

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	PO ZAPRACOVÁNÍ PŘIPOMÍNEK	02/2017
02	-	-
03	-	-

Objednatel:



Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

Stavební správa západ
Sokolovská 278, 190 00 Praha 9

Zhotovitel:

SPOLEČNOST "EŽ+SP TNS Rostoklaty"



Elektrizace
Železnic
Praha a.s.

SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
e-mail: praha@sudop.cz

EŽ Praha a.s.
nám. Hrdinů 1693/4a
140 00 Praha 4 - Nusle
e-mail: marketing@elzel.cz

Hlavní inženýr projektu:

ING. MIROSLAV NEZKUSIL

Asistent hlavního inženýra:

-

Projektant:



SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
e-mail: praha@sudop.cz

Středisko:

ELEKTROTECHNIKY, TRAKCE, SDĚLOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKY

Vedoucí střediska:	Odpovědný projektant SO, IO, PS:	Vypracoval:	Kontroloval:
ING. MARTIN RAIBR	DLE ZPRACOVATELŮ	DLE ZPRACOVATELŮ	DLE ZPRACOVATELŮ

Název akce:

Zvýšení trakčního výkonu TNS, TNS Rostoklaty

Číslo smlouvy:

16 077 208

Projektový stupeň:

PD

Část:

VÝPOČET A MĚŘENÍ PRO ZAJIŠTĚNÍ PODMÍNEK
DOTYKOVÉHO NAPĚTÍ STANOVENÝCH CK MD

Datum:

02/2017

Číslo části:

J.6

PROTOKOL O MĚŘENÍ

17 – DKoV – 066

Určení velikosti dotykového napětí na vybraných DC elektrizovaných tratích		
Objednatel: SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a Praha 130 80	Pracoviště zhotovitele: Regionální pracoviště korozních vlivů Praha Malletova 10/2363 Praha 9 - Libeň 190 00	
Měření provedli: Jan Dlouhý Ing. Jan Matouš Ing. Martin Bojko Ing. Michal Svoboda	Protokol vypracoval: Ing. Jan Matouš Ing. Martin Bojko	
Číslo výtisku: 1 / 1	Celkový počet stran: 34	Datum měření: 5/6. 2017

Další účast a spolupráce: - - -

Schválení: 27. 6. 2017

Ing. Jan Matouš

vedoucí Specializovaného střediska diagnostiky korozních vlivů Praha

Jan.matous@tudc.cz, tel. 972 228 747, 602 766 220

podpis schvalujícího

Rozdělovník:

výtisk č. 1/1: SUDOP PRAHA a.s., Olšanská 1a, 130 80 Praha

digitální forma: SŽDC, s. o., TUDC, Regionální pracoviště korozních vlivů Praha

Obchodní firma:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Sídlo: Praha 1 – Nové Město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00
Zápis v obch. rejstříku: Městský soud v Praze, spis. značka A 48384

Doručovací adresa:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Technická ústředna dopravní cesty,
Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 – Libeň

Technická ústředna založena 1957



Obsah

1.	Předmět měření a jeho cíl	3
2.	Popis měření	3
3.	Použité měřicí metody	3
4.	Použité měřicí přístroje	4
5.	Podmínky při měření	4
6.	Měření na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř)	4
6.1	Seznam měřicích bodů	4
6.2	Grafické záznamy	5
6.3	Hodnocení měření	12
7.	Měření na trati Česká Třebová – Praha (úsek v blízkosti TNS Rostoklaty)	13
7.1	Seznam měřicích bodů	13
7.2	Grafické záznamy	14
7.3	Hodnocení měření	19
8.	Měření na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb)	20
8.1	Seznam měřicích bodů	20
8.2	Grafické záznamy	21
8.3	Hodnocení měření	26
9.	Měření na trati Praha – Děčín (úsek v blízkosti TNS Roztoky u Prahy)	26
9.1	Seznam měřicích bodů	26
9.2	Grafické záznamy	27
9.3	Hodnocení měření	29
10.	Měření na trati Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy)	29
10.1	Seznam měřicích bodů	29
10.2	Grafické záznamy	30
10.3	Hodnocení měření	33
11.	Závěr	33
12.	Prohlášení Specializovaného střediska Diagnostika korozních vlivů	34

1. Předmět měření a jeho cíl

Předmětem měření bylo zjistit velikost dotykového napětí na DC elektrizovaných tratích a provést v některých případech modelový výpočet dotykového napětí v závislosti na elektrických parametrech zpětné trakční cesty. Pro měření byly vybrány takové úseky tratí, aby v nich byly zohledněny jednotlivé odlišnosti (koridorové tratě, jednostranně napájené úseky, styk AC a DC trakčních proudových soustav, výluka TNS). Cílem bylo porovnat výsledky měření s ČSN EN 50122-1.

2. Popis měření

Napětí na trakční koleji vůči okolnímu prostředí (zem, vzdálená zem) je závislé na mnoha faktorech, které více či méně toto napětí ovlivňují. Je to především velikost proudu tekoucí trakční kolejí, odpor zpětné trakční cesty, rozmístění trakčních napájecích stanic (dále jen TNS) a na izolačním stavu kolejí proti zemi. Je třeba konstatovat, že především posledně jmenovaný parametr zpětné trakční cesty (dále jen ZTC) má obvykle velmi rozdílné hodnoty, pohybující se od několika desetin $\Omega \cdot \text{km}$ u starých tratí až po stovky $\Omega \cdot \text{km}$ u tratí nových nebo rekonstruovaných. Navíc se kvalita železničního svršku a tedy i tento významný parametr s časem mění. Trakční koleje jsou a musí být z principu přizemněny, část trakčního proudu tedy teče zemí a jeho úniky souvisí právě s izolačním stavem kolejí proti zemi. Velikost proudu v trakčních kolejích je tedy velice proměnná, závislá mj. na mezikolejových propojeních, ukolejnění trakčních podpěr a úložných zařízení, rozsahu kolejiště jednotlivých ŽST apod. Z výše uvedených důvodů je tedy třeba konstatovat, že výpočty napětí proti zemi (dotyková napětí) mohou být velmi nepřesné a použitelné jenom v některých případech. Pokud chceme mít jistotu o velikosti tohoto napětí, je třeba provést registrační synchronní měření napětí trakční koleje proti vzdálené zemi v průběhu měřené trati a trakčního proudu. Jedná se o napětí způsobená běžným provozem (nikoli zkratem příp. jiným poruchovým stavem).

Velikost dotykového napětí je dána velikostí proudu tekoucího trakčními kolejemi k TNS a odporem zpětné trakční cesty, přičemž zpětný proud využívá všechny trakční koleje pomocí mezikolejových propojení. Rozložení proudu v meziměřínském úseku závisí od vzdálenosti trakčního vozidla k příslušným TNS, u jednostranně napájených tratí se dotykové napětí mění se vzdáleností trakčního záběru od TNS, přičemž se zvětšující se vzdáleností trakčního odběru od TNS toto napětí roste.

Pro samotné výpočty dotykových napětí byly použity výsledky měření odporů kolejnic, stykových transformátorů a přípojných lan z protokolů TUDC 16–DKoV–073 (06/16), 16-DKoV-120 (06-09/16) a ze „Stanovení hodnot elektrického odporu kolejnic“ SŽDC GR O14, č.j. 21480/2017 ze dne 17.5.2017.

Metoda měření dotykových napětí byla provedena pomocí referenčních elektrod v takové vzdálenosti od trakční koleje, kdy již nedocházelo k nárůstu, resp. poklesu potenciálu se změnou vzdálenosti od trakční koleje.

3. Použité měřicí metody

Korozní měření (resp. vyhodnocení nebo výpočet) byla provedena podle:

ČSN EN 50122-1 ed. 2	Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod - Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem
ČSN EN 13 509	Měřicí postupy v katodické ochraně
ČSN EN 50162	Ochrana před korozí bludnými proudy ze stejnosměrných proudových soustav.
TKP, kap. 25A	Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah, kapitola 25A

Jako referenční elektroda byla při měření použita síranomědňatá elektroda CSE dle normy ČSN EN 13509. Rozdíl potenciálů mezi jednotlivými elektrodami byl menší než 50 mV.

Číselné hodnoty sledovaných veličin byly měřeny, zaznamenány a vyhodnoceny záznamníky a programem HIOKI.

4. Použité měřicí přístroje

Měřicí přístroje použité při měření byly ověřeny (kalibrovány) podle Metrologického řádu TÚDC.

Typ měřidla	Výr. číslo	Typ měřidla	Výr. číslo
Hioki – LR5042	111013803	Hioki – LR5042	111013800
Hioki – LR5042	111013804	Hioki – LR5042	140414043
Hioki – LR5042	111013805	Hioki – LR5042	140414044
Hioki – LR5042	111013806	Hioki – LR5042	140414045
Hioki – LR5042	111013807	Hioki – LR5042	140414046
Hioki – LR5042	111013808	Hioki – LR5042	140414047
Hioki – LR5042	111013809	Hioki – 3285	141126920

5. Podmínky při měření

teplota vzduchu: 15 – 20 °C; půda: vlhká

6. Měření na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř)

Jedná se o jednostranně napájenou trať (TNS je v Hradci Králové), s nízkým izolačním stavem kolejí proti zemi. Zejména v oblasti Jaroměře s rozsáhlým kolejištěm, je celkový izolační stav velmi nízký. Při trakčních záběrech především v blízkosti ŽST Jaroměř (ale i v průběhu celé trati) značná část trakčního proudu teče jaroměřským kolejištěm do země a následně zemí, příp. kovovými úložnými zařízeními zpět do TNS Hradec Králové. Samotnou kolejí tedy teče proměnlivá část proudu závislá na aktuální poloze vlaku a přizemnění kolejiště. Samotné synchronní měření dotykových napětí probíhalo v průběhu celé trati, v blízkosti Plotiště n/L byl synchronně měřen i trakční proud. Velikost dotykových napětí na trati závisí na velikosti trakčního odběru a vzdálenosti TNS od místa měření.

6.1 Seznam měřicích bodů

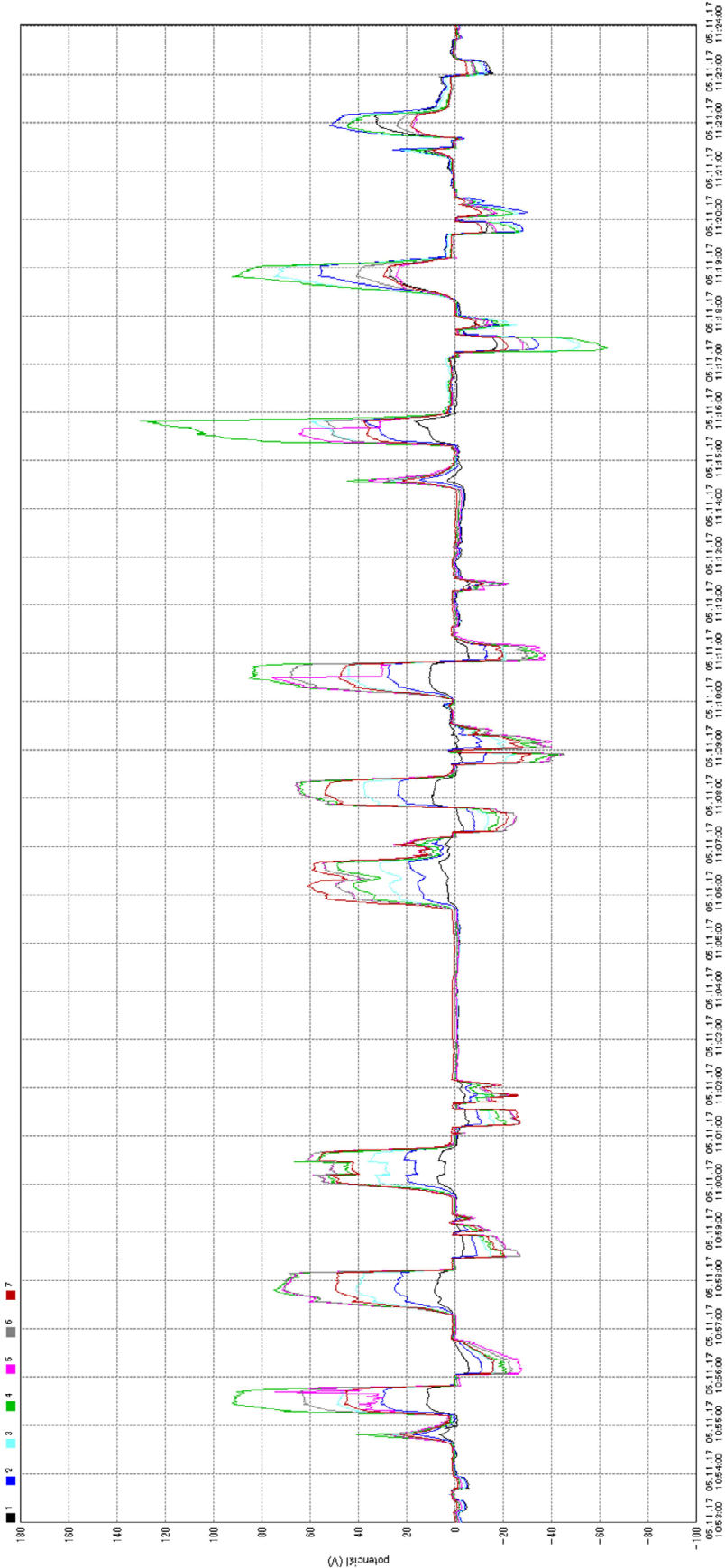
Měřicí body byly rozmístěny v úseku mezi Hradcem Králové a Jaroměří:

Označení MB	Identifikace MB	Provedená měření
MB 01	žkm 24,9 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE, proud
MB 02	žkm 27,1 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE
MB 03	žkm 29,4 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE
MB 04	žkm 32,1 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE
MB 05	žkm 33,9 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE
MB 06	žkm 35,7 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE
MB 07	žkm 39,1 tratě Pardubice - Jaroměř	potenciál vs. CSE

