



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

ANALÝZA DYNAMICKÝCH ÚČINKŮ PŮSOBÍCÍCH NA ŽELEZNIČNÍ VÝHYBKY - PŘÍLOHY

ANALYSIS OF DYNAMIC EFFECTS ACTING ON RAILWAY CROSSINGS -
ANNEXES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Arsen Balash

VEDOUCÍ PRÁCE

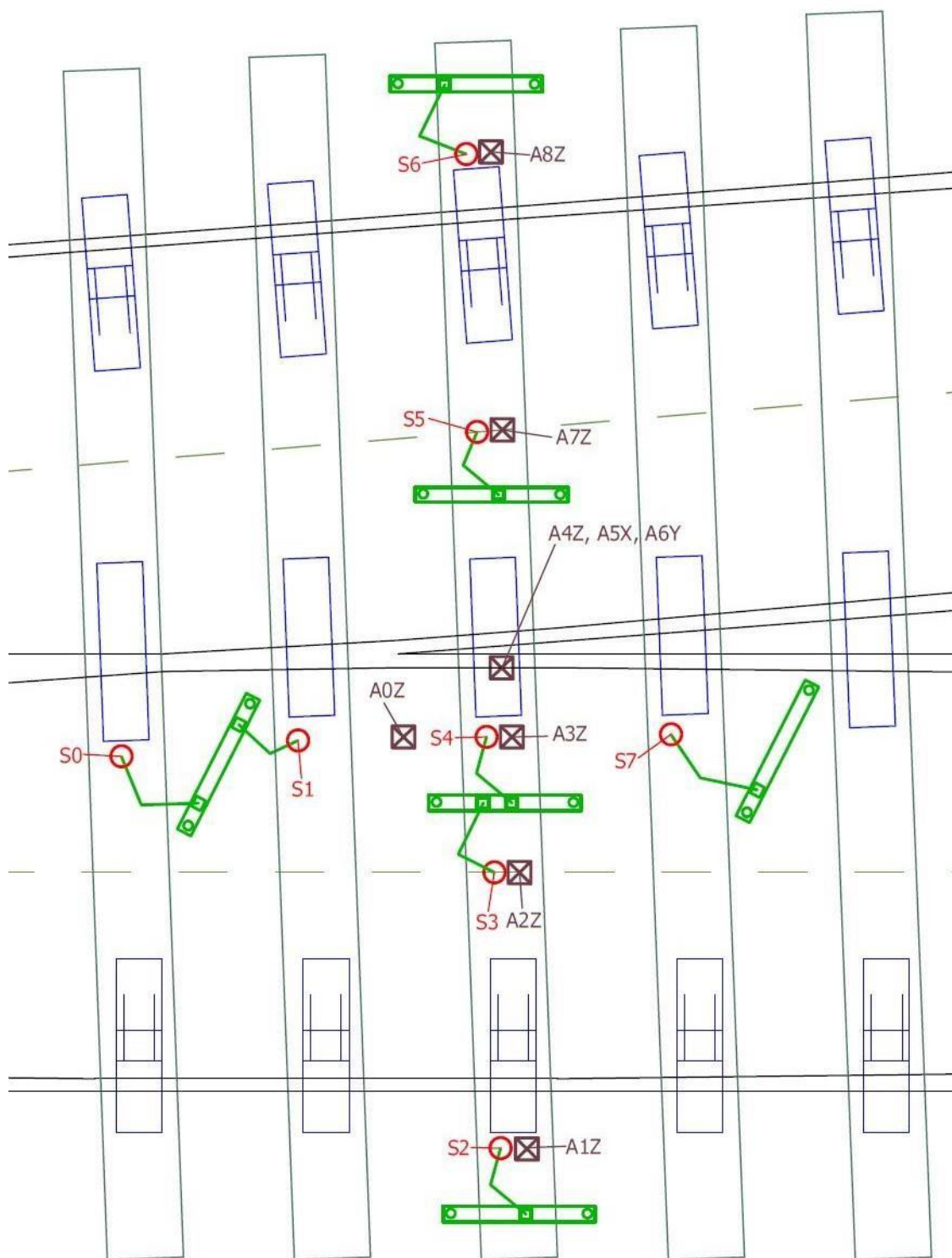
SUPERVISOR




prof. Ing. JAROSLAV SMUTNÝ, Ph.D.

BRNO 2021

Seznam příloh:

1. Metodika měření	2
2. Příloha k měření v Ústí nad Orlicí - kampaň měření	3
2.1 Tabulka změřených vlaků na výhybce č. 3	4
2.2 Tabulka změřených vlaků na výhybce č. 4	5
2.3 Přehledné grafy pohybového chování, zrychlení vibrací a FFT na vybraných vlcích pro výhybku č. 3	6
2.4 Přehledné grafy pohybového chování, zrychlení vibrací a FFT na vybraných vlcích pro výhybku č. 4	12
2.5 Tabulka zatlačení pražců na vybraných vlcích	18
2.6 Průhybové křivky	20
2.7 Časové vyhodnocení vibrací – tabulky minim, maxim a RMS	23
3. Fotodokumentace z měření	27



-  piezoelektrický snímač zrychlení vibrací
-  indukční snímač pohybů
-  ocelový rám s magnetickým držákem

Metodika měření

Příloha k měření v Ústí nad Orlicí kampaň měření

- ▷ Tabulka změřených vlaků na výhybce č. 3
- ▷ Tabulka změřených vlaků na výhybce č. 4
- ▷ Přehledné grafy pohybového chování, zrychlení vibrací a FFT na vybraných vlacích
- ▷ Tabulka zatlačení pražců na vybraných vlacích
- ▷ Průhybové křivky
- ▷ Přehledné grafy
- ▷ Časové vyhodnocení vibrací – tabulky minim, maxim a RMS

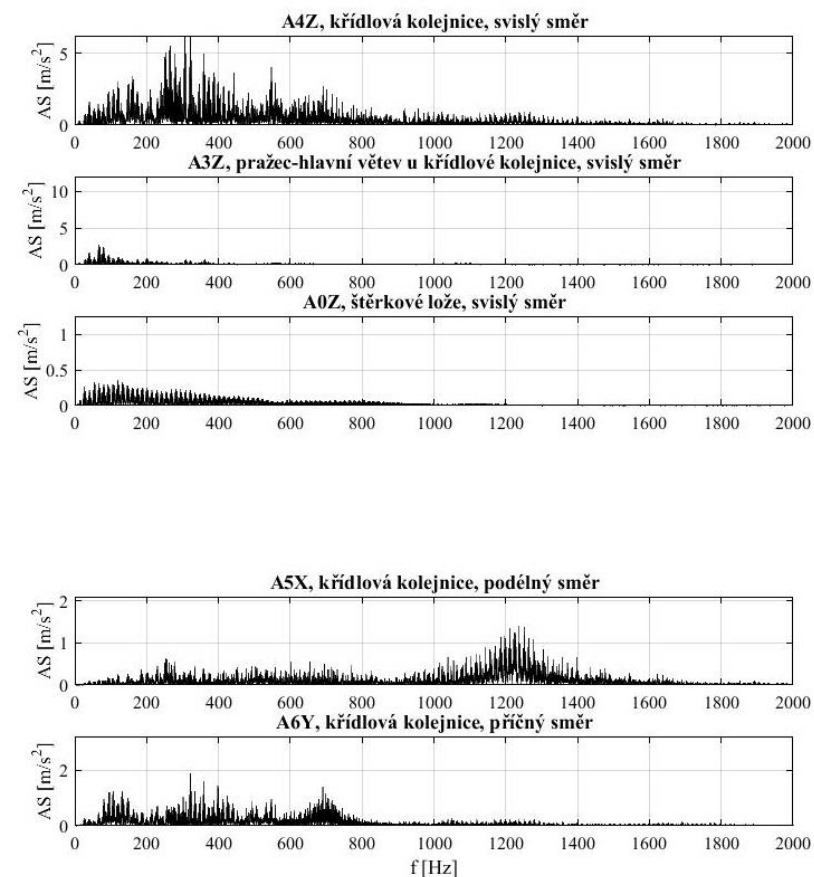
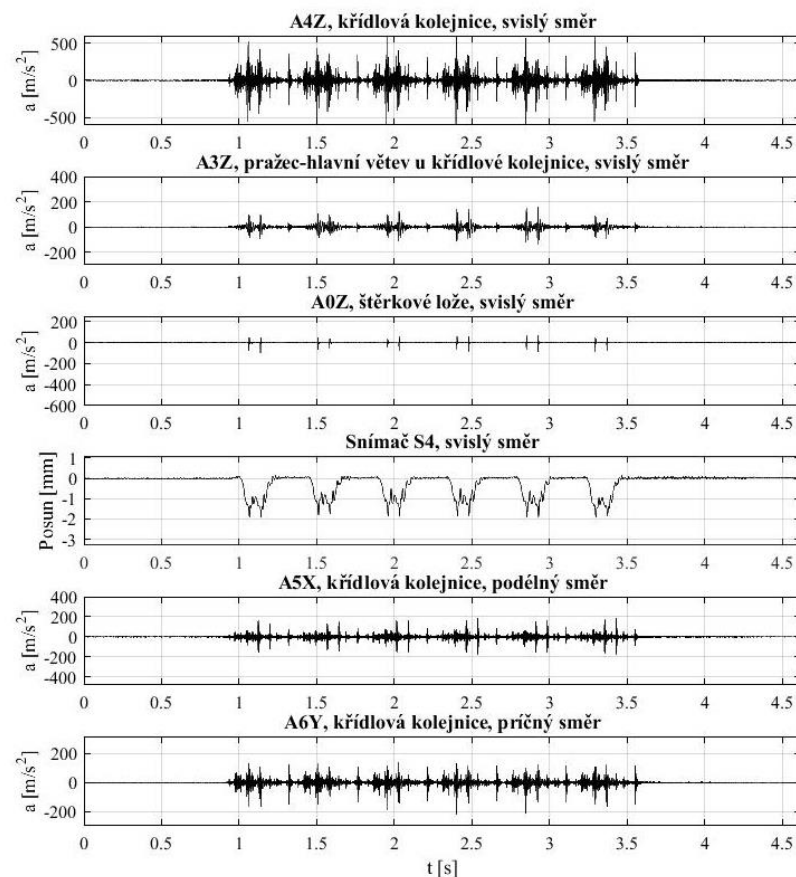
Měření Ústí nad Orlicí 28.8.2018 - výhybka č. 3					
měření č.	čas	rychlost [km/h]	souprava	špatně zapojeno	poznámky
1	9:16	130	380	S7	
2	9:30	130	Leo Express		
3	9:33	30-45	N 140		<i>souběh vlaků</i>
4	9:40	100-105	660 Inter Panter		
5	9:49	70-60	ŘV + 162		
6	9:53	29	151		
7	10:12	127	RailJet		
8	10:42	55	Leo Express		<i>spojkou</i>
9	10:44	103	RegioJet		
10	10:46	71	371	S7	
11	10:49	120	361		
12	10:52	97-102	N 363	S7	
13	11:01	156	Pendolino		
14	11:13	120	RegioJet		
15	11:20	118-122	380		
16	11:39	102-111	660 Inter Panter		
17	11:48	80-61	471 City Elefant		
18	11:51	79-60	151		
19	12:13	118	RailJet		
20	12:31	87	Loko 122		
21	12:41	133	RegioJet		
22	12:43	63	371		
23	12:48	72-60	363		
24	12:51	94	361		
25	13:00	150	Pendolino		
26	13:13	131	RegioJet		
27	13:21	90	350		
28	13:43	90	660 Inter Panter		
29	13:48	130	Leo Express		
30	13:50	65-55	ŘV + 162		

