koroze stejnosměrnými bludnými proudy

Nejčastějším zdrojem bludných proudů jsou dráhy elektrizované stejnosměrným proudem, které využívají koleje jako vodiče trakčního proudu. Část proudu uniká z kolejí a využívá jako vodiče půdu. Rozdělení proudu mezi kolej a půdu je dáno odporovými poměry, tj. stavem kolejového lože, zpětných kabelů a půdními podmínkami. Proud tekoucí zemí se vrací cestou nejmenšího odporu zpět do obvodu, který opustil. V případě přítomnosti úložného zařízení (potrubí, ocelová konstrukce apod.), část těchto „bludných“ proudů vniká na toto zařízení (u potrubí vadami v izolaci potrubí) šíří se jím, a s ohledem na nízký podélný odpor, představuje potrubí pro bludné proudy ideální vodič.

Obdobně tento mechanismus působení bludných proudů platí i pro železobetonové konstrukce (armování, uzemnění apod.) uložené v zemi, a na to navazující ocelové konstrukce (mosty, lávky, tunely a jiné), na které se tyto bludné proudy přenáší.

Z těchto důvodů je nutné interferenční vlivy bludných proudů eliminovat, tzn. jednotlivé části o sebe oddělit, a železobetonovou konstrukci uloženou v zemi izolovat tak, aby bludný proud nemohl vniknout do konstrukce, a dále se šířit.

Na potrubí vznikají v důsledku průchodu bludných proudů tři oblasti:

- 1) *Katodická oblast*, kde bludný proud vstupuje do potrubí. Tato oblast není korozně ohrožena.
- 2) *Neutrální oblast*, kde bludné proud pouze potrubím procházejí, nevstupují ani nevystupují.
- 3) *Anodická oblast*, kde bludné proudy vystupují z potrubí a vrací se půdou zpět do původního obvodu. Tato oblast je korozně značně nebezpečná, neboť zde dochází k přímému rozpouštění železa podle Faradayova zákona:

$$M = E_E \cdot I \cdot t ;$$

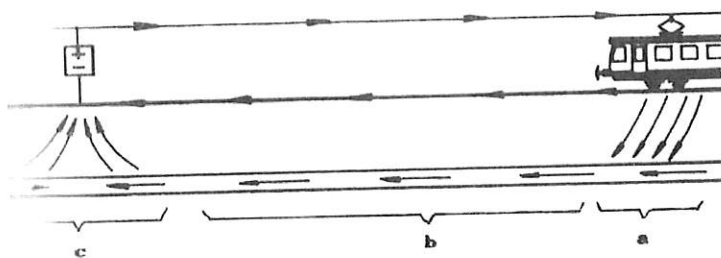
kde: M je hmotnost zkorodovaného kovu,
 E_E je elektrochemický ekvivalent kovu,
 I je proud,
 t je čas průchodu proudu.

Podle Faradayova zákona dojde při průchodu proudu 1 A k rozpouštění 9,2 kg železa za rok.

Rozmístění jednotlivých oblastí je zřejmé z obrázku 2, kde je znázorněna situace, kdy koleje tvoří záporný pól trakční soustavy. Poněkud jiná je situace, je-li na koleje připojen kladný pól – obrázek 3.

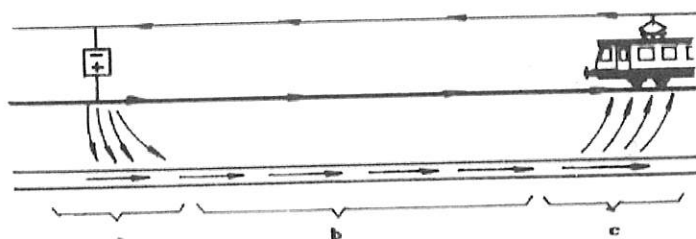
V tomto případě je katodické pásmo u měřírny, anodické pásmo se pohybuje podél potrubí v závislosti na pohybu trakčního vozidla. Ke koroznímu narušení potrubí může při soustředění vystupujícího proudu na malou plochu povrchu potrubí dojít v poměrně krátké době, z praxe jsou známy případy, kdy k prokorodování nového potrubí došlo během 4 až 5 týdnů.

Korozní narušení bludnými proudy má charakteristický vzhled, na potrubí nejsou přítomny korozní zplodiny, kov je čistý a lesklý.



Obr. 2 Působení bludných proudů při záporné polaritě kolejí

a) katodická oblast, b) neutrální oblast, c) anodická oblast.



Obr. 3 Působení bludných proudů při kladné polaritě kolejí

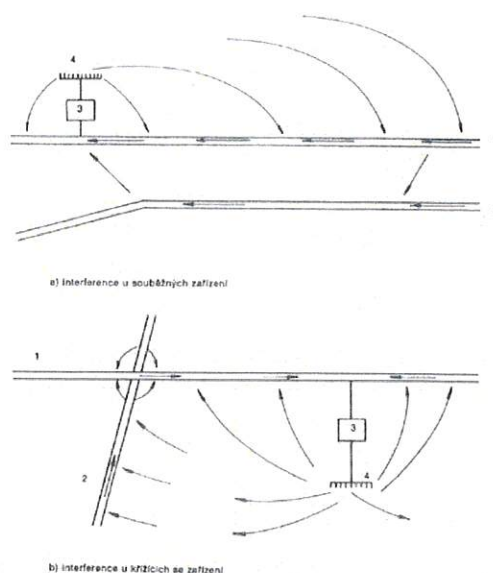
a) katodická oblast, b) neutrální oblast, c) pohyblivá anodická oblast.

Vzhledem i způsobem vzniku je korozní narušení stejnosměrnými bludnými proudy shodné s narušením vznikajícím při přechodu proudu z jednoho zařízení na druhé, tj. interferencí. Zdroje těchto proudů mohou být různého původu, např. z katodické ochrany, ale i z ostatních zdrojů stejnosměrného proudu. K ovlivňování dochází, pokud se v elektrickém poli příslušného zdroje vyskytují jiná úložná zařízení. Princip vzniku interference je zřejmý z obrázku 4.

3.2 Polarita stejnosměrné trakce v Ostravě

Železniční trakce SŽDC: kolej je připojena na záporný pól zdroje (měnící), trolej je připojena na kladný pól zdroje.

Tramvajová trakce DPO: kolej je připojena na kladný pól zdroje (měnící), trolej je připojena na záporný pól zdroje.



Obr. 4 a, b Princip vzniku interference

1) chráněné potrubí, 2) nechráněné potrubí, 3) stanice katodické ochrany, 4) uzemnění.

