



Rekonstrukce traťového úseku Kutná Hora (mimo) - Kolín (mimo)

Korozní průzkum

**Autor zprávy: RNDr. Pavel Nikl
RNDr. Richard Gürtler**

**Praha
duben 2020**

Název úkolu: **Rekonstrukce traťového úseku
Kutná Hora (mimo) - Kolín (mimo)
Korozní průzkum**

Zaměření úkolu: korozní průzkum

Použité metody: měření bludných proudů, vertikální elektrické sondování

Objednatel: **4G consite, s.r.o.**
Šlikova 406/29, 169 00 Praha 4
IČ / DIČ: 27624218 / CZ27624218

Zhotovitel: **GEONIKA, s.r.o.**
V Cibulkách 5, 150 00 Praha 5
IČ / DIČ: 48111767/ CZ48111767

Číslo zak. zhotovitele: 20-043

Autoři zprávy: RNDr. Pavel Nikl
RNDr. Richard Gürtler

Odpovědný řešitel zhotovitele: **RNDr. Pavel Nikl**

Odborná způsobilost zhotovitele: GEONIKA - RNDr. Pavel Nikl
MŽP ČR poř. č. 1729/2003
MD ČR č. 430/2018



Datum: 4/2020

Počet výtisků zprávy: 0 – 3

Rozdělovník: 0 - archiv GEONIKA, s.r.o.
1 – 3 + E - 4G consite, s.r.o.

OBSAH

A. KOROZNÍ PRŮZKUM

1. ÚVOD
2. METODIKA MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ
 2. 1. Bludné proudy
 2. 2. Měrné odpory hornin
 2. 3. Zpracování naměřených hodnot
3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ
4. ZÁVĚR

B. VYHODNOCENÍ KOROZNÍHO PRŮZKUMU

1. ÚVOD
2. VÝCHOZÍ PODKLADY
3. KOROZNÍ AGRESIVITA HORNIN
4. ZDROJE BLUDNÝCH PROUDŮ
5. DOPORUČENÁ OCHRANNÁ OPATŘENÍ

A. KOROZNÍ PRŮZKUM

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti **4G consite, s.r.o.** byl proveden pracovníky společnosti GEONIKA, s.r.o. korozní průzkum v rámci akce

„Rekonstrukce traťového úseku Kutná Hora (mimo) - Kolín (mimo)“

Cílem korozního průzkumu bylo zjistit intenzitu stejnosměrných bludných proudů a stanovit měrné odpory hornin v prostoru mostních objektů železniční tratě Kutná Hora - Kolín :

Most v ev. km 294,150	bod BP1
Most v ev. km 1,205	bod BP2
Most v ev. km 294,450	bod BP3
Most v ev. km 295,765	bod BP4
Most v ev. km 296,142	bod BP5

Na základě získaných údajů byla posouzena korozní agresivita prostředí vůči oceli. Výsledky tohoto korozního průzkumu byly podkladem pro návrh protikorozních opatření, jež jsou uvedena ve druhé části této zprávy.

Výchozím podkladem pro vytyčení a zakreslení měřených bodů byla situace v měřítku 1 : 2 000. Vytyčení a zaměření GPS měřených bodů provedli pracovníci společnosti GEONIKA, s.r.o.

2. METODIKA MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ

Terénní měření proběhlo v březnu 2020 za příjemného jasného počasí s teplotou kolem 15°C. U každého objektu byl vytyčen a změřen 1 registrační bod, tj. celkem 5 bodů. Na každém registračním bodě byla stanovena hustota bludných proudů a měrné odpory a orientační mocnosti geoelektrických vrstev. Polohy registračních bodů BP1 až BP5 jsou zakresleny v přehledných situacích v Příl. 1 a 2.

