



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA DYNAMICKÝCH PARAMETRŮ KOLEJOVÉHO ROŠTU

THE ANALYSIS OF DYNAMIC PARAMETERS OF THE TRACK SKELETON

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ADAM PODOLNÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAROSLAV SMUTNÝ, Ph.D.

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. ADAM PODOLNÍK
Název	Experimentální analýza dynamických parametrů kolejového roštu
Vedoucí diplomové práce	prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

.....
doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] MILÁČEK S.: Měření a vyhodnocování mechanických veličin. ČVUT Praha. 2001. ISBN 80 01 02417 2.
- [2] NOVÝ R.: Hluk a chvění. ČVUT Praha. 2000. 389 s. ISBN 80-01-02246-3.
- [3] MORAVČÍK M., MORAVČÍK M.: Mechanika železničních tratí. EDIS Žilina. 695 stran. ISBN 80-7100-983-0.
- [4] ESVELD C.: Modern Railway Track. Second Edition. Delft, MRT – Production, 2001, 2nd ed. 654 s. ISBN 90-800324-3-3.
- [5] TOMANDL V.: Analýza dynamických parametrů kolejnicových upevnění. Diplomová práce. Brno. 2007. 145 s., 204 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Z hlediska rozhodování o užití vhodné sestavy železničního svršku hrají významnou úlohu jak doporučení vyplývající z teoretické analýzy (modelování), tak i doporučení získaná na základě statického a dynamického zkoušení hotového výrobku. Takové zkoušky je pak možné aplikovat v laboratoři nebo přímo v terénu. Diplomová práce bude věnována provoznímu testování vybraných konstrukcí kolejového roštu in situ. Pro účely měření budou vybrána vhodná měřicí stanoviště a bude navržena odpovídající metodika měření. Z pohledu geometrie koleje budou zvoleny úseky ve směrovém oblouku. Na základě provedených zkoušek budou stanoveny dynamické parametry konstrukcí. K jejich vyhodnocení bude zvolen vhodný matematický aparát. Předpokládá se využití matematických metod v časové a frekvenční oblasti. Součástí práce bude rovněž srovnání parametrů testovaných konstrukcí a doporučení pro praxi.

Doporučené přílohy:

- Rozbor současného stavu dané problematiky
- Návrh metodiky měření dynamických parametrů kolejového roštu
- Analýza měřených dat v časové oblasti
- Analýza měřených dat ve frekvenční oblasti
- Srovnání testovaných konstrukcí
- Závěry a doporučení

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Z hlediska rozhodování o užití vhodné sestavy železničního svršku hrají významnou úlohu jak doporučení vyplývající z teoretické analýzy (modelování), tak i doporučení získaná na základě statického a dynamického zkoušení hotového výrobku. Takové zkoušky je pak možné aplikovat v laboratoři nebo přímo v terénu. Diplomová práce bude věnována provoznímu testování vybraných konstrukcí kolejového roštu in situ. Pro účely měření budou vybrána vhodná měřicí stanoviště a bude navržena odpovídající metodika měření. Z pohledu geometrie koleje budou zvoleny úseky ve směrovém oblouku. Na základě provedených zkoušek budou stanoveny dynamické parametry konstrukcí. K jejich vyhodnocení bude zvolen vhodný matematický aparát. Předpokládá se využití matematických metod v časové a frekvenční oblasti. Součástí práce bude rovněž srovnání parametrů testovaných konstrukcí a doporučení pro praxi.

Klíčová slova

železniční svršek, kolejový rošt, pružné upevnění, Vossloh, Pandrol, dynamické parametry, posun, vibrace

Abstract

In terms of deciding on the appropriate use of the railway superstructure assemblies in both the recommendations arising from the theoretical analysis (modeling), as well as recommendations obtained under static and dynamic testing of the finished product play an important role. Such tests can then be applied in the laboratory or in the field. The thesis will be devoted to operational testing of selected track grid structures in situ. For measurement purposes an appropriate measuring point will be chosen and the methodology of measurement will be proposed. In terms of track geometry sections in curves will be selected. On the basis of tests carried out dynamic parameters of structures will be determined. To their evaluation suitable mathematical system will be chosen. It assumes the use of mathematical methods in time and frequency areas. In the thesis there will also be a comparison of the parameters of the tested structures. Based on the measurements it will be a source of recommendations for the practice.

Keywords

railway superstructure, track skeleton, elastic fastening, Vossloh, Pandrol, dynamic parameters, displacement, vibration

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Adam Podolník *Experimentální analýza dynamických parametrů kolejového roštu*. Brno, 2014. 98 s., 208 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora
Bc. Adam Podolník

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu této diplomové práce prof. Ing. Jaroslavu Smutnému, Ph.D. Byl trpělivým vedoucím a hlavně odborníkem. Jeho rady a doporučení dopomohly ke vzniku této práce.

„Děkuji.“

Autor

OBSAH:

1.	ÚVOD	5
2.	CÍLE PRÁCE.....	6
3.	ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU DANÉ PROBLEMATIKY.....	7
3.1	KOLEJOVÝ ROŠT	7
3.1.1	Kolejnice.....	7
3.1.2	Upevnění kolejnic.....	8
3.1.3	Kolejnicové podpory	13
3.2	KOLEJOVÉ LOŽE.....	15
3.3	DYNAMICKÉ PARAMETRY.....	15
4.	METODIKA MĚŘENÍ.....	18
4.1	POPIS A VÝBĚR SNÍMAČŮ	18
4.1.1	Snímače posunu	18
4.1.2	Snímače vibrací	20
4.2	MĚŘICÍ APARATURA.....	24
4.2.1	Vibrace.....	25
4.2.2	Posuny	27
4.2.3	Měřicí ústředna	29
4.2.4	Měření rychlosti	30
4.3	VÝBĚR MĚŘICÍCH ÚSEKŮ	31
5.	MĚŘENÍ	32
5.1	MĚŘENÉ ÚSEKY.....	32
5.2	PRŮBĚH MĚŘENÍ	35
5.2.1	Montáž aparatury.....	35
5.2.2	Vlastní měření	37
6.	VYHODNOCENÍ	40

6.1	VYHODNOCENÍ POSUNŮ V ČASOVÉ OBLASTI	41
6.1.1	Posuny od průjezdu osobních vlaků	43
6.1.2	Posuny od průjezdu rychlíků, expresů a vlaků IC, EC	46
6.1.3	Posun od průjezdu nákladních vlaků	55
6.2	SROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA POSUNŮ V ČASOVÉ OBLASTI	58
6.3	VYHODNOCENÍ VIBRACÍ	61
6.4	VYHODNOCENÍ VIBRACÍ V ČASOVÉ ROVINĚ	63
6.4.1	Vibrace od průjezdu osobních vlaků	64
6.4.2	Vibrace od průjezdu rychlíků, expresů a vlaků IC, EC	67
6.4.3	Vibrace od průjezdu nákladních vlaků	78
6.5	SROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA VIBRACÍ V ČASOVÉ OBLASTI	81
6.6	VYHODNOCENÍ VIBRACÍ VE FREKVENČNÍ ROVINĚ	83
6.6.1	Vibrace od průjezdu osobních vlaků	85
6.6.1	Vibrace od průjezdu rychlíků	88
6.6.1	Vibrace od průjezdu nákladních vlaků	92
6.7	SROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA VIBRACÍ VE FREKVENČNÍ OBLASTI	96
7.	ZÁVĚR	97

1. ÚVOD

V současné době, kdy je v České republice touha zvyšovat zatížení a rychlost na železničních tratích se při volbě upevnění dbá především na dva důležité parametry. Těmito parametry jsou jednoduchost a udržitelnost upevnění. Dříve byla používána upevnění skládající se z mnoha součástí. Bylo to dáno také tím, že byla používána upevnění nepřímá. U nepřímých upevnění bylo potřeba nejprve upevnit podkladnici na pražec pomocí jednoho druhu upevňovadel a samotnou kolejnici pomocí dalších upevňovadel připojit k podkladnici. S vývojem pružného upevnění odpadla nutnost používat podkladnici a tím se značně zjednodušil jak princip upevnění, tak jeho montáž.

Těmto požadavkům vyhovují oba v České republice používané systémy pružného upevnění od výrobců Vossloh a Pandrol. Tito výrobci i přes naprosto odlišnou koncepci svých upevnění zaručují jak dostatečnou tuhost v uzlu upevnění, tak požadavky na jednoduchost a udržitelnost. Tato odlišnost v koncepci vede k potřebě tato upevnění zkoumat a srovnávat a to hlavně v provozních podmínkách, kdy se projeví jejich reálné vlastnosti a schopnosti jako je například tlumení vibrací přenášených do železničního spodku při průjezdu vlakové soupravy. Průjezd vlakové soupravy na kolejnici působí podélnými, svislými a příčnými silami, které v kolejnici, ale také v celé konstrukci železničního svršku, vyvolávají posuny a vibrace.

Pro srovnání v rámci této diplomové práce byly vybrány dva úseky. Tyto úseky se vyznačují podobnými parametry směrového řešení, podobným složením dopravního toku a klasickým šterkovým ložem jsou tak vhodnými kandidáty pro srovnání. První úsek se nachází v Hranicích na Moravě na trati č. 270, km 213,692, kde železniční svršek je tvořen soustavou upevnění Vossloh W14, pražce B91 S/1 a kolejnic UIC 60. Parametry trati jsou poloměr oblouku $R=704$ m, převýšení koleje $D=113$ mm a trať klesá ve směru jízdy Ostrava – Hranice na Moravě sklonem $-4,62$ ‰. Druhý úsek se nachází v Napajedlech na trati č. 330, km 152,106, kde železniční svršek je tvořen soustavou upevnění Pandrol FCI, pražce B91 P a kolejnic UIC 60. Parametry trati jsou poloměr oblouku $R=761$ m, převýšení koleje $D=133$ mm a trať stoupá ve směru jízdy Přerov - Břeclav sklonem $3,33$ ‰.

2. CÍLE PRÁCE

Náplní této diplomové práce je měření, zkoumání a vyhodnocení posunů a vibrací na širé trati, speciálně trati v oblouku. Při průjezdu obloukem se již dvojkolí vozidla nepohybuje sinusovým pohybem, nýbrž se zvyšují účinky od příčných sil a to zejména na vnější kolejnici. Toto zatížení výrazně více ovlivňuje právě upevnění kolejnice. Pro kolejnici samotnou je zásadní namáhání svislými silami.

Cíle práce tedy jsou:

- Zvolenou metodikou zkoumat rozvoj vibrací na kolejovém roštu s upevněními Vossloh W14 a Pandrol FASTCLIP I (FCI) a provést jejich vzájemné srovnání v časové a frekvenční oblasti.
- Kromě vibrací porovnat také vzniklé posuny na obou typech konstrukcí. Posuny budou měřeny na pražci v podélném, příčném a svislém směru a na kolejnici pouze ve směru podélném. Cílem je porovnat chování z hlediska posunů pro tyto dva typy konstrukce a doplňkovým měřením na kolejnici porovnat chování kolejnice vůči uzlu upevnění.
- Na základě měření posoudit vhodnost použití daných typů upevnění do konstrukce v oblouku.
- Na základě měření vibrací zjistit tlumící vlastnosti jednotlivých typů upevnění.
- Důležitou součástí bude také potvrzení správnosti zvolené metodiky, popřípadě návrh na její zjednodušení či doplnění.
- Doporučení pro praktické využití metodiky a výsledků

3. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU DANÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole popíšu kolejový rošt a jeho součásti, více se pak zaměřím na popis upevnění, jejichž srovnání je ústředním motivem této práce. Dále se budu zabývat pohybem vlakové soupravy a rozvoji posunů a vibrací s ním spojeným.

3.1 KOLEJOVÝ ROŠT

Kolejový rošt je součástí železničního svršku. Skládá se z kolejnic, které jsou pomocí upevňovadel a drobného kolejiva upevňovány na kolejové podpory. Kolejové podpory mohou být jak podélné, tak příčné, popřípadě bodové. V případě širé tratě se nejvíce setkáváme s kolejovými podporami příčnými, v současné době nejčastěji vyráběnými z předem předpjatého betonu. Tyto podpory leží na kolejovém loži, které dohromady s kolejovým roštem vytváří výše zmíněný železniční svršek. Více o této problematice a v literatuře [1], [2], [5].

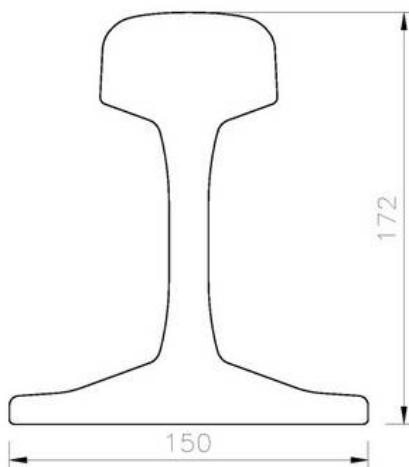
3.1.1 Kolejnice

Kolejnice jsou součástí kolejového roštu, která je bezprostředně ve styku s dvojkolím pojezdového vozidla a přenáší tak jako první účinky od průjezdu vozidel. Mezi tyto účinky patří statické tlaky a dynamické rázy, které jsou definovány jejich směrem, velikostí a charakterem. Jako první styčný bod se zatížením jsou také částí primárního vypružení železniční tratě.

Koleje dělíme na stykované a bezstykové, kdy u bezstykové koleje vzniká v koleji napětí na rozdíl od stykované, která umožňuje volnou dilataci v místě kolejových styků. Na tratích celostátních, jako jsou tratě, na kterých probíhalo měření v rámci této diplomové práce, je používána bezstyková kolej pro své značné výhody. Velkou výhodou odstranění styků je snížení nákladů na údržbu, dále odstranění styků, které byly slabým místem konstrukce z důvodu nutnosti zřízení otvorů pro kolejnicové spojky, snížení hluku a odstraněním dynamického namáhání rázy v místě styku.

Na našich tratích se hojně používá, a je součástí konstrukce kolejového roštu také na mnou měřených úsecích, kolejnice typu UIC60 (Obr. 3. 1). Dalšími

typy kolejnic, které jsou používány při vkládání nového materiálu, jsou kolejnice tvaru S 49. Pro všechny typy kolejnic se dodržuje normální rozchod tj. 1435mm, který může být rozšířen o hodnoty rozšíření rozchodu.



Obr. 3. 1 Příčný řez kolejnicí UIC60 [11]

Kolejnice UIC60 (podle nového značení 60EI) se vyznačuje jak rozměry uvedenými na obrázku (výška 172 mm, šířka paty 150 mm), tak svou hmotností, která činí 60 kg/m. Vlastnosti sledované při výrobě kolejnic, jsou kromě konvenčních, jako například chemické složení, také vlastnosti nekonvenční, jako lomová houževnatost, Rychlost rozvoje únavové trhliny, vysoko cyklová únava a zbytkové pnutí měřené v patě kolejnice. Kolejnice UIC60 se v současnosti na našem území používají pro obnovu a modernizaci železničního svršku s důrazem na vysoké provozní zatížení. Najdeme je v traťových kolejích a ve stanicích v kolejích hlavních. Toto použití je výhodné také z hlediska upevnění, jelikož dříve v těchto případech používaná kolejnice R65 se vyznačuje stejnou šířkou paty kolejnice jako má nyní používána UIC60. Více o této problematice a v literatuře [1], [2], [5].

3.1.2 Upevnění kolejnic

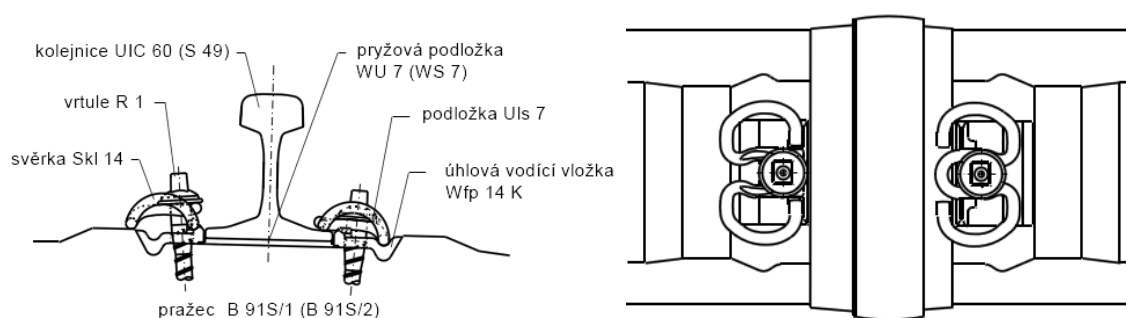
Upevnění kolejnic se skládá z drobného kolejiva a upevňovadel. Spolu s kolejnicí tvoří primární vypružení železniční trati. Požadavky, které klademe na upevnění, jsou jak v úvodu zmíněná dostatečná jednoduchost a udržitelnost, tak dostatečná tuhost a pružnost. Kromě přenosu zatížení má, ale také další důležitou

funkci, kterou je vymezení geometrických parametrů koleje. Upevnění se dělí na přímé a nepřímé. V rámci mé diplomové práce se zabývám v obou případech upevněním přímým, bezpodkladnicovým. Toto upevnění má výhodu jednodušší konstrukce oproti upevnění s podkladnicí. Na tratích celostátního významu s návazností na tratě v zahraničí se používá právě bezpodkladnicové upevnění a to výrobců Vossloh, původem z Německa, a Pandrol, původem z Anglie. V mé práci se zabývám právě upevněními od těchto výrobců, konkrétně upevněními Vossloh W14 a Pandrol FCI. Obě tato upevnění jsou na stavbu dodávaná v předmontovaném stavu a dále tak usnadňují montáž.