Komplex zařízení aktivní ochrany je pro cizí úložné konstrukce zdroj bludných proudů. Za určitých okolností může ochranný proud do konstrukce vstoupit a v jiných místech vystupovat. Při výstupu interferenčního proudu – anodické pásmo vzniká elektrochemická koroze se všemi nepříznivými důsledky. Interferenci tedy rozumíme korozní ovlivnění úložných zařízení aktivní ochranou, která nejsou zahrnuta do společné ochrany.

Interferenci lze omezit již volbou trasy úložné konstrukce, dále pasivní ochranou, vhodným umístěním izolačních spojů a prostorovou úpravou úložných konstrukcí.

3.3 Opatření proti korozi stejnosměrnými bludnými proudy

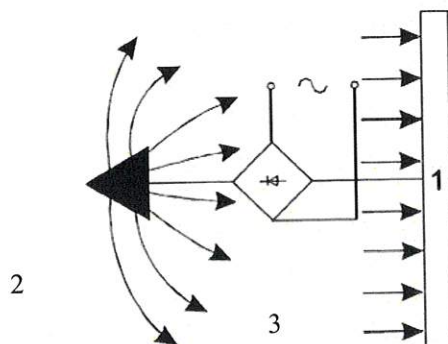
3.3.1 Pasivní ochrana

Pasivní ochranou jsou opatření, která omezují vstup a výstup bludných proudů do zařízení a ze zařízení nebo omezují tok proudu přes něj. Mezi často používané druhy pasivní ochrany patří:

- Různé druhy izolací jako jsou asfaltové, z plastických hmot a různé speciální izolace;
- Stavební ochrana, která může být provedena uložením do kanálů;
- Obsypáním úložného zařízení nevodivou zeminou, pískem nebo štěrkem;
- Volba trasy úložného zařízení, co nejdále od zdrojů bludných proudů a v zemině s co největší vodivostí.

3.3.2 Aktivní ochrana – katodická ochrana

Princip katodické ochrany spočívá v posunu potenciálu k negativnějším hodnotám, tak, aby byla co nejvíce snížena anodická proudová hustota. To dosáhneme záměrným vytvořením elektrického obvodu s použitím vnějšího zdroje stejnosměrného proudu, kdy chráněná konstrukce je připojena k zápornému pólu zdroje, a stane se katodou. Kladný pól zdroje je spojen s pomocnou anodou (např. kolejí) umístěnou v korozním prostředí – v půdě.

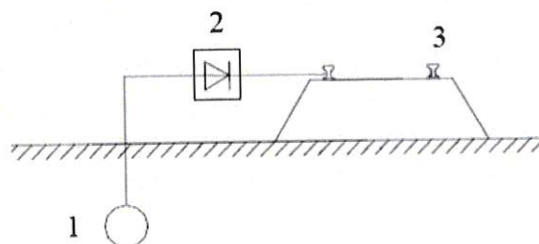


Obr. 5 Principiální schéma katodické ochrany

1) chráněné potrubí, 2) anodové uzemnění (kolej), 3) stejnosměrný zdroj.

3.3.3 Aktivní ochrana – elektrická polarizovaná drenáž

Stanice elektrické polarizované drenáže EPD je souhrn zařízení aktivní ochrany proti korozi bludnými proudy, které umožňuje odvod bludných proudů z úložného zařízení zpět k jejich zdroji tak, aby úložná zařízení nebyla vystupujícími proudy korozně ohrožena.



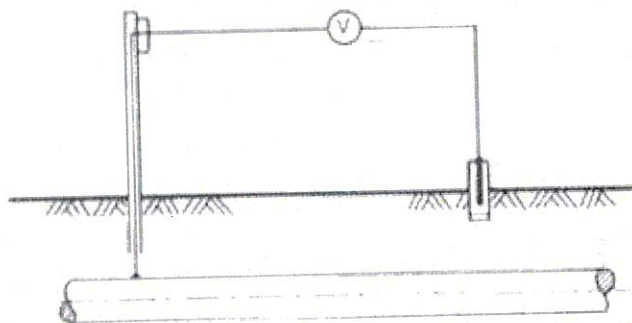
Obr. 6 Principiální schéma elektrické polarizované drenáže

1) chráněné potrubí, 2) stanice elektrické polarizované drenáže, 3) kolej.

4 Měřicí postupy, popis měření dle technických předpisů

4.1 Měření samovolného korozního potenciálu E_n zapínacího potenciálu E_{on}

Měření se provádí dle postupu uvedeného v ČSN EN 13509 – Měřicí postupy v katodické ochrany. Vyhodnocení se provede dle ČSN 03 8373, ČSN 03 8376, ČSN EN 12954 a ČSN EN 13509.



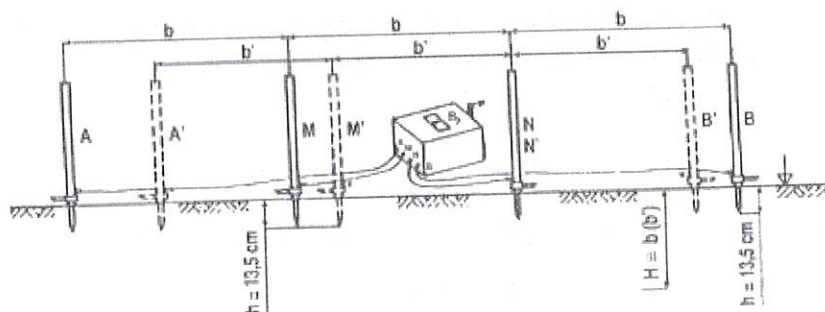
Obr. 7 Měření potenciálu na objektech PKO pomocí elektrody Cu/CuSO₄

4.2 Měření zdánlivého měrného odporu půdy

Vlastní měření se provádí metodou čtyř bodů – Wennerova metoda. Elektrody se v přímce vetknou do země do hloubky 15 cm až 20 cm. Vzdálenost mezi elektrodami je volena tak, aby byla zahrnuta předpokládaná hloubka uložení plynovodu, ale také korozní vlivy geologických vrstev a podzemní vody.

Vnější elektrody jsou spojeny s proudovým zdrojem, v jejich proudovém okruhu se měří intenzita protékajícího proudu. Na vnitřních elektrodách se měří spád potenciálu.

Měření bylo prováděno dle postupu uvedeného v ČSN 03 8363 a vyhodnoceno dle ČSN 03 8375.