6.2 Grafické záznamy

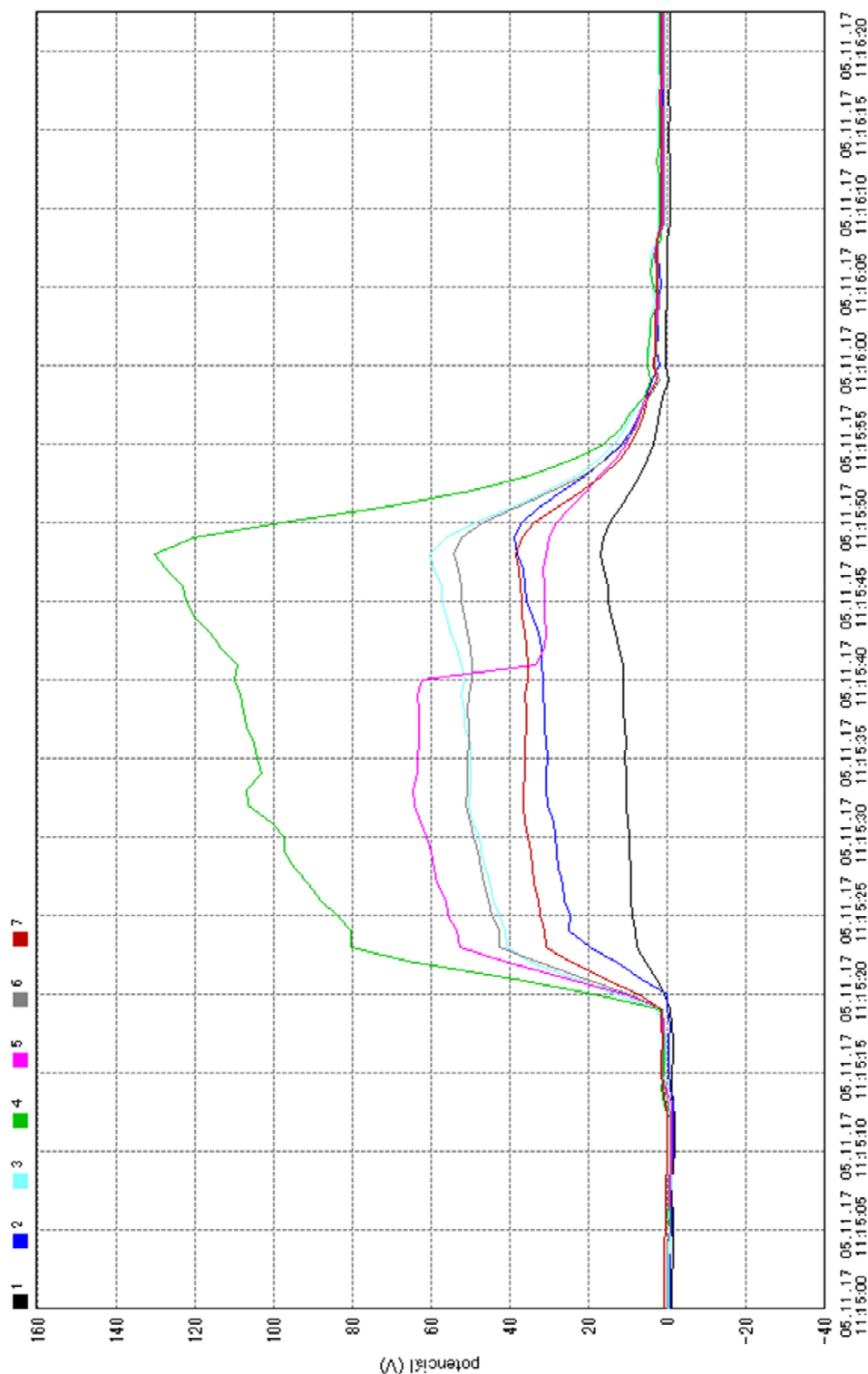
Graf 6.1: Potenciál na trati Pardubice - Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř)

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013804		km 24,9	Instant value	*	-1,96	05.11.17 11:22:07 33,6	05.11.17 10:41:33 -21,28	-0,5281388
2	1111013805		km 27,1	Instant value	*	-2,04	05.11.17 11:18:50 56,36	05.11.17 10:43:54 -39,24	0,4354571
3	1111013806		km 29,4	Instant value	*	-2,16	05.11.17 10:45:21 76,36	05.11.17 11:17:22 -51,76	1,337672
4	1111013807		km 32,1	Instant value	*	-1,4	05.11.17 11:15:48 130,2	05.11.17 11:17:20 -63	3,290203
5	1111013808		km 33,9	Instant value	*	-1,96	05.11.17 11:10:30 75,92	05.11.17 11:08:55 -45,16	2,245157
6	1111013809		km 35,7	Instant value	*	-1,72	05.11.17 10:58:00 70,84	05.11.17 11:08:54 -45,32	3,387046
7	1111013800		km 39,1	Instant value	*	-0,6	05.11.17 11:06:10 61,2	05.11.17 11:08:55 -31,4	3,446247

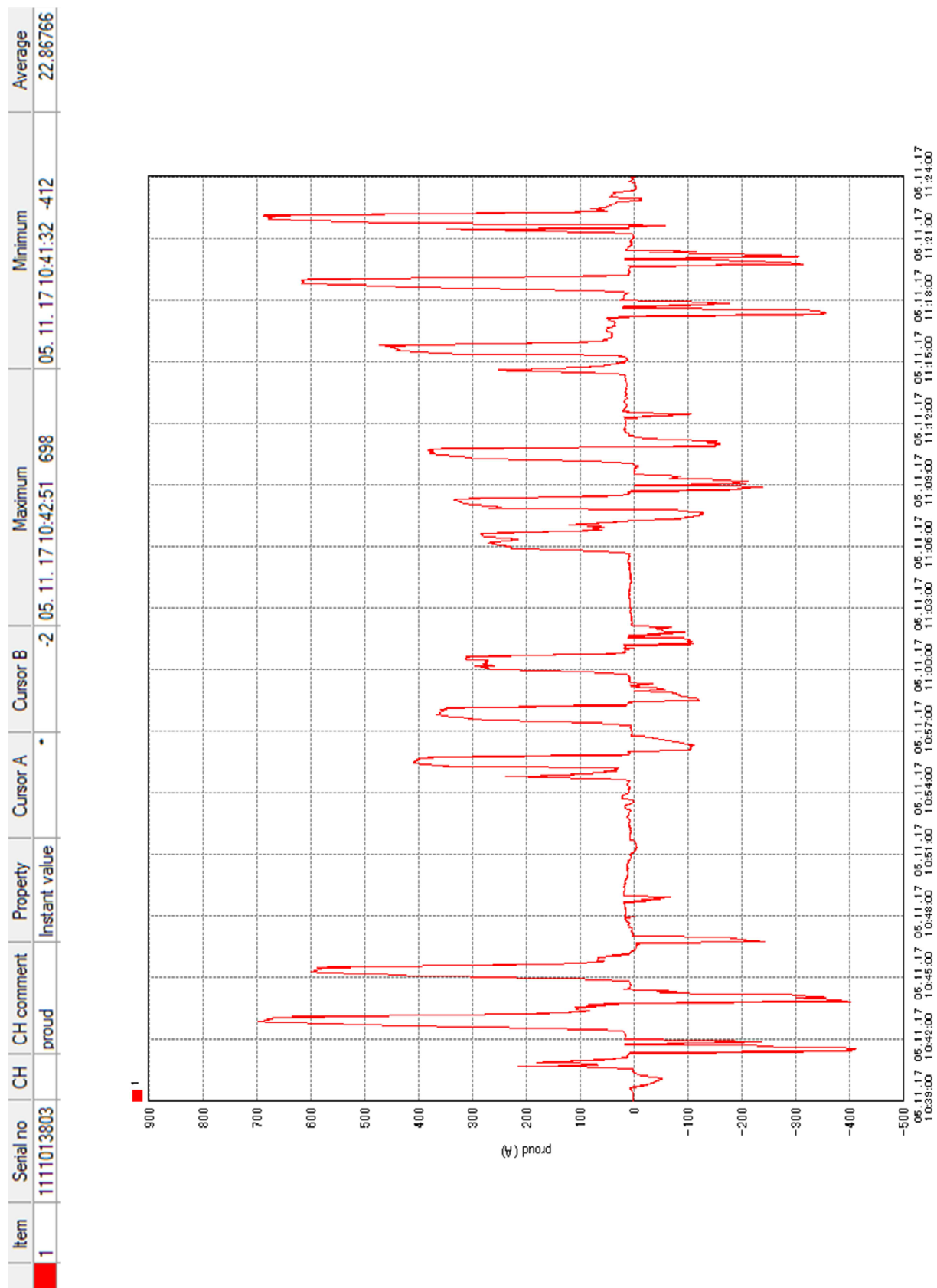


Graf 6.2: Potenciál na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř), trvání maximální změřené napěťové špičky (130 V, 40 s)

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013804		km 24.9	Instant value	*	-0.72	05.11.17 10:45:20 23.08	05.11.17 10:41:33 -21.28	-0.7442017
2	1111013805		km 27.1	Instant value	*	0.84	05.11.17 10:43:05 53.16	05.11.17 10:43:54 -39.24	0.1316821
3	1111013806		km 29.4	Instant value	*	2.16	05.11.17 10:45:21 76.36	05.11.17 10:43:53 -50.12	1.082757
4	1111013807		km 32.1	Instant value	*	2.1	05.11.17 11:15:48 130.2	05.11.17 10:43:53 -46.9	3.18612
5	1111013808		km 33.9	Instant value	*	1.04	05.11.17 11:10:30 75.92	05.11.17 11:08:55 -45.16	2.432987
6	1111013809		km 35.7	Instant value	*	0.88	05.11.17 10:58:00 70.84	05.11.17 11:08:54 -45.32	3.592728
7	1111013800		km 39.1	Instant value	*	1.6	05.11.17 11:06:10 61.2	05.11.17 11:08:55 -31.4	3.671619

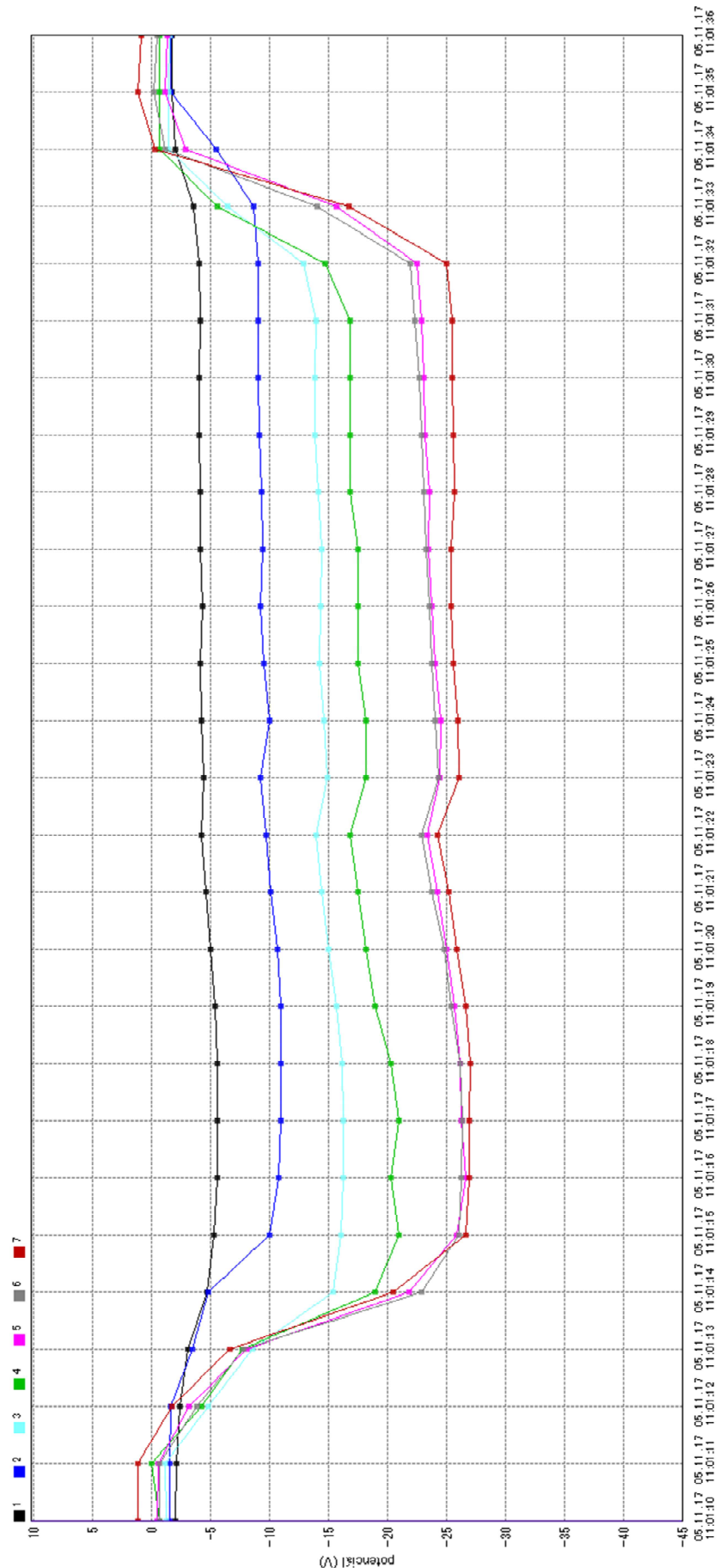


Graf 6.3: Proud na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř) měřený v žkm 24,9



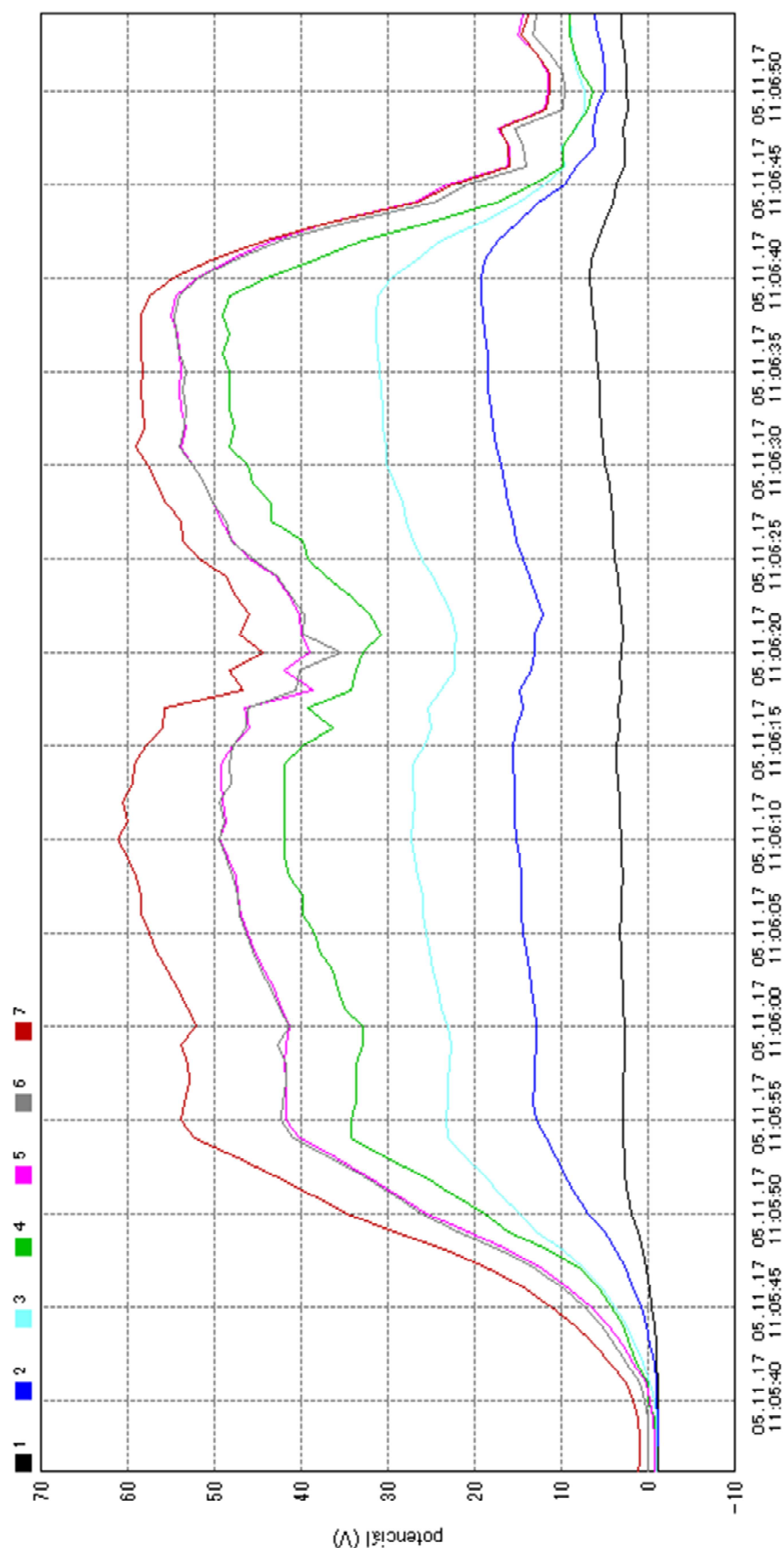
Graf 6.4: Potenciál na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř) při brždění vlaku v ŽST Jaroměř