Vzhledem k parametrům mnou sledovaných úseků tratí, se obě porovnávána upevnění do těchto úseků hodí. Jsou to úseky s dostatečným poloměrem oblouku, není na nich provozována doprava s extrémní nápravovou hmotností a ani vlastnosti prostředí nejsou nijak nestandardní ve smyslu nutnosti využití jiného než standardního upevnění, jímž oba porovnávané typy jsou. Podložka pod patu kolejnice zajišťuje dostatečnou pružnost upevnění a vzhledem k dostatečnému poloměru není ani potřeba řešit nadměrné vyklápění kolejnice.

Vossloh W14

Upevnění typu Vossloh jsou obecně rozšířenější při použití na území České republiky. Používá pro upevnění kolejnice na betonový pražec B 91 S/1 vrtule R 1, pružné svěrky Skl 14, podložky Uls 7 a úhlovou vodící vložku Wfp 14 K. Pata kolejnice pak leží na pryžové podložce pod patu kolejnice typu WU 7 (Obr. 3. 2a, Tab. 3. 1). V rámci této diplomové práce bylo realizováno měření na konstrukci železničního svršku s uzlem upevnění typu Vossloh W14 na trati č. 270 v Hranicích na Moravě.



Obr. 3. 2 Upevnění Vossloh W14 [2]

Kolejnice	UIC 60
pražce	B 91S/1
pružné svěrky	Skl 14
vtule	R 1
podložky pod hlavu vrtule	Uls 7
pryžové podložky pod patu kolejnice	WU 7 / Zw 900NT (165 x 160 x 9)
úhlové vodící vložky	Wfp 14K 600 / Wfp 14KNT
spojky	U 60I
šrouby spojkové a matice	M 24 x 165 a M 24
dvojitě pružné kroužky Fe 6	pod matici spojkového šroubu

Tab. 3. 1 Upevnění Vossloh W14 [2]

Podložka je umístěna pod patou kolejnice a jejími funkcemi jsou tlumení dynamických účinků od železniční dopravy na konstrukci železniční tratě a elektrická izolace kolejových pásů. Tato podložka se používá pro bezpodkladnicovou variantu upevnění použitou na mnou zkoumaném úseku. Podložka je vyráběna z pryže, jejíž základ tvoří chloroprenový kaučuk a ztužující plniva. Podle fyzikálně mechanických vlastností je tato pryž zaříděna dle ČSN 62 0002 jako pryž AFC 7446. Tato pryž vykazuje dobrou odolnost jak proti dynamickému namáhání (tlumící účinky) tak proti vlivům prostředí. Rozměry podložky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3. 2). Vlastnosti pryže na výrobku, které jsou potřeba zajistit, jsou elektrické (povrchová a vnitřní rezistivita pryže), statická tuhost (závislost deformace podložky na tlakové síle pomocí hodnoty sečné tuhosti) a životnost výrobku (doba použitelnosti podložky v koleji 20 let).

Typ podložky	Rozměry funkčních částí podložky (mm)		
	šířka	délka	tloušťka
WU - 7	114 ±1,0	150 ±1,0	7 ±0,5

Tab. 3. 2 Rozměry podložky WU – 7 [12]

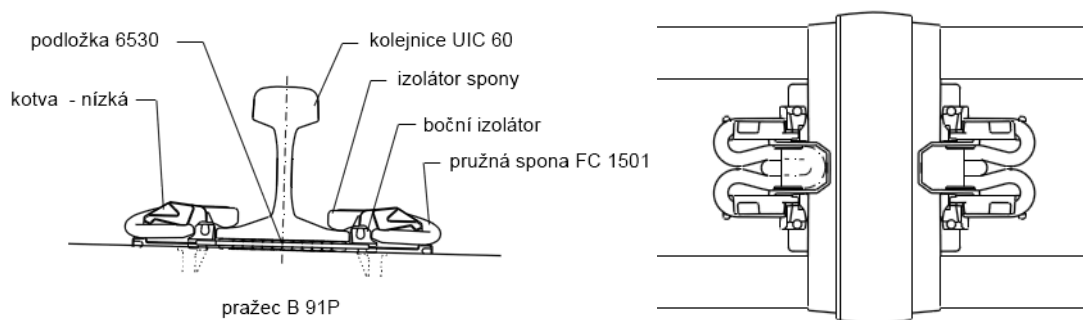
Plastová úhlová vodící vložka se používá v bezpodkladnicovém upevnění Vossloh W14 k vedení paty kolejnice, k upevnění pružných svěrek Skl 14 a také k přenesení síly z paty kolejnice a pružných svěrek do kolejnicového podkladu. Slouží také jako jeden z prvků elektrické izolace uzlu upevnění. Existuje několik typů těchto vložek v závislosti na úpravě rozchodu koleje. Základní typ má označení 12, pro tento typ je charakteristická nulová úprava rozchodu. Vložky

jsou vyráběny z polyamidu 6 popř. 6,6 s cca. 30% skleněných vláken se stabilizací proti poškození světlem. Materiál musí být schválen pro použití Českými drahami. Vlastnosti materiálu, které je potřeba zabezpečit jsou vrubová houževnatost, rázová houževnatost, smykový modul při 20°C, hustota, obsah vlhkosti, specifický vnitřní izolační odpor, pevnost v tahu a tažnost při nejvyšší síle kvalitu provedení a vzhled výrobku (povrch nesmí vykazovat žádné trhliny a poškození ovlivňujících funkčnost) a jeho životnost (30 let při přiměřené údržbě, normálních povětrnostních podmínkách a běžném provozním zatížení).

Pružné svěrky Skl 14 použité na měřeném úseku jsou pružným prvkem, používaným pro upevnění kolejnice ke kolejnicovým podkladům. Velká pružná dráha svěrek a přitlačná síla zajišťuje schopnost svěrek trvale přitlačovat patu kolejnice při průjezdu drážních vozidel. Brání také putování kolejnic a nevyžadují žádné další dotahování po dobu použití v koleji. Požadavky na vlastnosti materiálu jsou jeho jakost, chemické složení výchozího materiálu, tvrdost (měřená na hotovém výrobku), pružná charakteristika, mez únavy při dynamickém namáhání (5 milionů zatěžovacích cyklů), kvalita provedení a vzhled výrobku a jeho životnost (30 let při přiměřené údržbě, normálních povětrnostních podmínkách a běžném provozním zatížení). Více o této problematice a v literatuře [1], [2], [5], [12], [16], [18].

Pandrol FCI

Toto upevnění na rozdíl od ostatních běžně používaných není k pražci připojeno pomocí vrtule nebo šroubu, ale je v pražci upevněno pomocí kotvy. Takto uzpůsobený pražec nese označení B91 P. Tento rozdíl je patrný i u montáže, kdy je potřeba nasazovat upevnění pomocí pák. Nevýhodou tohoto způsobu upevnění na pražec je nemožnost regenerace pražců oproti upevnění držených například pomocí vrtulí jako je tomu u upevnění Vossloh W 14. Skládá se z pružné spony FC 1501, bočního izolátoru, izolátoru spony a nízké kotvy (Obr. 3. 3 a Tab. 3. 3). V rámci této diplomové práce bylo realizováno měření na konstrukci železničního svršku s uzlem upevnění typu Pandrol FCI na trati č. 330 v Napajedlech.



Obr. 3. 3 Upevnění Pandrol FCI [2]

Kolejnice	UIC 60
pražce	B 91P
pružné spony	FC 1501
podložka pod patu kolejnice	6530
izolátor spony	8494
boční izolátor	7049
kotva Fastclip	7840 (8081)
šrouby spojkové	M 24 x 165 a M 24
spojky	U 60I
dvojitě pružné kroužky Fe 6	pod maticí spojkového šroubu

Tab. 3. 3 Upevnění Pandrol FCI [2]

Stejně jako u upevnění Vossloh W14 i u upevnění Pandrol FCI je podložka důležitou součástí bezpodkladnicového uzlu upevnění, která tlumí účinky od dynamického namáhání a funguje také jako elektrický izolátor. Podložka soustavy Pandrol je tvořena systémem válečků spojených střední membránou. Návrh podložky a jejího materiálu zajišťuje ochranu proti naklonění paty kolejnice v extrémních případech tak, že při překročení limitního stupně zatížení se podložka stává velmi tuhou. Podložky jsou vyráběny z materiálu na základu přírodního kaučuku a to lisováním nebo vstřikováním. Technickými požadavky na hotové podložky jsou značení výrobků, kvalita povrchu (důraz na čistotu a povrchovou bezvadnost povrchu válečků nad membránou), rozměrová přesnost, mechanické tahové vlastnosti, tvrdost, zůstatková deformace, elektrické izolační vlastnosti, sečná tuhost a tlumení rázů.

Izolátory pro upevnění Pandrol FCI se dělí na boční izolátory a izolátory spony. Izolátor spony je umístěn na jejím středním rameni tzv. palci spony. Zajišťuje elektrickou izolaci spony od paty kolejnice. Zamezením kontaktu kovu na kov zmírňuje koncentrace napětí materiálů v místě styku. Boční izolátor se nasazuje na kotvu a slouží jako elektrický izolant. Další jeho funkcí je boční

vedení paty kolejnice. Síla stěny tohoto izolátoru může umožnit změnu rozchodu. Základní izolátor pro normální rozchod, použitý také na mnou měřeném úseku, má tloušťku stěny 8mm. Materiálem pro výrobu těchto izolátorů je Polyamid 66 a jsou vyráběny vstřikováním. Při výrobě je nutné hlídat kvalitu povrchu (trhliny, barevné změny, trhliny), značení výrobku, rozměrová přesnost, mechanické vlastnosti (pevnost při stlačení – izolátor spony, tah – boční izolátory), pórovitost a dutiny (snižují maximální hodnoty meze pevnosti) a nasákavost.

Další součástí bezpodkladnicového upevnění Pandrol FCI použitého na měřeném úseku jsou kotvy do betonových pražců. Tyto kotvy se zabetonovávají do pražce během výroby a používají se jako úchyt spony. Při nasazení bočního izolátoru funguje jako opěra paty kolejnice určující polohu a rozchod koleje. V měřeném úseku jsou použity kotvy bez druhotné tuhosti, takzvané nízké kotvy. Dalším typem jsou takzvané vysoké kotvy, tedy kotvy s druhotnou tuhostí. Oba druhy kotev se vyrábějí z tvárné slitiny s kuličkovým grafitem. Technické požadavky na kotvy jsou kvalita materiálu (včetně určení smluvní meze kluzu), kvalita povrchu (hlavy kotvy a nohy kotvy), značení výrobku a rozměrová přesnost.

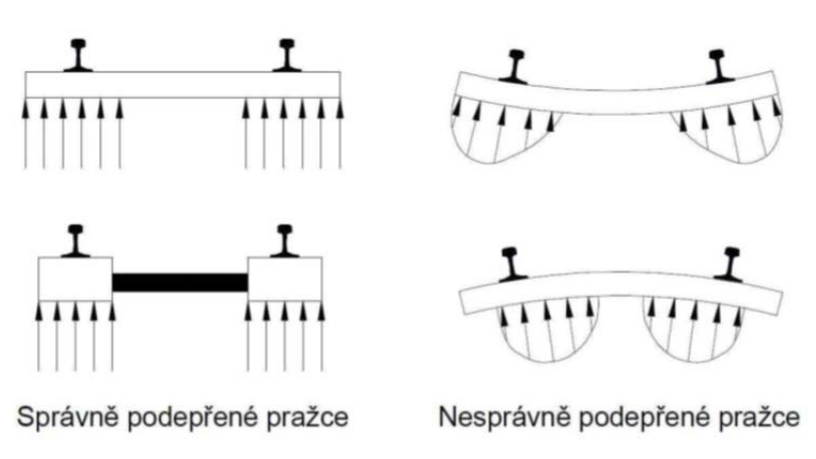
Spona Pandrol FC na rozdíl od pružné svěrky Skl 14 pro upevnění Vossloh nepoužívá pro připevnění standardní postup pomocí vrtulí nebo šroubů, ale je nasouvána na kotvu předem zabetonovanou do pražce při výrobě. Tímto nasunutím středního ramene na patu kolejnice dochází k předpětí spony a tak je vyvozena přitlačná síla. U svěrek je přitlačná síla vnášena pomocí patřičného dotažení vrtule. Na sponu jsou nasezeny výše zmíněné izolátory. Spony jsou vyráběny z legované pružinové oceli. Kromě kvality vstupního materiálu je nutné sledovat rozměrovou přesnost výrobku, značení výrobku, tvrdost materiálu a výrobku (44-48 HRC (Rockwell C) a přitlačnou sílu (přitlačná síla je pro oba mnou porovnávané typy upevnění cca 10 kN v sestavě s kolejnicí UIC 60). Více o této problematice a v literatuře [1], [2], [5], [13], [14], [15], [17].

3.1.3 Kolejnicové podpory

Další součástí kolejového roštu jsou kolejnicové podpory. Na konstrukcích v širší trati, stejně jako na měřených konstrukcích v rámci této diplomové práce, jsou

používány příčné pražce jako kolejnicové podpory. Na měřených úsecích jsou konkrétně použity shodně betonové pražce s B91 S/1. Tyto betonové pražce jsou výhodné hlavně svou vysokou hmotností, která zaručuje vysokou stabilitu kolejového roštu, zvláště při použití bezстыkové koleje. Oproti dřevěným pražcům ovšem mají nevýhodu v tom, že jsou méně pružné a tak je třeba zpružňovat svršek dodatečně, například použitím podložek pod patu kolejnice nebo právě pružným způsobem upevnění, který je objektem mého zkoumání. Kromě příčných pražců je v ojedinělých případech možné použít podpory podélné a bodové podepření.

Jednotlivé části pražce se nazývají ložná plocha, čelo, hlavy, hrany a úložné plochy pražce. Příčné pražce, stejně jako kolejnicové podpory obecně, v kolejovém roštu plní funkci přenosu svislého i vodorovného zatížení do kolejového lože, elektrickou izolaci mezi kolejnicovými pásy a vymezení geometrických parametrů koleje. Při přenosu příčného zatížení je důležitým parametrem příčný odpor pražce na styku s kolejovým ložem. Pro splnění funkce vymezení geometrických parametrů koleje je kromě správného provedení uzlu upevnění nutné i správné podbití. Podbití zajišťuje správné podepření pražce a z toho plynoucí stabilní polohu, nedochází tak k naklánění či jiné změně polohy pražce. Špatné podbití má za následek změnu převýšení koleje a změnu rozchodu koleje. Například pražce, které jsou podepřeny blízko středu, mají tendenci se natáčet, stejně tak i pražce podepřené u hlav pražců (Obr. 3. 4). Více o této problematice a v literatuře [1],[5].



Obr. 3. 4 Schéma podepření pražců [1]

3.2 KOLEJOVÉ LOŽE

Kolejové lože je jako další součást sestavy železničního svršku zodpovědné za další přenos zatížení, tentokrát do železničního spodku. Kolejové lože je také sekundárním vypružením v rámci železničního svršku a přenáší tak dynamické zatížení. Na kontaktu s pražcem je zajištěn odpor proti příčnému a podélnému posunutí a tím kolejové lože vymezuje směrovou a výškovou polohu koleje.

Kolejové lože je charakterizováno svou tloušťkou měřenou od ložné plochy kolejnicové podpory (v našem případě pražce) nepřevýšeného kolejnicového pásu po pláň tělesa železničního spodku, profilem a charakteristikami kameniva. Pro správnou funkci musí kamenivo splňovat parametry propustnosti, nenamrzavosti pružnosti, stability a když je to nutné i elektrické izolace. Kamenivo se používá na kolejích SŽDC frakce 31,5/63, které je ostrohranné a má potřebný tvarový index, toto zaručuje dobré zaklínění zrn materiálu. Kamenivo musí také splňovat požadavky na chemické složení a geotechnické parametry. Při znečištění kolejového lože se ztrácí pevnostní vlastnosti a je tak třeba udržovat ho čisté (důraz na propustnostní vlastnosti kameniva).

Použití kolejového lože z kameniva má mnoho výhod, je to léty prověřená konstrukce, která je relativně levná, hlavně díky své jednoduchosti. Tato konstrukce je také velice lehce udržovatelná, umožňuje také lehké úpravy geometrických parametrů koleje. Dalšími výhodami jsou dobrá pružnost a tlumení hluku. Více o této problematice a v literatuře [1],[5].

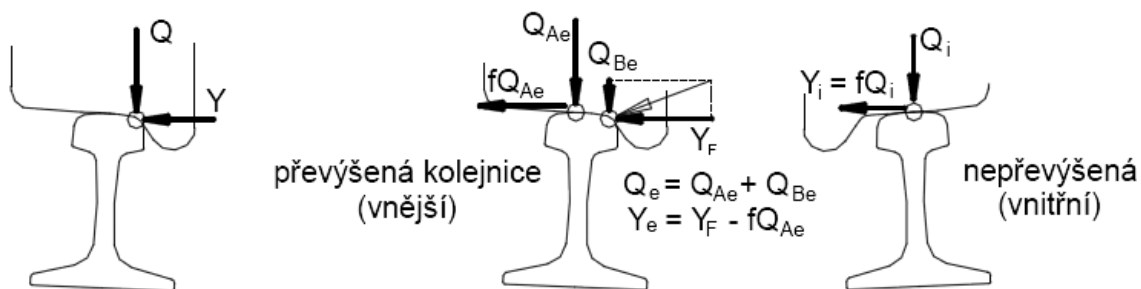
3.3 DYNAMICKÉ PARAMETRY

Pohyb vozidla v koleji vyvolává svým pohybem a silovým působením vibrace a s nimi spjaté posuny napříč konstrukcí celého tělesa železniční trati. Je to způsobeno velkými silami, které působí na styku kola a kolejnice. Rozložení těchto sil se liší při průjezdu přímou částí trati a při průjezdu obloukem.

Při jízdě vozidla v přímé části trati vykonává vozidlo pravidelný vlnivý pohyb, který mu umožňuje konstrukce dvojkolí, příčného profilu hlav kolejnic a jízdních obrysů kol. Tento tvar umožňuje reagovat vozidlu na drobné změny polohy koleje v příčném směru od teoretické polohy v přímé části trati, definuje

vodící vlastnosti vozidel v oblouku koleje, zajišťuje tak ideální postavení pro přenos sil mezi kolem a kolejnicí a zabezpečuje vozidla proti vykolejení.