2. 1. Bludné proudy

Stanovení přítomnosti stejnosměrných bludných proudů bylo provedeno v souladu s normou ČSN 03 8372 a ČSN 03 8365. Referenční a měřicí nepolarizovatelné elektrody typu Cu/CuSO_4 byly před měřením kontrolovány ve smyslu ČSN EN 13509:2004. Měření bylo časově proměnný potenciální rozdíl mezi dvěma body M a N ve dvou vzájemně kolmých směrech po dobu 15 minut v intervalu 5s. Napětí bylo snímáno dvěma digitálními multimetry s automatickou registrací Lutron DM-9962SD se vstupním odporem 10 M Ω .

Polarita vstupních svorek přístroje byla vždy zvolena takto:

svorka M kladná (označení M^+)

svorka N záporná (označení N^-).

Napětí N_1 bylo snímáno z elektrod $M^+N_1^-$ a napětí N_2 bylo snímáno z elektrod $M^+N_2^-$ umístěných kolmo po směru hodinových ručiček k elektrodám $M^+N_1^-$. Dipóly byly orientovány dle terénních možností v blízkosti jednotlivých stavebních objektů. Délka měřicích dipólů byla $M^+N_1^- = M^+N_2^- = 10$ m. Schéma zapojení měřicí soustavy je zobrazeno níže. Z naměřeného napětí byla vypočtena intenzita elektrického pole bludných proudů E .

Výsledky měření bludných proudů v jednotlivých registračních bodech jsou přehledně uvedeny v tabulkách v kapitole 3. V situacích v Příl. 1 a 2 jsou dále na každém bodě zakresleny vektorové diagramy, které podávají informaci o směrech a velikostech elektrického pole bludných proudů.

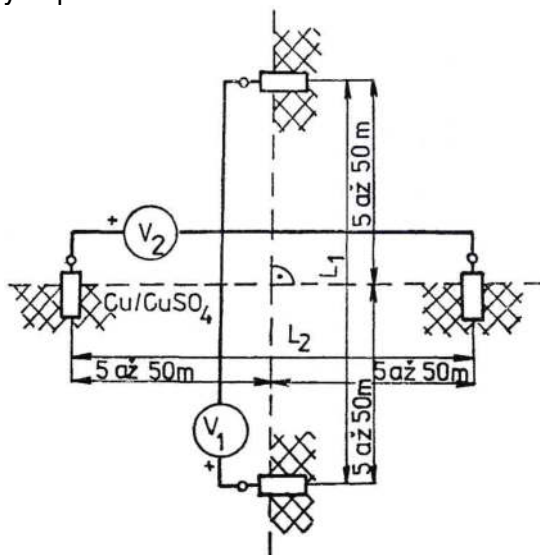


Schéma zapojení měřicí soustavy

2. 2. Měrné odpory hornin

V prostoru měření bludných proudů byly určeny měrné odpory a orientační mocnosti jednotlivých geoelektrických vrstev. K tomu bylo použito vertikální elektrické sondování (VES) se Schlumbergerovým uspořádáním elektrod AMNB s délkou potenčního dipólu $MN = 1$ m. Pro registraci napětí byl použit přístroj MIMI-II se vstupním odporem $100\text{ M}\Omega$ a jako zdroj proudu byla použita aparatura GEVY 100. Maximální rozestup proudových elektrod byl 20 m, což zajišťuje hloubkový dosah do 10 m. Měření vertikálního elektrického sondování bylo prováděno vždy v těsné blízkosti elektrody M^+ .

Interpretací křivek VES byly zjištěny změny měrného odporu hornin ve vertikálním směru v bodě odpovídajícím středu uspořádání AMNB. Interpretace změřených křivek zdánlivých měrných odporů byla provedena na počítači řešením inverzní úlohy. K výpočtu modelových křivek bylo použito programu, jenž řeší přímou úlohu VES pomocí třináctibodového filtru s hustotou vzorkování 8.872 bodů na dekádu a který iteračním postupem dle Marquardtova algoritmu hledá optimální model.