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013804		km 24,9	Instant value	-2	-1,76	05.11.17 11:01:35 -1,76	05.11.17 11:01:17 -5,6	-4,023077
2	1111013805		km 27,1	Instant value	-1,52	-1,68	05.11.17 11:01:10 -1,52	05.11.17 11:01:17 -10,96	-7,915384
3	1111013806		km 29,4	Instant value	-1,24	-1,48	05.11.17 11:01:11 -1,12	05.11.17 11:01:16 -16,28	-11,74308
4	1111013807		km 32,1	Instant value	-0,7	-0,7	05.11.17 11:01:11 0	05.11.17 11:01:15 -21	-13,97308
5	1111013808		km 33,9	Instant value	-0,52	-1,12	05.11.17 11:01:10 -0,52	05.11.17 11:01:16 -26,6	-18,93385
6	1111013809		km 35,7	Instant value	-0,6800001	-0,24	05.11.17 11:01:35 -0,24	05.11.17 11:01:17 -26,32	-18,64308
7	1111013800		km 39,1	Instant value	1,2	1,2	05.11.17 11:01:10 1,2	05.11.17 11:01:18 -27	-19,51154

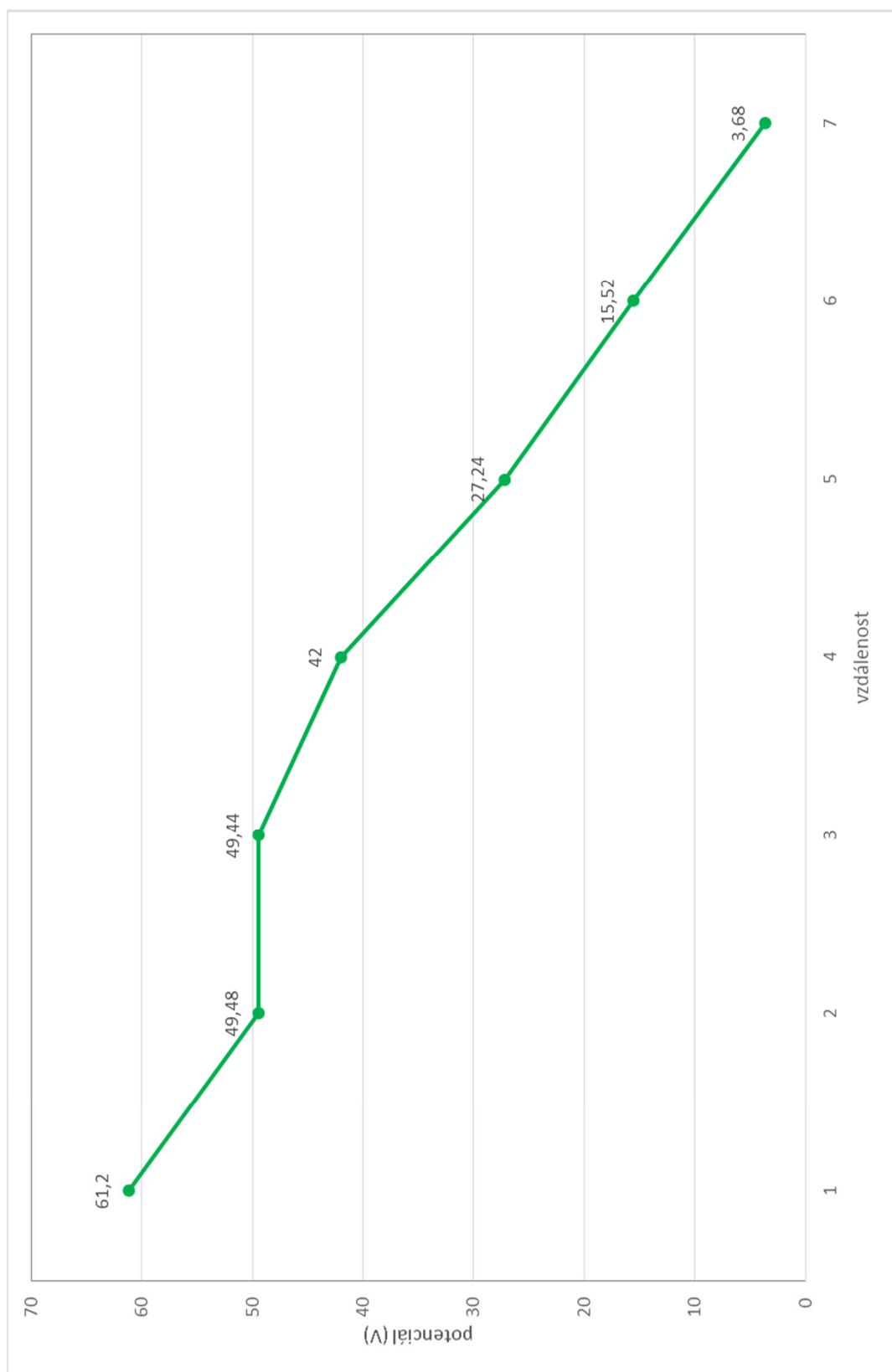


Graf 6.5: Potenciál na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř) při rozjezdu vlaku v ŽST Jaroměř

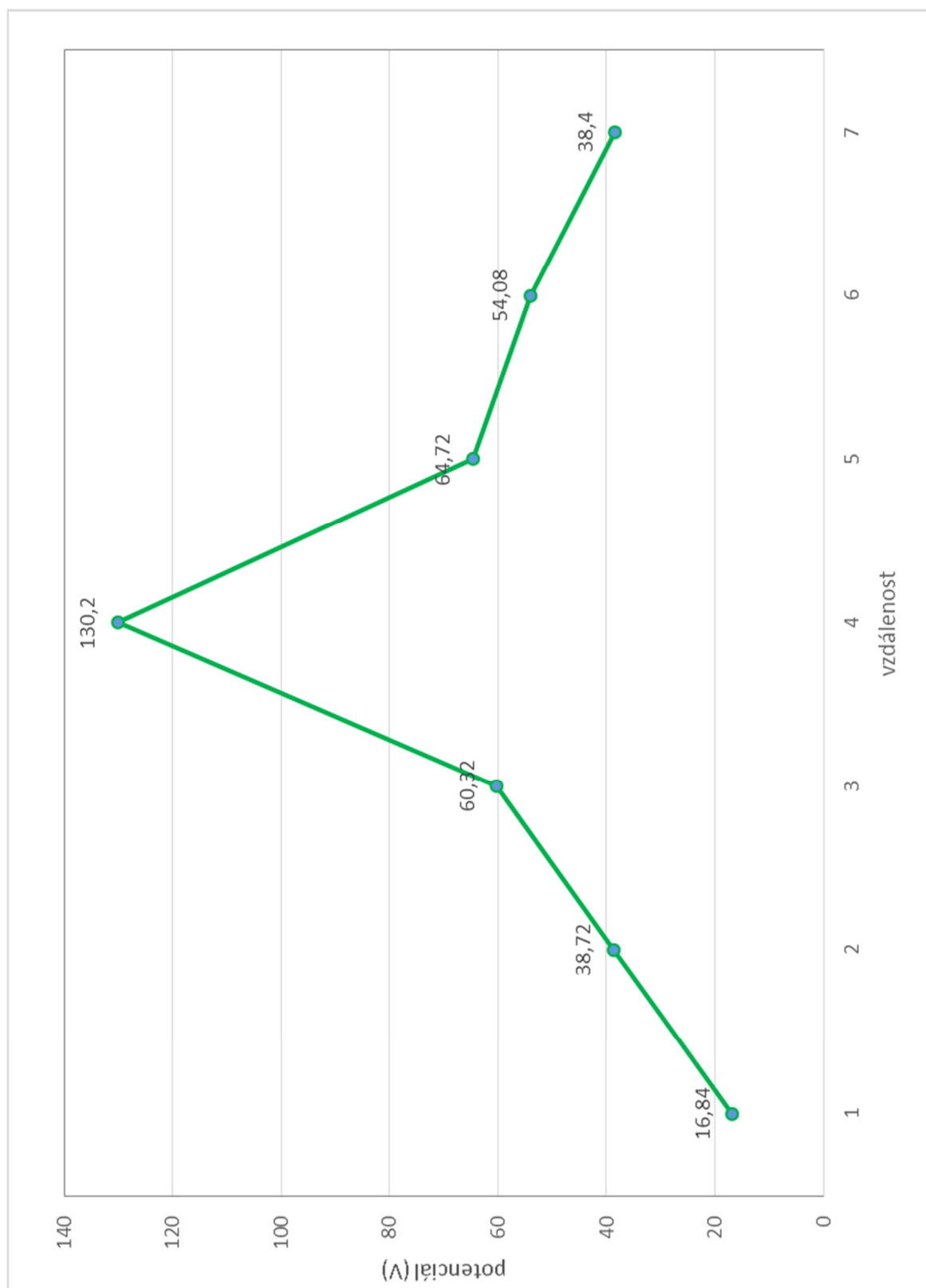
Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013804		km 24,9	Instant value	-1,2	2,72	05.11.17 11:06:40 6,72	05.11.17 11:05:37 -1,2	2,976316
2	1111013805		km 27,1	Instant value	-1	5,2	05.11.17 11:06:40 19,28	05.11.17 11:05:38 -1,12	11,46
3	1111013806		km 29,4	Instant value	-1,04	8,56	05.11.17 11:06:37 31,32	05.11.17 11:05:37 -1,04	19,83105
4	1111013807		km 32,1	Instant value	-0,7	8,4	05.11.17 11:06:36 49	05.11.17 11:05:37 -0,7	29,08684
5	1111013808		km 33,9	Instant value	-0,6800001	12,92	05.11.17 11:06:38 55,04	05.11.17 11:05:38 -0,72	35,23895
6	1111013809		km 35,7	Instant value	-0,04	11,28	05.11.17 11:06:38 54,6	05.11.17 11:05:38-0,08000001	35,0579
7	1111013800		km 39,1	Instant value	0,9999999	12,9	05.11.17 11:06:10 61,2	05.11.17 11:05:370,9999999	41,5079



Graf 6.6: Průběh potenciálů podél trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř) při zatížení traťového úseku (rozjezd vlaku v ŽST Jaroměř, žkm 39,1)



Graf 6.7: Průběh potenciálů podél trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř) při zatížení traťového úseku (rozjezd vlaku v ŽST Smiřice, žkm 32,1)



6.3 Hodnocení měření

Na grafu 6.1 je potenciál měřený ve všech MB podél trati. Z tohoto záznamu lze vyčíst maximální hodnotu potenciálu, která činí 130,2 V v čase 11:15.48. Při přiblížení v grafu 6.2 je patrné, že trvání maximální změřené napěťové špičky je kratší než mez daná ČSN EN 50 122-1 pro DC trakci. Maximální změřený proud v době měření byl 698 A (viz graf 6.3). Z grafu 6.4 a 6.5 lze vyčíst, že při brždění a rozjezdu vlakové soupravy dochází na trati k postupnému poklesu nebo nárůstu potenciálu v závislosti od vzdálenosti vlaku od místa měření. Zanalyzujeme-li data z grafu 6.5, dostaneme napěťový průběh podél trati při zatížení traťového úseku z jedné strany (rozjezd vlaku v ŽST Jaroměř), který je zpracován do grafu 6.6. Obdobně je v grafu 6.7 průběh potenciálů podél trati při zatížení traťového úseku uprostřed úseku (rozjezd vlaku v ŽST Smiřice, žkm 32,1).

Vzhledem k tomu, že se jedná o jednokolejnou trať, kdy v době měření byly v uvedeném úseku trati trakční záběry pouze z jedné vlakové soupravy, byl v tomto případě proveden zjednodušený výpočet dotykového napětí v místě Plotiště n/L, žkm 24,9:

- Délka úseku Plotiště n/L – TNS Hradec Králové – 2,5 km
- Počet stykových transformátorů DT 075 v uvedeném úseku – 5 ks
- Měrný odpor použitých kolejnic: 0,0343 Ω /km
- Odpor stykového transformátoru v kolejnici: 0,00453 Ω včetně přípojných lan
- Odpor jedné kolejnici včetně stykových transformátorů:
 $0,0343 \times 2,5 + 0,00453 \times 5 = 0,1084 \Omega$
- Odpor koleje je tedy 0,0542 Ω

Při proudu 698 A (max. změřená hodnota v Plotišti n/L, $U_{\max} = 33,60$ V) je tedy úbytek napětí na trakční koleji: $U = R \times I = 0,0542 \times 698 = \mathbf{37,83\ V}$ (max. změřený potenciál v Plotišti n/L byl 33,6 V). Tato hodnota odpovídá max. hodnotě dotykového napětí v daném místě při změřeném proudu.

Při větších vzdálenostech od TNS výrazně roste nepřesnost výpočtu, v blízkosti ŽST Jaroměř, kde kolejištěm uniká do země až 50% proudu je nepřesnost při výpočtu desítky %.

Seriózní hodnota dotykového napětí je synchronně registrovaná hodnota napětí koleje proti vzdálené zemi. Při současné registraci proudu v trakční koleji lze usuzovat na změnu dotykového napětí v souvislosti se změnou trakčního proudu, resp. se změnou výkonu na trakčním vozidle. Změnu je třeba očekávat i při rekonstrukci trakčních kolejí především v ŽST Jaroměř.

Na trati Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř) v žádném případě hodnota dotykového napětí nepřesáhla v době měření mez danou EN 50 122-1 pro DC trakci.

7. Měření na trati Česká Třebová – Praha (úsek v blízkosti TNS Rostoklaty)

Jedná se hlavní koridorovou trať po rekonstrukci v roce 1996 s dobrým izolačním stavem kolejí proti zemi. Tato tříkolejná trať (z Prahy do Poříčan, dále pouze dvoukolejná) je výkonově velice zatížená s prakticky permanentními průjezdy vlakových souprav v obou směrech. Nejbližší měřirna směrem na Prahu je TNS Běchovice, směrem na Kolín TNS Pečky (tato TNS byla v době měření ve výluce). Při měření byly měřicí přístroje rovnoměrně připojeny k trakční koleji na obě strany od TNS Rostoklaty a synchronně snímáno napětí proti vzdálené zemi.