Obr. 8 Měření zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou

Agresivita prostředí	Zdánlivý měrný odpor půdy ($\Omega \cdot m$)	Vodivost vody ($\mu S \cdot cm^{-1}$)	Hustota proudu v půdě v cizím proudovém poli ($\mu A \cdot cm^{-2}$)	Charakteristika prostředí	Izolace
velmi nízká I.	> 100	< 100	< 0,1	Potrubí je nad hladinou podzemní vody nebo je trvale uloženo ve vodě velmi nízké nebo středně agresivní	normální
střední II.	50 až 100	200 až 100	0,1 až 3,0	Stupeň nasycení pórů vodou v rozmezí 50 až 95%	normální
zvýšená III.	23 až 50	430 až 200	3,0 až 100	Stupeň nasycení pórů vodou v rozmezí 50 až 95% Projevující se vliv kapilární vzlinavosti vody	zesílená
velmi vysoká IV.	< 23	> 430	> 100	Časté kolísání hladiny vody v pásmu kde je uloženo potrubí, vliv kapilární vzlinavosti vody zeminou	zesílená

Tabulka 1 Agresivita půd a vod na ocel

Hodnoty zdánlivého měrného odporu půdy jsou závislé na řadě hydrogeologických faktorů, jako je stupeň nasycení hornin vodou, teploty, tlaku atd. Aby bylo možné porovnávat naměřené hodnoty z různých ročních období, přepočítávají se hodnoty na roční průměr dle níže uvedené tabulky.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Součinitel	0,8	0,8	0,9	1	1,1	1,3	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,9

Tabulka 2 Koefficient ročního období

Zdánlivý měrný odpor půdy (rezistivita) je pak dán výrazem:

$$\rho = 2 \pi a R \lambda$$

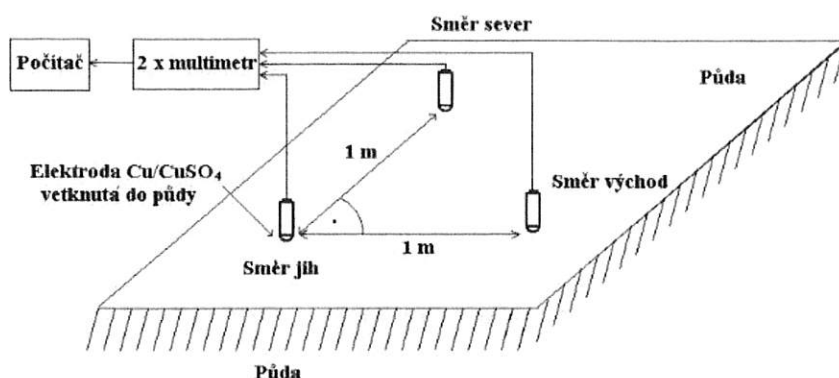
(Rovnice 1)

kde ρ ... je zdánlivý měrný odpor půdy (Ωm);
 a ... je vzdálenost sousedících elektrod (m);
 R ... je velikost odporu půdy odečtena na přístroji (Ω);
 λ ... je součinitel ročního období (-).

4.3 Stanovení přítomnosti bludných proudů – měření proudových polí

Měření byla prováděna dle postupu uvedeného v ČSN 03 8372, která koresponduje s ČSN 03 8365 „Zásady měření při protikoroziční ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi.“

Měření založené na principu úbytku napětí mezi dvěma body vzdálenými na povrchu půdy 1 m od sebe byla prováděna přístroji METEX, s programovým vybavením DigPro. Do určených bodů byly umístěny referenční elektrody Cu/CuSO₄ ve dvou na sebe kolmých směrech, a to ve směru sever-jih a východ-jih. Aritmetickým průměrem je vypočtena střední hodnota potenciálu elektrického pole.



Obr. 9 Měření proudových polí

Směr vektoru proudového pole se určí z vypočtené zdánlivého měrného odporu půdy a střední hodnoty napětového pole, ve shodném místě měření. Výsledek je zpracován počítačem z dat, která jsou získána v průběhu vlastního měření.

Proudovou hustotu vypočteme ze vztahu:

$$J_{STR} = \frac{E_{STR}}{\rho_{STR}} \quad [\text{mA} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (\text{Rovnice 2})$$

kde ρ_{STR} ... je průměr měřeného zdánlivého měrného odporu půdy (Ωm);

E_{STR} ... intenzita elektrického pole (mV/m);

J_{STR} ... je hustota proudu tekoucí půdou ($\text{mA} \cdot \text{m}^{-2}$).

Takto je možné stanovit očekávané hodnoty bludných proudů, které budou daným úložným zařízením protékat při různých protikoročních opatřeních. Vyhodnocení bylo provedeno PC programem DigPro.

Dle naměřených hodnot bludných proudů a ČSN 03 8375 lze stanovit stupeň korozního napadení a ohrožení liniového zařízení. Tato norma stanovuje čtyři stupně agresivity podle hustoty bludných proudů:

- | | | |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| • I. velmi nízká agresivita | $J_p < 0,1$ | ($\mu\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$) |
| • II. střední agresivita | $J_p < 0,1 - 3,0$ | ($\mu\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$) |
| • III. zvýšená agresivita | $J_p < 3,0 - 100$ | ($\mu\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$) |
| • IV. velmi vysoká agresivita | $J_p > 100$ | ($\mu\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$) |

Podle ČSN 03 8365 se ze zjištěné intenzity elektrického pole stanoví velikost bludných proudů a to:

- menší než $0,5 \text{ mV/m}$ – jedná se o slabé bludné proudy;
- v rozmezí $0,5$ až 5 mV/m – jedná se o střední bludné proudy;
- větší než 5 mV/m – jedná se o silné bludné proudy.

4.4 Stanovení stupně základních pasivních opatření dle TP124

Dle předešlého bodu (stanovení přítomnosti bludných proudů) a stanovení a vyhodnocení sacího koeficientu, se dle proudové hustoty zařadí stavba do stupně ochranných opatření.

Tabulka 1 Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů		
Základní ochranná opatření stupně č.	Proudová hustota [A.m⁻²] hodnoty změřené nebo přepočtené koeficientem sacího efektu mostu (tunelu)	Provedení základních ochranných opatření. Opatření dle číslic a písmen lze kombinovat na základě odborného posouzení.
1	$< 1 \cdot 10^{-7}$	1. Primární ochrana dle ČSN EN 206-1 (73 2403), tab.3 A - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
2	$1 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-6}$	2. Kombinace primární ochrany dle ČSN EN 206-1 (73 2403), tab. 3 a případné sekundární ochrany dle TP, čl. 5.3 B - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
3	$3 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$	3. dtto ad 2 plus C - konstrukční opatření dle TP, čl. 5.4, bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
4	$1 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$	4. dtto ad 2 plus D - konstrukční opatření dle TP, čl. 5.4, včetně propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
5	$> 3 \cdot 10^{-3}$	5. dtto ad 4 plus E - dokumentace „Elektrické rozvody a zařízení pro kontrolu vlivu bludných proudů“ umožňující elektrická a geofyzikální měření (dle MP DEM) včetně realizace a ev. návrhu následných ochranných opatření.