Tabulka změřených vlaků na výhybce č. 3

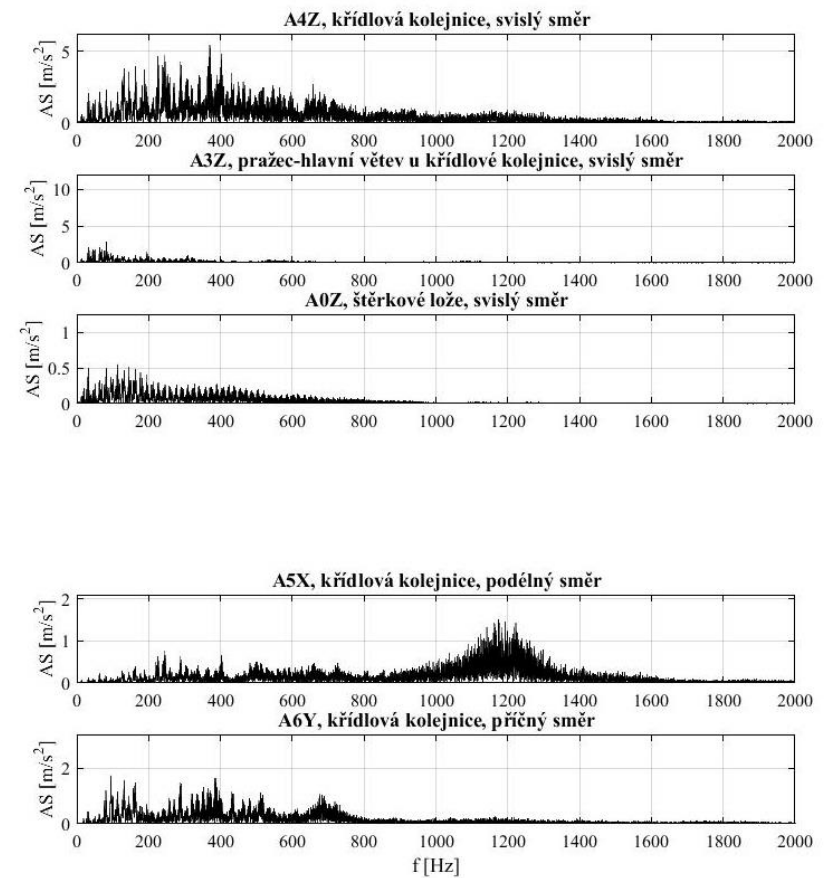
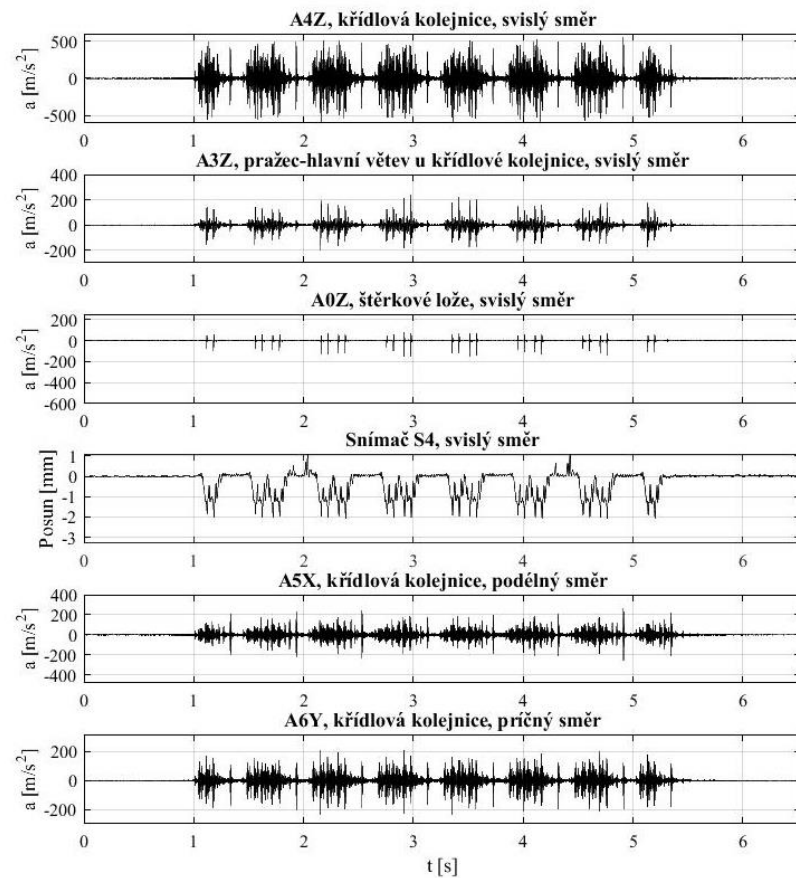
Měření Ústí nad Orlicí 28.8.2018 - výhybka č. 4					
měření č.	čas	rychlost [km/h]	souprava	špatně zapojeno	poznámky
1	8:05	122	151		<i>před kalibrací</i>
2	8:12	46	162		
3	8:18	43-53	150		
4	8:25	50	810		
5	8:27	120	RegioJet		
6	8:29	125	RegioJet		
7	8:50	56	N 131		
8	8:55	124	350		
9	8:59	130	Pendolino		
10	9:04	50	N 130		
11	9:08	120	361		
12	9:17	33-39	N 123		
13	9:20	116	RegioJet		
14	9:26	127	RegioJet		
15	9:29	88	371		
16	9:35	93	N 386		
17	9:57	130	RailJet		
18	10:09	45	162		
19	10:15	130	Leo Express		
20	10:20	37-50	151		
21	10:22	100	660 Inter Panter		
22	10:33	130	RegioJet		
23	10:47	125	380		
24	11:00	155	Pendolino		
25	11:05	81	163		

Tabulka změřených vlaků na výhybce č. 4

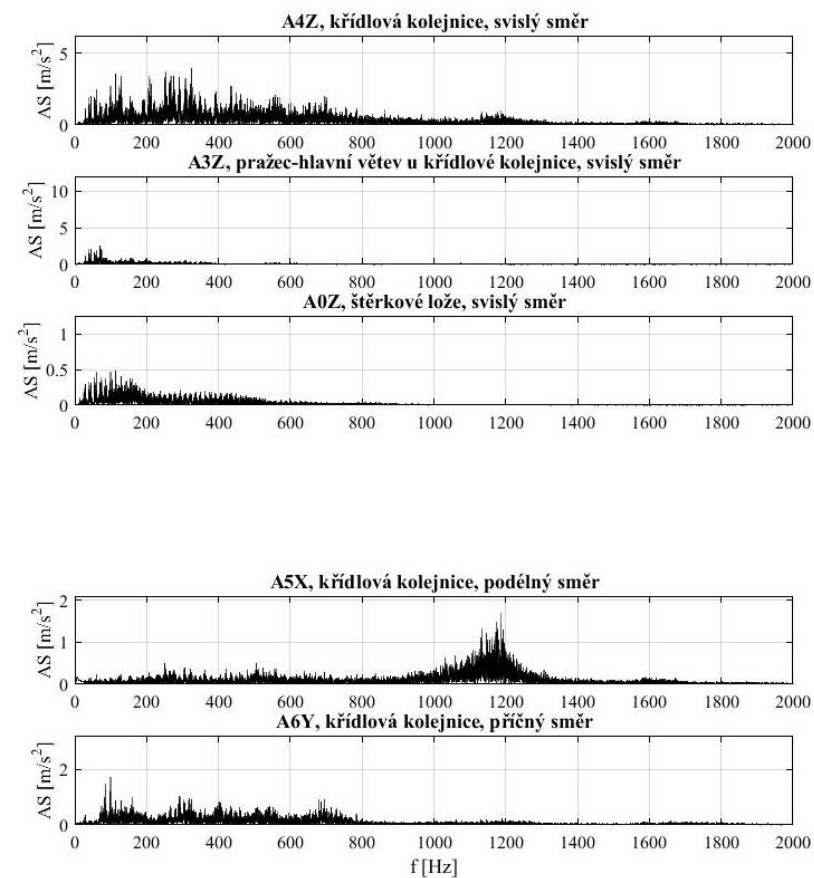
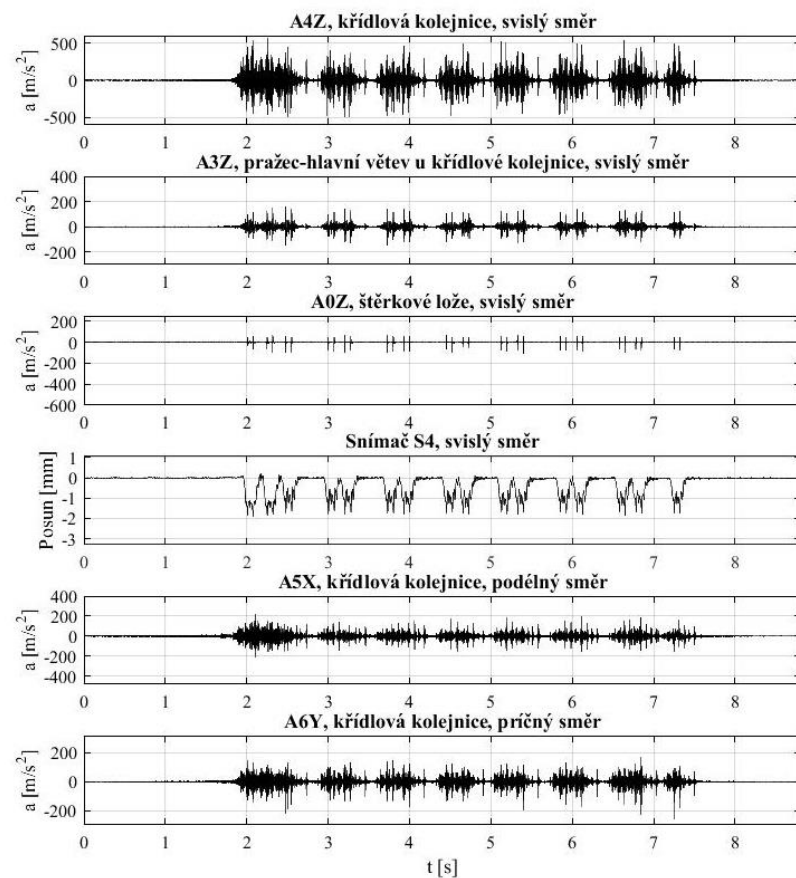
**Přehledné grafy pohybového chování,
zrychlení vibrací a FFT na vybraných vlacích
pro výhybku č. 3**