7.1 Seznam měřicích bodů

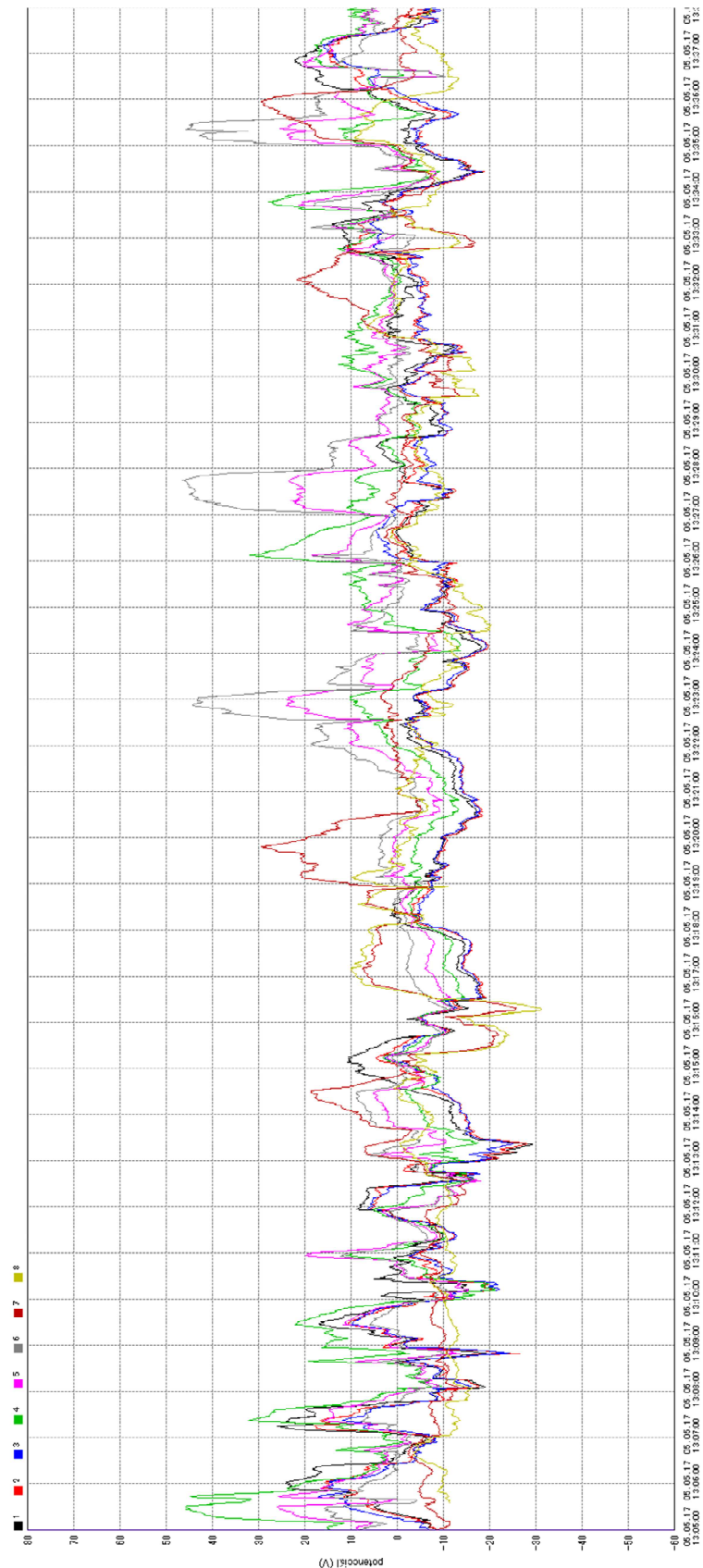
Měřicí body byly rozmístěny v úseku mezi ŽST Tuklaty až ŽST Pečky:

Označení MB	Identifikace MB	Provedená měření
MB 01	žkm 384,4 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE
MB 02	žkm 382,7 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE
MB 03	žkm 383,3 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE
MB 04	žkm 378,3 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE, proud
MB 05	žkm 376,0 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE
MB 06	žkm 373,5 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE
MB 07	žkm 366,6 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE
MB 08	žkm 364,4 tratě Praha – Česká Třebová	potenciál vs. CSE

7.2 Grafické záznamy

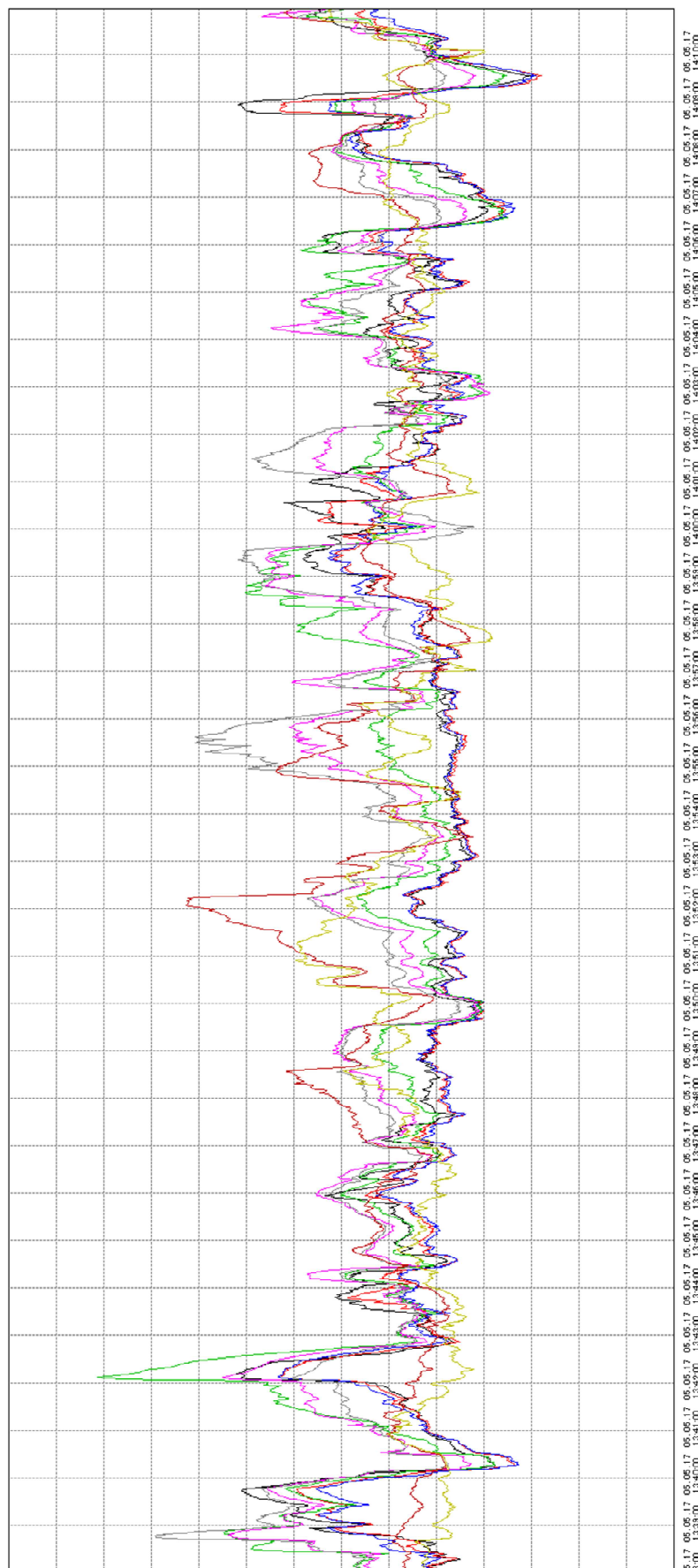
Graf 7.1: Potenciál na trati Česká Třebová – Praha (úsek zast. Tuklaty – ŽST Pečky) – 1. část grafu

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1140414045		km 384,4	Instant value	-8,6	14,68	05.05.17 13:42:12 32,12	05.05.17 14:09:33 -29,72	-3,642527
2	1140414044		km 382,7	Instant value	-8,8	-	05.05.17 13:42:07 23,12	05.05.17 14:09:34 -32,04	-6,34794
3	1140414046		km 383,3	Instant value	-6,68	3,12	05.05.17 13:42:07 23,36	05.05.17 14:09:34 -30,96	-6,63048
4	1140414043		km 378,3	Instant value	15,8	9,72	05.05.17 13:42:07 61,28	05.05.17 14:06:33 -24,92	1,542607
5	1111013800		km 376,0	Instant value	8,44	13,48	05.05.17 13:42:07 35	05.05.17 14:02:52 -21,4	3,213492
6	1111013809		km 373,5	Instant value	6,96	10,16	05.05.17 13:38:46 49,16	05.05.17 14:00:02 -17,96	4,520414
7	1111013808		km 366,6	Instant value	-8,679999	20,64	05.05.17 13:52:05 42,72	05.05.17 13:16:18 -25,72	-0,3342092
8	1111013807		km 364,4	Instant value	-	12,2	05.05.17 13:50:54 19,52	05.05.17 13:16:16 -31,2	-5,619837



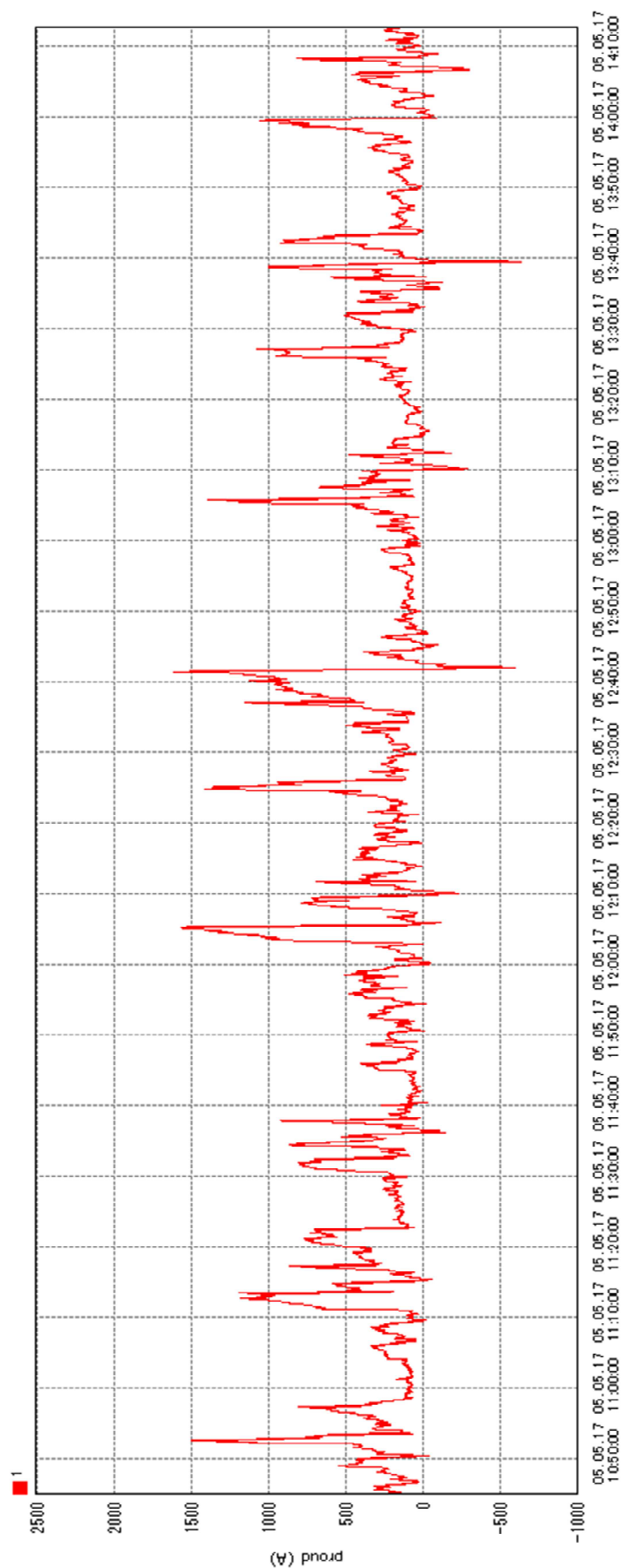
Graf 7.2: Potenciál na trati Česká Třebová – Praha (úsek zast. Tuklaty – ŽST Pečky) – 2. část grafu

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1140414045		km 384.4	Instant value	-8,6	14,68	05.05.17 13:42:12 32,12	05.05.17 14:09:33 -29,72	-3,642527
2	1140414044		km 382.7	Instant value	-8,8	-	05.05.17 13:42:07 23,12	05.05.17 14:09:34 -32,04	-6,34794
3	1140414046		km 383.3	Instant value	-6,68	3,12	05.05.17 13:42:07 23,36	05.05.17 14:09:34 -30,96	-6,63048
4	1140414043		km 378.3	Instant value	15,8	9,72	05.05.17 13:42:07 61,28	05.05.17 14:06:33 -24,92	1,542607
5	1111013800		km 376.0	Instant value	8,44	13,48	05.05.17 13:42:07 35	05.05.17 14:02:52 -21,4	3,213492
6	1111013809		km 373.5	Instant value	6,96	10,16	05.05.17 13:38:46 49,16	05.05.17 14:00:02 -17,96	4,520414
7	1111013808		km 366.6	Instant value	-8,679999	20,64	05.05.17 13:52:05 42,72	05.05.17 13:16:18 -25,72	-0,3342092
8	1111013807		km 364.4	Instant value	-	12,2	05.05.17 13:50:54 19,52	05.05.17 13:16:16 -31,2	-5,619837



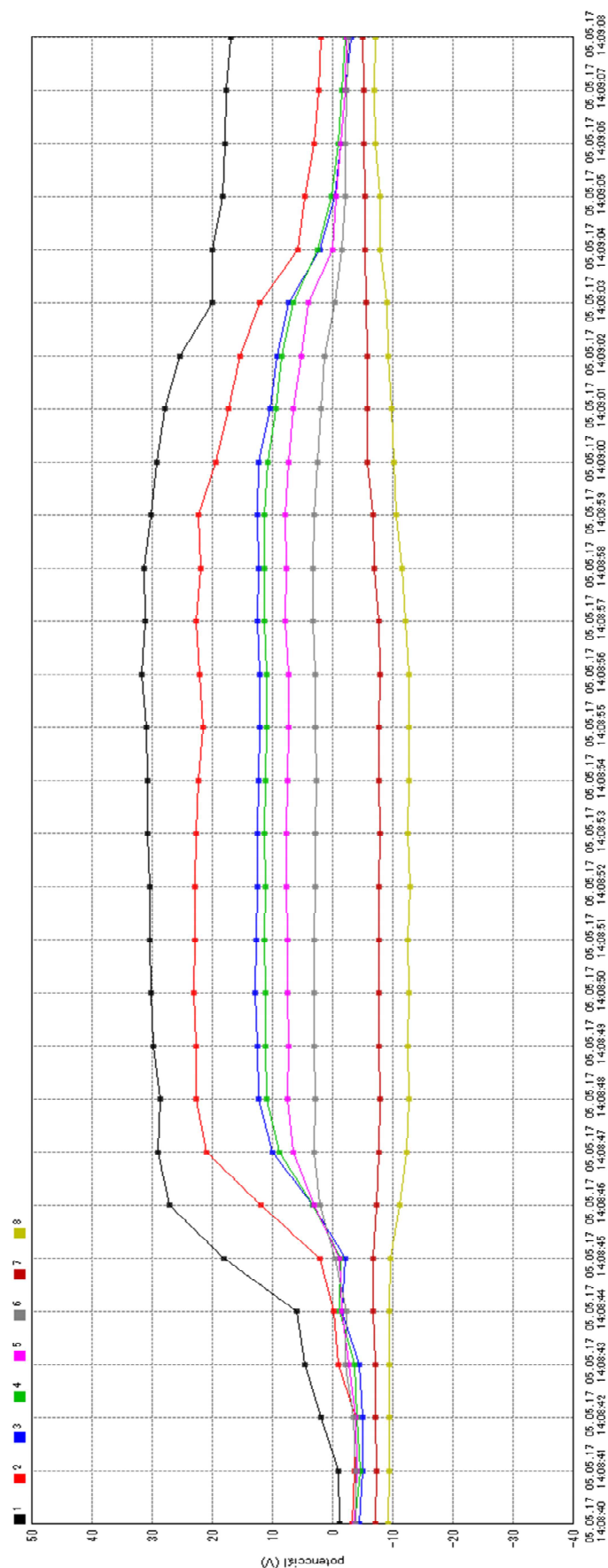
Graf 7.3: Proud na trati Česká Třebová – Praha (úsek zast. Tuklaty – ŽST Pečky) měřený v žkm 378,3