Výsledky interpretace křivek VES jsou souhrnně uvedeny v tabulkách v kapitole 3. V jednotlivých bodech byly zastiženy a interpretovány dvě až tři geoelektrické vrstvy.

2. 3. Zpracování naměřených hodnot

V každém registračním bodě byla z hodnot měrných odporů a intenzit elektrického pole bludných proudů vypočtena v jednotlivých geoelektrických vrstvách hustota bludných proudů J podle vztahu

$$J = E/\rho,$$

kde E je intenzita bludných proudů a ρ je měrný odpor vrstvy.

Na základě výsledků měření byla v soulase s normou ČSN 03 8372 posouzena agresivita prostředí vůči kovovým konstrukcím z hlediska měrných odporů horninového prostředí a hustoty bludných proudů. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách v kapitole 3, celková klasifikace prostředí v měřených bodech je potom přehledně shrnuta v kapitole 4.

3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V následujících tabulkách jsou shrnuty výsledky měření.

Most v ev. km 294,150

REGISTRAČNÍ BOD BP1						
Elektrické pole BP		Měrný odpor a hloubka vrstvy		Hustota BP	Klasifikace prostředí z hlediska	
Intenzita $E[\text{mV/m}]$	Azimut (stupně)	$\rho [\Omega\text{m}]$	$h [\text{m}]$	$J [\text{mA/m}^2]$	měrných odporů	bludných proudů
E++= 3.27	193	430	1.1	7.60E-03	I	III
		2170	2.7	1.51E-03	I	II
		64	> 2.7	5.11E-02	II	III
E--= 1.77	346	430	1.1	4.12E-03	I	III
		2170	2.7	8.16E-04	I	II
		64	> 2.7	2.77E-02	II	III

Most v ev. km 1,205

REGISTRAČNÍ BOD BP2						
Elektrické pole BP		Měrný odpor a hloubka vrstvy		Hustota BP	Klasifikace prostředí z hlediska	
Intenzita E[mV/m]	Azimut (stupně)	ρ [Ω m]	h [m]	J [mA/m ²]	měrných odporů	bludných proudů
E++= 1.54	138	450	1	3.42E-03	I	III
		2000	2.9	7.70E-04	I	II
		70	> 2.9	2.20E-02	II	III

Most v ev. km 294,450

REGISTRAČNÍ BOD BP3						
Elektrické pole BP		Měrný odpor a hloubka vrstvy		Hustota BP	Klasifikace prostředí z hlediska	
Intenzita E[mV/m]	Azimut (stupně)	ρ [Ω m]	h [m]	J [mA/m ²]	měrných odporů	bludných proudů
E+-= 1.08	243	1980	2	5.45E-04	I	II
		36	> 2	3.00E-02	III	III
E-+= 2.11	127	1980	2	1.07E-03	I	II
		36	> 2	5.86E-02	III	III
E--= 1.16	163	1980	2	5.86E-04	I	II
		36	> 2	3.22E-02	III	III

Most v ev. km 295,765

REGISTRAČNÍ BOD BP4						
Elektrické pole BP		Měrný odpor a hloubka vrstvy		Hustota BP	Klasifikace prostředí z hlediska	
Intenzita E[mV/m]	Azimut (stupně)	ρ [Ω m]	h [m]	J [mA/m ²]	měrných odporů	bludných proudů
E--= 1.68	276	65	1.2	2.58E-02	II	III
		36	2.7	4.67E-02	III	III
		38	> 2.7	4.42E-02	III	III

Most v ev. km 296,142

REGISTRAČNÍ BOD BP5						
Elektrické pole BP		Měrný odpor a hloubka vrstvy		Hustota BP	Klasifikace prostředí z hlediska	
Intenzita E[mV/m]	Azimut (stupně)	ρ [Ω m]	h [m]	J [mA/m ²]	měrných odporů	bludných proudů
E++= 3.17	335	58	1.4	5.47E-02	II	III
		45	3.4	7.04E-02	III	III
		36	> 3.4	8.81E-02	III	III

4. ZÁVĚR

V této kapitole jsou s ohledem na normu ČSN 03 8372 souhrnně diskutovány výsledky základního korozního průzkumu.