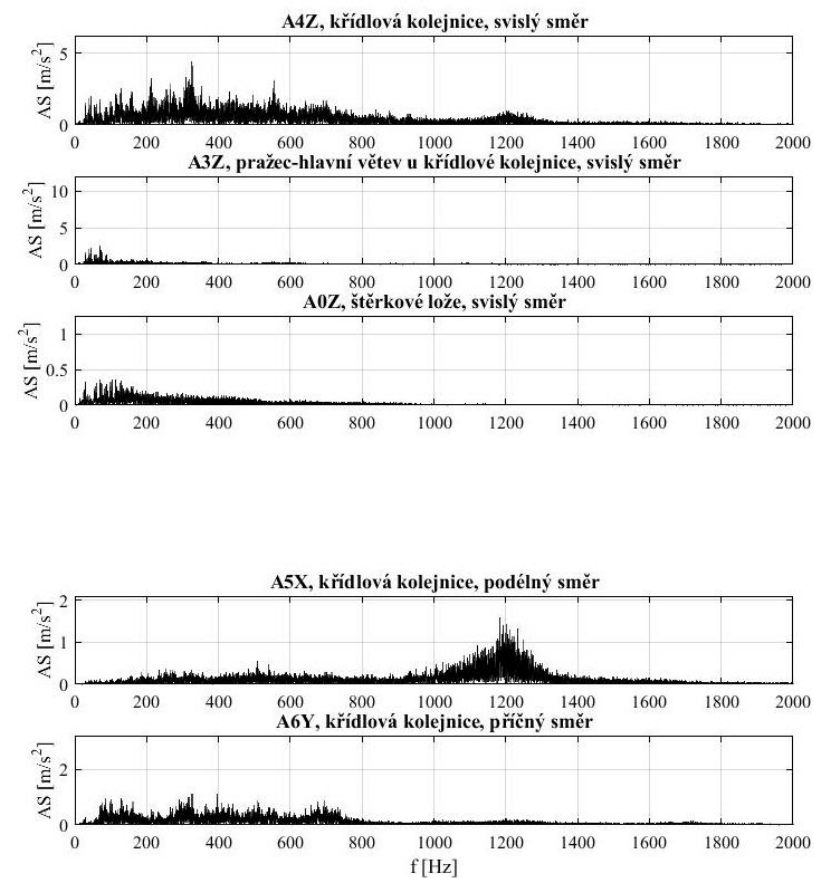
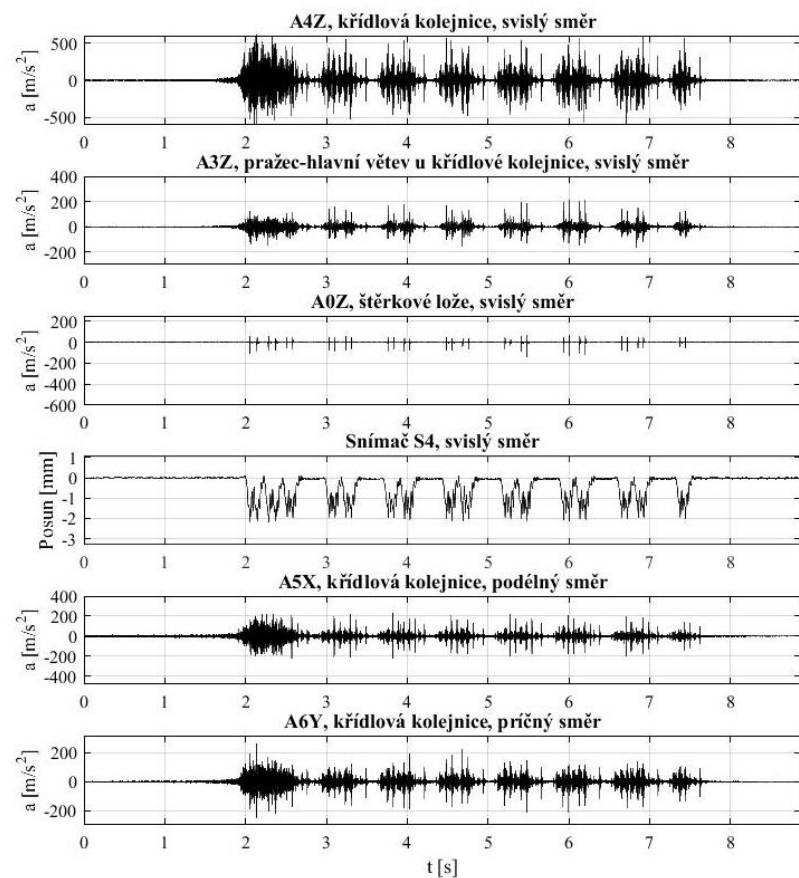
Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady Leo Express, rychlost 130 km·h⁻¹



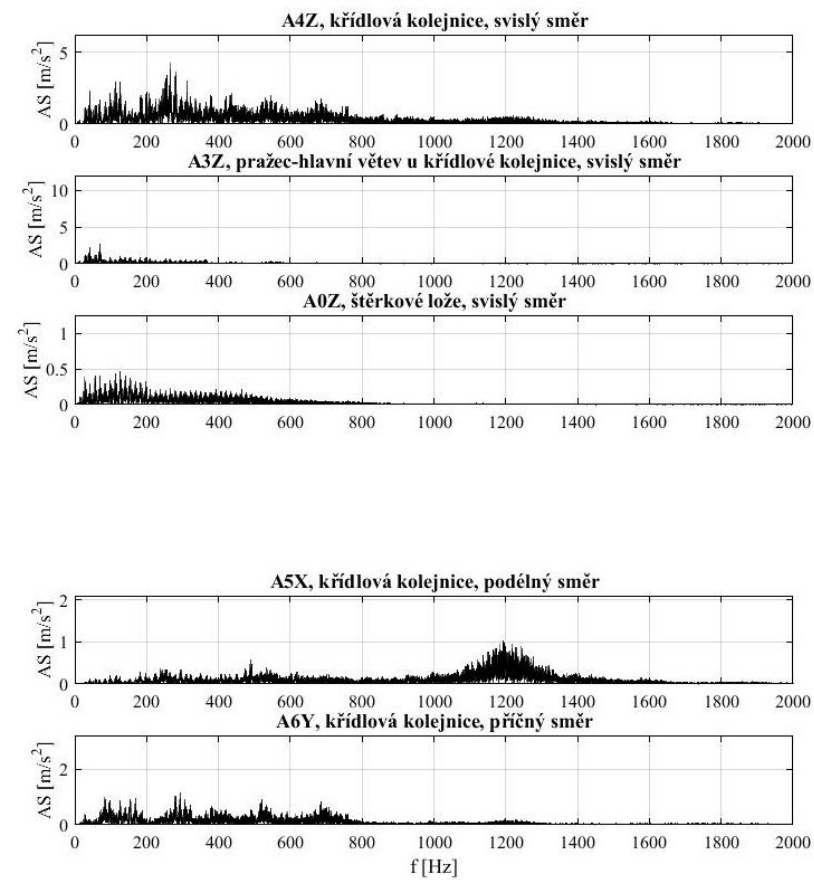
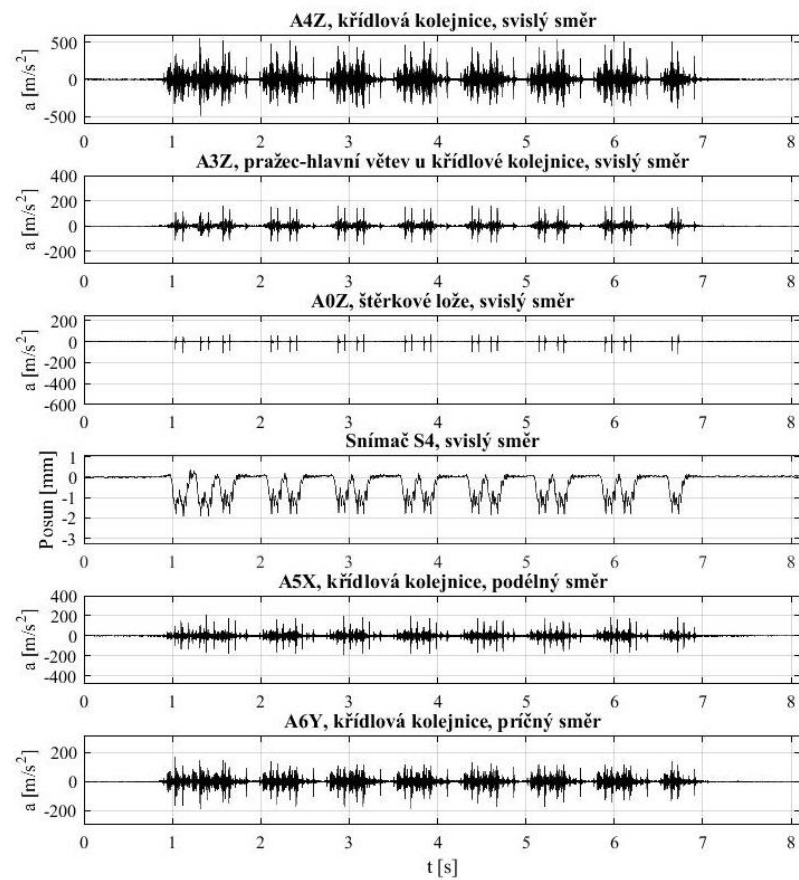
Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady Pendolino, rychlost 156 km·h⁻¹



Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady 380, rychlost 130 km·h⁻¹

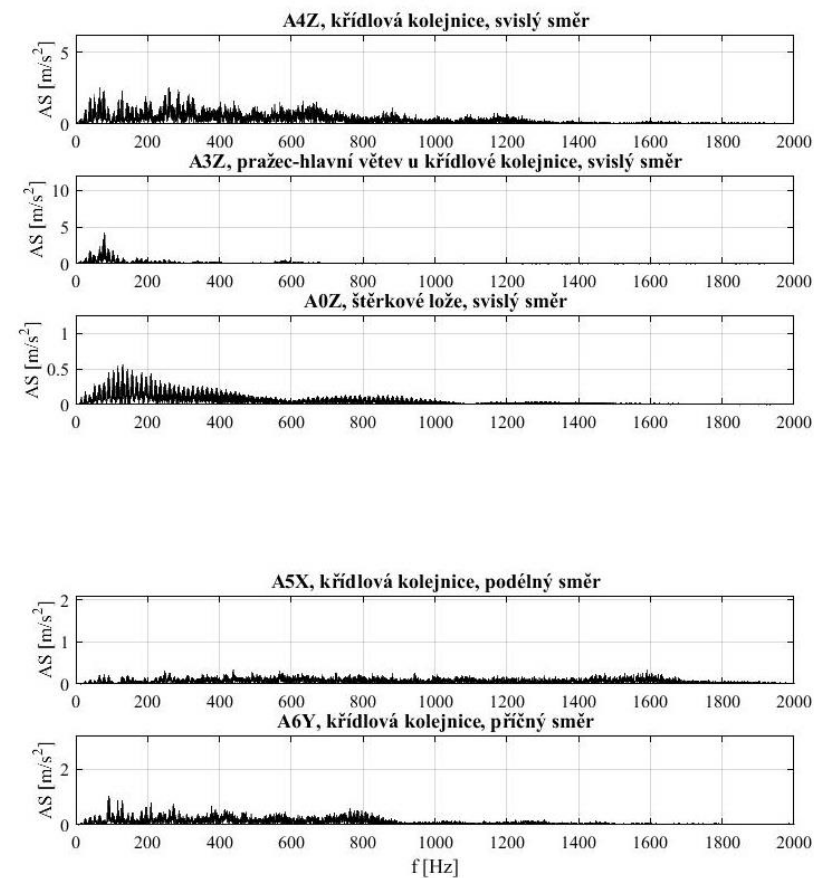
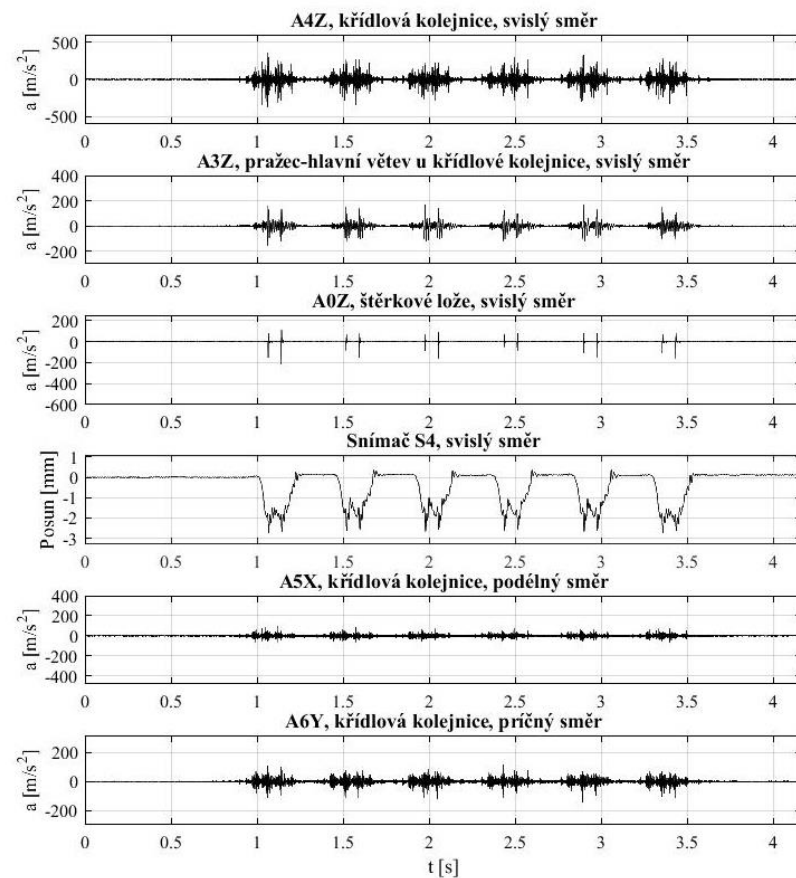


Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady RegioJet, rychlost $131 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

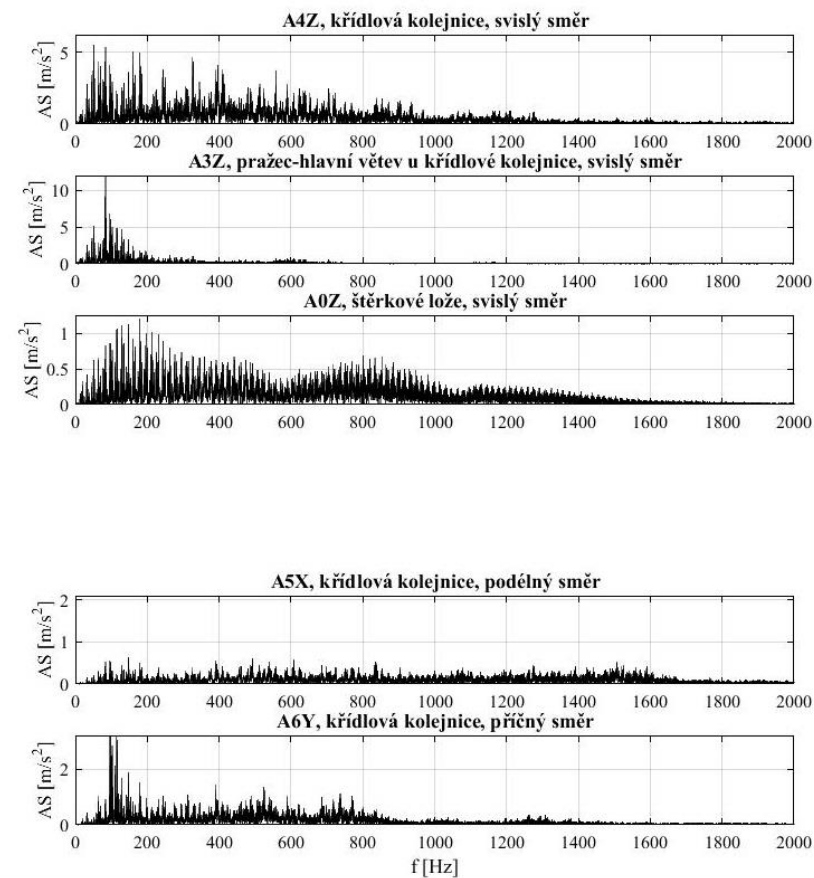
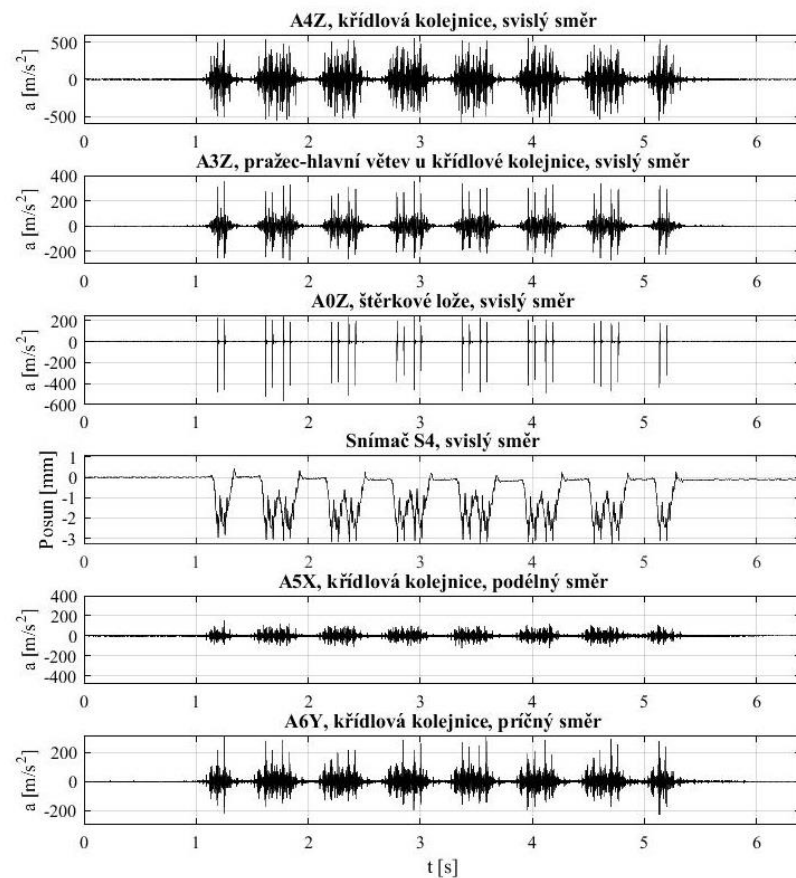


Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady RallJet, rychlost 127 km·h⁻¹

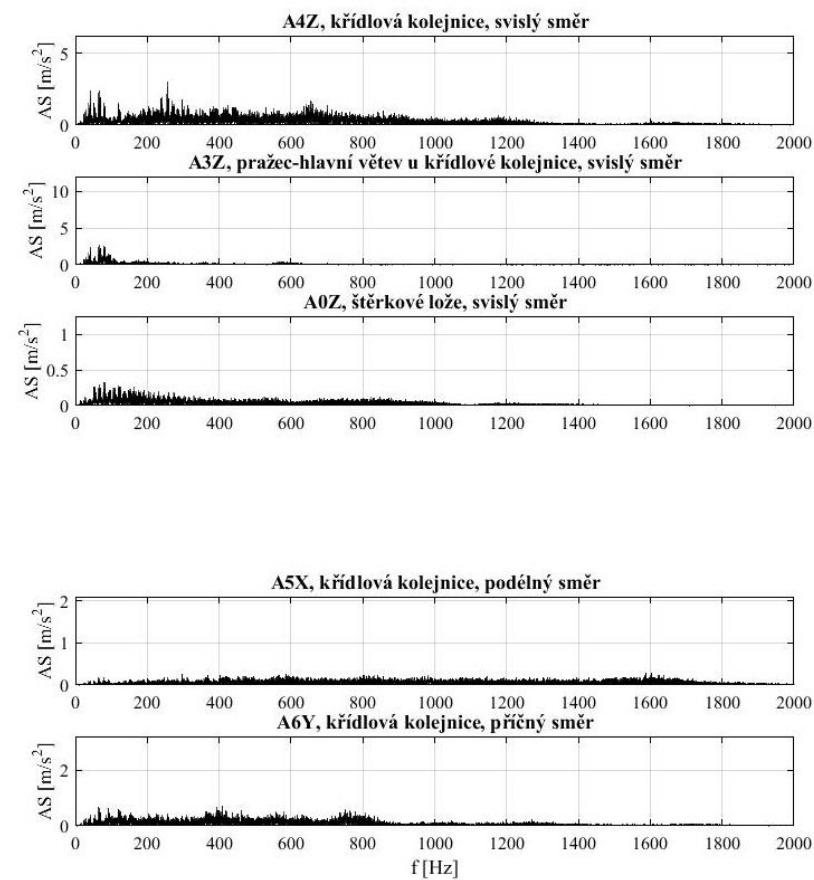
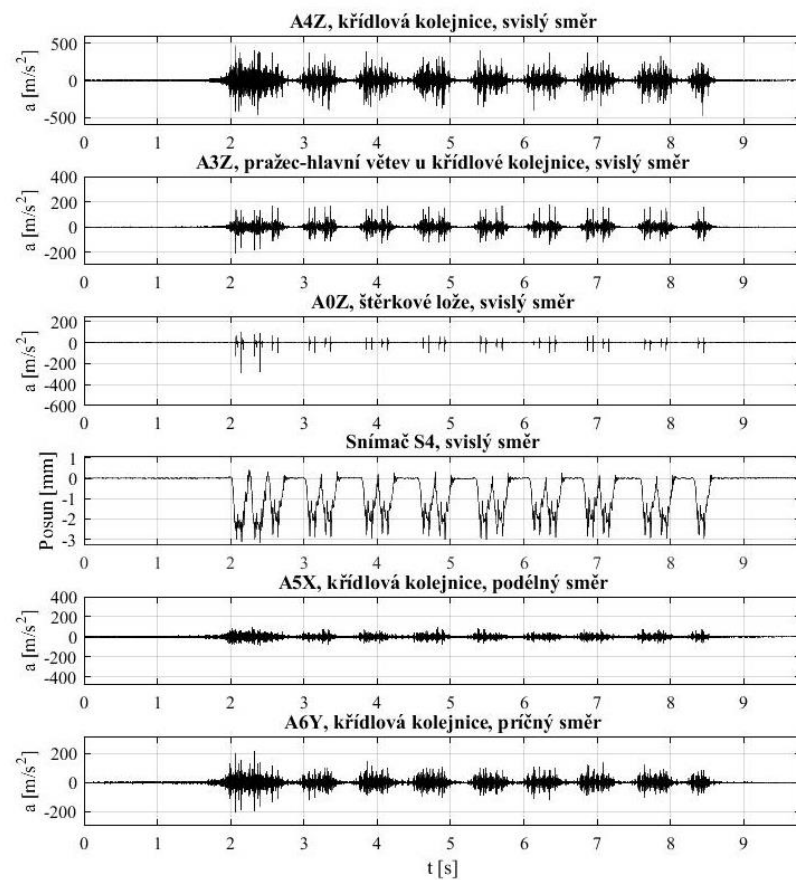
**Přehledné grafy pohybového chování,
zrychlení vibrací a FFT na vybraných
vlacích pro výhybku č. 4**



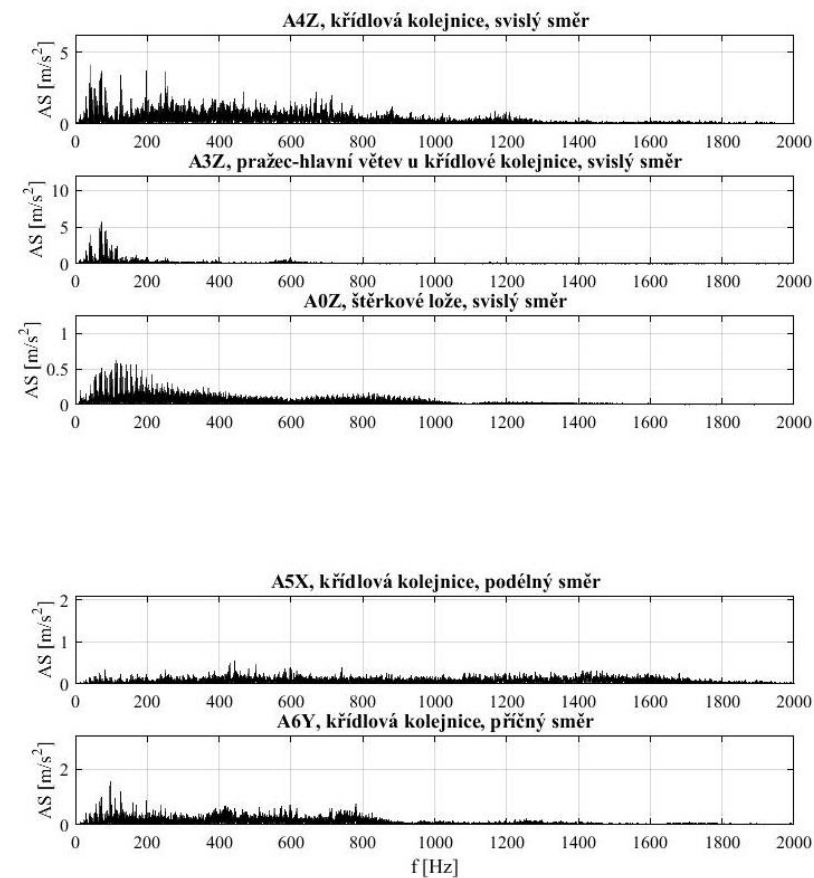
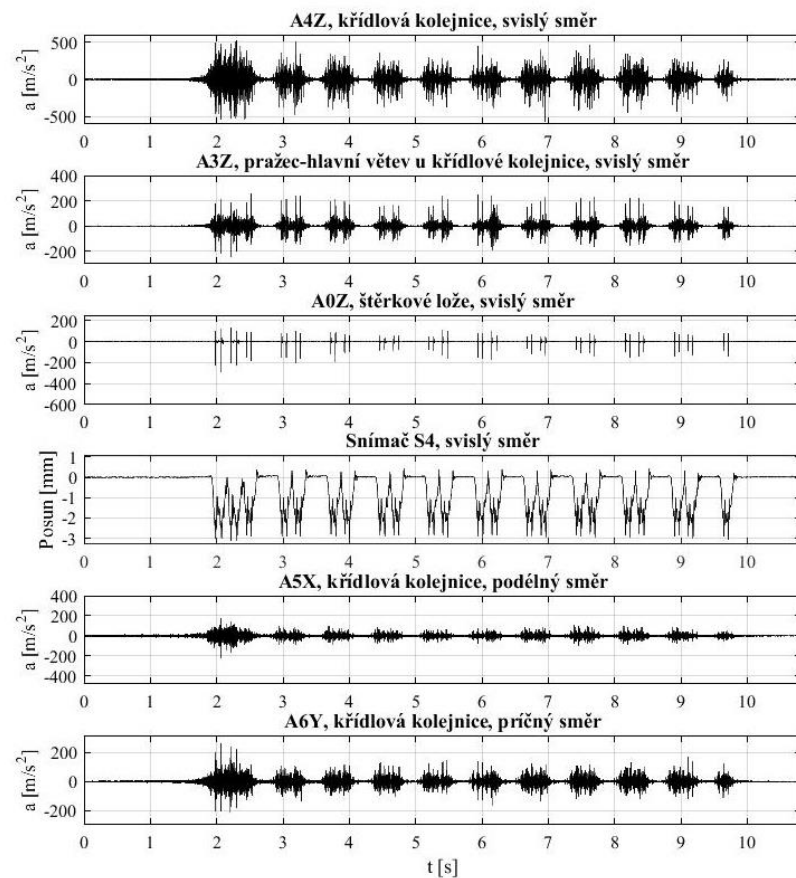
Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady Leo Express, rychlost 130 km·h⁻¹