V oblouku naopak umožňuje tvar dvojkolí částečnou korekci rozdílu rychlostí na vnitřním a vnějším kolejnicovém pásu a to tak, že na převýšeném kolejnicovém pásu je kolo s větším poloměrem a na nepřevýšeném s menším. Tento stav je ale také zdrojem vibrací, dvojkolí je odstředivou silou tlačeno na vnější kolejnicový pás a toto kolo postupně stoupá, dokud se nedostane do bodu, kdy už je příliš vysoká strmost a spadne a rázem budí konstrukci kolejového roštu. Při jízdě v oblouku se také mění roznos sil. Kolo se může v závislosti na geometrii kola a kolejnice dostat do dvou poloh. Když je poloměr zakřivení kola v přechodu z okolku na kuželovou plochu větší než poloměr zaoblení hlavy kolejnice, dochází k jednobodovému kontaktu kola s kolejnicí. Naopak když je poloměr menší, je kolo nuceno k dvojbodovému kontaktu a tak vede na speciální roznos sil (Obr. 3. 5).



Obr. 3. 5 Jedno a dvojbodový kontakt na styku kola a kolejnice [1]

Tento styk může mít a většinou také má nějaké nerovnosti a to jak ze strany kola, tak ze strany kolejnice. Ze strany kolejnice to mohou být jak vady vzniklé při provozu, jako jsou například vlnkovitost a skluzové vlny, tak vady vzniklé při výrobě, dané možnými výrobními odchylkami, či další drobné nerovnosti. Rozložení pražců také dává prostor ke vzniku vibrací a to pomocí náhlé změny tuhosti v místě pražce. Tento zdroj je stejně jako například vlnkovitost vadou periodickou to znamená, že se pravidelně opakuje v dané vzdálenosti ať už je to pravidelné rozložení pražců nebo délka vlnky. Vady neperiodické nebo také ojedinělé mohou být způsobeny náhlou změnou tuhosti v podloží trati. Další faktor, který ovlivňuje tvorbu vibrací a posunů je nerovnoměrné rozložení nápravových sil po délce vlaku.

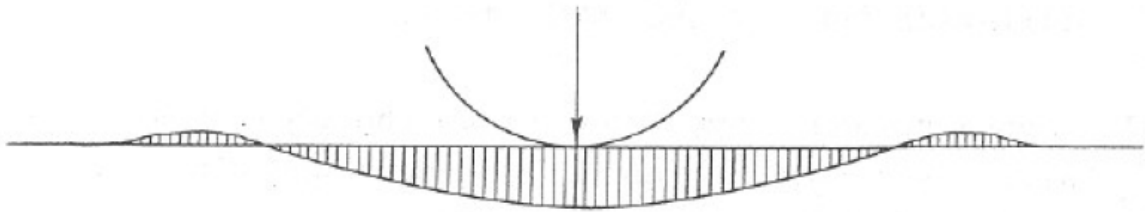
Musíme si ale uvědomit, že měřené vibrace nezávisí jen na vnějších charakteristikách trati, ale také na rychlosti vozidel, jejich nápravových silách, počtu náprav celkově a počtu náprav na jednom podvozku. Právě z rychlosti můžeme pomocí jednoduchého vztahu (Rov. 3. 1) dopočítat frekvenci, na které se daná charakteristika vyskytuje.

$$t = \frac{\lambda}{v}$$

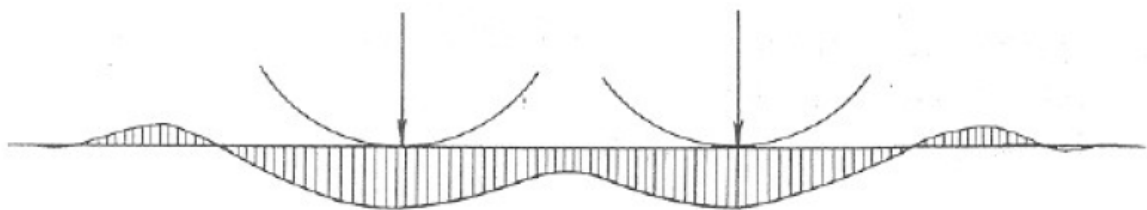
Rov. 3. 1

Kde t je čas odpovídající zkoumané charakteristice vlnové délky λ při rychlosti projíždějícího vozidla v . Frekvenci poté získáme jako podíl 1s a času t získaného v rovnici 3.1. Samozřejmě pouze pro danou rychlost, kdy pro vyšší rychlost obecně neplatí, že čím větší rychlost tím větší rozvoj vibrací.

Průjezd vozidla také vyvolává takzvané zdvihové vlny (Obr. 3.6 a Obr. 3.7) Největší pokles nastává přímo pod dvojkolím vozidla, před a za potom dochází ke zdvihu kolejnic. Tento zdvih se poté posouvá spolu s dvojkolím. I tento problém vedl k touze po pružném upevnění. Tyto zdvihové vlny tak kromě rozvoje vibrací a posunů ovlivňují geometrické parametry koleje. Tato zdvihová vlna nadzvedává mírně pražec a poté ho zatlačuje zpět do kolejového lože a to opakovaně při každém průjezdu podvozku či nápravy.



Obr. 3. 6 Zdvihová vlna pod jednou nápravou



Obr. 3. 7 Zdvihová vlna pod dvěma nápravami [19]

Motivací tedy je, aby pražec nebyl nadzvedáván a zatlačován, ale aby byl v relativně stabilní poloze a byl pouze nadlehčován a přitěžován. Použití pružného upevnění má za následek lepší roznos zdvihové vlny na větší počet pražců a také menší přímou závislost pohybu kolejnice a pražce. Více o této problematice a v literatuře [1],[19].

4. METODIKA MĚŘENÍ

Pro výzkum vlastností konstrukcí obecně je důležité komplexní zkoumání dané problematiky a to jak teoretické, pomocí výpočtových modelů, tak praktické na kompletní konstrukci. Tato konstrukce může být zkoumána jak v laboratoři, tak na konstrukci používané, takzvaně in situ. Výpočtové modely ale nikdy nedosahují takové přesnosti jako měření na skutečné konstrukci v terénu. Nedokáží kompletně popsat lokální problémy, které nemusí být ani v době výstavby známy, jako jsou například problémy podloží či nečekané problémy kolejového lože, které se vyskytnou vlivem zátěže. Je tedy nutné zkoumat konstrukce za jejich provozu a přinést tak skutečné charakteristiky, skutečné konstrukce, pod skutečným zatížením a tak zajistit kvalitní posouzení.

Pro potřeby diplomové práce bylo nutné sestavit metodiku měření. V rámci této metodiky jsem, po domluvě s vedoucím práce, také na základě metodik používaných v minulosti při řešení podobné problematiky a díky zkušenostem z měření, kterých jsem se zúčastnil, sestavil seznam potřebných snímačů, jejich rozmístění a postup vyhodnocení. V této kapitole se budu podrobněji věnovat výběru snímačů, jejich charakteristik, způsobu rozmístění, způsobu montáže a celkově teoretické rovině přípravy měření.

4.1 POPIS A VÝBĚR SNÍMAČŮ

4.1.1 Snímače posunu

Pro potřeby zaznamenávání neelektrických veličin, mezi které posun (vzdálenost) nepochybně patří, je obecně potřeba zajistit co největší přesnost, vhodný průběh převodní charakteristiky (linearita a citlivost), časovou stálost vlastností, vhodnou časovou konstantu (doba potřebná k dosažení konečné hodnoty), nezávislost na okolním prostředí (teplota, vlhkost, elektrická a magnetická pole), malý vliv na měřený vzorek nebo konstrukci, spolehlivost a jednoduchost.

Ve stavebnictví se hojně používají indukčnostní snímače posunu. Jsou podskupinou induktantních snímačů, elektromagnetické vlastnosti převodníku

jsou měněny měřenou veličinou. Konkrétně v případě indukčnostních snímačů je to induktivní reaktance. Využívá se závislosti:

$$u = -L \frac{di}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dt},$$

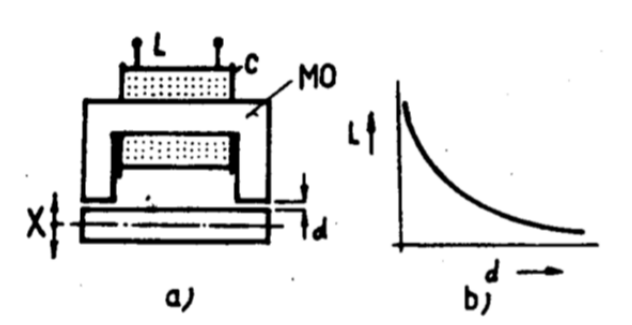
Rov. 4. 1

kde u je indukované elektromotorické napětí v cívce, L je indukčnost cívky, i je proud, t je čas, N je počet závitů cívky, Φ je magnetický tok. Dále platí:

$$\frac{\Delta L}{L} = -\frac{d}{d+\Delta d} = -\frac{1}{1+\left(\frac{\Delta d}{d}\right)},$$

Rov. 4. 2

kde d je mezera, Δd je změna vzduchové mezery (Obr. 4. 1). Charakteristika je tak lineární pro $d \gg \Delta d$. Základní převodní charakteristika není lineární, linearizace je dosaženo pomocí řazení více cívek za sebe.



Obr. 4. 1 a) Schéma funkce snímače b) Průběh charakteristiky převodu [20]



Obr. 4. 2 Snímač WA-10 T mm [20]

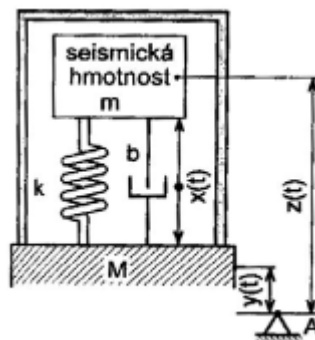
Výhodami snímačů posunu na indukčnostním principu jsou jednoduchá konstrukce, robustnost snímačů (odolnost), jednoduché elektrické zapojení a relativně velký rozsah měřených posunů. Hmotnost a robustnost je ale zároveň nevýhodou, snižuje totiž dynamické vlastnosti snímače. Tyto snímače zároveň

potřebují vztažný bod. Jak byl vyřešen tento problém, bude popsáno dále. Pro účely měření, jelikož se očekávají na pražci i na kolejnici posuny okolo 2mm, byl vybrán snímač společnosti HBM typ WA-10 T mm. Měřicí rozsah je naprosto dostačující. Použitý snímač je zobrazen na obrázku (Obr. 4. 2).

4.1.2 Snímače vibrací

Vibrace, které vznikají vlivem interakce pohybujícího se dvojkolí a kolejnice, je potřeba zkoumat a hledat jejich příčiny a možnosti jejich zmírnění. V rámci klasického kolejového roštu to může být právě volba upevnění, použití podložek pod patu kolejnice nebo podpražcových podložek.

Snímače kmitání můžeme rozdělit podle fyzikálního principu na kapacitní, elektrodynamické a mnou použité piezoelektrické. Obecně můžeme snímač rozdělit na základnu pevně spojenou s měřeným objektem M , pružně uloženou setrvačnou hmotu m , na pružině o tuhosti k , jejíž výchylku sledujeme a tlumení b (Obr. 4. 3).



Obr. 4. 3 Schéma absolutního akcelerometru [20]

Pokud pohybovou rovnicí soustavy vztáhneme k bodu A získáme tvar:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b \frac{dz}{dt} + kz = 0,$$

Rov. 4. 3

kde první člen reprezentuje setrvačnou sílu, druhý tlumící sílu a třetí direktivní (elastickou) sílu. Pokud jsou složky proměnné v čase, tedy:

$$z(t) = x(t) + y(t),$$

Rov. 4. 4

získáme tvar:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = -m \frac{d^2y}{dt^2}.$$

Rov. 4. 5

Mnou použité akcelerometry pracují na principu piezoelektrika. Piezoelektrikum je látka, která je schopná generovat elektrické napětí při své deformaci. Nejznámější piezoelektrickou látkou je křemen. Pro získání piezoelektrického elementu musíme z krystalu křemene vyříznout destičku, jejíž hrany budou rovnoběžné s jednotlivými osami krystalu (x – osa elektrická, y – osa mechanická, z – osa optická). Působí-li síla kolmo na optickou osu, krystal se zelektrizuje a na plochách kolmých na elektrickou osu se objeví elektrický náboj. Působí-li síla podél elektrické osy x , jedná se o podélný piezoelektrický jev (Obr. 4. 4 a)) a náboj Q , vznikající na stěnách kolmých na osu x , bude:

$$Q = Kp * Fx,$$

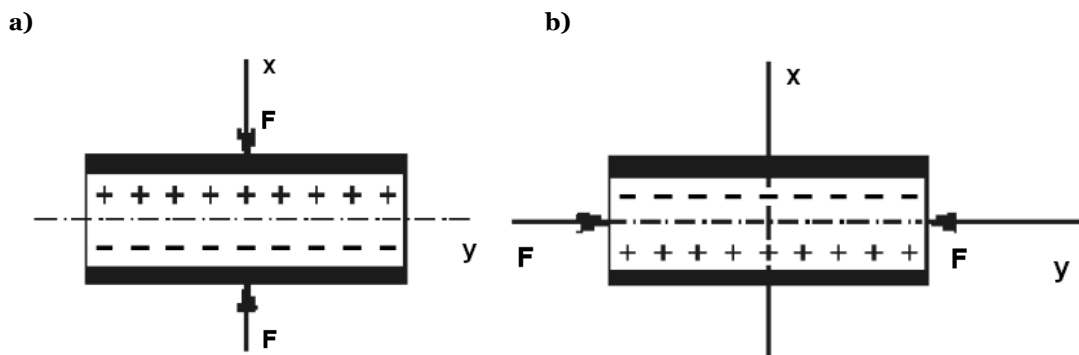
Rov. 4. 6

kde Kp je piezoelektrická konstanta. Velikost nábojů v tomto případě nezávisí na velikosti krystalu. Působí-li síla Fy ve směru mechanické osy y , vznikají náboje podobně na stěnách, ovšem směr polarizačního vektoru je záporný. Jde o příčný piezoelektrický jev (Obr. 4. 4 b)) a velikost náboje Q je dána vztahem:

$$Q = -Kp * Fy * \frac{b}{a},$$

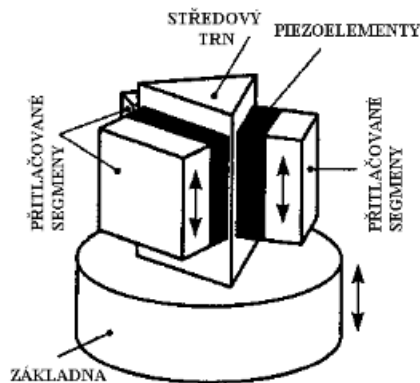
Rov. 4. 7

kde a a b jsou rozměry krystalu. Jak vidíme, v tomto směru již hrají rozměry roli při stanovení velikosti náboje.



Obr. 4. 4 a) Podélný piezoelektrický jev b) Příčný piezoelektrický jev [20]

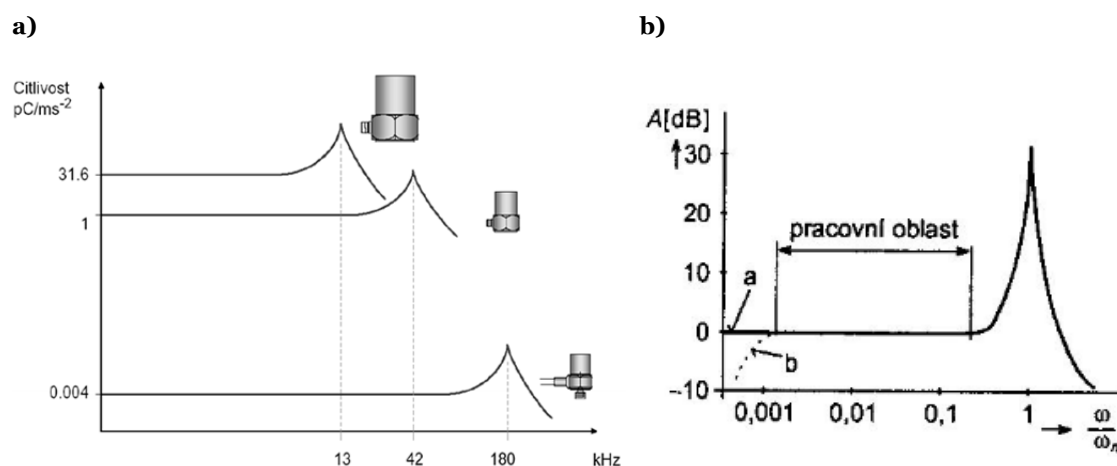
Konstrukce piezoelektrického akcelerometru využívajícího smykovou deformaci sestává ze základny se středovým trnem tvaru trojbokého hranolu. Na tento hrot jsou přes piezoelementy připevněny segmenty reprezentující seismickou hmotnost (Obr. 4. 5). Takto konstruované akcelerometry jsou málo citlivé vůči



Obr. 4. 5 Konstrukce snímače [20]

rušivým vlivům jako je deformace základny, teplotní dilatace nebo například akustické efekty. Nábojová citlivost smykových akcelerometrů je větší než citlivost při kompresi. V rámci měření jsem použil snímače Brüel & Kjør a to tříosý 4524 B, pro aplikaci na pražci, kde se očekávají menší hodnoty zrychlení a tříosý snímač 4524 B001, který je vhodný pro aplikaci na kolejnici díky své schopnosti měřit větší hodnoty zrychlení. Tento snímač má dostatečnou citlivost, ideální frekvenční rozsah, vzorkovací frekvenci, nízkou hmotnost a malé rozměry. Počtu snímačů a jejich rozmístění se budu věnovat dále.