Na základě zjištěných výsledků geofyzikálního průzkumu a měření bludných proudů s ohledem na normu ČSN 03 8372 prostředí je z hlediska agresivity vůči kovovým konstrukcím klasifikováno v místech mostů následujícím způsobem:

Most v ev. km 294,150

- podle měrných odporů hornin: stupeň I - II,
- podle hustoty bludných proudů: stupeň II - III.

Most v ev. km 1,205

- podle měrných odporů hornin: stupeň I - II,
- podle hustoty bludných proudů: stupeň II - III.

Most v ev. km 294,450

- podle měrných odporů hornin: stupeň I - III,
- podle hustoty bludných proudů: stupeň II - III.

Most v ev. km 295,765

- podle měrných odporů hornin: stupeň II - III,
- podle hustoty bludných proudů: stupeň III.

Most v ev. km 296,142

- podle měrných odporů hornin: stupeň II - III,
- podle hustoty bludných proudů: stupeň III.

B. VYHODNOCENÍ KOROZNÍHO PRŮZKUMU

1. ÚVOD

Potřeba řešit protikorozi ochranu stavby před vlivem prostředí a bludnými proudy je v současné době stanovena předpisy a příslušnými normami, a to zejména:

- Vyhláška č. 177/1995 Sb. Ministerstva dopravy, kterou se vydává stavební a technický řád drah v platném znění,
- Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích
- Vyhláška č. 104/1997 Sb. Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích
- Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti
- Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah, kap. 25 Protikorozi ochrana úložných zařízení a konstrukcí, část A Ochrana proti elektrochemické korozi a korozi bludnými proudy (2018)
- SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) - Služební rukověť Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů (1997; ČD DDC č.j. 55 625/97-S27)
- TP 124 - Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací (2008)
- Dokumentace elektrických a geofyzikálních měření betonových mostních objektů a ostatních betonových konstrukcí pozemních komunikací, Metodický pokyn (2008; MD-OI č.j.1093/08-910-IPK/1)
- ČSN 03 8350 - Požadavky na protikorozi ochranu úložných zařízení
- ČSN 03 8370 - Snížení korozního účinku bludných proudů na úložná zařízení
- ČSN 03 8372 - Zásady ochrany proti korozi nelineových zařízení, uložených v zemi nebo ve vodě
- ČSN 03 8374 - Zásady protikorozi ochrany podzemních kovových zařízení

2. VÝCHOZÍ PODKLADY

- základní korozní průzkum
- situace 1 : 2 000

3. KOROZNÍ AGRESIVITA HORNIN

Z hlediska měrného odporu zemin a proudové hustoty bludných proudů je korozní agresivita horninového prostředí uvedena ve zprávě základního korozního průzkumu. **Korozní agresivita z hlediska měrných odporů je dle ČSN 03 8372 ve stupni č. I – III a z hlediska hustoty proudu v cizím proudovém poli ve stupni č. II – III.**

4. ZDROJE BLUDNÝCH PROUDŮ

Zdrojem bludných proudů je samotná železniční trať Kolín – Kutná Hora a také Kolín - Pardubice, protože obě jsou elektrifikovány stejnosměrnou trakční soustavou 3 kV.