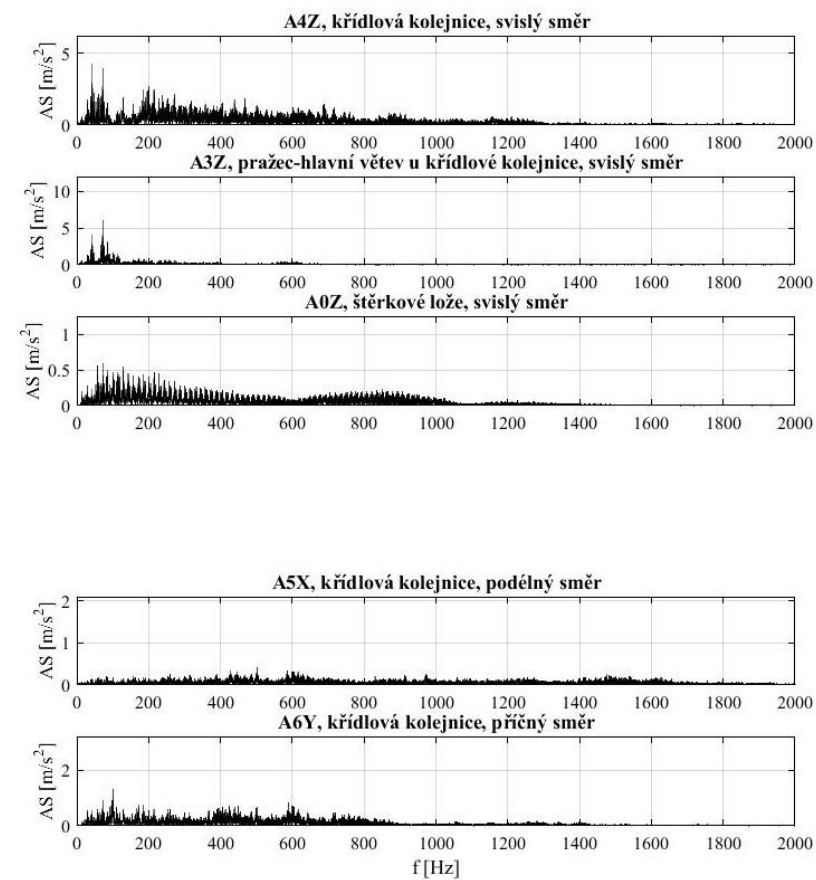
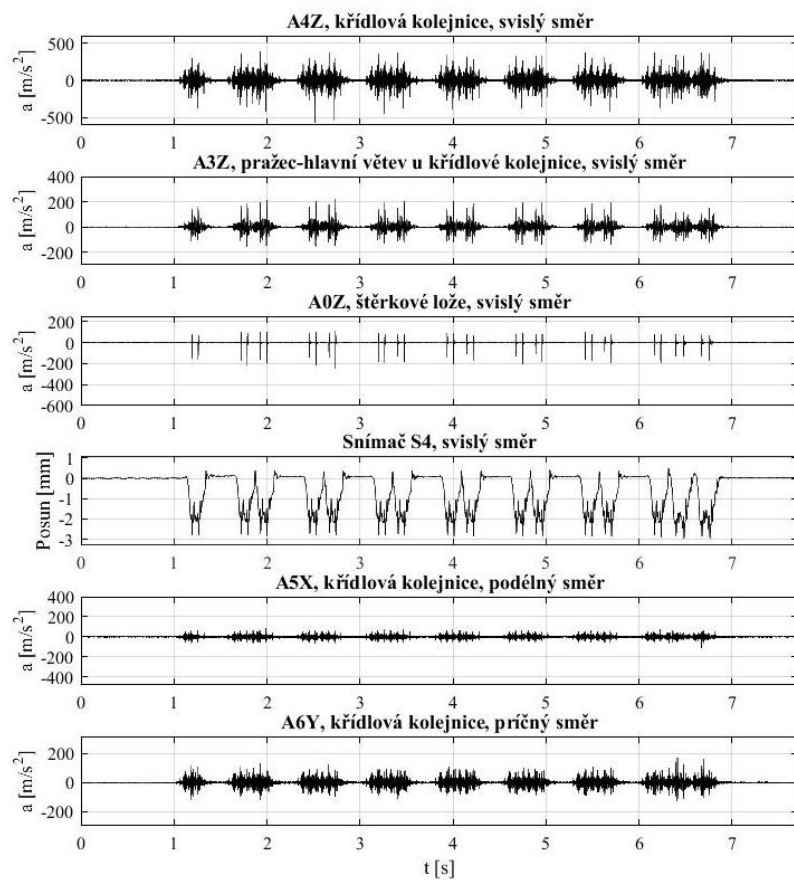
Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady Pendolino, rychlost 155 km·h⁻¹



Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady 380, rychlost 125 km·h⁻¹



Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady RegioJet, rychlost 130 km·h⁻¹



Přehledný graf pohybového chování a graf pro přechod z křídlové kolejnice do šterkového lože, vlevo snímač v blízkosti hrotu srdcovky a graf zrychlení vibrací, vpravo snímače na pražci pod hrotem srdcovky, lokomotiva řady RallJet, rychlost 130 km·h⁻¹

**Tabulka maximálních zatlačení pražců na
vybraných vlacích**

Maximální zatlačení pražců [mm]										
Výhybka	Loko	Rychlost [km/h]	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
3	Leo Express	130	-0,59	-1,46	-1,63	-1,86	-1,92	-1,53	-0,53	-1,37
4	Leo Express	130	-1,53	-2,55	-2,46	-2,61	-2,74	-2,05	-1,77	-1,96
3	Pendolino	156	-0,68	-1,60	-1,49	-1,96	-2,08	-1,62	-0,53	-1,11
4	Pendolino	155	-1,86	-2,87	-2,55	-2,92	-3,32	-2,45	-1,92	-2,20
3	380	130	-0,43	-1,34	-1,65	-1,73	-1,89	-1,65	-0,51	-1,41
4	380	125	-1,79	-2,80	-2,51	-3,00	-3,19	-2,28	-1,86	-2,61
3	RegioJet	131	-0,79	-1,67	-1,60	-2,01	-2,18	-1,88	-0,61	-1,46
4	RegioJet	130	-1,71	-2,86	-2,61	-2,97	-3,11	-2,54	-1,95	-2,24

Maximum	3		0,79	1,67	1,65	2,01	2,18	1,88	0,61	1,46
Maximum	4		1,857	2,865	2,6061	3,0004	3,316	2,5363	1,9527	2,6114
Minimum	3		0,42625	1,3398	1,4873	1,7279	1,8893	1,5313	0,50839	1,11
Minimum	4		1,53	2,551	2,458	2,611	2,736	2,052	1,771	1,959

Tabulka maximálních zatlačení pražců u vybraných souprav na výhybkách 3 a 4

**Časové vyhodnocení zrychlení vibrací – tabulky
maxim, minim a RMS**

Výh. č	Loko	Rychlost [km/h]	Minimální hodnoty zrychlení vibrací [m/s ²]								
			A0Z	A1Z	A2Z	A3Z	A4Z	A5X	A6Y	A7Z	A8Z
3	Leo Express	130	-102,02	-73,98	-134,33	-141,16	-653,18	-171,94	-220,13	-124,26	-276,68
4	Leo Express	130	-211,43	-148,70	-131,42	-155,12	-372,48	-65,66	-138,99	-122,23	-283,11
3	Pendolino	156	-153,29	-111,38	-184,30	-197,94	-589,97	-256,24	-235,77	-215,71	-436,16
4	Pendolino	155	-561,53	-192,02	-231,22	-276,45	-728,80	-127,63	-232,25	-274,32	-265,36
3	380	130	-109,86	-111,27	-123,96	-145,06	-488,06	-209,97	-258,33	-194,59	-367,45
4	380	125	-291,88	-159,65	-201,72	-206,00	-483,77	-85,53	-200,73	-192,51	-353,86
3	RegioJet	131	-138,80	-163,45	-162,41	-160,44	-604,44	-226,68	-251,49	-144,02	-322,30
4	RegioJet	130	-293,83	-142,60	-237,06	-247,84	-565,65	-217,40	-213,38	-232,84	-338,69
3	RailJet	127	-116,88	-76,31	-132,63	-153,33	-494,56	-185,69	-192,82	-168,37	-323,39
4	RailJet	130	-244,10	-156,19	-135,23	-160,99	-565,49	-109,37	-128,04	-148,12	-268,74