Tabulka 3 Stupně základních pasivních opatření pro omezení vlivu bludných proudů

5 Naměřené hodnoty

5.1 Parametry elektrických polarizovaných drenáží v předmětné oblasti

Číslo bodu	Měřicí objekt	I_D (A)	U_{K-P} (V)	E_{on} (V)
Bod 4	EPD Hranečník 1	0 – 20	+4,1 až -3,6	-1,00 až -1,25
Bod 16	EPD Hranečník 3	0 – 20	+3,5 až -5,2	-1,22 až -2,11
Bod 20	EPD Lučina	0 – 20	+2,5 až -3,5	-1,02 až -1,35

Tabulka 4 Parametry elektrických polarizovaných drenáží v předmětné oblasti

Pozn.: I_D ... drenážní proud.

U_{K-P} ... napětí mezi kolejí a potrubím (+ pól měřicího přístroje potrubí, - pól měřicího přístroje kolej).

E_{on} ... zapínací potenciál potrubí.

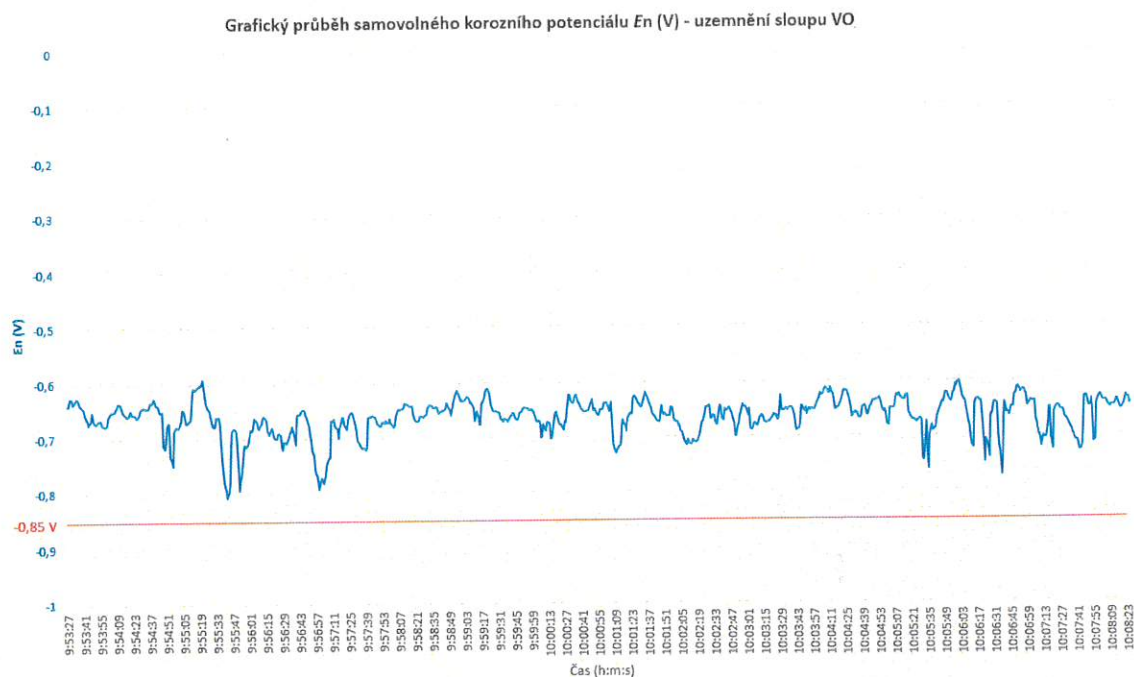
5.2 Naměřené hodnoty potenciálů E_n a E_{on}

Číslo bodu	Měřicí objekt	E_n (V)	E_{on} (V)	Poznámka
Bod 2	Uzemnění sloupu VO	-0,69	-	Záznam E_n
Bod 3	Tramvajová kolej	+4,0 až -2,0	-	-
Bod 4	EPD Hranečník 1	-	-1,05	-
Bod 5	Uzemnění CNG stanice	-0,61	-	-
Bod 6	Hydrant (voda)	-0,58	-	-
Bod 8	Uzemnění sloupu nn	-0,61	-	-
Bod 10	Uzemnění sloupu VO	-0,69	-	Záznam E_n
Bod 11	Uzemnění budovy	-0,61	-	-
Bod 12	Uzemnění sloupu VO	-0,60	-	-
Bod 13	Uzemnění budovy	-0,62	-	-
Bod 15	Objekt POCH	-0,61	-0,61	Vadné napojení na potrubí
Bod 16	EPD Hranečník 3	-	-1,42	Záznam E_{on}
Bod 17	Tramvajová kolej	+4,0 až -2,0	-	Záznam E_n
Bod 18	Uzemnění sloupu VO	-0,59	-	-
Bod 19	Objekt POCH (voda)	-0,58	-2,1	-
Bod 20	EPD Lučina	-	-1,02	-

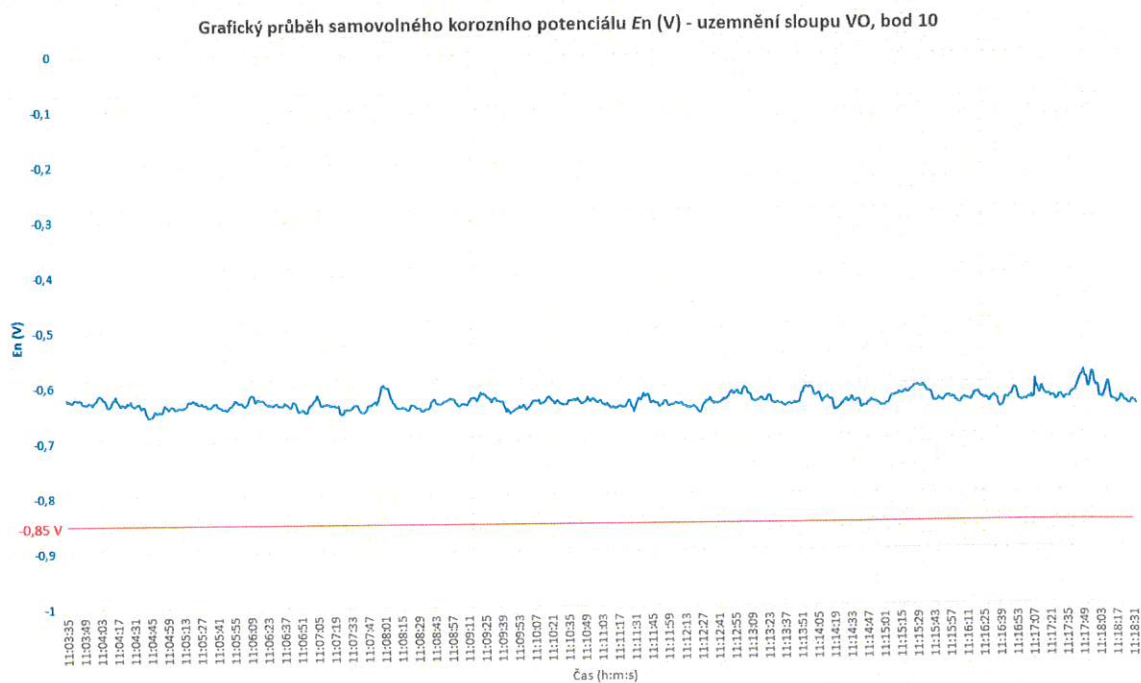
Tabulka 5 Naměřené hodnoty potenciálů E_n a E_{on}

Pozn.: E_n ... samovolný korozní potenciál konstrukce, měřeno elektrodou Cu/CuSO₄.