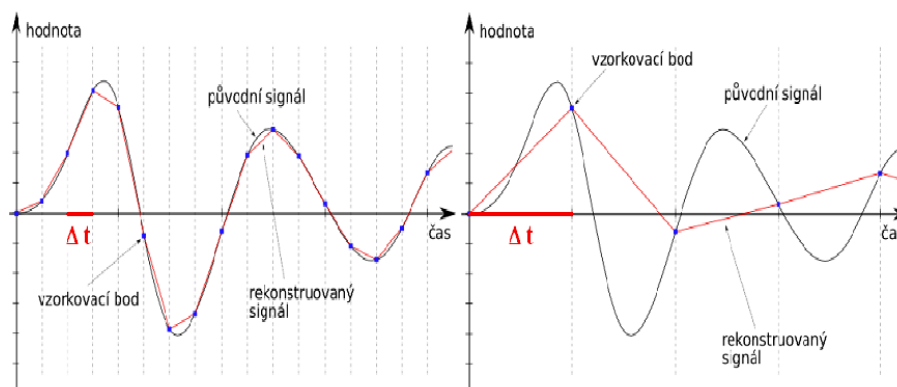
Údaj o citlivosti nám kromě citlivosti samotné definuje frekvenční charakteristiky snímače a s tím spojenou pracovní oblast (Obr. 4. 6).



Obr. 4. 6 a) Citlivost a frekvenční rozsah b) Pracovní oblast [20]

Volba frekvenčního rozsahu stejně tak jako vzorkovací frekvence je zásadní pro měření i pro následné zpracování. Při špatné volbě jde sice měření provést, ale hodnoty takto získané mohou být dosti odlišné od reality. Frekvenční rozsah měření byl zvolen 1 až 1000 Hz. Horní propust byla tedy stanovena na 1 Hz, pod touto hodnotou se vyskytuje triboelektrický šum a jiné rušení. Dolní propust v hodnotě 1000 Hz je zvolena tak abych zachytil všechny dynamické účinky, nad tuto hodnotu se projevují spíše hlukové charakteristiky.

Vzorkovací frekvence nám říká, kolik naměřených hodnot bude sejmuto za jednotku času. Definuje tedy, jak moc bude podrobné měření. To je důležité z hlediska takzvaného *aliasing efektu* (Obr. 4. 7). Pro odstranění aliasing efektu je nutné vzorkovací frekvenci přizpůsobit největší očekávané největší frekvence. Byla zvolena vzorkovací frekvence 10 kHz. Očekává se nejvyšší hodnota okolo 2000 Hz a tak i při výskytu nějakých ojedinělých jevů je naprosto dostačující.



Obr. 4. 7 Aliasing efekt, dostatečná (vlevo) a nedostatečná (vpravo) vzorkovací frekvence [21]

Nízká hmotnost, která se pojí s malými rozměry snímače, umožňuje měřit zrychlení i na malých konstrukcích. Já jsem ale využil spíše malých rozměrů, ty mi umožnily pohodlně měřit v koleji bez toho, abych zasáhl do průjezdného průřezu a tak ohrozil provoz na trati.

Konkrétně byly použity snímače typu TEDS, které mají své parametry uložené na čipu, což umožňuje snadnější použití z hlediska doby nastavení, počtu chyb a spolehlivosti naměřených dat. Snímač umožňuje uživateli zadat při měření identifikační údaj, který dále zvyšuje rychlost a pohodlí měření. Více o této problematice a v literatuře [20],[21].

4.2 MĚŘICÍ APARATURA

Tato diplomová práce byla součástí celku zabývajícího se hlukem, vibracemi a posuny na železniční trati v oblouku, pro účely srovnání konstrukcí s uzlem upevnění Pandrol FCI a Vossloh W14. Pro všechny tyto problémy byla sestavena měřicí aparatura, kterou nastíním a podrobně se budu věnovat pouze své části týkající se vibrací a posunů.

Celkový pohled na uspořádání měřicí aparatury na obrázku (Obr. 4. 8) ukazuje všechny její součásti. Jsou to mikrofony na měření hluku, akcelerometry pro měření vibrací a snímače posunu.

Obr. 4. 8 Uspořádání zkoušky

Mikrofony jsou umístěny podle zásad měření hluku a to 7,5m od osy koleje ve výšce 1200mm od spojnice temen kolejnic a ve vzdálenosti 1850mm od osy koleje ve výšce spojnice temene kolejnice. Akcelerometry jsou umístěny na patách kolejnic obou kolejnicových pásů a na hlavách pražců, to platí pro účely mé diplomové práce. Měření hluku je doplněno o měření vibrací na patě kolejového lože a vibrací mimo samotné železniční těleso. V další části této kapitoly se již budu věnovat pouze problematice vibrací a posunů.

4.2.1 Vibrace

Pro měření vibrací byly vybrány piezoelektrické akcelerometry. Všechny čtyři použité akcelerometry byly trojosé, pomocí nich se budou měřit vibrace ve směru podélném ke směru osy koleje, příčné a svislé. Tyto směry jsou důležité z hlediska přenosu sil z vozidla na konstrukci. V podélném směru se projevují rozjezdové a brzdné účinky, v příčném charakteristiky průjezdu obloukem a ve svislém hlavní přenos zatížení. Budou rozmístěny na patu kolejnice a hlavu pražce a to jak na převýšenou stranu, tak na nepřevýšenou stranu pražce. Tímto způsobem budu moci sledovat dynamické parametry kolejového roštu v oblouku. Jak jsem zmínil výše, vybral jsem pro kolejnici snímače Brüel & Kjær a to tříosý 4524 B, pro aplikaci na pražci, kde se očekávají menší hodnoty zrychlení a tříosý snímač 4524 B001, který je vhodný pro aplikaci na kolejnici díky své schopnosti měřit větší hodnoty zrychlení (Tab. 4. 1).

Typ snímače	Citlivost [mV/ms ⁻²]	f rozsah [Hz]	Hmotnost [g]	Max. zrychlení [ms ⁻²]	Počet snímačů
4524 B	10	0,1 - 6000	5	700	2
4524 B001	1	1 - 6000	5	7000	2

Tab. 4. 1 Snímače vibrací



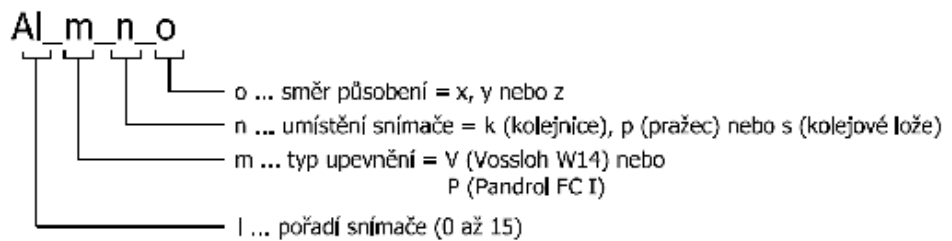
Obr. 4. 9 Umístění snímače na podložce na patu kolejnice

Přípevnění ke konstrukci bude řešeno pomocí přilepení speciálních podložek na měřenou konstrukci (kolejnice, pražec) a následným vložením snímačů do této podložky (Obr. 4. 9). Před samotným přilepením bude nutné povrch zarovnat pomocí brusného papíru a zbavit nečistot, to zaručí dokonalé přilepení bez možnosti odpadnutí snímačů.

Kanál fyzicky / port	Označení kanálu	Umístění snímače	Typ snímače
18 / CH 2	A2_m_k_x	Pata kolejnice; podélně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B001-X
19 / CH 3	A3_m_k_y	Pata kolejnice; příčně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B001-Y
20 / CH 4	A4_m_k_z	Pata kolejnice; svisle; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B001-Z
21 / CH 5	A5_m_p_x	Pražec; podélně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B-X
22 / CH 6	A6_m_p_y	Pražec; příčně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B-Y
23 / CH 7	A7_m_p_z	Pražec; svisle; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B-Z
26 / CH 10	A10_m_k_x	Pata kolejnice; podélně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B001-X
27 / CH 11	A11_m_k_y	Pata kolejnice; příčně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B001-Y
28 / CH 12	A12_m_k_z	Pata kolejnice; svisle; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B001-Z
29 / CH 13	A13_m_p_x	Pražec; podélně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B-X
30 / CH 14	A14_m_p_y	Pražec; příčně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B-Y
31 / CH 15	A15_m_p_z	Pražec; svisle; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; podložka B & K;	4524-B-Z

Tab. 4. 2 Rozmístění a značení akcelerometrů

Na obrázku (Obr. 4. 8) jsou tyto snímače značeny jako A13-15 a A5-7 pro snímače na pražci a A10-12 a A2-4 pro snímače na kolejnici. Podrobný výpis je uveden v tabulce (Tab. 4. 2). V této tabulce je také vidět, že bod 1 se nachází v nepřevýšené části a bod 2 v převýšené části konstrukce. Kromě značení snímačů je zde také uvedeno, pro který kanál na měřící stanici je signál snímače určen. Vysvětlení značení je vyznačeno v legendě (Obr. 4. 10). Trojí označení je způsobeno značením každého kanálu, tedy směrem působení vibrací v každé ose.



Obr. 4. 10 Legenda značení akcelerometrů

Jak je vidět v legendě (Obr. 4. 9), písmeno *m* značí typ upevnění. Tento způsob značení napovídá, že metodika měření byla shodná pro oba typy upevnění.

4.2.2 Posuny

Snímačů posunu bylo vybráno osm a to čtyři na každé straně pražce, šest na měření posunů pražce ve třech směrech, podélném se směrem staničení, příčném a svislém a dva pro měření podélných posunů kolejnic. Pro měření charakteristik kolejnice byl vybrán jen podélný směr hlavně z důvodu očekávaného největšího významu tohoto směru a také kvůli rozsahu diplomové práce. Tento snímač nám nicméně ukáže vzájemné chování pražce a kolejnice v uzlu upevnění. Všech osm snímačů je od výrobce HBM a jsou typu WA-10 T. Na obrázku (Obr. 4. 8) jsou značeny jako So-7.



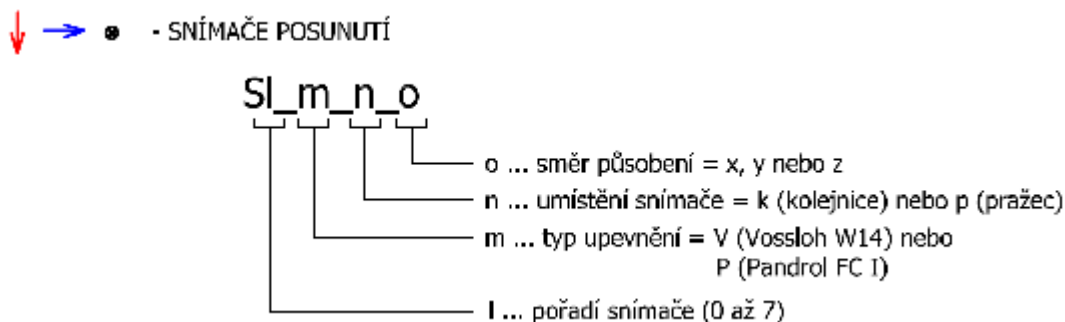
Obr. 4. 11 Upevnění snímačů posunu

Kvůli nutnosti vztažného bodu u snímačů posunu bylo nutné vytvořit konstrukci, která by zastávala funkci tohoto bodu s nulovým posunem. Po zkušenostech z dřívějších měření byla vybrána konstrukce sestávající ze dvou tyčí vetknutých do konstrukce šterkového lože a nosníku aretovaného mezi tyto tyče. Tato konstrukce je velice pevná a nevykazuje žádné rušivé pohyby při průjezdu soupravy a proto ji lze bez problému použít. Na tuto konstrukci jsou pomocí silných magnetů přichycena pohyblivá ramena, která lze při správném umístění pomocné konstrukce nastavit do potřebné polohy pro uchycení snímačů. Pro měření posunů kolejnice bylo nutné vytvořit pomocnou konstrukci, která po připojení ke kolejnici umožní sledování jejích podélných posunů. Tato konstrukce sestává ze dvou ocelových odlitků kopírujících tvar paty kolejnice, na kterou jsou pomocí šroubů připnuta. Při měření pražců jsou problémem nerovnosti a celkově jeho proměnný tvar. Z tohoto důvodu bude na hlavu pražce blízko upevnění, kde má pražec vhodný hladký povrch, umístěn hranolek o který se zapřou snímače posunu a bude jim umožněno přesnější zaznamenávání situace (Obr. 4. 11).

Stejně jako pro vibrace i pro posuny byla vytvořena tabulka (Tab. 4. 3) popisující umístění snímače, jeho typ a označení kanálu pro měřicí jednotku. Vysvětlení označení je opět k dispozici v legendě (Obr. 4. 12).

Kanál fyzicky / port	Označení kanálu	Umístění snímače	Typ snímače
1 / CH 0	S0_m_k_x	Pata kolejnice; podélně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; přípravek pod patu kolejnice; izolační podložka;	WA-10 T
2 / CH 1	S1_m_p_x	Pražec; podélně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; přípravek na hlavu pražce;	WA-10 T
3 / CH 2	S2_m_p_y	Pražec; příčně; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; přípravek na hlavu pražce;	WA-10 T
4 / CH 3	S3_m_p_z	Pražec; svisle; na straně vnitřní vzhledem k směrovému oblouku; přípravek na hlavu pražce;	WA-10 T
5 / CH 4	S4_m_k_x	Pata kolejnice; podélně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; přípravek pod patu kolejnice; izolační podložka;	WA-10 T
6 / CH 5	S5_m_p_x	Pražec; podélně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; přípravek na hlavu pražce;	WA-10 T
7 / CH 6	S6_m_p_y	Pražec; příčně; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; přípravek na hlavu pražce;	WA-10 T
8 / CH 7	S7_m_p_z	Pražec; svisle; na straně vnější vzhledem k směrovému oblouku; přípravek na hlavu pražce;	WA-10 T

Tab. 4. 3 Rozmístění a značení snímačů posunu



Obr. 4. 12 Legenda značení snímačů posunu

Opět je z metodiky patrné, že byla sestavena pro obě varianty měření, jak upevnění Vossloh W14, tak Pandrol FCI. To přispívá k dobré srovnatelnosti výsledků.

Pro dobrou orientaci v měření bylo také nutné definovat znaménkovou konvenci snímačů a to následujícím způsobem:

Snímače pro podélný směr – snímače S0, S1, S4, S5

- ... podélný pohyb směrem Ostrava/Přerov
- + ... podélný pohyb směrem Hranice/Břeclav

Snímače pro příčný směr – snímače S2, S6

- ... příčný pohyb znamenající pohyb ke středu oblouku
- + ... příčný pohyb znamenající pohyb od středu oblouku

Snímače pro svislý směr – snímače S3, S7

- ... svislý pohyb směrem dolů (pokles)
- + ... svislý pohyb směrem nahoru (nadzdvížení).

4.2.3 Měřicí ústředna

Snímače byly při vlastním měření připojeny pomocí kabelů k měřicí ústředně DEWE – 2502 (Obr. 4. 13). Toto zařízení dokáže zpracovat až dvacet signálů ze snímačů zrychlení vibrací, z těchto dvacet vstupů bude využito dvanáct pro účely

mé práce. Pro práci zabývající se hlukem a vibracemi v kolejovém loži byli využity další čtyři. Celkově tedy bylo využito šestnácti z dvaceti možných vstupů. Pro měření posunů pomocí daných snímačů je uzpůsobeno dvanáct vstupů. Z těch bylo potřeba osm. Tato ústředna byla napojena na zdroj elektrického proudu v podobě generátoru, ale je vybavena také bateriemi pro případ potřeby. Tato ústředna má také možnost připojit běžné periferie počítače. V rámci této diplomové práce byla využita webkamera s možností záznamu projíždějících vlaků.



Obr. 4. 13 Měřicí ústředna DEWE 2502

4.2.4 Měření rychlosti

Kromě dynamických charakteristik vibrací a posunů je potřeba zaznamenat také rychlost projíždějících vlakových souprav. Právě rychlost určuje, jakým způsobem se budou rozvíjet vibrace a je tak jednou z klíčových vlastností podle kterých můžeme určit srovnatelné soupravy. Pro měření rychlosti bude využit radarový rychloměr Bushnell.

4.3 VÝBĚR MĚŘICÍCH ÚSEKŮ

Součástí metodiky bylo také definování srovnatelných úseků. Vlastnosti, které musíme sledovat, jsou poloměr oblouku, převýšení oblouku, skladba provozu na trati, konstrukce kolejového roštu, stáří konstrukce a stav konstrukce. Tomuto účelu výborně posloužili údaje z měřicího vozu, které jsem měl k dispozici, a jsou součástí přílohy (PŘÍLOHA F – ZÁZNAM Z MĚŘICÍHO VOZU). Ze záznamu je možné získat poloměr oblouků a jejich převýšení, ale i jiné parametry. Na základě těchto parametrů byly vybrány dvě lokality a to:

- Hranice na Moravě na trati č. 270, km 213,692, kde je železniční svršek tvořen soustavou upevnění Vossloh W14, pražce B91 S/1 a kolejnic UIC 60
- Napajedla na trati č. 330, km 152,106, kde je železniční svršek tvořen soustavou upevnění Pandrol FCI, pražce B91 P a kolejnic UIC 60

Více o této problematice a v literatuře [6], [7], [8], [9], [10].