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1140414047		proud	Instant value	*	176	05.05.17 12:41:25 1612	05.05.17 13:39:25 -630	259,2679

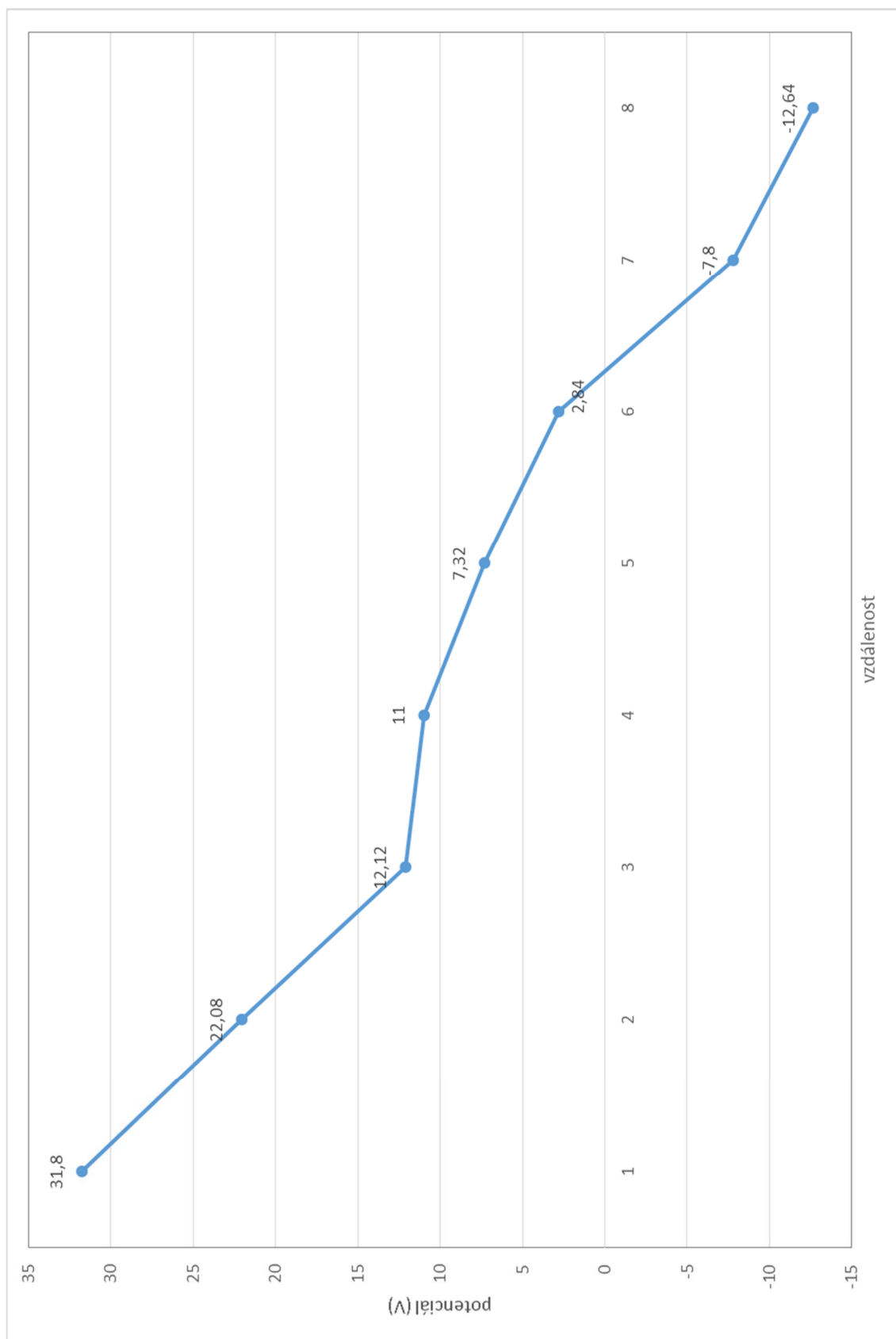


Graf 7.4: Potenciál na trati Česká Třebová – Praha (úsek zast. Tuklaty – ŽST Pečky) při rozjezdu vlaku z ŽST Pečky na Prahu

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1140414045		km 384.4	Instant value	-1.2	17	05.05.17 14:08:56 31.8	05.05.17 14:08:40 -1.2	22.22345
2	1140414044		km 382.7	Instant value	-3.32	1.84	05.05.17 14:08:50 23.12	05.05.17 14:08:42 -3.84	12.88966
3	1140414046		km 383.3	Instant value	-4.44	-3.08	05.05.17 14:08:50 12.88	05.05.17 14:08:42 -5.08	6.016552
4	1140414043		km 378.3	Instant value	-3.72	-2.12	05.05.17 14:08:51 11.4	05.05.17 14:08:41 -4.56	5.553103
5	1111013800		km 376.0	Instant value	-3.64	-2.24	05.05.17 14:08:59 7.92	05.05.17 14:08:41 -4	3.453793
6	1111013809		km 373.5	Instant value	-3.84	-2.64	05.05.17 14:08:58 3.32	05.05.17 14:08:40 -3.84	0.6827586
7	1111013808		km 366.6	Instant value	-7.08	-5.08	05.05.17 14:09:08 -5.08	05.05.17 14:08:48 -7.84	-6.809655
8	1111013807		km 364.4	Instant value	-9.28	-7.04	05.05.17 14:09:07 -6.88	05.05.17 14:08:52 -12.88	-10.44966



Graf 7.5: Průběh potenciálů podél trati Česká Třebová – Praha (úsek zast. Tuklaty – ŽST Pečky) při zatížení traťového úseku (rozjezd vlaku z ŽST Pečky na Prahu)



7.3 Hodnocení měření

Grafický záznam na grafu 7.1 a 7.2 představuje potenciál na trati v době měření. Z grafu je vidět, že maximální napětí ve sledovaném úseku je 61,3 V. Maximální proud na trati byl 1612 A (viz graf 7.3). Při rozjezdu vlakové soupravy v Pečkách (graf 7.4) dochází na trati k postupnému poklesu potenciálu v závislosti na vzdálenosti vlaku od místa měření. Průběh napětí na jednotlivých měřicích bodech v úseku Tuklaty – Pečky při jednostranném zatížení je znázorněn v grafu 7.5.

Výpočet z naměřených hodnot:

- TNS Rostoklaty v žkm 382,0
- Místo měření žkm 378,3
- Délka měřeného úseku 3,7 km
- Změřený proud = 1612 A, $U = 61,28$ V

Předpokládáme, že na tuto vzdálenost poteče proud pouze ve dvou kolejích. Celkový odpor jedné kolejnice včetně stykových transformátorů je 0,1406 Ω . Celkový odpor ve dvou kolejích je 0,035 Ω . Úbytek napětí je tedy $0,035 \times 1612 = \mathbf{56,7$ V.

Modelový výpočet úbytku napětí uvažuje meziměřírenský úsek Praha Běchovice – Rostoklaty:

- Vzdálenost trakčního odběru od nejbližší TNS je 9 km na obě strany
- Počet stykových transformátorů – 8 ks
- Předpokládaný proud je 5000 A
- Odpor kolejnice včetně stykových transformátorů a přípojných lan je 0,345 Ω
- Odpor kolejiště (3 koleje, 6 kolejnic) je tedy 0,0575 Ω

Předpokládáme, že v místě trakčního odběru, kdy je stejná vzdálenost k oběma TNS teče proud rovnoměrně na obě strany. K TNS Rostoklaty tedy poteče proud: $5000 \text{ A} / 2 = 2500 \text{ A}$. Úbytek napětí v místě trakčního odběru je $0,0575 \times 2500 = \mathbf{144}$ V.

V praxi obvykle teče proud především v té koleji, kde je trakční odběr. Předpokládáme tedy, že trakční proud teče pouze ve dvou kolejích. Odpor kolejiště (2 koleje, 4 kolejnice) je tedy 0,0863 Ω . Úbytek napětí v místě trakčního odběru by byl $0,0863 \times 2500 = 215,6$ V. Toto je však pouze teoretický výpočet za předpokladu dokonale izolovaného kolejiště (což v praxi neexistuje) a při uzemnění kolejí v místě zpětných kabelů TNS.

K uvedenému modelovému příkladu je třeba připomenout, že trakční proud nemusí téct jednotlivými kolejemi rovnoměrně (záleží na vzdálenosti mezikolejového propojení od místa trakčního odběru) a dále na izolačním stavu kolejí proti zemi, kdy část trakčního proudu teče zemí (bludné proudy). V době měření se dotykové napětí v průběhu měřeného úseku pohybovalo do max. hodnoty 61,28 V.

8. Měření na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb)

Jedná se o rekonstruovanou dvoukolejnou trať s relativně dobrým izolačním stavem kolejí proti zemi. Zatížení trati je poměrně značné, v pravidelných intervalech zde jezdí mezinárodní vlaky do SRN a rovněž i těžké nákladní vlaky. Nejbližší měřárna směrem na Prahu je TNS Děčín, v úseku Děčín - Dolní Žleb st. hranice je jednostranně napájený úsek (v místě st. hranice je dělicí místo mezi DC a AC trakční proudovou soustavou). V místech neutrálního pole dochází k častému poškození LIS vlivem hoření a jiskření při přejezdu vlakových souprav. Při měření byly měřicí přístroje rovnoměrně připojeny k trakční koleji na stranu od st. hranice směrem k TNS Děčín a synchronně snímáno napětí proti vzdálené zemi.

8.1 Seznam měřicích bodů

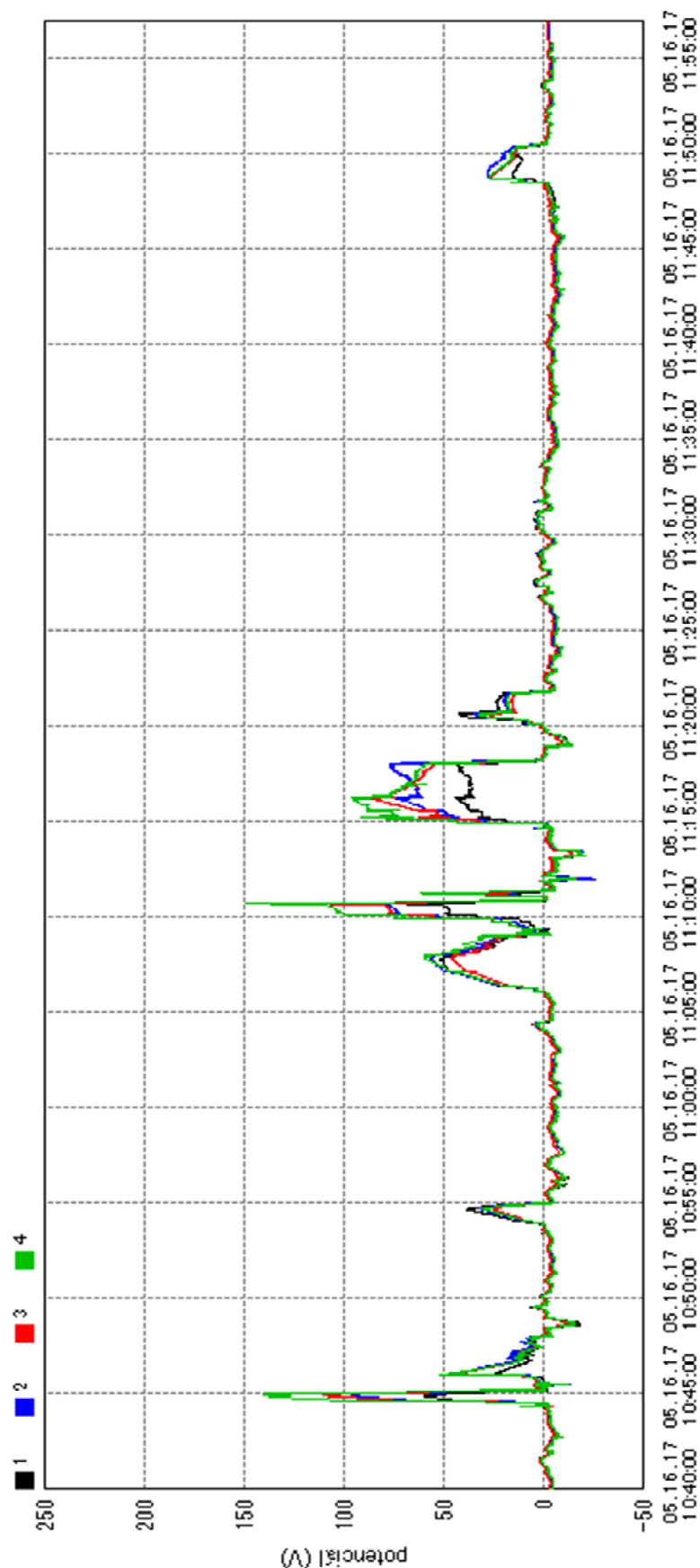
Měřicí body byly rozmístěny v úseku Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb:

Označení MB	Identifikace MB	Provedená měření
MB 01	žkm 4,5 tratě Děčín – Dolní Žleb st. hr.	potenciál vs. CSE
MB 02	žkm 6,9 tratě Děčín – Dolní Žleb st. hr.	potenciál vs. CSE
MB 03	žkm 9,1 tratě Děčín – Dolní Žleb st. hr.	potenciál vs. CSE
MB 04	žkm 11,1 tratě Děčín – Dolní Žleb st. hr.	potenciál vs. CSE
MB 05	žkm 11,1 tratě Děčín – Dolní Žleb st. hr.	potenciál vs. CSE
MB 06	žkm 11,1 tratě Děčín – Dolní Žleb st. hr.	proud