5. DOPORUČENÁ OCHRANNÁ OPATŘENÍ

Doporučený stupeň ochranných opatření dle SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) a TKP, kap. 25 pro **most v ev. km 294,150** je uveden v následující tabulce (BP1):

Sací koeficient	Doporučený st. ochr. opatření dle TP124	Doporučený st. ochr. opatření dle ČD SR 5/7 (S)
1	3	4

Doporučený stupeň ochranných opatření dle SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) a TKP, kap. 25 pro **most v ev. km 1,205** je uveden v následující tabulce (bod BP2):

Sací koeficient	Doporučený st. ochr. opatření dle TP124	Doporučený st. ochr. opatření dle ČD SR 5/7 (S)
1	3	4

Doporučený stupeň ochranných opatření dle SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) a TKP, kap. 25 pro **most v ev. km 294,450** je uveden v následující tabulce (bod BP3):

Sací koeficient	Doporučený st. ochr. opatření dle TP124	Doporučený st. ochr. opatření dle ČD SR 5/7 (S)
1	3	4

Doporučený stupeň ochranných opatření dle SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) a TKP, kap. 25 pro **most v ev. km 295,765** je uveden v následující tabulce (bod BP4):

Sací koeficient	Doporučený st. ochr. opatření dle TP124	Doporučený st. ochr. opatření dle ČD SR 5/7 (S)
1	3	4

Doporučený stupeň ochranných opatření dle SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) a TKP, kap. 25 pro **most v ev. km 296,142** je uveden v následující tabulce (bod BP5):

Sací koeficient	Doporučený st. ochr. opatření dle TP124	Doporučený st. ochr. opatření dle ČD SR 5/7 (S)
1	3	4

Pozn.: Podle kap. 2.3.2 Služební rukověti SŽDC (ČD) SR 5/7 (S) se u elektrizovaných tratí doporučuje provádět ochranná opatření železobetonových mostních konstrukcí vždy alespoň ve stupni č.4 základních ochranných opatření podle tabulky 1 SŽDC (ČD) SR 5/7 (S).

Podrobně jsou ochranná opatření pro omezení bludných proudů na železobetonové konstrukce zpracována ve výše citované ČD SR 5/7 (S). Podle této publikace se pro daný stupeň ochranných opatření navrhuje primární ochrana a sekundární ochrana. Dále se navrhuje konstrukční opatření, která omezují vliv bludných proudů. Pro korozní agresivitu stupně IV se **navrhuje** požadavek na provaření výztuže a vyvedení kontaktů z výztuže nad povrch terénu pro účely kontrolních měření a dodatečných opatření.

Podrobněji jsou jednotlivé zásady specifikovány níže.

Primární ochrana

Primární ochrana je základní ochranou výztuže v betonu. Primární ochranou je zvýšení předepsaného krytí výztuže – minimální tloušťky betonu krycí vrstvy pro danou značku betonu a třídu prostředí jsou uvedeny v ČSN EN 1992-1-1, ČSN EN 206+A1 a ČD SR 5/7 (S).

Krytí výztuže z vnější strany železobetonových konstrukcí v přímém styku se zeminou má být minimálně 50 mm – při použití vodotěsných izolací lze snížit krytí výztuže na 40 mm.

Je nutno maximálně omezit možnost vzniku trhlin v betonu.

U železobetonových konstrukcí musí být obsah Cl^- menší než 0.4% hmotnosti cementu a 0.2% u předpjatého betonu. Přísady pro snazší dosažení zpracovatelnosti nesmí obsahovat více než 0.1% Cl^- . Obsah Cl^- v záměsové vodě nesmí být větší než 500 mg Cl^-/l a 250 mg Cl^-/l u předpjatých konstrukcí.

Použití elektricky vodivých (kovových) distančních podložek pro krytí výztuže je nepřípustné. Je nutno použít betonové distančníky podle TKP PK kap. 18, příl. P10.

Sekundární ochrana

Pro ochranu před účinky bludných proudů se využívá ochrana betonové konstrukce před agresivními vlivy zemin, před zemní vlhkostí, před agresivními vlivy kapalných, plyných i tuhých látek a před klimatickými vlivy.