5. MĚŘENÍ

5.1 MĚŘENÉ ÚSEKY

Před samotným popisem měření je nutné představit si vybrané úseky. Podle metodiky měření byly vybrány úseky podobných charakteristik s rozdílem právě v druhu upevnění. Byla vybrána upevnění Pandrol FCI a Vossloh W14 jako zástupci dvou rozdílných přístupů, které by měli zajistit pružnost upevnění. Porovnávané trati tedy jsou:

- Hranice na Moravě (Obr. 5. 1)
 - o trať č. 270, km 213,692, kolej č. 2
 - o železniční svršek je tvořen soustavou upevnění Vossloh W14, pražce B91 S/1 a kolejnic UIC 60
 - o poloměr oblouku $R=704$ m
 - o převýšení koleje $D=113$ mm
 - o trať klesá ve směru jízdy Ostrava - Hranice na Moravě sklonem $-4,62$ ‰.
 - o měření probíhalo na koleji č. 2
 - o rekonstrukce v r. 2004
 - o poslední broušení kolejnic v r. 2009
 - o souvislé podbíjení v r. 2009

- Napajedla (Obr. 5. 2)
 - o trať č. 330, km 152,106, kolej č. 2
 - o železniční svršek je tvořen soustavou upevnění Pandrol FCI, pražce B91 P a kolejnic UIC 60
 - o poloměr oblouku $R=761$ m
 - o převýšení koleje $D=133$ mm
 - o trať stoupá ve směru jízdy Přerov - Břeclav sklonem $3,33$ ‰.
 - o měření probíhalo na koleji č. 2
 - o rekonstrukce v r. 1999
 - o poslední broušení v rámci rekonstrukce v r. 1999
 - o souvislé podbíjení v r. 2011



Obr. 5. 1 Měřicí úsek Hranice na Moravě km 213,692



Obr. 5. 2 Měřicí úsek Napajedla km 152,106

Nalezení podobných úseků bylo velice složité, pomocí údajů z měřicího vozu a dat o tratích na území České republiky bylo nakonec dosaženo přijatelného výsledku. Kolejnice na trati v Napajedlech byly broušeny sice již v roce 1999, ale oproti kolejnicím v Hranicích na Moravě na nich nebyly žádné znatelné vady a tak nebyl tento fakt překážkou. Na obou úsecích je konstrukce se šterkovým kolejovým ložem.

Jelikož byla má práce součástí většího celku, v rámci kterého se měřily i hlukové parametry, bylo nutné zajistit dobré podmínky měření také pro tuto problematiku. Místo pro měření tak musí být vhodné pro volné šíření hluku. Podmínky splňuje terén, který je v podstatě rovný se sklonem vůči hornímu povrchu kolejnice 0 m až -1 m. Prostor kolem mikrofonu o poloměru velikosti alespoň trojnásobku měřené vzdálenosti musí být bez odrazivých objektů, mezi které počítáme kopce, skály, mosty nebo budovy. Stejně tak v bezprostřední blízkosti mikrofonů nesmí být překážky narušující zvukové pole. Osoby a měřicí stanoviště musí být tak, aby nenarušovaly hladinu akustického tlaku. Podmínky pro měření parametrů hluku byly splněny.

Dalším vlivem na výsledky měření hluku jsou podmínky prostředí. Musíme zaznamenávat podmínky měření jako je rychlost větru, atmosférický tlak, vlhkost, teplota kolejnice na vnitřní i vnější straně, teplota vzduchu a celkový stav počasí. Jednotlivé hodnoty byly přehledně zaznamenány do tabulek.

5.2 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Vlastní měření probíhalo díky rozsahu práce ve čtyřech samostatných výjezdech. První dva, které sloužili pro podrobné zhodnocení situace měřených úseků a k provedení zkoušky TDR. TDR tedy stupeň dynamického útlumu bylo potřeba změřit kvůli zjištění hlukových charakteristik trati. Další dva výjezdy už sestávaly z měření hlukových a dynamických parametrů. Nutno poznamenat, že veškerá příprava aparatury a i následné měření probíhaly za provozu a bylo nutné dodržovat zásady bezpečnosti pro pohyb v koleji.

5.2.1 Montáž aparatury

Pro potřeby měření bylo potřeba sestavit kompletní aparaturu stanovenou v metodice měření. Sestává se ze samotných snímačů (posunů, zrychlení vibrací, mikrofonů) spojenými pomocí kabelů s měřicí ústřednou poháněnou generátorem, přípravků na upevnění snímačů (podložky pro snímače, pomocná konstrukce pro měření posunů, stativy pro mikrofony).

Před zapojením snímačů jsem na kabely nalepil popisky podle metodiky, které usnadnili zapojení do měřicí ústředny. Je to důležité, protože by bylo velice složité hledat chybu v tak velkém množství vstupů a tak by se komplikovalo vyhodnocení výsledků.

Snímače zrychlení vibrací byly vsazeny do podložek lepených na patu kolejnice a pražec připravených podle metodiky. Ostatní snímače pro druhou část měření byly pomocí stejných podložek umístěných na tyče zatlučené podle metodiky do patřičných míst konstrukce a jejího okolí.

Pro snímače posunů bylo potřeba připnout přípravek na patu kolejnice pro snímání podélných posunů a nosník pro připevnění magnetických ramen. Poté už bylo jednoduché nainstalovat je na pomocnou konstrukci a uvést do měřicí polohy, tj. zatlačit pohyblivý hrot přibližně do poloviny rozsahu tak, aby bylo možné snímat jak jeho zatlačení, tak jeho vysunutí.



Obr. 5. 3 Zapojení kabelů do měřicí stanice

Po montáži a označení kabelů bylo možné připojit kabely do měřicí ústředny podle značení daného v metodice (Obr. 5. 3). Správné zapojení a funkčnost byly ověřeny. Celkovou sestavenou aparaturu můžeme vidět na obrázcích (Obr. 5. 4, Obr. 5. 5). Ostatní podrobné obrázky jsou součástí přílohy (PŘÍLOHA A – FOTODOKUMENTACE).



Obr. 5. 4 Celkový pohled na aparaturu



Obr. 5. 5 Celkový pohled na aparaturu (2)

5.2.2 Vlastní měření

Metodika popsaná v kapitole 4 (METODIKA MĚŘENÍ) byla aplikována na obě měřicí místa. Měření probíhalo na běžných koridorových tratích za provozu. V Hranicích na Moravě proběhlo 16. 7. 2013 a v Napajedlech 17. 7. 2013. Z tohoto důvodu mám k dispozici pouze zatížení od vozidel v běžném provozu. Nebylo možné jak z důvodů finanční náročnosti, tak vytíženosti traťových úseků použití vozu, který by projížděl mnou požadovanou rychlostí, popřípadě se mnou požadovanou zátěží.

Při průjezdu vlakové soupravy měřicím místem bylo kromě spuštění záznamu informací ze snímačů potřeba zaznamenat rychlost vlaku pomocí ručního radaru, druh lokomotivy a počet vozů. Data byla pečlivě zaznamenána do tabulek (Tab. 5. 1, Tab. 5. 2). Tato data se dají zpětně zkontrolovat jednak z naměřených dat (počet vozů), ale také srovnáním s videozáznamem. Také data podmínek měření jsou přehledně zobrazena v tabulkách níže (Tab. 5. 3, Tab. 5. 4).

Pořadí vlaků	Čas	Druh vlaku	Typ lokomotivy	Počet vozů	Směr (kolej č. 2)	Rychlost [km/h]
1.	9:57	SC Pendolino	682	7	Hranice na Moravě	144
2.	10:11	pracovní vlak	-	-	Hranice na Moravě	56 - 44
3.	10:20	nákladní vlak	363	24	Hranice na Moravě	40 - 45
4.	10:23	nákladní vlak	363	34	Hranice na Moravě	56
5.	10:29	IC RegioJet	362	5	Hranice na Moravě	116
6.	10:42	nákladní vlak	2x Taurus E190	32	Hranice na Moravě	40 - 45
7.	10:47	Ex	151	7	Hranice na Moravě	103
8.	10:54	LEO Express (LE)	Siemens	5	Hranice na Moravě	92
9.	11:17	R	362	6	Hranice na Moravě	107
10.	11:22	Os	163	3	Hranice na Moravě	104
11.	11:30	EC	380	6	Hranice na Moravě	112
12.	11:57	SC Pendolino	682	7	Hranice na Moravě	150
13.	12:10	nákladní vlak	363	25	Hranice na Moravě	86
14.	12:15	nákladní vlak	363	21	Hranice na Moravě	60 - 50
15.	12:26	nákladní vlak	740	2	Hranice na Moravě	64
16.	12:29	IC RegioJet	362	5	Hranice na Moravě	107
17.	12:37	Ex	151	6	Hranice na Moravě	114
18.	12:47	nákladní vlak	363	24	Hranice na Moravě	77
19.	12:59	LEO Express (LE)	Siemens	5	Hranice na Moravě	128
20.	13:17	R	362	6	Hranice na Moravě	110
21.	13:28	Os	163	3	Hranice na Moravě	101
22.	13:38	nákladní vlak	130	43	Hranice na Moravě	78
23.	13:41	Lokomotivní vlak (Lv)	130, 121, 122	3	Hranice na Moravě	79
24.	13:58	nákladní vlak	3x 742	22	Hranice na Moravě	50 - 28
25.	14:00	R	EP09	6	Hranice na Moravě	53

Tab. 5. 1 Záznam vlaků – Hranice na Moravě

Pořadí vlaků	Čas	Druh vlaku	Typ lokomotivy	Počet vozů	Směr (kolej č. 2)	Rychlost [km/h]
1.	8:39	R	150	5	Napajedla	116
2.	8:51	nákladní vlak	363	25	Otrokovice	83
3.	9:05	nákladní vlak	742	9	Napajedla	54 - 59
4.	9:12	nákladní vlak	363	9	Napajedla	45
5.	9:20	R	150	5	Otrokovice	108
6.	9:33	Lokomotivní vlak (Lv)	ASP	1	Napajedla	55
7.	9:54	R	362	5	Napajedla	100
8.	10:39	R	150	5	Napajedla	96
9.	10:50	nákladní vlak	189, 742, 742	27	Otrokovice	46
10.	10:56	nákladní vlak	363	32	Otrokovice	58
11.	11:20	R	150	5	Otrokovice	108
12.	11:26	nákladní vlak	363	18	Napajedla	65
13.	11:49	R	362	5	Napajedla	110
14.	12:02	MUV 77	-	-	Napajedla	57
15.	12:18	EC	380	6	Napajedla	114
16.	12:24	Os	362	3	Napajedla	101
17.	12:43	Os	163	3	Otrokovice	110
18.	12:50	nákladní vlak	363	25	Napajedla	60
19.	13:16	Os	362	3	Napajedla	115
20.	13:20	nákladní vlak	Siemens	31	Napajedla	79 - 50

Tab. 5. 2 Záznam vlaků – Napajedla

Podmínky měření								
Datum	Hodina	Počasí	Teplota vzduchu	Teplota kolejnice [°C]		Vlhkost [%]	Atm. tlak [hPa]	Vítr (max) [m/s]
			[°C]	Vnitřní	Vnější			
16.7.2013	9:47	Jasno	22	15	19	50	1021	0,0
	10:47	Polojasno	30	19	21	27	1017	0,7
	11:47	Polojasno	30	29	31	34	1020	0,0
	12:47	Polojasno	31	15	16	23	1021	2,0
	13:47	Polojasno	34	46	47	20	1020	2,5

Tab. 5. 3 Podmínky měření – Hranice na Moravě

Podmínky měření								
Datum	Hodina	Počasí	Teplota vzduchu	Teplota kolejnice [°C]		Vlhkost [%]	Atm. tlak [hPa]	Vítr (max) [m/s]
			[°C]	Vnitřní	Vnější			
17.7.2013	8:30	Jasno	23	33	34	49	1031	0,8
	9:30	Jasno	26	42	45	43	1031	0,8
	10:30	Jasno	29	51	53	33	1030	1,4
	11:30	Jasno	31	49	49	25	1030	1,8
	12:30	Jasno	39	57	55	20	1026	0,0
	13:30	Jasno	39	50	49	20	1027	1,0

Tab. 5. 4 Podmínky měření – Napajedla

6. VYHODNOCENÍ

Vyhodnocení, které jsem zpracoval v rámci této diplomové práce je ve dvou rovinách, časové a frekvenční. Vyhodnocoval jsem jak vibrace, tak posuny. Pro to aby bylo možné výsledky vyhodnotit, bylo potřeba stanovit postup, na jehož základě bylo možné vybírat srovnatelné vlakové soupravy. Určil jsem tato kritéria:

- rychlost vlakové soupravy
- počet vozů/náprav
- typ hnacího vozidla
- přebytek/nedostatek převýšení

Srovnání vlaků obou měřených úseků									
Dvojice	Pořadí vlaků	Čas	Druh vlaku	Typ lokomotivy	Počet vozů	Úsek	Rychlost [km/h]	D _{eq} [mm]	I/E [mm]
1	10.	11:22	Os	163	3	Hranice na Moravě	104	181,29	I= 68,29
	19.	12:24	Os	362	3	Napajedla	115	205,07	I= 72,07
2	21.	13:28	Os	163	3	Hranice na Moravě	101	170,98	I= 57,98
	17.	12:43	Os	163	3	Napajedla	110	202,81	I= 89,81
3	7.	10:47	Ex	151	7	Hranice na Moravě	103	177,82	I= 64,82
	5.	9:20	R	150	5	Napajedla	108	195,50	I= 82,50
4	9.	11:17	R	362	6	Hranice na Moravě	107	191,90	I= 78,90
	11.	11:20	R	150	5	Napajedla	108	195,50	I= 82,50
5	16.	12:29	IC RegioJet	362	5	Hranice na Moravě	107	191,90	I= 78,90
	7.	9:54	R	362	5	Napajedla	100	167,61	I= 54,61
6	17.	12:37	Ex	151	6	Hranice na Moravě	114	217,83	I= 104,83
	1.	8:39	R	150	5	Napajedla	116	225,54	I= 112,54
7	20.	13:17	R	362	6	Hranice na Moravě	110	202,81	I= 89,81
	13.	11:49	R	362	5	Napajedla	110	202,81	I= 89,81
8	11.	11:30	EC	380	6	Hranice na Moravě	112	210,25	I= 97,25
	15.	12:18	EC	380	6	Napajedla	114	217,83	I= 104,83
9	3.	10:20	nákladní vlak	363	24	Hranice na Moravě	40 - 45	30,99	E= 82,01
	18.	12:50	nákladní vlak	363	25	Napajedla	60	60,34	E= 52,66
10	4.	10:23	nákladní vlak	363	34	Hranice na Moravě	56	52,56	E= 60,44
	10.	10:56	nákladní vlak	363	32	Napajedla	58	56,39	E= 56,61
11	13.	12:10	nákladní vlak	363	25	Hranice na Moravě	86	123,97	I= 10,97
	2.	8:51	nákladní vlak	363	25	Napajedla	83	115,47	I= 2,47
12	14.	12:15	nákladní vlak	363	21	Hranice na Moravě	60 - 50	70,82	E= 42,18
	12.	11:26	nákladní vlak	363	18	Napajedla	65	70,82	E= 42,18
13	24.	13:58	nákladní vlak	3x 742	22	Hranice na Moravě	50 - 28	33,94	E= 79,06
	9.	10:50	nákladní vlak	189, 742, 742	27	Napajedla	46	35,47	E= 77,53

Tab. 6. 1 Srovnatelné vlakové soupravy

Jak je vidět v tabulce (Tab. 6. 1), kde jsou vždy pod sebe umístěny nejdříve vlak z měření v Hranicích na Moravě a pod ním srovnatelný vlak z měření v Napajedlech z předchozích tabulek záznamů (Tab. 5. 1, Tab. 5. 2). Vlaky jsou seřazeny podle typu, ne podle času průjezdu. Od osobních vlaků přes rychlíky a vlaky se značením IC a EC po nákladní vlaky. Poslední jmenované jsou pro

srovnání nejhorsí, jelikož jsou to vlaky s proměnným počtem vozů a hlavně proměnnou zátěží, která je navíc po vlaku náhodně rozložena. Lokomotivy jsem se rozhodl srovnat i přesto, že se některé neshodují. Jeden případ je, kdy lokomotiva typu 151 je modernizovaným typem 150. Další případy jsou sice jiné lokomotivy ale jejich hmotnost je podobná a počet náprav se neliší. Každou srovnatelnou dvojici jsem označil pořadovým číslem. Je velice těžké splnit všechny podmínky. Je tedy vidět, že v praxi je opravdu složité zajistit charakteristiky proudu kolejových vozidel, aby se daly srovnat naprosto totožné soupravy.

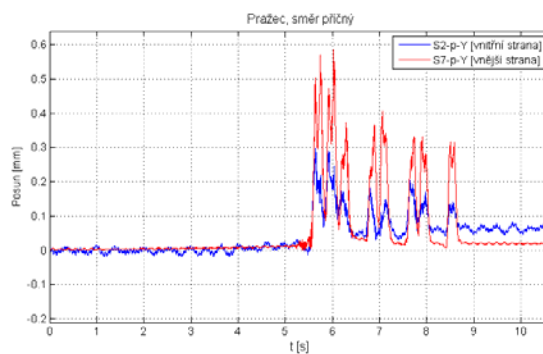
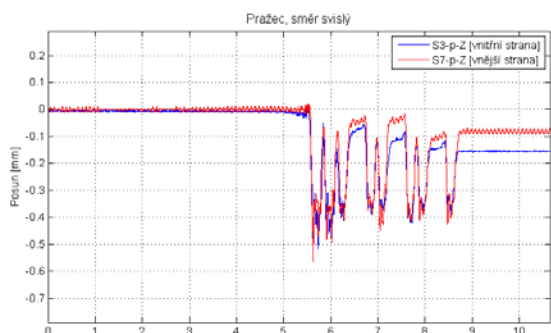
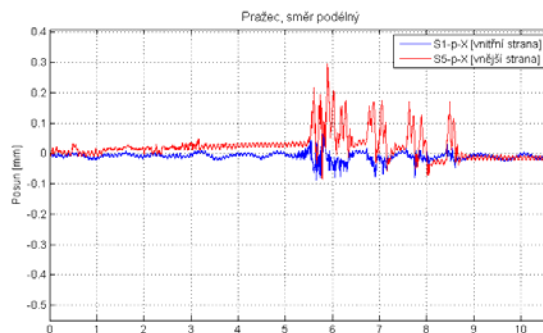
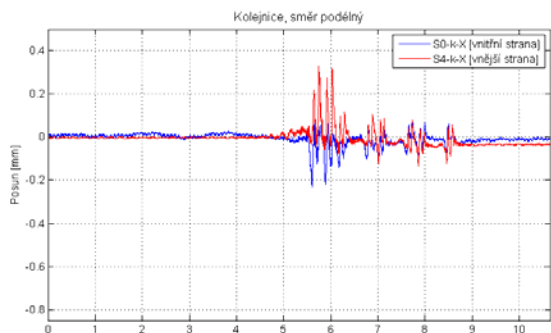
6.1 VYHODNOCENÍ POSUNŮ V ČASOVÉ OBLASTI

Posuny byly vyhodnocovány pouze v časové oblasti a statisticky v podobě minim a maxim hodnot posunů. Vždy jsem porovnal srovnatelnou dvojici, z důvodu velké rozdílnosti zkoumaných souprav porovnávám každou dvojici zvlášť. Pro každou dvojici jsem hodnoty vložil do tabulky pro větší přehlednost. Na konci kapitoly bude uvedena kompletní tabulka, která srovná veškerá maxima a minima (Tab. 6. 11). Tabulka všech měřených vlaků a jejich extrémních hodnot bude potom součástí přílohy (PŘÍLOHA B – POSUNY – EXTRÉMNÍ HODNOTY).