8.2 Grafické záznamy

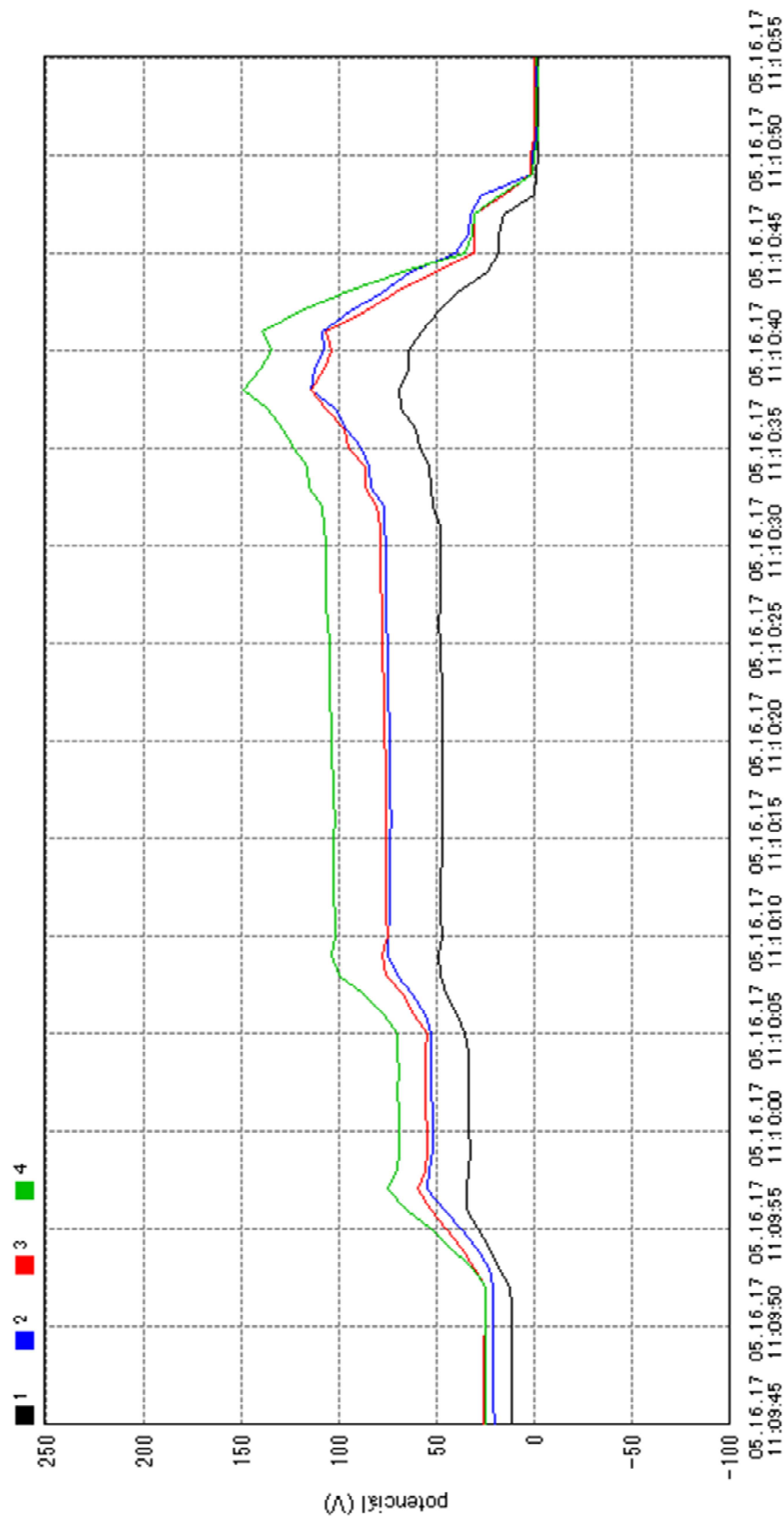
Graf 8.1: Potenciál na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb)

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013803	km 4,50		Instant value	*	-3	05.16.17 11:10:38 68,76	05.16.17 11:13:22 -19	0,2290327
2	1111013804	km 6,85		Instant value	*	-3,24	05.16.17 11:10:38 114,4	05.16.17 11:11:58 -25,76	2,165019
3	1111013805	km 9,06		Instant value	*	-2,36	05.16.17 11:10:38 114,36	05.16.17 11:13:09 -17,08	2,717079
4	1111013809	km 11,13		Instant value	*	*	05.16.17 11:10:38 148,84	05.16.17 11:13:09 -21,08	4,451385



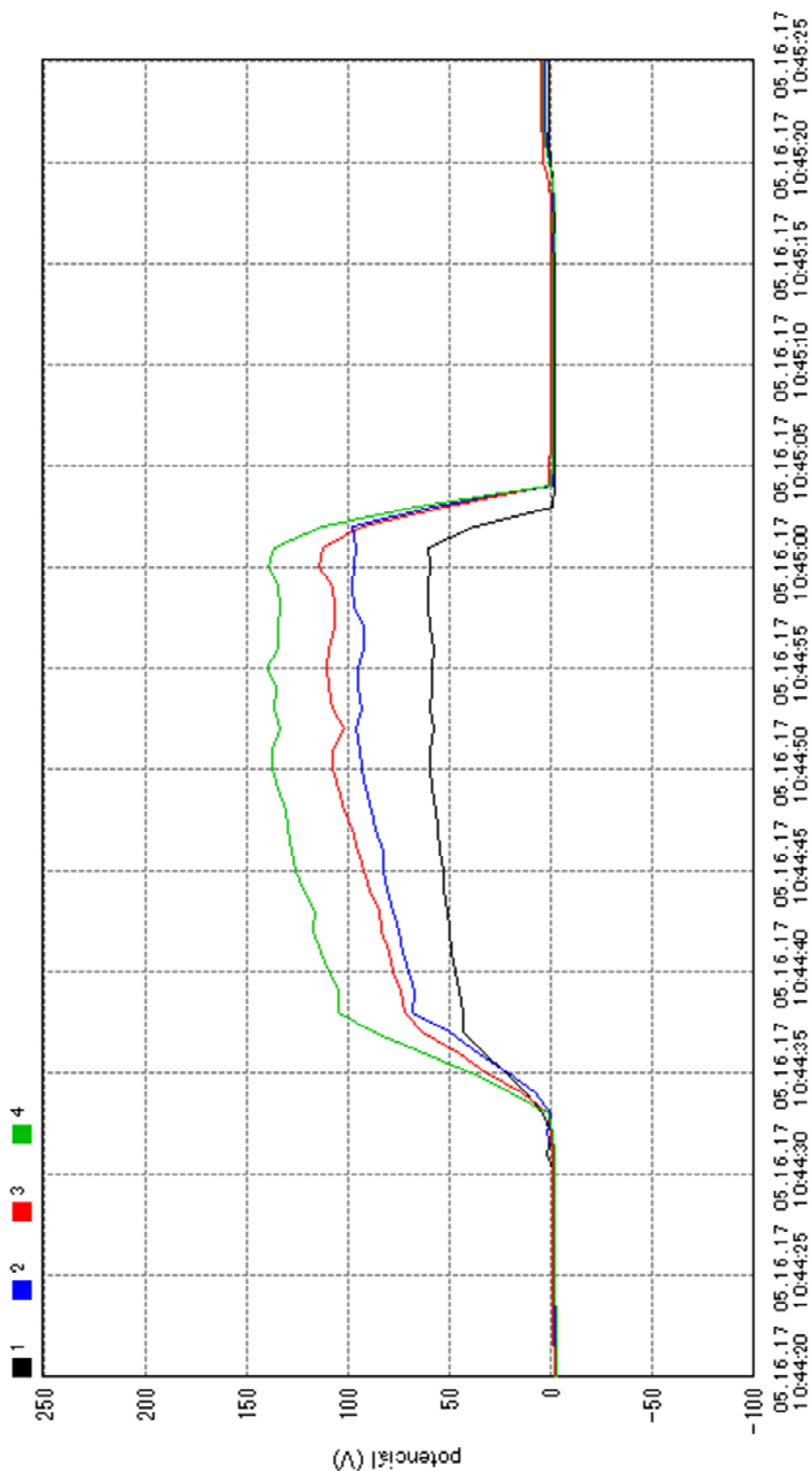
Graf 8.2: Potenciál na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb), doba trvání maximální změřené napěťové špičky (148,84 V, 15 s)

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013803		km 4,50	Instant value	*	-2	05.16.17 11:10:38 68,76	05.16.17 10:48:38 -18,68	-0,02436113
2	1111013804		km 6,95	Instant value	*	-0,88	05.16.17 11:10:38 114,4	05.16.17 10:48:37 -16,08	1,758213
3	1111013805		km 9,06	Instant value	*	0,16	05.16.17 11:10:38 114,36	05.16.17 10:48:37 -12,32	2,195918
4	1111013809		km 11,13	Instant value	*	-1,28	05.16.17 11:10:38 148,84	05.16.17 10:48:39 -16	6,136321

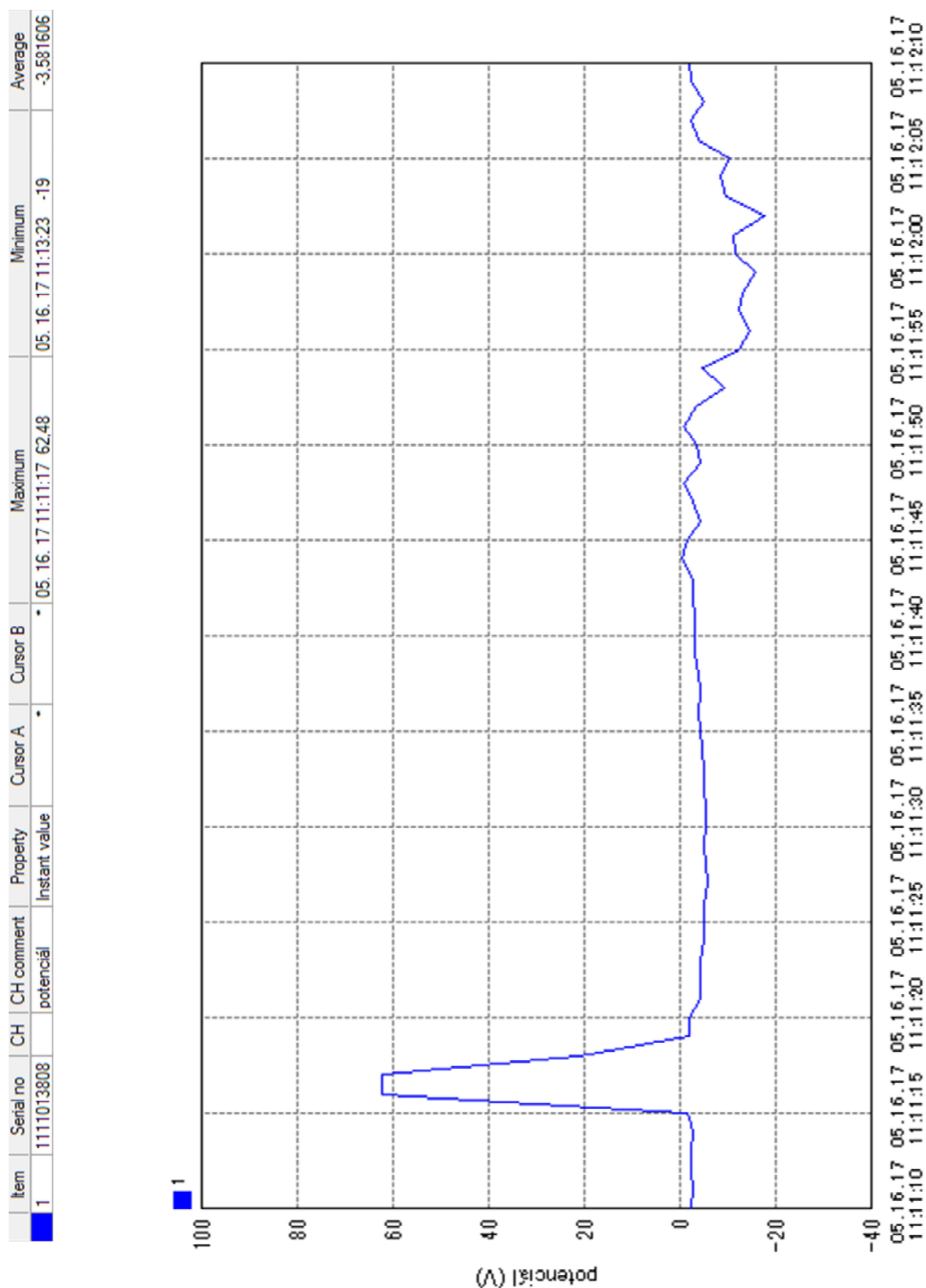


Graf 8.3: Potenciál na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb), doba trvání jedné z maximálních změřených napěťových špiček (140,28 V, 30 s)

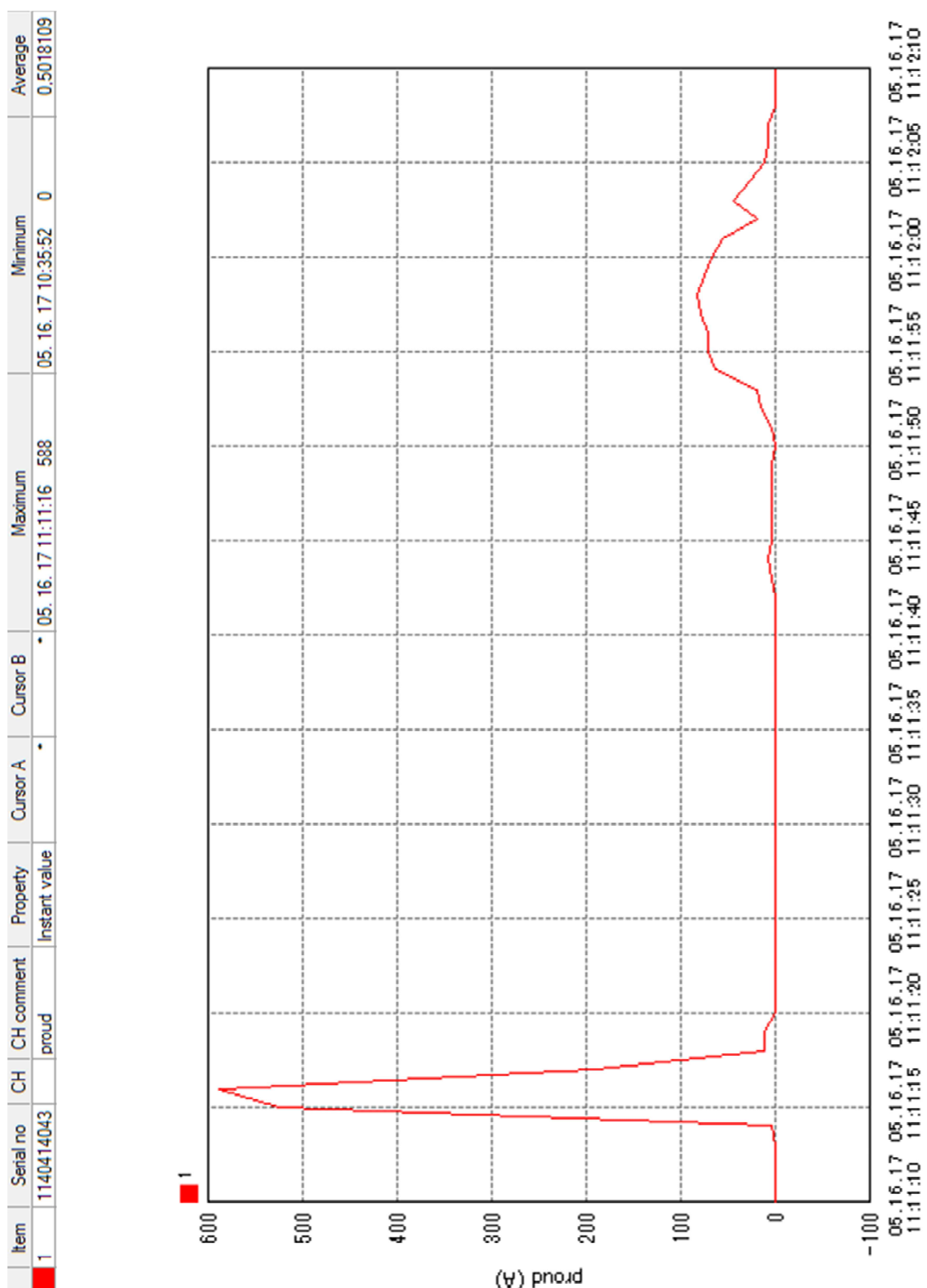
Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013803	km 4,50		Instant value	*	0,96	05.16.17 10:44:58 60,4	05.16.17 09:20:22 -12,92	-1,348974
2	1111013804	km 6,85		Instant value	*	2,92	05.16.17 10:45:02 97,76	05.16.17 10:42:43 -8,52	-0,2435174
3	1111013805	km 9,06		Instant value	*	5,08	05.16.17 10:45:00 114,28	05.16.17 10:20:17 -7,24	-0,1259544
4	1111013809	km 11,13		Instant value	*	3,88	05.16.17 10:44:55 140,28	05.16.17 10:42:42 -9,16	3,524518



Graf 8.4: Potenciál na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb) použitý pro výpočet



Graf 8.5: Proud na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb) použitý pro výpočet



8.3 Hodnocení měření

Celkové napěťové poměry ve sledovaném úseku v době měření jsou v grafu 8.1. Je patrné, že při trakčních záběrech došlo k nárůstům potenciálu na cca 150 V. Napěťové špičky (maximální změřené hodnoty dotykového napětí) zvětšené v grafech 8.2 a 8.3 nepřesahují dobu trvání mez danou ČSN EN 50 122-1 pro DC trakci. Grafy 8.4 a 8.5 byly použity pro výpočet dotykového napětí v žkm 11,13.