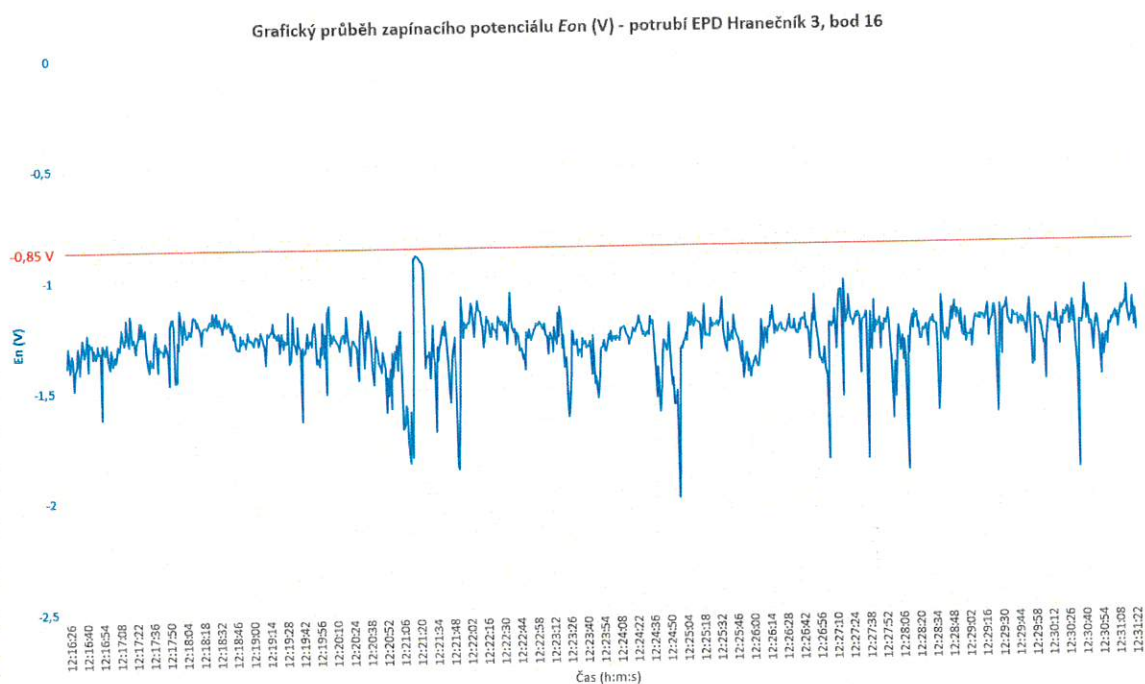
E_{on} ... zapínací potenciál, měřeno elektrodou Cu/CuSO₄.



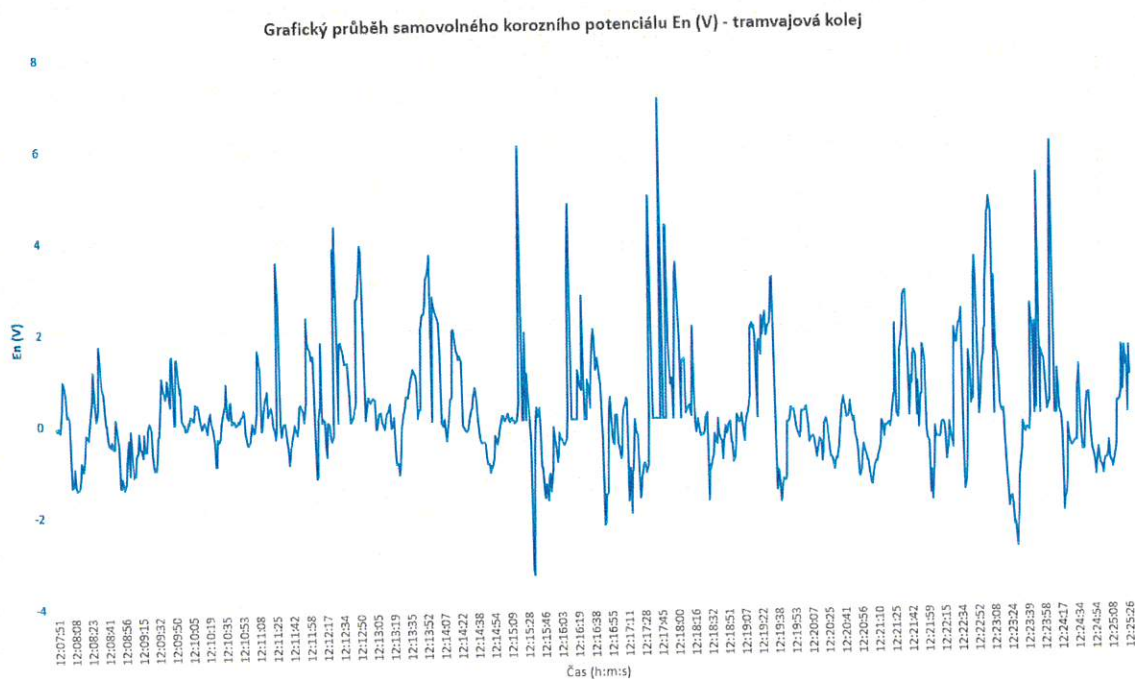
Obr. 10 Grafický průběh samovolného korozního potenciálu E_n – uzemnění sloupu VO, bod 2



Obr. 11 Grafický průběh samovolného korozního potenciálu E_n – uzemnění sloupu VO, bod 10



Obr. 12 Grafický průběh zapínacího korozního potenciálu E_{on} – potrubí EPD Hranečník 3, bod 16



Obr. 13 Grafický průběh samovolného korozního potenciálu E_n – tramvajová kolej, bod 17