Způsob sekundární ochrany spočívá v navržení vhodného systému ochrany povrchu betonové konstrukce. Používá se impregnace betonu, nátěry, nástřiky, folie, izolační pásy, apod. Materiály pro vodotěsné izolace musí vykazovat měrný elektrický odpor alespoň $1 \cdot 10^{12} \Omega m$.

Konstrukční opatření

Hlavní zásadou těchto návrhů je z korozního hlediska minimalizovat tvorbu makro a mikročlánků na úrovni výztuž – beton – výztuž vhodným propojováním výztuže a dále elektroizolačním oddělováním jednotlivých částí stavby snižovat průchod bludných proudů.

Pro stupeň ochranných opatření č. IV se u spodní stavby požaduje provaření výztuže a její vyvedení na měřicí destičku (MD).

Zemnicí soustava je navržena jako základový zemnič v podkladním betonu, který bude sloužit k ochraně proti předpětí a blesku a pro uzemnění novostavby. Zemnicí soustava bude navržena tak, aby v jednom místě do plánované novostavby vstoupila a byla zakončena na rozpojitelné svorce.

Vrstva polymerní malty pod ložisky se doporučuje v minimální tloušťce 15 mm. Měrný odpor polymerní malty má být minimálně $1 \cdot 10^6 \Omega m$ (hodnota doporučená je $1 \cdot 10^{12} \Omega m$).

Mostní závěry budou v elektroizolační úpravě a na koncích budou opatřeny šrouby pro měření.

Zábradlí na NK bude jednostranně ukolejněno přes opakovatelnou průrazku 500 V.

Odvodnění mostu nesmí vodivě propojit NK se spodní stavbou.

Stanovují se požadavky na volbu materiálu vodovodních, plynových a kanalizačních zařízení tak, aby bylo eliminováno korozní namáhání nové stavby. Průchodky do spodní stavby pro jednotlivé inženýrské sítě musí být v elektroizolačním provedení.

V průběhu stavby a po jejím dokončení jsou v **Příloze 1 k ČD SR 5/7(S) - Dokumentace elektrických a geofyzikálních měření železničních mostních objektů** navrhována následující měření.

Soupis měření v průběhu stavby

1. Kontrola provaření výztuže spodní stavby.
2. Měření elektrického izolačního odporu vrstvy plastbetonu pod ložisky před osazením nosné konstrukce.
3. Měření zemního odporu podpěr a nosné konstrukce metodou vzdálené země.
4. Měření potenciálu výztuž podpěry – půda dle ČSN 03 8366.

Soupis měření na stavebně dokončeném mostě

1. Měření potenciálu výztuž podpěry – půda (směsný potenciál).
2. Měření pro stanovení elektrického pole v zemi dle ČSN 03 8365.
3. Měření potenciálového spádu a elektrického odporu mezi sousedními podpěrami.
4. Měření zemního odporu podpěr a nosné konstrukce metodou vzdálené země.
5. Měření izolačního odporu a napětí spodní stavba – nosná konstrukce.
6. Měření elektrického izolačního odporu mostních závěrů a zábradlí.

Rozsah měření v průběhu stavby a po dokončení stavby stanovuje projektová dokumentace. Kontrolní měření zajišťuje zhotovitel stavby u specializovaného pracoviště. Plán měření sestavuje specializované pracoviště dle skutečného stavu na stavbě.