Výpočet z naměřených hodnot:

- Délka úseku st hranice – TNS Děčín je cca 13 km
- Změřený proud = 588 A, napětí = 62,48 V
- Počet stykových transformátorů 10 ks
- Celkový odpor kolejnice v daném úseku je 0,4459 Ω
- Odpor stykových transformátorů v daném úseku je 0,0453 Ω
- Celkový odpor jedné kolejnice včetně stykových transformátorů je 0,4912 Ω
- Celkový odpor všech kolejí v daném úseku je 0,1228 Ω

Celkový odpor všech kolejí v daném úseku je 0,1228 Ω . Úbytek napětí je tedy $U = R \times I = 0,1228 \times 588 = \mathbf{72,2\ V}$.

Modelový výpočet úbytku napětí v blízkosti státní hranice ČR – SRN:

- Při trakčním odběru 1000 A bude tedy úbytek napětí $0,1228 \times 1000 = \mathbf{122,8\ V}$.

Pozn.: pro zjednodušení je zanedbáno kolejiště v ŽST Děčín, které celkový odpor zpětné trakční cesty snižuje řádově v jednotkách %.

9. Měření na trati Praha – Děčín (úsek v blízkosti TNS Roztoky u Prahy)

Jedná se o rekonstruovanou dvoukolejnou trať s dobrým izolačním stavem kolejí proti zemi. Zatížení trati je značné, v pravidelných intervalech zde jezdí příměstská doprava Praha – Kralupy n/Vltavou a dálková doprava směr Ústí nad Labem; významná je i nákladní doprava. Nejbližší měřirna směrem na Prahu je TNS Balabenka, směrem na Ústí n/Labem TNS Vraňany. Při měření byly měřicí přístroje rovnoměrně připojeny k trakční koleji na obě strany od TNS Roztoky u Prahy a synchronně snímáno napětí proti vzdálené zemi.

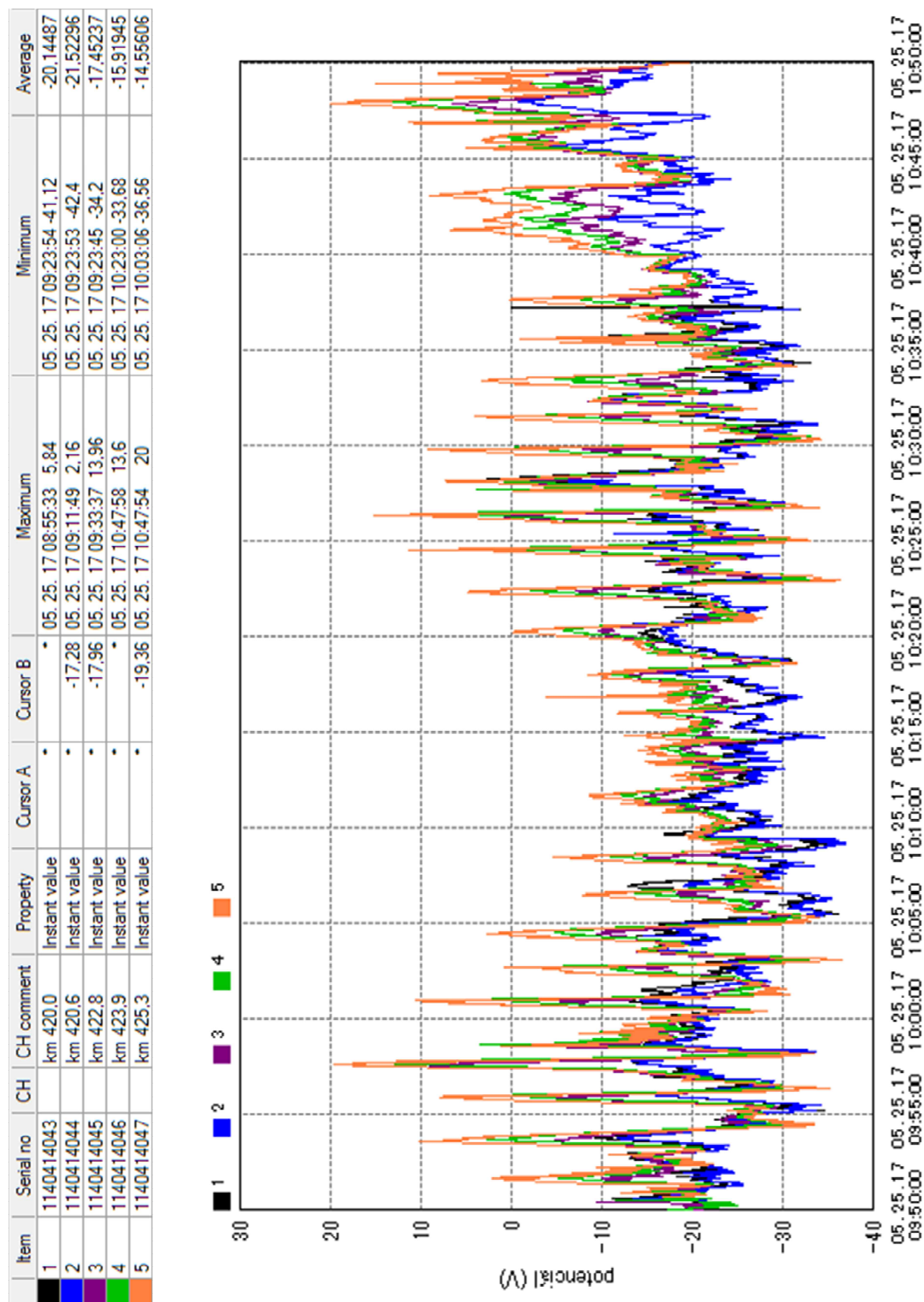
9.1 Seznam měřicích bodů

Měřicí body byly rozmístěné v blízkosti TNS Roztoky u Prahy

Označení MB	Identifikace MB	Provedená měření
MB 01	žkm 420,0 tratě Praha – Děčín	potenciál vs. CSE
MB 02	žkm 420,6 tratě Praha – Děčín	potenciál vs. CSE
MB 03	žkm 422,8 tratě Praha – Děčín	potenciál vs. CSE, proud
MB 04	žkm 423,9 tratě Praha – Děčín	potenciál vs. CSE
MB 05	žkm 425,3 tratě Praha – Děčín	potenciál vs. CSE

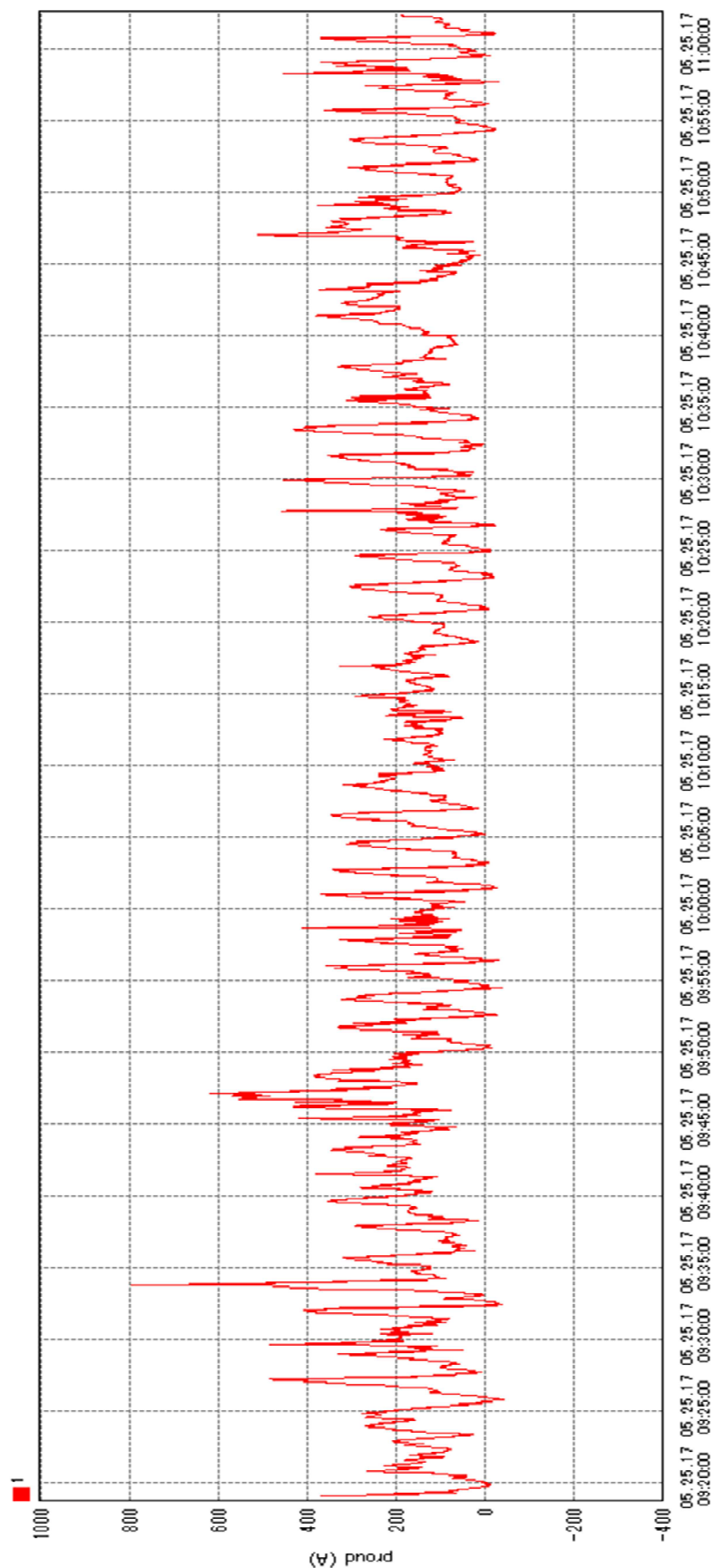
9.2 Grafické záznamy

Graf 9.1: Potenciál na trati Praha – Děčín (úsek v blízkosti TNS Roztoky u Prahy)



Graf 9.2: Proud na trati Praha – Děčín (úsek v blízkosti TNS Roztoky u Prahy) měřený v žkm 422,8

Item	Serial no	CH	CH comment	Property	Cursor A	Cursor B	Maximum	Minimum	Average
1	1111013804		proud	Instant value	*	100	05.25.17 09:33:45 796	05.25.17 09:25:47 -42	157,1057



9.3 Hodnocení měření

V grafu 9.1 je souhrnný potenciál změřený ve všech MB v sledovaném úseku. Maximální hodnoty dosahují 42,4 V. Maximální změřený proud v době měření byl 796 A (graf 9.2).

Zjednodušený výpočet dotykového napětí u vjezdového návěstidla v žkm 422,8 směrem na Kralupy n/Vltavou:

- Celková délka trati od místa měření k TNS Roztoky: 1,5 km
- Z toho délka staničních kolejí (4 koleje) 660m
- Na kralupském zhlaví je vřazena dvojité kolejová spojka (DKS), odpor je 0,0146 Ω
- Odpor staničních kolejí je 0,0028 Ω
- Odpor kolejí mezistaničního úseku je 0,0144 Ω
- Odpor stykových transformátorů je 0,008 Ω
- Celkový odpor je 0,0398 Ω
- Max proud v místě měření je 796 A, U_{\max} je 34,2 V.
- Úbytek napětí v měřeném místě je $0,0398 \times 796 = 31,84$ V

Pozn.: Do výpočtu stejně jako v ostatních případech není zahrnut izolační stav kolejí

10. Měření na trati Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy)

Jedná se o nedávno rekonstruovanou dvoukolejnou trať s dobrým izolačním stavem kolejí proti zemi, izolační stav kolejí však snižuje kolejiště v ŽST Benešov u Prahy a v ŽST Čerčany. Zatížení trati je poměrně značné, v pravidelných intervalech zde jezdí příměstská doprava Praha – Benešov u Prahy, rychlíky Praha – České Budějovice a mezinárodní vlaky do Rakouska. Za TNS Benešov u Prahy je stykové místo mezi DC a AC trakční proudovou soustavou (neutrální pole). Nejbližší měřirna směrem na Prahu je TNS Strančice. Při měření byly měřicí přístroje rovnoměrně připojeny k trakční koleji od TNS Benešov směrem k TNS Strančice a synchronně snímáno napětí proti vzdálené zemi.