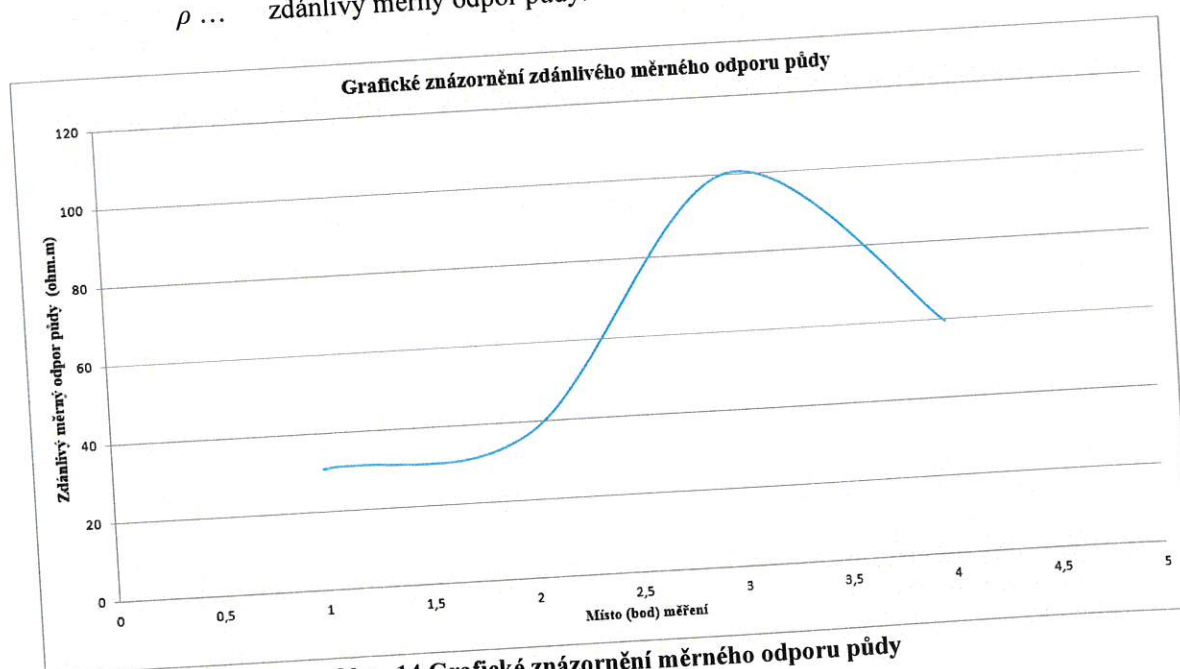
5.3 Měření zdánlivého měrného odporu půdy

Měření bylo prováděno dle postupu uvedeného v 4.2 této zprávy do hloubky 1,6 m. Vyhodnocení je provedeno dle ČSN 03 8375 tab. 1. Z hlediska zdánlivého měrného odporu půdy se měřený plynovod nachází ve „střední agresivitě prostředí, stupně č. II“ o střední hodnotě 57,1 $\Omega \cdot m$.

Pořadové číslo	Místo měření	$R_z (\Omega)$	$\rho (\Omega m)$
1	Bod 1	3,85	31,0
1	Bod 7	4,65	37,4
2	Bod 9	12,5	100,5
3	Bod 14	7,4	59,5

Tabulka 6 Naměřený zdánlivý zemní odpor po trase

Pozn.: R_z ... naměřená hodnota odporu půdy.
 ρ ... zdánlivý měrný odpor půdy.



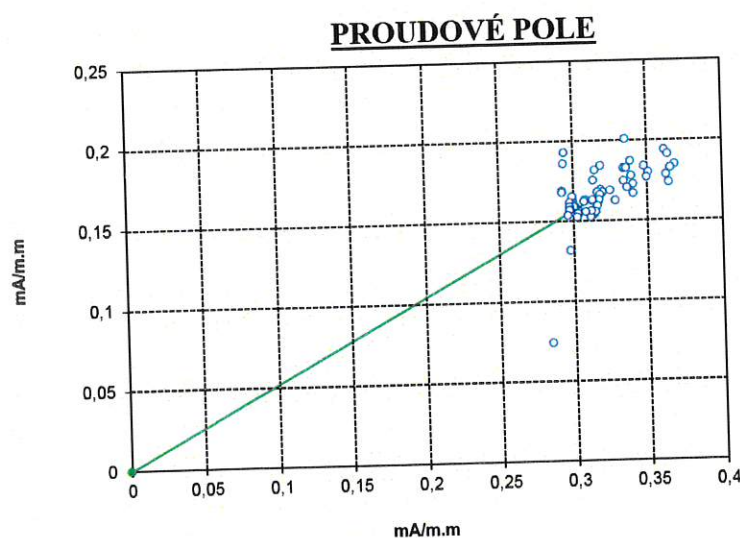
Obr. 14 Grafické znázornění měrného odporu půdy

5.4 Měření přítomnosti bludných proudů v zemi (měření proudových polí)

Měření je prováděno na vhodných místech. Vektory (směry) toku bludných proudů jsou uvedeny na obrázku 1.

Místo měření, číslo bodu	Zdánlivý měrný odpor půdy R_z ($\Omega \cdot m$)	Intenzita pole E (mV/m)	Hustota proudu J ($\mu A \cdot m^{-2}$)	Stupeň bludných proudů	Agresivita půdy / stupeň
PP1, bod 1	31	11,16	360,0	silné	IV. vysoká agresivita
PP2, bod 9	101	9,41	93,2	silné	III. zvýšená agresivita
PP3, bod 14	51	10,24	200,8	silné	IV. vysoká agresivita

Tabulka 7 Měření přítomnosti bludných proudů v zemi (proudových polí) po trase VTL potrubí



Místo: PP1
Datum: 26.01.2021
Čas měření: 11.5.2
Počasí: 2 °C
Perioda vzorku: 1 s

Výpočet vektoru

Korekce x: 0,0017213 V
Korekce y: -0,003782 V
Vzdálenost elektrod "a": 1 m
Měrný odpor půdy: 31 ohm.m

Výpočet bludného proudu

Měrný odpor izolace:
Hloubka osy potrubí:
Délka potrubí v půdě:
Vnější průměr potrubí:

Hodnota bludného proudu:

nepočítána

Agresivita prostředí:

Bludné proudy:

Intenzita pole:

IV. velmi vysoká

silné

11,16283827 [mV/m]