Tabulka minim, srovnání výhybek č. 3 a 4

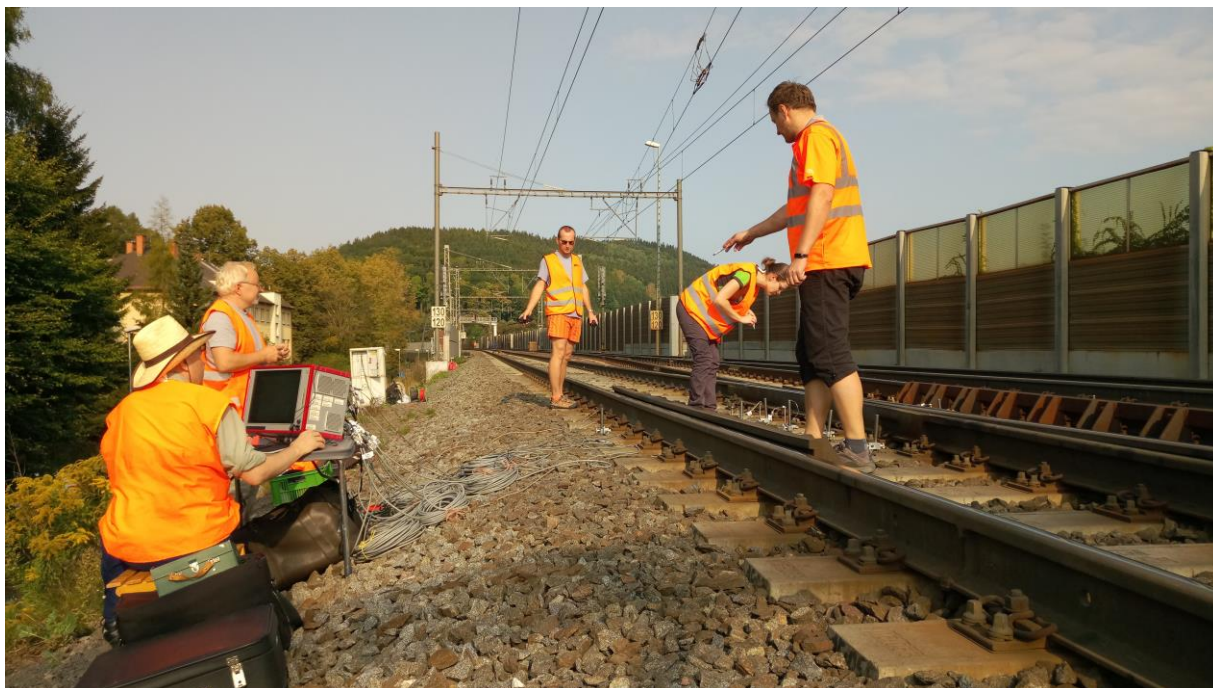
Výh. č	Loko	Rychlost [km/h]	Maximální hodnoty zrychlení vibrací [m/s ²]								
			A0Z	A1Z	A2Z	A3Z	A4Z	A5X	A6Y	A7Z	A8Z
3	Leo Express	130	67,48	102,10	137,49	158,65	631,03	183,91	136,82	270,50	258,12
4	Leo Express	130	113,43	117,62	163,41	168,20	351,98	92,63	115,77	250,89	330,06
3	Pendolino	156	71,66	131,91	225,08	239,79	556,92	265,66	210,41	369,06	400,71
4	Pendolino	155	253,86	246,49	372,82	356,26	555,53	145,70	323,93	411,22	565,11
3	380	130	68,86	115,44	144,80	155,77	569,01	219,74	174,46	305,66	273,94
4	380	125	100,60	134,14	160,99	171,32	458,11	97,22	215,24	337,01	362,63
3	RegioJet	131	64,15	119,85	184,59	209,95	807,49	230,61	265,05	363,34	324,53
4	RegioJet	130	126,58	190,46	224,76	254,07	519,91	171,07	262,33	354,70	339,96
3	RailJet	127	71,94	74,64	124,71	157,98	547,17	200,12	173,12	311,49	284,26
4	RailJet	130	111,87	148,53	209,02	225,52	390,48	81,47	174,17	283,16	245,23

Tabulka maxim, srovnání výhybek č. 3 a 4

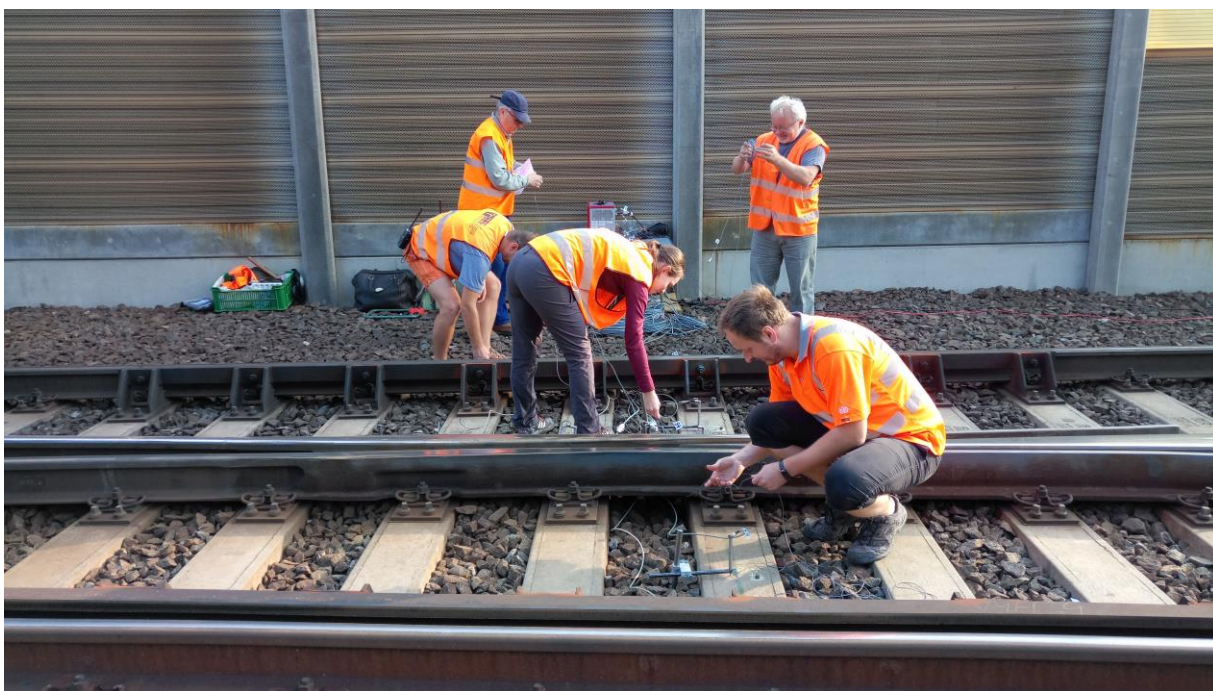
Výh. č.	Loko	Rychlost [km/h]	Efektivní hodnoty zrychlení vibrací [m/s ²]								
			A0Z	A1Z	A2Z	A3Z	A4Z	A5X	A6Y	A7Z	A8Z
3	Leo Express	130	4,58	9,37	13,49	14,47	57,87	16,00	17,52	17,17	20,42
4	Leo Express	130	6,73	15,05	16,78	20,20	40,43	7,79	12,73	18,34	24,32
3	Pendolino	156	7,88	15,17	21,16	23,16	87,40	25,57	28,31	30,51	35,56
4	Pendolino	155	19,96	28,52	36,97	41,90	75,07	14,27	26,92	38,03	41,51
3	380	130	6,23	12,37	16,60	18,09	65,66	20,60	20,23	22,41	26,79
4	380	125	5,90	17,76	19,28	22,39	47,20	9,71	16,43	21,08	27,26
3	RegioJet	131	5,65	13,22	19,24	19,82	72,30	23,67	22,43	23,62	25,31
4	RegioJet	130	7,99	22,30	25,00	28,81	57,12	12,45	19,26	26,53	32,45
3	RailJet	127	6,98	10,75	17,44	19,21	62,69	18,25	19,94	24,30	28,35
4	RailJet	130	9,28	21,06	23,94	27,25	49,11	8,80	17,08	26,31	32,51