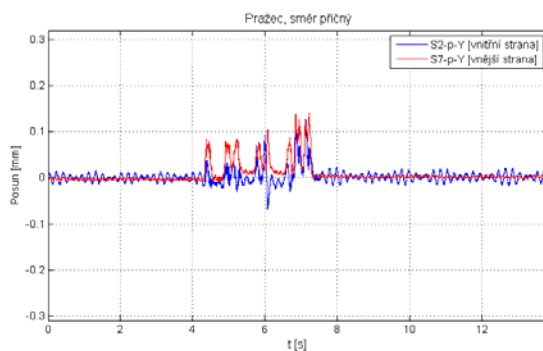
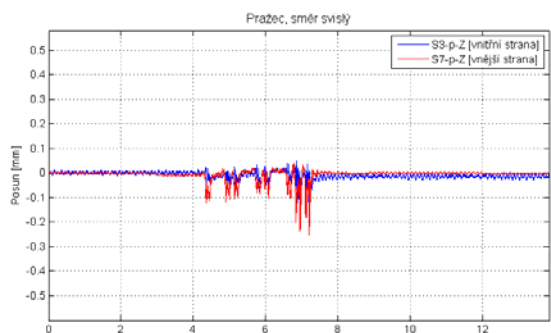
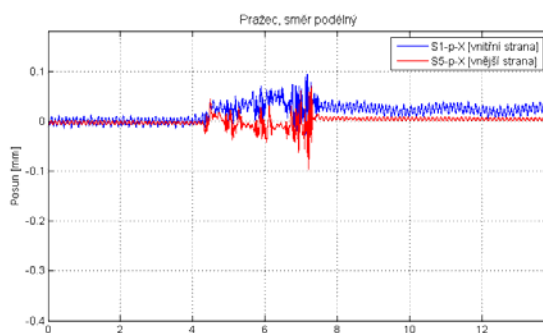
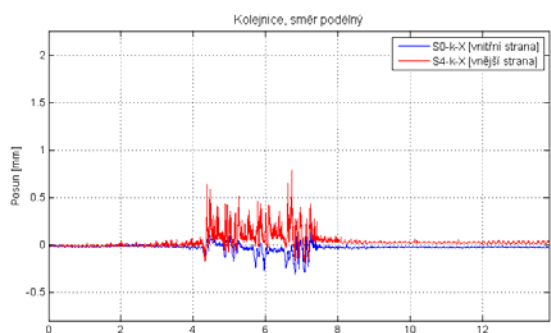
Pro každý vlak byly také sestaveny grafy, které budu demonstrovat na první dvojici (Graf 6. 1, Graf 6. 2). Tyto grafy názorně vykreslují vývoj posunů pod projíždějícími vlaky. Grafy jsou sestaveny do čtveřic. Horní dva grafy se zaměřují shodně na podélný směr posunů vzhledem k ose koleje, kde levý zobrazuje chování na kolejnici, kdežto pravý chování na pražci. Spodní dvojice grafů potom sleduje zbylé chování pražce. Levý se zaobírá směrem svislým a pravý směrem příčným. V grafech jsou barevně odlišeny strany kolejového roštu. Modře je vyznačena vnitřní nepřevýšená strana a červeně pak strana převýšená. Ostatní grafy posunů jsou součástí přílohy (PŘÍLOHA D – POSUNY – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ OBLASTI).

Na grafech je patrné, kde se nacházelo hnací vozidlo. V této oblasti jsou viditelné větší hodnoty posunů.

Další část této kapitoly bude věnována podrobnému srovnání dvojic vlaků. Budou v ní porovnány posuny na jednotlivých konstrukcích jak mezi konstrukcemi, tak i v rámci konstrukce. Bude v ní také prověřen vztah podélných posunů kolejnice a pražce.



Graf 6. 1 Časový průběh posunů – Hranice na Moravě; vlak č. 10



Graf 6. 2 Časový průběh posunů – Napajedla; vlak č. 19

6.1.1 Posuny od průjezdu osobních vlaků

Dvojice č. 1

První pár pro srovnání je pár osobních vlaků. Typ lokomotivy je různý, ale díky své podobné hmotnosti je vhodný ke srovnání. Počet vozů je shodný a to 3 vozy. Vlaky v měřeném úseku dosahovali podobné rychlosti. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 1; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	10	Os; 104	-0,2	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,6
Napajedla	19	Os; 115	-0,3	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,3
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 1; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	10	Os; 104	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,3	0,6	0,0
Napajedla	19	Os; 115	0,2	0,1	0,1	0,0	0,8	0,1	0,1	0,0

Tab. 6. 2 Maxima a minima posunů pro pár č. 1

V tabulce (Tab. 6. 2) je přehledně zobrazeno, jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 1. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější o polovinu)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně; pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnější straně (rámec setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin); pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budou věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní trojnásobně, vnější čtyřnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní pětinasobně, vnější dvojnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

V oblouku vzniká vlivem jiného přenosu sil na kolejnici mírné pootočení pražce a kolejnice okolo osy pražce, procházející vertikálně jeho středem (dále rotace), kdy ve stejném čase je na vnitřní straně oblouku jak pražec tak logicky i kolejnice posouvána proti směru jízdy vlaku a ve vnějším oblouku jsou posouvány opačně ve směru jízdy. Jelikož je tento jev dobře pozorovatelný pod hnacím vozidlem, kde také vznikají extrémní posuny, budu ho podle těchto maxim a minim také srovnávat. Provedu srovnání samotných kolejnic a samotného pražce a také provedu srovnání v rámci jednoho upevnění, kde budu usuzovat na držebnost upevnění.

Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Pandrol FCI (dvojnásobně)

Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (čtyřnásobně)

Z tohoto srovnání vyplývá, že upevnění Vossloh W14 zajišťuje pevnější a tužší uzel upevnění. Posun kolejnice a posun pražce je podobný. U upevnění Pandrol FCI kolejnice viditelně prokluzuje v uzlu upevnění a na vnější straně je vlakem odtlačována ve směru jízdy.

Dvojice č. 2

Druhý pár pro srovnání je pár osobních vlaků. Typ lokomotivy je shodný a to typ 163, počet vozů je shodný a to 3 vozy. Vlaky v měřeném úseku dosahovaly podobné rychlosti. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

V tabulce (Tab. 6. 3) je přehledně zobrazeno, jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 2. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 2; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	21	Os; 101	-0,2	-0,1	0,0	-0,4	-0,1	-0,1	0,0	-0,5
Napajedla	17	Os; 110	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,2
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 2; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	21	Os; 101	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,2	0,5	0,1
Napajedla	17	Os; 110	0,3	0,0	0,1	0,1	1,0	0,0	0,2	0,0

Tab. 6. 3 Maxima a minima posunů pro pár č. 2

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější čtyřnásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budou věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (dvou a půlnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní pětinasobně, vnější dvou a půlnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

Rotace

Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Pandrol FCI (dvojnásobně)

Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (v rámci setin)

Stejně jako u prvního srovnávaného páru vychází podobné vlastnosti při rotaci.

Při průjezdu osobního vlaku tedy mohou očekávat větší namáhání konstrukce železničního svršku ve vztahu kolejnice – pražec (tedy namáhání upevnění) pro upevnění Pandrol FCI. Na styku pražce a kolejového lože je tento rozdíl už zanedbatelný. Upevnění Pandrol FCI tedy zajišťuje větší vůli v uzlu upevnění a tak dobře plní funkci jeho zpružnění, roznosu sil na více pražců a jejich následnému menšímu namáhání.

6.1.2 Posuny od průjezdu rychlíků, expresů a vlaků IC, EC

Tuto skupinu jsem sestavil na základě podobného počtu vozů, podobného nebo shodného typu lokomotivy a podobné rychlosti, popřípadě hodnoty nedostatku převýšení.

Dvojice č. 3

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil Expres s lokomotivou typu 151, sedmi vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 150, což je předchůdce lokomotivy 151 a pěti vozy. Vlaky měly srovnatelnou rychlost a parametry a tak se hodí ke srovnání. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 3; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	7	Ex; 103	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	0,0	0,0	0,0	-0,4
Napajedla	5	R; 108	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,5	-0,2	0,0	-0,3
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 3; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	7	Ex; 103	0,0	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	0,5	0,2
Napajedla	5	R; 108	0,4	0,0	0,1	0,0	1,1	0,1	0,2	0,0

Tab. 6. 4 Maxima a minima posunů pro pár č. 3

V tabulce (Tab. 6. 4) je přehledně zobrazeno jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 3. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 jsou větší hodnoty na vnitřní straně (pětinásobně); pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnější straně (patnáctinásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvacetinásobně, vnější trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin); pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnější straně (dvacetinásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější pětinásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budu věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvojnásobně, vnější trojnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní trojnásobně, vnější dvojnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

Rotace

Ze srovnání grafů je patrné, že zatímco u upevnění Vossloh W14 dochází u rychlíku k podobné rotaci jako u osobních vlaků srovnávaných výše, kdy kolejnice a pražec v převýšení se posouvají výrazně dopředu a nepřevýšené výrazně dozadu (str. 43, 44), u upevnění Pandrol FCI se obě kolejnice a pražec

posouvají společně buďto dopředu nebo dozadu. Na převýšené straně je potom posun menší, takže vzniká rotace, ale není opačného smyslu.

Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (jeden a půl násobně)

Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (trojnásobně)

Větší rotaci tedy lze pozorovat na upevnění Vossloh W14. U osobních vlaků jednotlivé rotace ukazovali na tuhost uzlu upevnění. Při posuzování rychlíků ovšem, v případě kdy upevnění Pandrol FCI vyvozuje v porovnání s upevněním Vossloh W14 minimální rotaci, nemůžeme už lehce tvrdit, že jedno upevnění je tužší než druhé. Upevnění Vossloh W14 vykazuje stejné vlastnosti jako při průjezdu osobního vlaku. Pandrol FCI vykazuje při průjezdu rychlíku, jakožto soupravy s větším počtem vagonů s větším zatížením, větší tuhost v uzlu upevnění, menší prokluz kolejnice v uzlu a celkově menší rotaci pražce.

Dvojice č. 4

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil rychlík s lokomotivou typu 362, šesti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 150, která má podobnou nápravovou hmotnost jako lokomotiva 362 a pěti vozy. Vlaky měli srovnatelnou rychlost a parametry a tak se hodí ke srovnání. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 4; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	9	R; 107	-0,2	-0,1	0,0	-0,5	-0,2	-0,1	0,0	-0,5
Napajedla	11	R; 108	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,2
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 4; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	9	R; 107	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,6	0,1
Napajedla	11	R; 108	0,5	0,0	0,1	0,1	1,6	0,1	0,2	0,0

Tab. 6. 5 Maxima a minima posunů pro pár č. 4

V tabulce (Tab. 6. 5) je přehledně zobrazeno, jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 4. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – na vnitřní straně shodné hodnoty pro obě upevnění; pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (čtyřnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější dvou a půlnásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budu věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní trojnásobně, vnější čtyřnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní devítinásobně, vnější dvou a půlnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

Rotace

Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (dvojnásobně)

Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (dvojnásobně)

Dvojice č. 5

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil IC Regiojet s lokomotivou typu 362, pěti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 362 a pěti vozy. Tyto vlaky byly v podstatě totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měli i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 5; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	16	IC; 107	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,1	0,0	0,0	-0,6
Napajedla	7	R; 100	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,3
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 5; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	16	IC; 107	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,5	0,1
Napajedla	7	R; 100	0,2	0,1	0,1	0,0	1,1	0,1	0,2	0,1

Tab. 6. 6 Maxima a minima posunů pro pár č. 5

V tabulce (Tab. 6. 6) je přehledně zobrazeno, jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 5. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší na vnitřní straně (v rámci setin) a nižší na vnější straně (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin) a vyšší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budou věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (čtyřnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní čtyřnásobně, vnější dvojnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin (vyšší hodnoty jsou způsobeny rušením)

Rotace

- Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Pandrol FCI (v rámci setin)
- Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (v rámci setin)

Dvojice č. 6

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil Expres s lokomotivou typu 151, šesti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 150 a pěti vozy. Tyto vlaky byly v podstatě totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měli i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 6; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	17	Ex; 114	-0,4	-0,2	-0,1	-0,3	0,0	-0,1	0,0	-0,4
Napajedla	1	R; 116	-0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,3
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 6; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	17	Ex; 114	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	0,3	0,6	0,1
Napajedla	1	R; 116	0,3	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,2	0,0

Tab. 6. 7 Maxima a minima posunů pro pár č. 6

V tabulce (Tab. 6. 7) je přehledně zobrazeno, jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 6. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně), nižší na vnější (desetinásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní desetinásobně, vnější o třetinu)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin) a vyšší na vnější straně (osminásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budu věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější čtyřnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvojnásobně, vnější o čtvrtinu)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

Rotace

- Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (dvojnásobně)
- Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (v rámci setin)

Dvojice č. 7

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil rychlík s lokomotivou typu 362, šesti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 362 a pěti vozy. Tyto vlaky byly v podstatě

totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měli i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 7; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	20	R; 110	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,6
Napajedla	13	R; 110	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,3
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 7; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	20	R; 110	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,6	0,0
Napajedla	13	R; 110	0,3	0,1	0,1	0,0	2,2	0,1	0,2	0,0

Tab. 6. 8 Maxima a minima posunů pro pár č. 7

V tabulce (Tab. 6. 8) je přehledně zobrazeno jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 7. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin), nižší na vnější (dvou a půlnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní čtyřnásobně, vnější pětinašobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší na hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budou věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (trojnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní šestinašobně, vnější dvojnásobně)

- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

Rotace

- Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (o čtvrtinu)
- Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (čtyřnásobně)

Dvojice č. 8

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil vlak EC s lokomotivou typu 380, šesti vozy a vlak EC tažený lokomotivou typu 380 a šesti vozy. Tyto vlaky byly totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měli i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1).

Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 8; minimální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	11	EC; 112	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,5
Napajedla	15	EC; 114	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,2
Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů pár č. 8; maximální posuny [mm]							
			S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
Hranice na Moravě	11	EC; 112	0,1	0,0	0,3	0,0	0,4	0,2	0,6	0,0
Napajedla	15	EC; 114	0,2	0,1	0,1	0,1	1,1	0,1	0,2	0,0

Tab. 6. 9 Maxima a minima posunů pro pár č. 8

V tabulce (Tab. 6. 9) je přehledně zobrazeno, jakých extrémů dosahují posuny pro pár vlaků č. 8. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvojnásobně, vnější dvou a půlnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – minima splňují očekávané chování v oblouku a jsou minimální v řádu setin, které jsou nejspíše způsobeny mírnou rotací pražce, které se budu věnovat dále
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvou a půlnásobně, vnější trojnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní trojnásobně, vnější dvojnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

Rotace

- Kolejnice – na kolejnici vzniká větší rotace na upevnění Pandrol FCI (v rámci setin)
- Pražec – na pražci vzniká větší rotace na upevnění Vossloh W14 (dvojnásobně)

6.1.3 Posun od průjezdu nákladních vlaků

Při průjezdu nákladních vlaků není možné najít dvě úplně shodující se soupravy. Nákladní vlaky jsou naložené různou zátěží, mají různé lokomotivy, v některých případech i skupiny lokomotiv. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Rozhodl jsem se proto najít pouze extrémní hodnoty, které vyvodili alespoň relativně srovnatelné vlaky. Srovnatelné ve smyslu hnacích vozidel, počtu vagonů, typu nákladu a opět rychlosti a v případě nákladních vlaků přebytků převýšení. Vypracoval jsem tedy tabulku (Tab. 6. 10) pro páry nákladních vlaků 9 – 13, kde jsem uvedl celková minima a maxima, která posoudím. Značení snímačů je vysvětleno v tabulce rozmístění a značení snímačů posunu (Tab. 4. 3, str. 28).