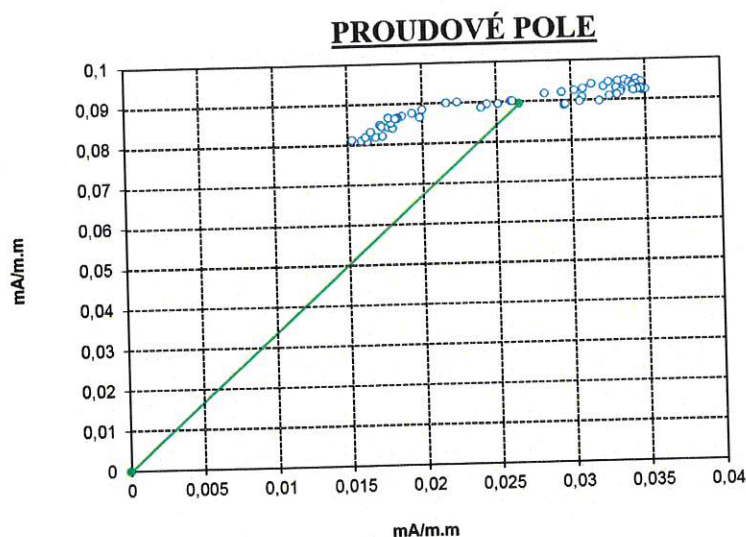
Měřil:

Pozn:

Soubor:

C:\USERS\KOLEK\DESKTOP\HRANEČNÍK

Obr. 15 Grafické znázornění vektoru proudového pole PP1



Místo: PP2
Datum: 26.01.2021
Čas měření: 12.19.28
Počasí: 2 °C
Perioda:
vzorku: 1 s

Výpočet vektoru

Korekce x: 0,0025817 V
Korekce y: -0,000308 V
Vzdálenost
elektrod "a": 1 m
Měrný
odpor půdy: 101 ohm.m

Výpočet bludného proudu

Měrný odpor izolace:
Hloubka osy potrubí:
Délka potrubí v půdě:
Vnější průměr potrubí:

Hodnota bludného proudu:

nepočítána

Agresivita prostředí:

III. zvýšená

Bludné proudy:

silné

Intenzita pole:

9,416884624 [mV/m]

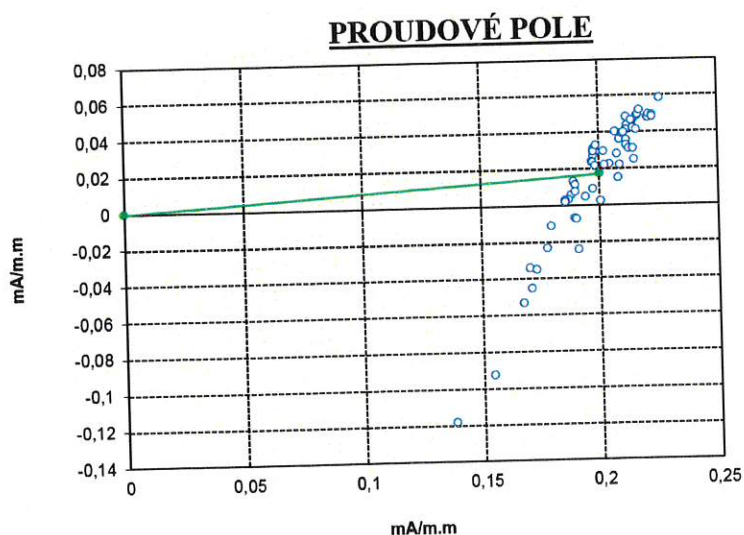
Měřil:

Pozn:

Soubor:

C:\USERS\KOLEK\DESKTOP\HRANEČNÍK

Obr. 16 Grafické znázornění vektoru proudového pole PP2



Místo: PP3
Datum: 26.01.2021
Čas měření: 13.20.22
Počasí
Perioda
vzorku: 1 s

Výpočet vektoru

Korekce x: V
Korekce y: V
Vzdálenost
elektrod "a": 1 m
Měrný
odpor půdy: 51 ohm.m

Výpočet bludného proudu

Měrný odpor izolace:
Hloubka osy potrubí:
Délka potrubí v půdě:
Vnější průměr potrubí:

Hodnota bludného proudu:

nepočítána

Agresivita prostředí:

IV. velmi vysoká

Bludné proudy:

silné

Intenzita pole:

10,24614487 [mV/m]

Měřil:

Pozn:

Soubor:

C:\USERS\KOLEK\DESKTOP\HRANEČNÍK

Obr. 17 Grafické znázornění vektoru proudového pole PP3

5.5 Stanovení stupně základních pasivních opatření dle TP124

Koeficienty:			
$k_{sm} =$	4		
$k_k =$	1		
$k_p =$	2		
$J =$	218	$\mu A/m^2$	
$K_s =$	7		
$J_v =$	1,53E-03	A/m^2	Stupeň č. 4

Tabulka 8 Výpočet sacího koeficientu železobetonové konstrukce

Legenda: k_{sm} ... vlastní sací koeficient konstrukce (mostu, lávky), nabývá hodnot 1 až 5;
 k_k ... koeficient konstrukce (nabývá hodnot 0, 1, 2);
 k_p ... koeficient prostředí (nabývá hodnot 1, 2, 3);
 J ... výpočtová proudová hustota stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372;
 K_s ... celkový sací koeficient konstrukce (mostu, lávky apod.);
 J_v ... přepočtená proudová hustota pro stanovení stupně ochranných opatření.

6 Vyhodnocení naměřených údajů

6.1 Vyhodnocení parametrů elektrických polarizovaných drenáží v předmětné oblasti

Prohlídkou předmětné oblasti bylo zjištěno, že ocelové plynovody v předmětné oblasti jsou vybaveny aktivní ochranou proti negativním účinkům bludných proudů.

Z naměřených hodnot EPD Hranečník 1, EPD Hranečník 3 a EPD Lučina společnosti GasNet je patrné, že elektrické polarizované drenáže jsou plně funkční a odvádějí bludný proud z potrubí zpět do koleje.

6.2 Vyhodnocení naměřených hodnot potenciálů E_n a E_{on}

Dle naměřených hodnot potenciálů kovová konstrukce (uzemnění) – půda ($Cu/CuSO_4$), které se pohybují v rozmezí -0,58 V do -0,69 V je patrné, že naměřené potenciály nevykazují katodické zpolarizování oceli. Naměřený potenciál E_n není zápornější než požadavek ochranného potenciálu pro železné materiály uložené ve vodě a půdě, uvedený v ČSN EN 12954, a to $E_p = -0,85$ V. Jedná se tak o samovolný korozní potenciál E_n , tzn., že veškeré kovové úložné zařízení (uzemnění, ocelová potrubí apod.) a železobetonové konstrukce (mostní objekty, základy budov apod.) v okolí jsou ohroženy negativními vlivy bludných proudů.

6.3 Měření zdánlivého měrného odporu půdy

Měření zdánlivého měrného odporu půdy bylo provedeno ve dvou místech. Z naměřených hodnot lze konstatovat, že půdu lze z hlediska zdánlivého měrného odporu půdy považovat za středně agresivní prostředí, stupně č. II. o střední hodnotě 57,10 $\Omega \cdot m$. Hodnota zdánlivého měrného odporu půdy je dána geologickým složením půdy.