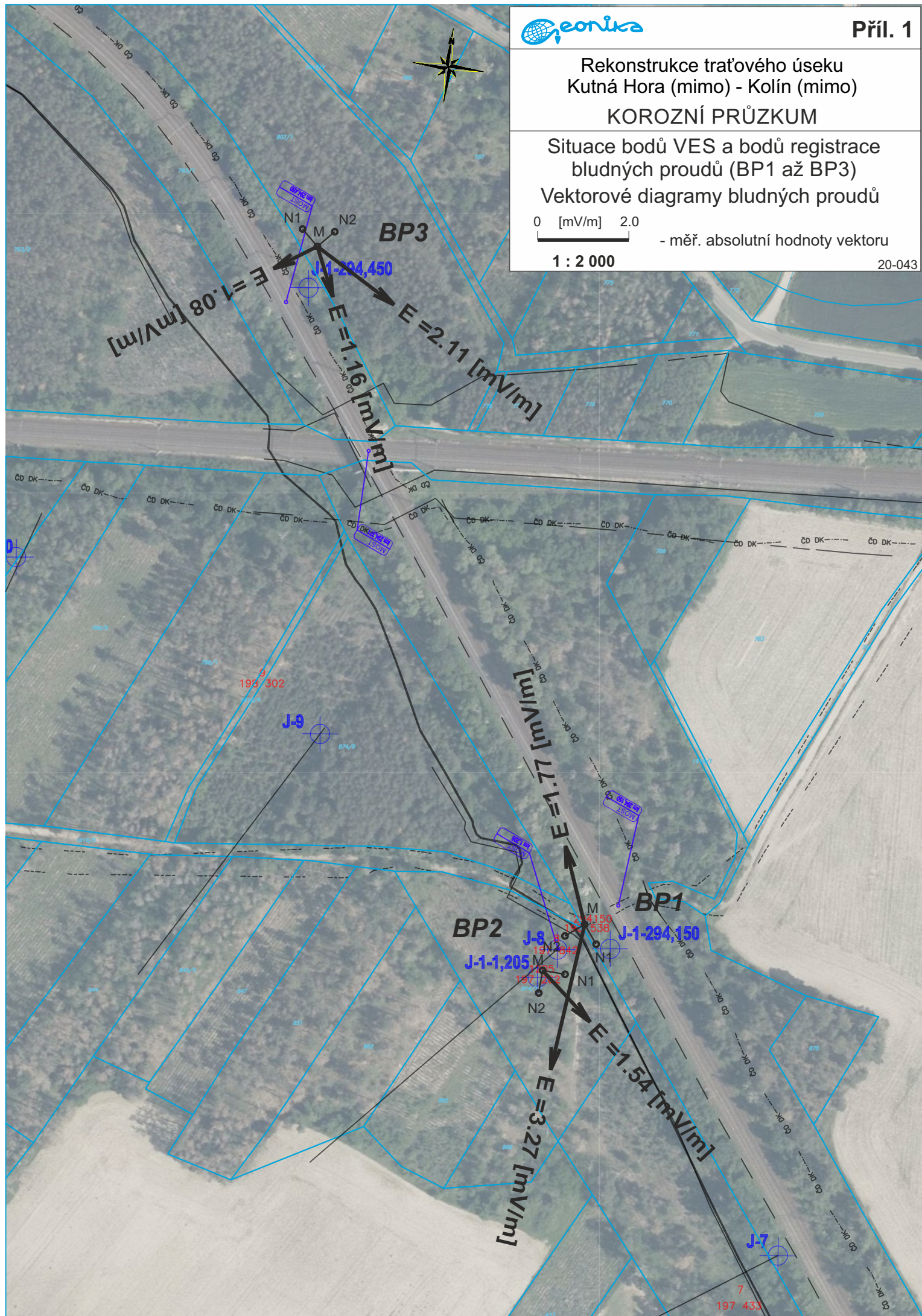
KOROZNÍ PRŮZKUM

Vektorové diagramy bludných proudů

- měř. absolutní hodnoty vektoru

1 : 2 000

20-043





Příl. 2

Rekonstrukce traťového úseku
Kutná Hora (mimo) - Kolín (mimo)

KOROZNÍ PRŮZKUM

Situace bodů VES a bodů registrace
bludných proudů (BP4 a BP5)

Vektorové diagramy bludných proudů

0 [mV/m] 2.0

- měř. absolutní hodnoty vektoru

1 : 2 000

20-043