Tabulka efektivních hodnot zrychlení vibrací, srovnání výhybek č. 3 a 4

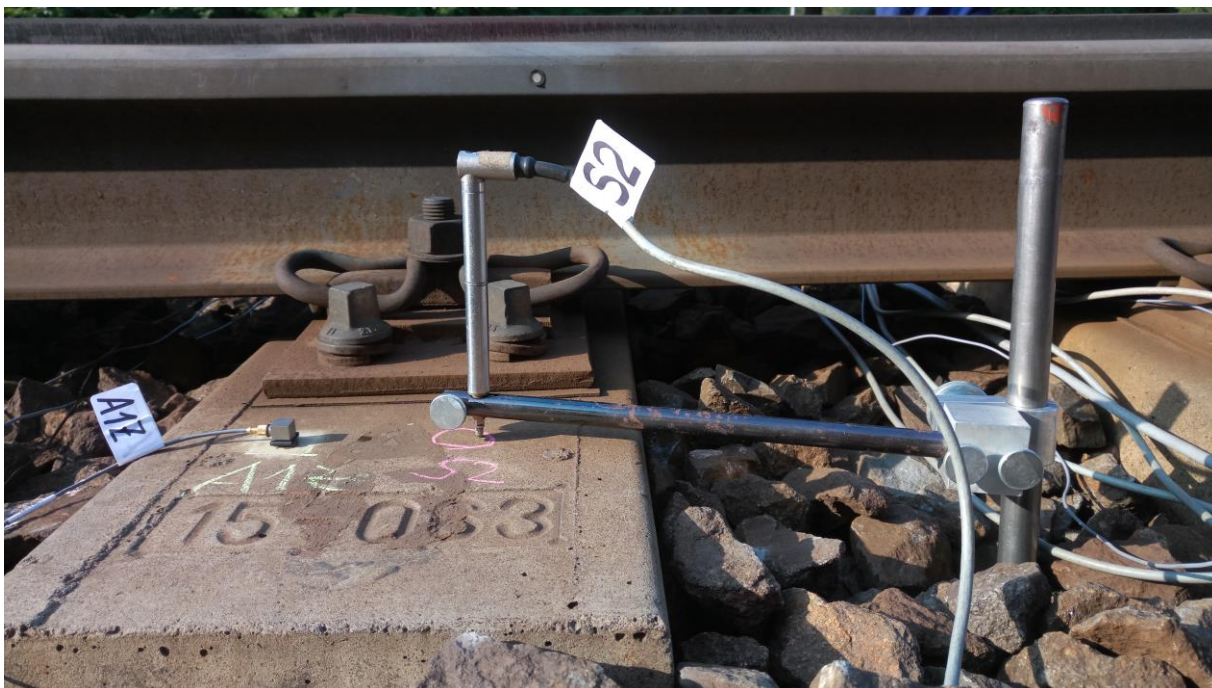
Fotodokumentace z měření



Instalování snímačů na vyhybce č.3



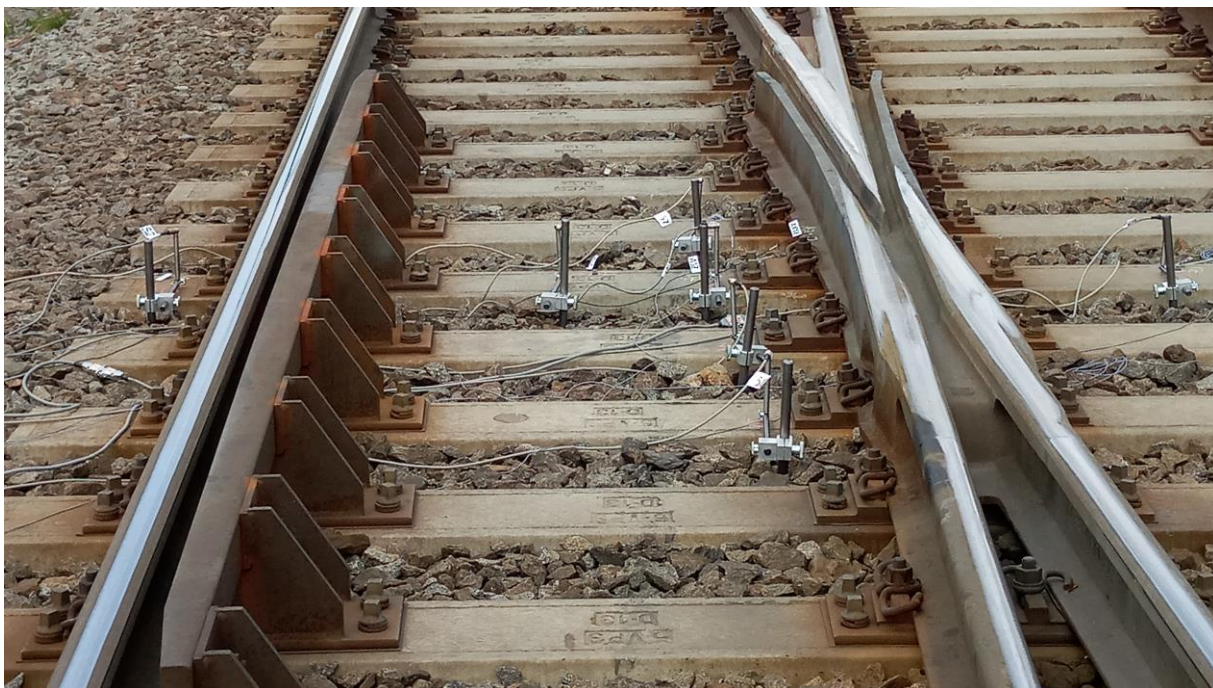
Instalování snímačů na vyhybce č.4



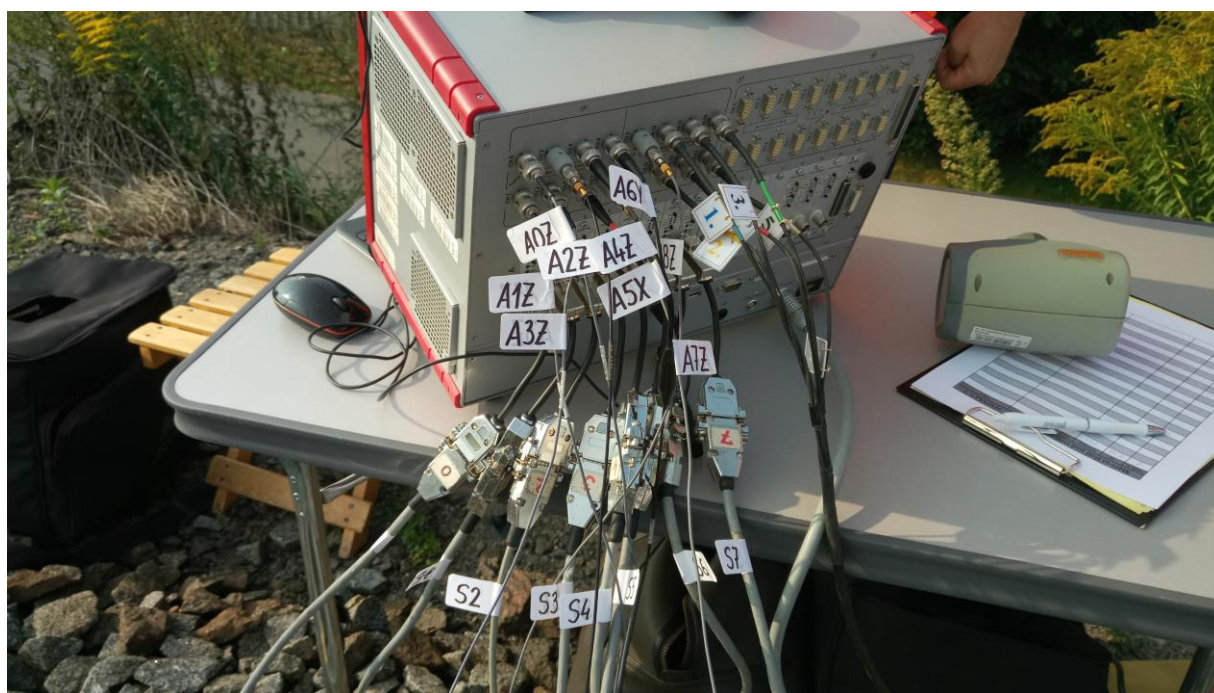
Detailní pohled na indukční snímač upevněný pomocí speciálního držáku a instalovaný pomocí lepidla piezoelektrický snímač zrychlení vibrací



Pohled z boku na snímače u výhybky č. 3



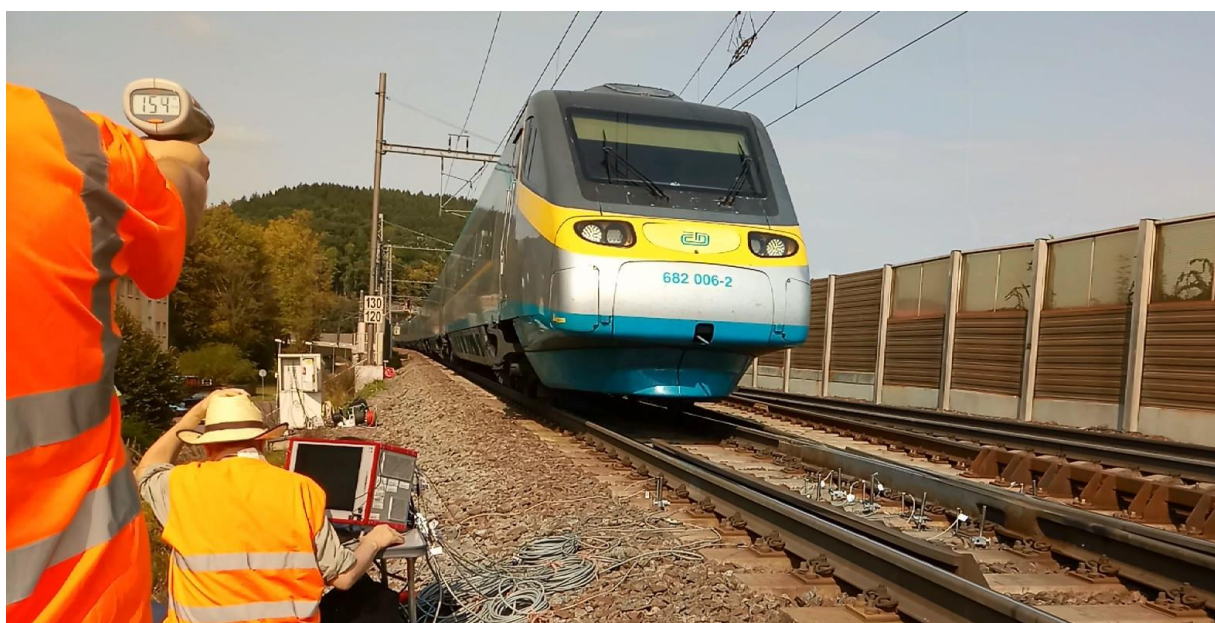
Pohled na umístění všech snímačů u výhybky č. 3



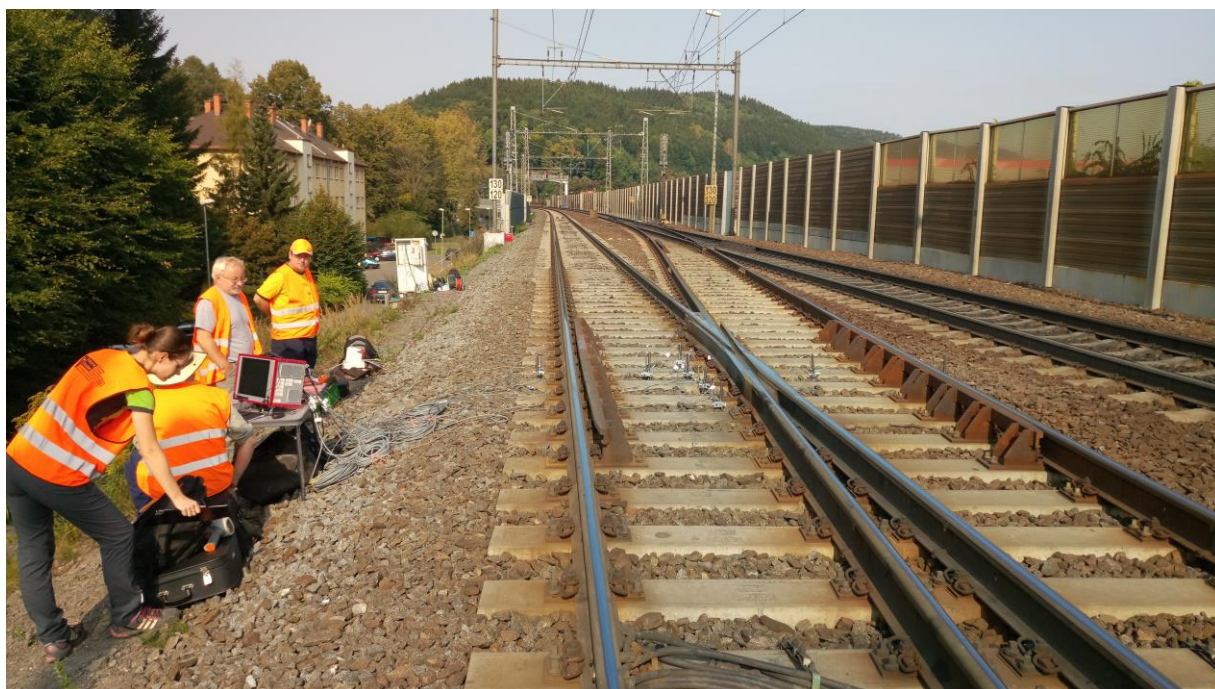
Označení zapojených kabelů



Kalibrace nainstalovaných snímačů



Prujezd vlaku Pendolino místem měření



Celkový pohled na měřicí aparát u vyhybky č.3