Pár	Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů; minimální posuny [mm]							
				S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
9	Hranice na Moravě	3	Na; 43	-0,4	-0,1	-0,1	-0,5	-0,2	-0,2	0,0	-0,5
	Napajedla	18	Na; 60	-0,4	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,2
10	Hranice na Moravě	4	Na; 56	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,1	-0,4
	Napajedla	10	Na; 58	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,2
11	Hranice na Moravě	13	Na; 86	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,2	-0,2	0,0	-0,4
	Napajedla	2	Na; 83	-0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,2	0,0	-0,3
12	Hranice na Moravě	14	Na; 65	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	-0,5
	Napajedla	12	Na; 65	-0,5	-0,1	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,2
13	Hranice na Moravě	24	Na; 45	-0,5	-0,1	0,0	-0,5	-0,2	-0,3	0,0	-0,5
	Napajedla	9	Na; 46	-0,8	-0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,1	0,0	-0,2
Minimum	Hranice na Moravě	Vossloh W14		-0,5	-0,1	-0,1	-0,5	-0,2	-0,3	-0,1	-0,5
	Napajedla	Pandrol FCI		-0,8	-0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,2	0,0	-0,3
Pár	Úsek	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Srovnání posunů; maximální posuny [mm]							
				S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
9	Hranice na Moravě	3	Na; 43	0,2	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,4	0,0
	Napajedla	18	Na; 60	0,5	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,0
10	Hranice na Moravě	4	Na; 56	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1
	Napajedla	10	Na; 58	0,3	0,1	0,2	0,0	0,6	0,1	0,2	0,0
11	Hranice na Moravě	13	Na; 86	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,5	0,1
	Napajedla	2	Na; 83	0,3	0,1	0,2	0,0	0,7	0,0	0,2	0,0
12	Hranice na Moravě	14	Na; 65	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1
	Napajedla	12	Na; 65	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1
13	Hranice na Moravě	24	Na; 45	0,3	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0
	Napajedla	9	Na; 46	0,3	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,2	0,0
Maximum	Hranice na Moravě	Vossloh W14		0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,3	0,5	0,1
	Napajedla	Pandrol FCI		0,5	0,1	0,3	0,1	0,7	0,2	0,2	0,1

Tab. 6. 10 Maxima a minima posunů pro nákladní vlaky

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvojnásobně, vnější trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší na hodnoty na obou stranách (v rámci setin)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (v rámci setin) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (v setinách); také platí předpoklad, že vnější kolej bude vytlačována směrem z oblouku
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní v rámci setin, vnější dvou a půlnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní trojnásobně, vnější dvojnásobně)
- maxima – maxima splňují očekávání, na pražci vzniká mírná zdvihová vlna opět v řádu setin

6.2 SROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA POSUNŮ V ČASOVÉ OBLASTI

Snímače posunu byly umístěny na pražci v podélném, příčném a svislém směru. Pro srovnání s chováním kolejnice byl jeden umístěn také na ni a to v podélném směru. Podélný směr je směr rovnoběžný se směrem osy koleje. Doplněním těchto měření je hodnocení konstrukce v místě pražce způsobená průjezdem vozidla. V hodnocení také zohledním, jaký typ vozidel byl zdrojem posunů.

Srovnání maxim a minim jsem provedl v přehledné tabulce (Tab. 6. 11), která ukazuje, kdy byly posuny v daném směru na dané části konstrukce, větší pro upevnění Vossloh W14 nebo Pandrol FCI. V případě, kdy byla extrémní hodnota (maximum nebo minimum) posunu výrazně vyšší pro některé upevnění, je u daného upevnění uvedeno číslo měřené dvojice černě. Když jsou posuny srovnatelné na řádu setin milimetrů, tedy prakticky shodné, je uvedeno **červené** číslo srovnávaného páru.

		max						min										
		Vossloh			Pandrol			Vossloh			Pandrol							
		vnitřní	vnější		vnitřní	vnější		vnitřní	vnější		vnitřní	vnější						
posun kolejnice	podélný	1			1	4	7	1	4	7	1	4	7	1	4	7		
			5		5			2	5	8	2		8	2	5	8		
								3	6	9	3	6	9	3	6	9		
posun pražce	podélný		7	1	7	1	4	7		4	1	4	7	1	4	7		
		2	5	8	2		8	2	5	8		5	2	5	8	2	5	8
		3	6	9	3	6	9	3	6	9			3	6	9	3	6	9
	příčný	1	4	7	1	4	7											
		2	5	8	2	5	8											
		3	6	9	3	6	9		6	9								
	svislý										1	4	7	1	4	7		
											2	5	8	2	5	8		
											3	6	9	3	6	9		

Tab. 6. 11 Srovnání posunů na konstrukci

Podélný posun kolejnice do maximálních hodnot je výraznější pro upevnění Pandrol FCI, čísla srovnávaných dvojic jsou tedy napsána černě pod tímto upevněním. Na vnější straně oblouku pro všechny typy vlaků, s výjimkou 5. dvojice, dovoluje upevnění Pandrol FCI větší výchylku olejnice. Na vnitřní straně pak pouze u 1. a 5. páru dovoluje stejný posun jako upevnění Vossloh W14. Podélný posun kolejnice do minimálních hodnot je pro obě upevnění srovnatelný. Výjimku tvoří průjezd nákladních vlaků, kde je větší výchylka opět na upevnění Pandrol FCI. Můžeme tedy tvrdit, že upevnění Pandrol

FCI dovoluje kolejnici v podélném směru větší posunutí a to jak do maximálních, tak do minimálních hodnot než upevnění Vossloh W14.

Podélný posun na pražci do maximálních hodnot na vnější straně oblouku je výraznější pro upevnění Vossloh W14. V ostatních případech je posun podobných hodnot, proto jsou uvedeny **červeně**. Konstrukci s upevněním Vossloh je tedy tužší v uzlu upevnění a tak je přenos podélných sil projeven posunem pražce v podélném směru. Tento výsledek je platný pro všechny skupiny projíždějících vlakových souprav.

Příčný posun pražce se de facto projevoval pouze posunem do maximálních hodnot. Z definované znaménkové konvence vím, že je to přirozeně pohyb směrem z oblouku. Tento výsledek je důsledkem odstředivého pohybu vlakové soupravy po obloukové dráze. Vyšších hodnot opět dosahovala konstrukce s použitím upevnění Vossloh W14 a je tak více náchylná na průjezd vozidla obloukem. Opět je to výsledek platný pro všechny typy vozidel.

Svislý posun pražce posuzuji pouze z hlediska zatlačení, tedy minim. V případě nadzdvížení, tedy maxim, se odehrává pouze malé nadzvednutí v řádech setin milimetru, které reprezentuje zdvihovou vlnu. V rámci zjištěných údajů o trati, například také z měřícího vozu, je z provedeného měření patrné, že vyšších hodnot zatlačení dosahuje konstrukce s upevněním Vossloh W14 pro všechny typy zátěže. Konstrukce s tímto upevněním se tedy stává více náchylnou na zatlačení.

Konstrukce s upevněním Pandrol FCI vykazuje větší posuny pouze na kolejnici, z toho vyplývá, že upevnění Pandrol FCI je pružnější a samotné upevnění umožňuje větší pohyb kolejnice v upevnění. Upevnění Vossloh W14 naopak vykazuje větší posuny na pražci ve všech zkoumaných směrech a zdá se tak být tužší. Přenáší tak hodně zatížení z kolejnice do pražce a tak způsobuje jeho větší výchylky. Může to být způsobeno tím, že sečná tuhost podložky pod patu kolejnice pro upevnění Vossloh W14 se pohybuje v rozmezí 55-75 kN/mm oproti 40-55kN/mm u upevnění Pandrol FCI, která tak způsobuje větší tuhost upevnění Vossloh W14 a tak větší přenos zatížení do pražce, což vyvoluje větší posun.

Pro doplňkové měření rotace pražce jsem opět sestavil tabulku (Tab. 6. 12), která podobně jako předchozí tabulka zobrazuje míru rotace ve srovnání dvou typů upevnění. Barevně je odlišeno, která dvojice vlaků, na kterém upevnění

vyvodila rotaci. Pokud rotace byla větší, je číslo dvojice zapsáno černě, pokud byla rotace srovnatelná, je číslo dvojice napsáno **červeně**.

		Vossloh			Pandrol		
rotace	kolejnice		4	7	1		
			5	8	2	5	8
		3	6	⊗			⊗
	pražec	1	4	7			
		2	5	8	2	5	
		3	6	⊗			6 ⊗

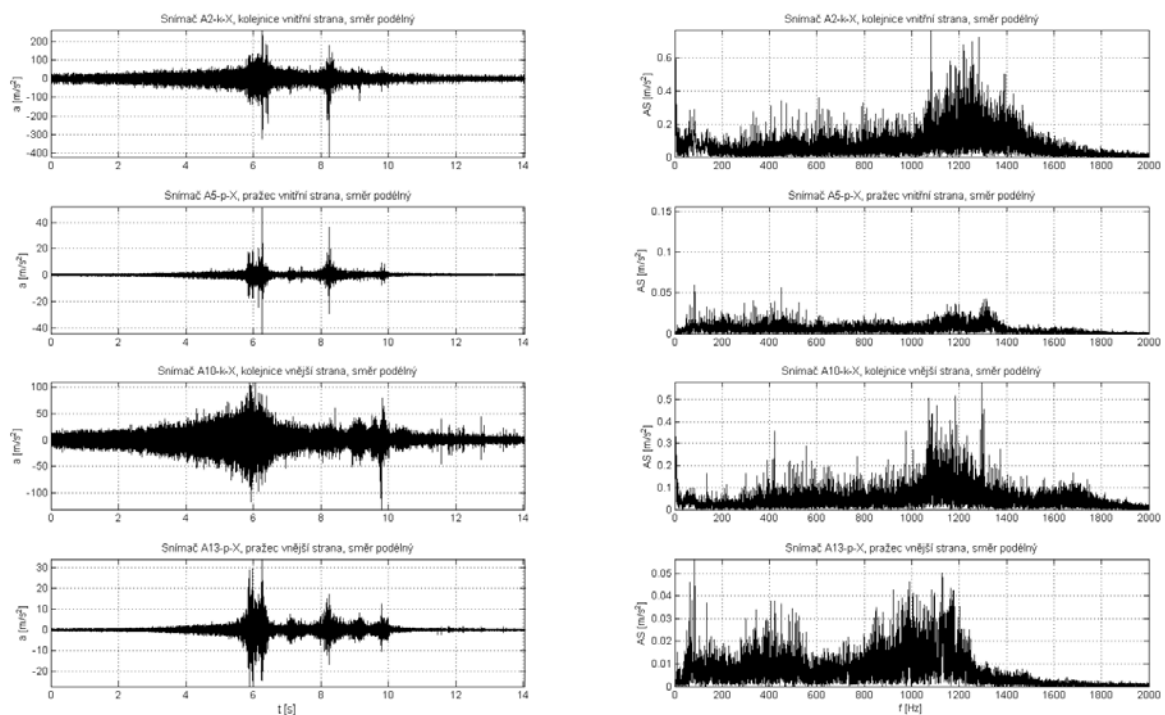
Tab. 6. 12 Srovnání rotace na konstrukci

Z tabulky vyplývá, že pod osobními vlaky umožňuje upevnění Pandrol FCI koleji větší rotaci v uzlech upevnění, což je dáno zejména zátěží, která tuto rotaci umožní. V ostatních případech už se to na kolejnici tolik neprojevuje. Na pražci se opět opakuje to, co je známo z celkových posunů. Je to větší tuhost upevnění Vossloh W 14 a tak větší přenos rotace do pražce.

Obecně je ale nutné říct, že výchyly v rámci měření jsou maximálně v řádech desetin milimetru a tak je celková stabilita roštu pro oba dva typy konstrukce dostačující a lze je bez problému doporučit do konstrukce v oblouku. Upevnění Pandrol FCI má ale nespornou výhodu v lepším utlumení posunů už v rámci uzlu upevnění, je tak šetrnější ke konstrukci kolejového lože.

6.3 VYHODNOCENÍ VIBRACÍ

Stejně jako posuny, také vibrace byly porovnávány ve třech směrech a to podélném se směrem osy koleje, příčném a svislém. Čidla byla umístěna na kolejnici a pražec. Pro srovnání zrychlení vibrací, byly vybrány stejné vlakové soupravy jako pro srovnání posunů (Tab. 6. 1). Při vyhodnocení bude kladen důraz také na provázanost vibrací a posunů. Vyhodnocení vibrací probíhalo ve dvou rovinách a to časové, stejně jako posuny, a frekvenční. Pro oba druhy srovnání byly vytvořeny skupiny grafů znázorňující průběh rozvoje vibrací. V levé části jsou to vibrace právě v časové a v pravé části ve frekvenční rovině. Na ukázce je srovnání vibrací na pražci a kolejnici v podélném směru (Graf 6. 3), podobně je provedeno srovnání pro ostatní směry. Celkově pro jedno měření byly vytvořeny tři osmice grafů. Veškeré grafy jsou součástí přílohy (PŘÍLOHA E – VIBRACE – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ A FREKVENČNÍ OBLASTI).



Graf 6. 3 Průběh vibrací v časové (vlevo) a frekvenční (vpravo) rovině

V časové rovině probíhalo vyhodnocení v podobě statistického zjišťování maxim a minim, ale také hodnot RMS. RMS z angličtiny Root Mean Square (dále pouze RMS) je statistická veličina reprezentující efektivní hodnotu naměřeného děje. Je to konstantní hodnota, která nahrazuje jeho časový průběh.

Ve frekvenční rovině byl vyhodnocován rozvoj vibrací na klíčových frekvencích pro danou část konstrukce. Pro tyto potřeby bylo, pomocí metody založené na Fourierově transformaci, potřeba převést naměřený signál do frekvenčního zobrazení.

6.4 VYHODNOCENÍ VIBRACÍ V ČASOVÉ ROVINĚ

Vyhodnocení v časové rovině bylo, jak jsem zmínil výše, vyhodnocováno v podobě statistických veličin maxim, minim a RMS. Pro tyto potřeby byla opět sestavena tabulka reprezentující tyto hodnoty. Tabulka všech měřených vlaků a jejich extrémních hodnot bude potom součástí přílohy (PŘÍLOHA C – VIBRACE – EXTRÉMNÍ HODNOTY A RMS). Grafy vyhodnocení v časové rovině jsou k dispozici v příloze (PŘÍLOHA E – VIBRACE – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ A FREKVENČNÍ OBLASTI). Pro dvojice porovnatelných vlakových souprav byla provedena podrobná srovnání. Pro nákladní vlaky byly pak hledány extrémní hodnoty, kvůli značné nesourodosti těchto souprav a nemožnosti průměrování jejich výsledků.

Hodnoty RMS, tedy efektivních hodnot, kterými popisujeme celkový děj pomocí jedné hodnoty energie, získáme ze vztahu:

$$a_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt},$$

Rov. 6. 1

kde T je perioda a $x(t)$ je signál v časové rovině. Tabulky uváděné u každé srovnávané dvojice jsou značeny na základě značení uvedeného v kapitole 4.2.1

Vibrace, konkrétně v tabulce Tab. 4. 2 Rozmístění a značení akcelerometrů. Tabulky jsou rozděleny na dvě části, v první části pro snímače A2-7, což jsou snímače na vnitřní nepřevýšené straně koleje (A2-4 na patě kolejnice, A5-7 na hlavě pražce) a A10-15 (A10-12 na kolejnici, A13-15 na hlavě pražce), což jsou snímače na vnější převýšené části koleje. Při vyhodnocení bylo popsáno, pro které upevnění byla nalezena větší nebo menší extrémy a RMS, popřípadě kolikrát byly extrémy a RMS větší nebo menší. Při hodnotách v rozmezí cca 10 m/s² byly naměřené hodnoty považovány za srovnatelné.

6.4.1 Vibrace od průjezdu osobních vlaků

Dvojice č. 1

První pár pro srovnání je pár osobních vlaků. Typ lokomotivy je různý, ale díky své podobné hmotnosti je vhodný ke srovnání. Počet vozů je shodný a to 3 vozy. Vlaky v měřeném úseku dosahovali podobné rychlosti. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 13).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 1; [m/s ²]																							
		A2		podélně		A3		příčně		A4		svisle		A5		podélně		A6		příčně		A7		svisle	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
10	Os; 104	-312	210	-607	560	-580	472	-28	26	-84	76	-92	125												
19	Os; 115	-195	136	-220	217	-459	405	-17	18	-23	30	-27	27												
		A10		podélně		A11		příčně		A12		svisle		A13		podélně		A14		příčně		A15		svisle	
10	Os; 104	-222	163	-371	373	-300	312	-35	34	-77	84	-82	59												
19	Os; 115	-387	340	-544	497	-913	973	-12	15	-25	25	-52	42												

Tab. 6. 13 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 1

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (o třetinu)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (trojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní čtyřnásobně, vnější trojnásobně)
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní dvojnásobně, vnější trojnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní čtyřnásobně, vnější o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na obou stranách (vnitřní pětinašobně, vnější o pětinu)

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 kdy na vnější straně až 900 ve svislém směru a příčném až 600. Na pražci v rámci desítek, ve svislém směru až 100.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 1; [m/s^2]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
10	Os; 104	18	33	32	2	4	5	14	30	23	2	5	4
19	Os; 115	15	21	38	1	2	2	39	47	68	1	2	4

Tab. 6. 14 RMS pro pár č. 1

Hodnoty RMS (Tab. 6. 14) jsou srovnatelné pro oba dva typy upevnění. Pouze pro upevnění Pandrol FCI se na kolejnici na vnější straně oblouku projevuje většími vibracemi (dvojnásobnými až trojnásobnými).

Na vnější straně koleje na snímačích kolejnice vznikají větší lokální extrémy pro upevnění Pandrol FCI. Na ostatních částech konstrukce jsou výraznější extrémy pro upevnění Vossloh. Hodnoty RMS nám ale ukazují na to, že vibrace jsou srovnatelné s výjimkou vnější kolejnice, kde dochází k většímu rozvoji vibrací.