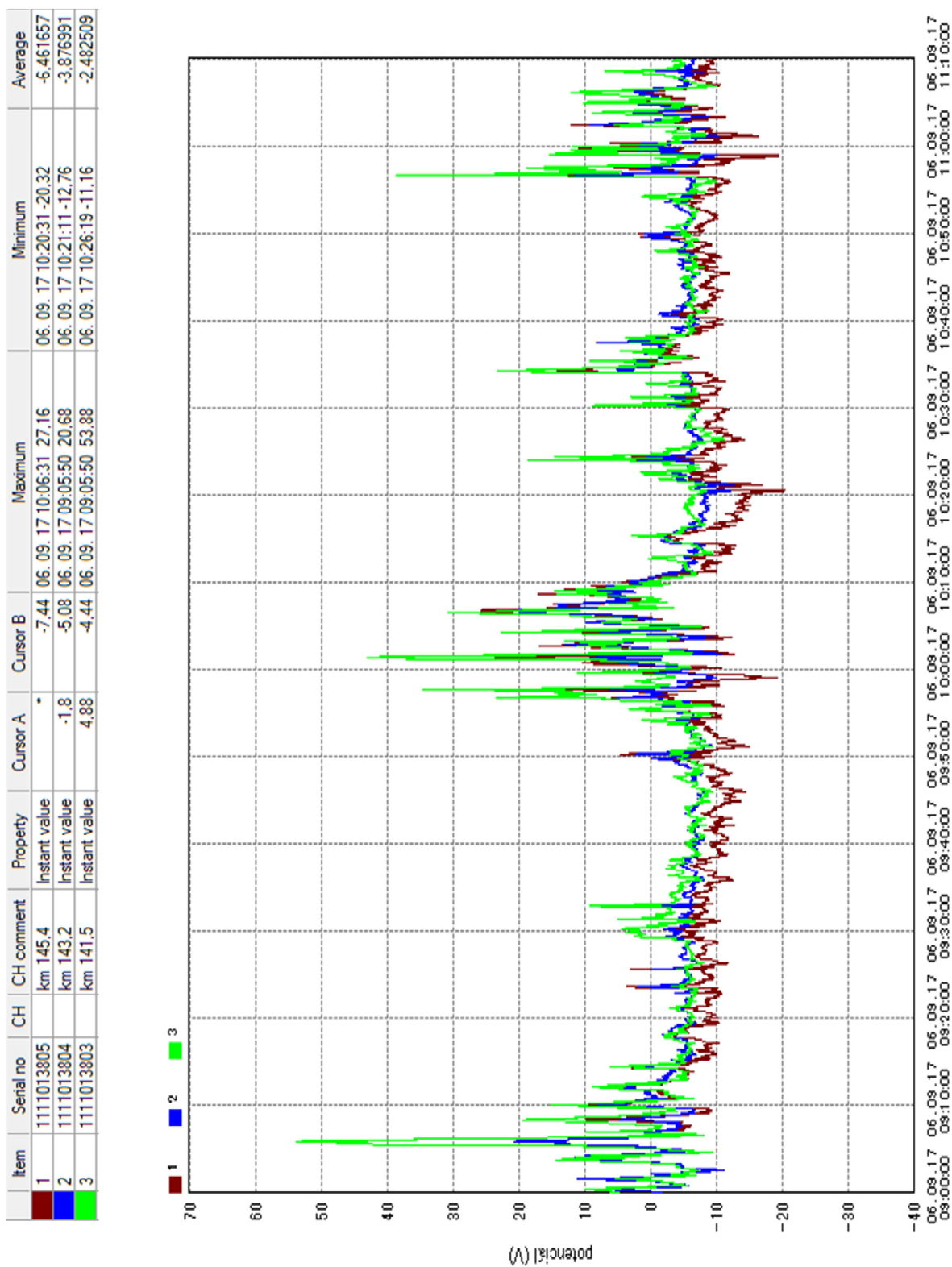
10.1 Seznam měřicích bodů

Měřicí body byly rozmístěné mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy.

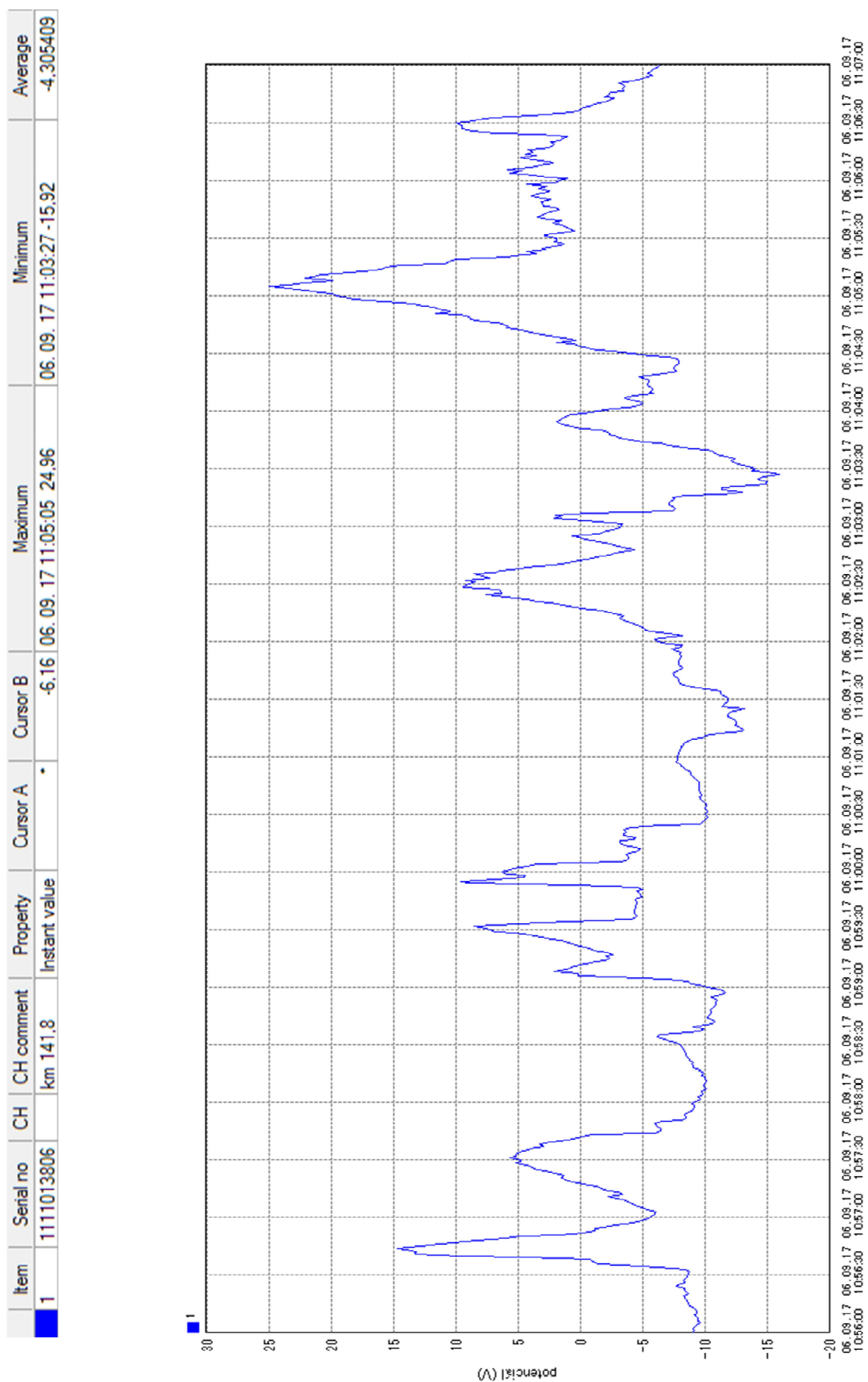
Označení MB	Identifikace MB	Provedená měření
MB 01	žkm 145,4 tratě Benešov u Prahy – Praha	potenciál vs. CSE
MB 02	žkm 143,2 tratě Benešov u Prahy – Praha	potenciál vs. CSE
MB 03	žkm 141,5 tratě Benešov u Prahy – Praha	potenciál vs. CSE
MB 04	žkm 141,8 tratě Benešov u Prahy – Praha	potenciál vs. CSE, proud

10.2 Grafické záznamy

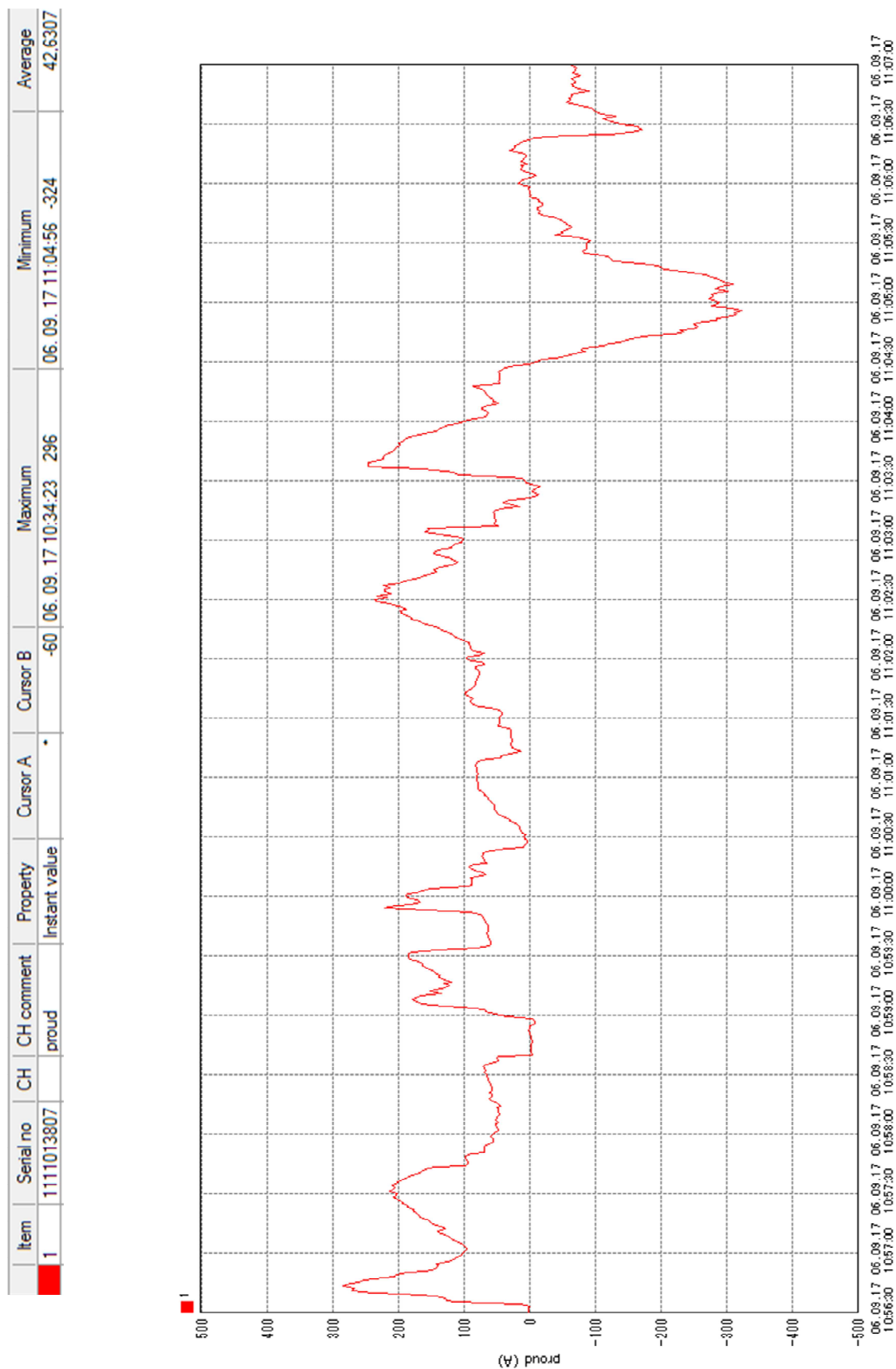
Graf 10.1: Potenciál na trati Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy)



Graf 10.2: Potenciál na trati Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy) měřený k žkm 141,8



Graf 10.3: Proud na trati Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy) měřený v žkm 141,8



10.3 Hodnocení měření

Potenciál změřený ve všech MB v sledovaném úseku je v grafu 10.1. Maximální hodnota zachycená v době měření byla cca 54 V. Synchronní měření potenciálu a proudu je v grafech 10.2 a 10.3, kde maximální změřený potenciál byl 24,96 V a proud byl 324 A.

Zjednodušený výpočet dotykového napětí pro úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy v žkm 141,8:

- TNS Benešov u Prahy žkm 133,650
- Změřené hodnoty: $I_{\max} = 324 \text{ A}$, $U_{\max} = 24,96 \text{ V}$
- Výpočet vychází ze vzdálenosti 8,15 km od místa měření k TNS Benešov u Prahy s počtem 8 ks stykových transformátorů a se zanedbáním paralelních kolejí v ŽST Benešov u Prahy
- Odpor jedné kolejnice je $8,15 \times 0,0343 \Omega = 0,7795 \Omega$
- Odpor 6 ks stykových transformátorů je $0,0272 \Omega$
- Celkový odpor jedné kolejnice je $0,3067 \Omega$
- Celkový odpor kolejiště je $0,0767 \Omega$
- Úbytek napětí v době měření je tedy $U = R \times I = 0,0767 \times 324 = \mathbf{24,85 \text{ V}}$

Pozn.: Při výpočtu se uvažuje přizemnění kolejiště v místě zpětných kabelů u TNS Benešov u Prahy

11. Závěr

Z provedených měření a výpočtů je zřejmé, že dotykové napětí přímo souvisí s trakčním odběrem, s elektrickými parametry trati (podélným odporem a izolačním stavem kolejí proti zemi) a vzdáleností trakčního odběru od TNS. Vyšší úbytky napětí a tím i vyšší dotyková napětí jsou na jednostranně napájených tratích, příp. na tratích s výlukou TNS. Změřená dotyková napětí ani v těchto případech v době měření nepřesáhla hodnoty dovolené ČSN EN 50122-1. Při provedených výpočtech byl uvažován stav, kdy je kolejiště v místě připojení zpětného vedení přizemněno.

Porovnání změřených a vypočtených hodnot dotykového napětí je v následující tabulce:

Úsek trati	U vypočtené	U změřené
Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř)	37,83 V	33,60 V
Česká Třebová – Praha (úsek v blízkosti TNS Rostoklaty)	56,70 V	61,28 V
Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb)	72,20 V	62,48 V
Praha – Děčín (úsek v blízkosti TNS Roztoky u Prahy)	31,84 V	34,20 V
Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy)	24,85 V	24,96 V

Maximální změřené hodnoty dotykového napětí jsou v následující tabulce:

Úsek trati	U _{max} změřené	ČSN EN 50122-1
Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř)	130,20 V	vyhovuje
Česká Třebová – Praha (úsek v blízkosti TNS Rostoklaty)	61,28 V	vyhovuje
Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb)	148,84 V	vyhovuje
Praha – Děčín (úsek v blízkosti TNS Roztoky u Prahy)	42,40 V	vyhovuje
Benešov u Prahy – Praha (úsek mezi ŽST Čerčany a ŽST Benešov u Prahy)	53,88 V	vyhovuje

Trať Pardubice – Jaroměř (úsek Hradec Králové – Jaroměř), s pouze jednou kolejí a délkou úseku cca 17 km má nízký izolační stav kolejí proti zemi především v oblasti ŽST Jaroměř, proto na této trati v době měření dotykové napětí nepřekročilo povolenou mez (změřeno 130,20 V, 40 s). Další problematický úsek je na trati Děčín – Dolní Žleb státní hranice (úsek Děčín-Prostřední Žleb – Dolní Žleb), kde byla maximální změřená hodnota napětí 148,84 V s dobou trvání 15 sekund (jedná se o značně zatíženou trať s poměrně dobrým izolačním stavem kolejí proti zemi, s délkou jednostranně napájeného úseku cca 13 km).

Na oboustranně napájených tratích byla dotyková napětí hluboko pod povolenou hranicí pro DC tratě a to i v případě výluky TNS Pečky na trati Česká Třebová – Praha (úsek v blízkosti TNS Rostoklaty). U oboustranně i jednostranně napájených tratí dotykové napětí kromě izolačního stavu kolejí snižují i ŽST s rozsáhlým kolejištěm, místa s přizemněným kolejištěm (přímá ukolejnění příp. nefunkční průrazky) a neelektrizované tratě a vlečky odbočující z elektrizovaných tratí s absencí izolovaných styků (IS).

12. Prohlášení Specializovaného střediska Diagnostika korozních vlivů

Výsledky měření a údaje uvedené v tomto protokolu se týkají pouze předmětu měření a vztahují se výhradně k okamžiku měření. V žádném případě nenahrazují schvalovací, povolovací ani jiné dokumenty vydávané, příp. požadované SŽDC nebo orgány státního dozoru podle specifických předpisů. Tento protokol nesmí být bez souhlasu zhotovitele reprodukován jinak než celý a beze změn.