6.4 Vyhodnocení měření přítomnosti bludných proudů v zemi (měření proudových polí)

Ve třech vytipovaných místech, byla zjišťována přítomnost bludných proudů v zemi – měření proudových polí. Z naměřených hodnot je zřejmé, že celá posuzovaná oblast je pod vlivem trvalých bludných proudů o střední až silné intenzitě. To znamená zařazení do stupně agresivity půdy III. zvýšená agresivita až IV. velmi vysoká agresivita půdy.

Nejvýznamnějším zdrojem bludných proudů, které negativně ovlivňují ocelová potrubí uložená v zemi, či jiné železobetonové konstrukce, je stejnosměrná tramvajová trakce Dopravního podniku Ostrava. Bludné proudy se mohou šířit zemí, vnikat do ocelových úložných zařízení a následně z nich opět vystupovat (elektrochemická koroze bludnými proudy), ke svému zdroji, ve vzdálenostech několik set metrů až kilometrů od elektrizované tratě.

Směr (vektory) toku bludných proudů jsou znázorněny na obrázku 1.

Podzemní vedení potrubí, veškeré železobetonové konstrukce a systémy uzemnění jsou ohroženy negativními vlivy bludných proudů. Vlivem bludných proudů dochází k rozpouštění oceli dle Faradayova zákona. Při průchodu proudu 1 A dochází k rozpouštění 9,2 kg železa za rok.

6.5 Vyhodnocení a stanovení stupně základních pasivních opatření dle TP124

Dle střední naměřené hodnoty hustoty bludných proudů v zemi $J_{stř} = 218 \mu A \cdot m^{-2}$, byl dle tabulky 1 uvedený v TP 124 (bod) stanoven stupeň ochranných opatření č. 4.

Nově budovaný objekt je nutno provádět s přihlédnutím doporučených základních ochranných opatření uvedených v TP124 – Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací.

6.5.1 Doporučená základní pasivní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů dle TP 124:

a) Primární ochrana

- Z hlediska ochrany proti bludným proudům je požadováno krytí výztuže betonem na vnějším povrchu se stykem se zemí min. 50 mm.
- Použití elektricky vodivých (kovových) distančních podložek pro krytí výztuže je nepřípustné. Nutno použít distanční podložky vyrobené na bázi betonu.
- Cement musí splňovat požadavky normy ČSN EN 197-1.
- U železobetonových konstrukcí nesmí obsah chloridových iontů v betonu překročit 0,4% Cl^- z hmotnosti cementu.
- Chlorid vápenatý a přísady na bázi chloridů se nesmějí použít do betonů železobetonových konstrukcí (ČSN EN 206-1).
- Pro výrobu železobetonu nesmí být obsah chloridů v záměsové vodě větší než $500 \text{ mg } Cl^- \cdot l^{-1}$ (ČSN EN 1008).

b) Sekundární ochrana

- Způsob sekundární ochrany spočívá v navržení vhodného systému ochrany povrchu betonu ohrožené konstrukce. Používá se impregnace betonu, nátěry, nástřiky, fólie, izolační pásy apod.

c) Konstrukční opatření

- Ve stupni č. 4 se navrhuje provedení výztuže se dle TP124.
- Pro ochranu před bleskem se dle ČSN EN 62305-1 až 4 doporučuje výztuž využít jako základový zemnič, resp. náhodné svody, které již budou provedeny. Pozn. Základový zemnič musí být uložen pod sekundární ochranou spodní stavby.
- Uložení zemniče do půdy a následné propojení s výztuží, se vzhledem k přítomnosti bludných proudů, nedoporučuje.
- Měřicí vývody výztuže se nenavrhují pouze v případě, že bude použit základový zemnič, který bude mít navržené vývody zemnicí soustavy na vnější stěně stavby, tzn. že budou tyto vývody, resp. měřicí body přístupné z venkovní strany stavby.

d) Ostatní opatření

- Pro liniová vedení (např. vodovod, plynovod apod.) se upřednostňují nekovové materiály.
- Pokud budou navrženy kovové přípojky, budou na vstupu do objektu odděleny izolačním stykem. V objektu budou veškerá zařízení pospojována standardním způsobem ve smyslu ČSN 33 2000-4-41 ed. 3.
- Aktivní ochrana proti účinkům bludných proudů se pro tuto stavbu nenavrhuje.
- Pro stavbu je doporučeno definovat měření vlivu bludných proudů v průběhu a po dokončení stavby.

7 Závěr

Dle požadavku objednatele se provedl základní korozní průzkum v oblasti Ostrava – Hranečník, kde bude probíhat výstavba vodíkové stanice.

Vzhledem k tomu, že se předmětná oblast nachází v těsné blízkosti stejnosměrně elektrizované tramvajové trasy Dopravního podniku Ostrava, tak je veškeré kovové úložné zařízení (uzemnění, ocelová potrubí apod.) a železobetonové konstrukce (mostní objekty, základy budov apod.) v okolí ohroženo negativními vlivy bludných proudů.

Celá trasa posuzovaného plynovodu je z hlediska zdánlivého měrného odporu půdy považována za prostředí se střední agresivitou půdy, stupně č. II. o střední hodnotě zdánlivého měrného odporu půdy 57,1 $\Omega \cdot m$. Ale vzhledem ke zjištění, že je předmětná oblast pod trvalým vlivem bludných proudů o střední až silné intenzitě, je nutno prostředí zařadit do **stupně IV. velmi vysoká agresivita půdy**.

Dle TP124 byl stanoven stupeň ochranných opatření, a to stupeň č. 4.

V Ostravě 29. 1. 2021
KPTECH, s.r.o.
Ing. Tomáš Kolek
Ing. Svatopluk Dorda
Ing. Samuel Przewczek



8 Příloha – Fotodokumentace



Obr. 18 Situační pohled zájmové oblasti



Obr. 19 Situační pohled zájmové oblasti



Obr. 20 Měření potenciálu sloup VO



Obr. 21 Měření potenciálu sloup VO



Obr. 22 Měření potenciálu uzemnění



Obr. 23 Měření potenciálu uzemnění



Obr. 24 Vodovodní hydrant



Obr. 25 Měření potenciálu, stanice CNG



Obr. 26 Objekt EPD Hranečník 1



Obr. 27 Objekt EPD Hranečník 1



Obr. 28 Objekt EPD Hranečník 3



Obr. 29 Objekt EPD Hranečník 3



Obr. 30 Objekt EPD Lučina



Obr. 31 Objekt EPD Lučina



Obr. 32 Objekt POCH



Obr. 33 Objekt POCH