Dvojice č. 2

Druhý pár pro srovnání je pár osobních vlaků. Typ lokomotivy je různý, ale díky své podobné hmotnosti je vhodný ke srovnání. Počet vozů je shodný a to 3 vozy. Vlaky v měřeném úseku dosahovali podobné rychlosti. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 15).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 2; [m/s ²]											
		A2		A3		A4		A5		A6		A7	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
21	Os; 101	-354	218	-655	573	-503	481	-23	25	-46	62	-61	60
17	Os; 110	-211	170	-363	300	-721	660	-20	21	-54	51	-52	54
		A10		A11		A12		A13		A14		A15	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
21	Os; 101	-149	120	-297	268	-241	229	-25	25	-61	66	-51	51
17	Os; 110	-467	450	-555	613	-1153	1338	-15	14	-45	45	-87	78

Tab. 6. 15 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 2

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (čtyřnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (čtyřnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (pětinásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a vyšší na vnější straně (o třetinu)
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o šestinu) a vyšší na vnější straně (o čtvrtinu)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o šestinu) a nižší na vnější straně (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o šestinu) a nižší na vnější straně (o třetinu)

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 kdy na vnější straně až 1300 ve svislém směru a příčném až 650. Na pražci v rámci desítek, ve svislém směru až 90.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 2; [m/s^2]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
21	Os; 101	17	31	27	1	3	4	13	29	23	2	4	3
17	Os; 110	21	33	66	2	3	3	49	54	87	1	3	5

Tab. 6. 16 RMS pro pár č. 2

Hodnoty RMS (Tab. 6. 16) jsou srovnatelné pro oba dva typy upevnění. Pouze pro upevnění Pandrol FCI se na kolejnici na vnitřní straně vyskytuje podobná anomálie na snímači A4 jako při srovnání extrémů. Vibrace tu dosahují daleko větších hodnot. Konstrukce s upevněním Pandrol FCI se na kolejnici na vnější straně oblouku projevuje většími vibracemi (trojnásobnými až pětinasobnými).

Celkově se tedy při průjezdu osobního vlaku chová kolejový rošt následovně. Na upevnění Pandrol FCI dochází k menšímu rozvoji vibrací na vnitřní části koleje a většímu na její vnější straně. Upevnění Vossloh FCI ovšem vykazuje lepší vlastnosti tlumení vibrací, protože na pražci již se neprojevují takovými extrémními hodnotami v porovnání s upevněním Vossloh W14. Tedy extrémní hodnoty na kolejnici jsou poměrně lépe tlumeny na upevnění Pandrol FCI. Při srovnání v rámci této práce byly ovšem naměřeny pouze dva srovnatelné vlaky. V budoucnu by bylo rozhodně na místě naměřit větší množství těchto jednotek, což by dodalo potřebná data pro lepší statistické vyhodnocení.

6.4.2 Vibrace od průjezdu rychlíků, expresů a vlaků IC, EC

Tato skupina byla sestavena stejně jako v případě srovnání posunů v časové oblasti na základě podobného počtu vozů, podobného nebo shodného typu lokomotivy a podobné rychlosti, popřípadě hodnoty nedostatku převýšení. Toto sestavení napomůže pro srovnání vibrací a posunů a jejich vzájemné provázanosti.

Dvojice č. 3

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil Expres s lokomotivou typu 151, sedmi vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 150, což je předchůdce lokomotivy 151 a pěti vozy. Vlaky měli srovnatelnou rychlost a parametry a tak se hodí ke srovnání. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 17).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 3; [m/s ²]																							
		A2		podélně		A3		příčně		A4		svisle		A5		podélně		A6		příčně		A7		svisle	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
7	Ex; 103	-67	73	-205	189	-192	197	-13	12	-44	43	-67	44												
5	R; 108	-311	304	-522	578	-1364	1298	-35	41	-67	84	-89	59												
		A10		podélně		A11		příčně		A12		svisle		A13		podélně		A14		příčně		A15		svisle	
7	Ex; 103	-70	137	-105	129	-186	99	-28	14	-29	44	-71	36												
5	R; 108	-760	770	-1017	817	-1109	1042	-20	17	-43	42	-75	83												

Tab. 6. 17 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 3

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (pětinásobně) a nižší na vnější straně (desetinásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (čtyřnásobně) a nižší na vnější straně (šestinásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (sedminásobně) a nižší na vnější straně (sedminásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (sedminásobně) a nižší na vnější straně (desetinásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a srovnatelné na vnější straně

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (o čtvrtinu)
- maxima - pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné na vnější straně

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a srovnatelné na vnější straně
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 200, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1300. Tyto maxima byla dosažena hlavně ve svislém a příčném směru. Na pražci v rámci desítek, ve svislém a příčném směru až 100.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 3; [m/s^2]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
7	Ex; 103	6	10	10	1	1	2	5	8	7	1	2	2
5	R; 108	40	58	127	3	5	5	88	82	108	2	5	6

Tab. 6. 18 RMS pro pár č. 3

Hodnoty RMS (Tab. 6. 18) jsou výrazně větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na toto ukazují i extrémní hodnoty. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci už jsou hodnoty RMS srovnatelné.

Dvojice č. 4

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil rychlík s lokomotivou typu 362, šesti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 150, která má podobnou nápravovou hmotnost jako lokomotiva 362 a pěti vozy. Vlaky měli srovnatelnou rychlost a parametry a tak se hodí ke srovnání. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 19).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 4; [m/s ²]																							
		A2		podélně		A3		příčně		A4		svisle		A5		podélně		A6		příčně		A7		svisle	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
9	R; 107	-323	320	-883	986	-818	642	-68	66	-145	132	-111	96												
11	R; 108	-371	400	-456	496	-1744	1321	-30	28	-43	50	-67	68												
		A10		podélně		A11		příčně		A12		svisle		A13		podélně		A14		příčně		A15		svisle	
9	R; 107	-234	225	-512	454	-500	500	-69	70	-140	145	-92	89												
11	R; 108	-624	713	-901	918	-1324	1448	-14	16	-46	53	-87	86												

Tab. 6. 19 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 4

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o šestinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (čtyřnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (čtyřnásobně)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné na vnější straně
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 1000 pro vnitřní kolejnici, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1800. Tyto maxima byla dosažena hlavně ve svislém a příčném směru. Na pražci v rámci desítek, ve svislém a příčném směru až 150.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 4; [m/s^2]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
9	R; 107	36	71	55	3	7	7	22	47	59	4	10	7
11	R; 108	41	58	126	3	5	5	66	78	121	2	5	6

Tab. 6. 20 RMS pro pár č. 4

Hodnoty RMS (Tab. 6. 20) jsou opět větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na toto ukazují i extrémní hodnoty. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci jsou opět hodnoty srovnatelné.

Dvojice č. 5

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil IC RegioJet s lokomotivou typu 362, pěti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 362 a pěti vozy. Tyto vlaky byly v podstatě totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měly i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 21).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 5; [m/s^2]																	
		A2	podélně		A3	příčně		A4	svisle		A5	podélně		A6	příčně		A7	svisle	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
16	IC RegioJet; 107	-421	260	-925	1005	-994	942	-44	52	-96	101	-145	110						
7	R; 100	-237	211	-370	386	-940	911	-23	25	-46	51	-49	50						
		A10	podélně		A11	příčně		A12	svisle		A13	podélně		A14	příčně		A15	svisle	
16	IC RegioJet; 107	-131	109	-371	347	-371	293	-27	34	-77	71	-67	71						
7	R; 100	-300	367	-228	1873	-1384	1885	-20	19	-57	51	-109	82						

Tab. 6. 21 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 5

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (pětinásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 srovnatelné hodnoty na vnitřní straně a nižší na vnější straně (čtyřnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 srovnatelné hodnoty na vnitřní straně a nižší na vnější straně (šestinásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné na vnější straně
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné na vnější straně

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 1000 pro vnitřní kolejnici, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1900. Tyto maxima byla dosažena hlavně ve svislém a příčném směru. Na pražci v rámci desítek, ve svislém a příčném směru až 110.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 5; [m/s^2]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
16	IC RegioJet; 107	17	32	30	1	4	5	11	31	22	2	4	3
7	R; 100	28	45	91	3	5	4	24	23	29	2	5	6

Tab. 6. 22 RMS pro pár č. 5

Hodnoty RMS (Tab. 6. 22) jsou opět větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci jsou opět hodnoty srovnatelné.

Dvojice č. 6

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil Expres s lokomotivou typu 151, šesti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 150 a pěti vozy. Tyto vlaky byly v podstatě totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měli i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 23).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 6; [m/s^2]											
		A2	podélně	A3	příčně	A4	svisle	A5	podélně	A6	příčně	A7	svisle
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
17	Ex; 114	-99	94	-279	250	-370	220	-14	15	-37	43	-60	42
1	R; 116	-654	685	-594	631	-1202	1312	-27	31	-55	57	-56	70
		A10	podélně	A11	příčně	A12	svisle	A13	podélně	A14	příčně	A15	svisle
17	Ex; 114	-50	56	-171	179	-274	214	-16	21	-30	41	-38	28
1	R; 116	-596	679	-685	573	-500	650	-24	25	-51	48	-72	92

Tab. 6. 23 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 6

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (šestinásobně) a nižší na vnější straně (desetinásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (šestinásobně) a nižší na vnější straně (desetinásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (šestinásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné na vnější straně

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima - pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (o pětinu) a srovnatelné na vnější straně

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 srovnatelné hodnoty na vnitřní straně a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 370 pro vnitřní kolejnici, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1300. Na pražci v rámci desítek, ve svislém směru až 100.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 6; [m/s ²]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
17	Ex; 114	10	15	13	1	2	2	6	12	9	1	2	2
1	R; 116	71	63	118	3	5	5	84	80	120	2	5	7

Tab. 6. 24 RMS pro pár č. 6

Hodnoty RMS (Tab. 6. 24) jsou opět větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na toto ukazují i extrémní hodnoty. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci jsou opět hodnoty srovnatelné.

Dvojice č. 7

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil rychlík s lokomotivou typu 362, šesti vozy a rychlík tažený lokomotivou typu 362 a pěti vozy. Tyto vlaky byly v podstatě totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měly i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 25).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 7; [m/s ²]																							
		A2		podélně		A3		příčně		A4		svisle		A5		podélně		A6		příčně		A7		svisle	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
20	R; 110	-390	348	-1009	1053	-856	764	-63	69	-122	121	-95	100												
13	R; 110	-219	178	-333	345	-839	707	-24	31	-61	63	-37	39												
		A10	podélně	A11	příčně	A12	svisle	A13	podélně	A14	příčně	A15	svisle												
20	R; 110	-202	202	-400	393	-454	446	-45	49	-100	108	-78	65												
13	R; 110	-591	577	-698	853	-1405	1463	-20	20	-72	80	-64	58												

Tab. 6. 25 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 7

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvou a půl násobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 srovnatelné hodnoty na vnitřní straně a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 srovnatelné hodnoty na vnitřní straně a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o pětinu)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (o čtvrtinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a srovnatelné na vnější straně

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 1000 pro vnitřní kolejnici, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1500. Tyto maxima byla dosažena hlavně ve svislém a příčném směru. Na pražci v rámci desítek, ve svislém a příčném směru až 120.

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 7; [m/s^2]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15
20	R; 110	42	85	65	3	8	7	23	48	42	4	9	6
13	R; 110	26	38	81	2	4	4	61	71	120	1	4	6

Tab. 6. 26 RMS pro pár č. 7

Hodnoty RMS (Tab. 6. 26) jsou opět celkově větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci jsou opět hodnoty srovnatelné.

Dvojice č. 8

Srovnávanou dvojici v tomto případě tvořil vlak EC s lokomotivou typu 380, šesti vozy a vlak EC tažený lokomotivou typu 380 a šesti vozy. Tyto vlaky byly totožné a tím velice vhodné ke srovnání. Vlaky měli i srovnatelnou rychlost a další parametry. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Hodnoty extrémů jsou shrnuty v tabulce níže (Tab. 6. 27).

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; dvojice č. 8; [m/s ²]																							
		A2		podélně		A3		příčně		A4		svisle		A5		podélně		A6		příčně		A7		svisle	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
11	EC; 112	-270	262	-752	716	-603	605	-43	39	-99	97	-86	73												
15	EC; 114	-149	144	-342	332	-538	428	-18	20	-48	52	-43	31												
		A10		podélně		A11		příčně		A12		svisle		A13		podélně		A14		příčně		A15		svisle	
11	EC; 112	-225	274	-267	258	-510	2795	-31	30	-76	76	-59	59												
15	EC; 114	-471	534	-830	835	-1342	1170	-19	21	-57	70	-112	101												

Tab. 6. 27 Minima a maxima zrychlení vibrací pro pár č. 8

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o šestinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (o třetinu) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (o třetinu)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné na vnější straně

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 750 pro vnitřní kolejnici, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1300. Tyto maxima byla dosažena hlavně ve svislém a příčném směru. Na pražci v rámci desítek, ve svislém a příčném směru až 110.

Číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	RMS; dvojice č. 8; [m/s^2]												
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15	
11	EC; 112	17	34	28	1	4	4	16	22	117	2	4	3	
15	EC; 114	18	29	51	2	4	3	67	82	126	1	4	7	

Tab. 6. 28 RMS pro pár č. 8

Hodnoty RMS (Tab. 6. 28) jsou opět celkově větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci jsou opět hodnoty srovnatelné.

6.4.3 Vibrace od průjezdu nákladních vlaků

Stejně jako u hodnocení posunů, ani u vyhodnocení vibrací od průjezdu nákladních vlaků není možné najít dvě úplně shodující se soupravy. Nákladní vlaky jsou naložené různou zátěží, mají různé lokomotivy, v některých případech i skupiny lokomotiv. Podrobnosti nalezneme v tabulce srovnatelných vlakových souprav (Tab. 6. 1). Rozhodl jsem se proto najít pouze extrémní hodnoty, které vyvodili alespoň relativně srovnatelné vlaky. Srovnatelné ve smyslu hnacích vozidel, počtu vagonů, typu nákladu a opět rychlosti a v případě nákladních vlaků přebytků převýšení. Vypracoval jsem tedy tabulku (Tab. 6. 29) pro páry nákladních vlaků 9 – 13, kde jsem uvedl celková minima a maxima, která posoudím tak, že najdu vždy maximální hodnoty vyvozené vozidly.

číslo dvojice	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrém; nákladní vlaky; vnitřní strana koleje [m/s ²]												
			A2	podélně		A3	příčně	A4	svisle	A5	podélně	A6	příčně	A7	svisle
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
9	3	Na; 43	-60	61	-198	199	-139	171	-18	15	-33	28	-58	61	
	18	Na; 60	-426	161	-330	317	-431	449	-23	23	-34	34	-48	45	
10	4	Na; 56	-147	138	-320	325	-523	339	-28	33	-91	63	-133	97	
	10	Na; 58	-239	231	-424	434	-881	1086	-20	21	-35	34	-42	47	
11	13	Na; 86	-295	283	-896	834	-589	662	-53	63	-109	120	-150	105	
	2	Na; 83	-740	587	-500	450	-1100	1100	-33	29	-40	40	-50	51	
12	14	Na; 65	-163	176	-523	454	-396	360	-23	22	-49	49	-80	88	
	12	Na; 65	-231	243	-459	383	-1053	901	-23	23	-43	39	-59	61	
13	24	Na; 45	-100	103	-229	204	-159	129	-17	15	-20	20	-35	51	
	9	Na; 46	-178	175	-293	301	-847	592	-32	27	-36	40	-68	55	
shrnutí	Vossloh W14		-256	248	-357	397	-1534	1056	-48	39	-53	59	-102	58	
	Pandrol FCI		-333	321	-421	493	-2221	1519	-63	51	-69	79	-135	62	
číslo dvojice	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrém; nákladní vlaky; vnější strana koleje [m/s ²]												
			A10	podélně		A11	příčně	A12	svisle	A13	podélně	A14	příčně	A15	svisle
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
9	3	Na; 43	-50	60	-146	146	-138	167	-20	21	-37	39	-54	57	
	18	Na; 60	-214	212	-303	315	-573	440	-16	17	-31	32	-59	42	
10	4	Na; 56	-100	94	-312	287	-350	315	-37	42	-97	105	-121	105	
	10	Na; 58	-435	512	-517	705	-1261	1317	-18	19	-39	29	-56	49	
11	13	Na; 86	-200	200	-400	415	-300	300	-45	45	-100	100	-100	109	
	2	Na; 83	-622	585	-708	606	-1169	1055	-14	14	-39	40	-58	54	
12	14	Na; 65	-108	111	-303	288	-313	246	-35	26	-68	70	-80	81	
	12	Na; 65	-400	400	-483	680	-1000	1000	-23	21	-38	31	-125	108	
13	24	Na; 45	-51	51	-184	146	-195	115	-15	13	-25	25	-40	44	
	9	Na; 46	-241	229	-344	297	-541	567	-17	16	-36	36	-44	44	
shrnutí	Vossloh W14		-200	200	-400	415	-350	315	-45	45	-100	105	-121	109	
	Pandrol FCI		-622	585	-708	705	-1261	1317	-23	21	-39	40	-125	108	

Tab. 6. 29 Maxima a minima zrychlení vibrací pro nákladní vlaky

Kolejnice - podélně

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvou a půlnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (trojnásobně)

Kolejnice - příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (dvojnásobně)

Kolejnice - svisle

- minima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (čtyřnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 nižší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a nižší na vnější straně (čtyřnásobně)

Pražec – podélně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)

Pražec – příčně

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a vyšší na vnější straně (dvojnásobně)
- maxima - pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (trojnásobně) a vyšší na vnější straně (trojnásobně)

Pražec – svisle

- minima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné hodnoty na vnější straně
- maxima – pro Vossloh W14 vyšší hodnoty na vnitřní straně (dvojnásobně) a srovnatelné hodnoty na vnější straně

Na kolejnici se vibrace pohybují v řádech stovek m/s^2 , pro upevnění Vossloh W14 až 900 pro vnitřní kolejnici, kdežto pro upevnění Pandrol FCI až 1300. Na pražci v rámci desítek, ve svislém a příčném směru až 120.

číslo dvojice	číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrémy; nákladní vlaky; vnitřní strana koleje [m/s^2]												
			A2	A3	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A12	A13	A14	A15	
9	3	Na; 43	9	24	18	2	3	5	8	18	15	2	3	5	
	18	Na; 60	24	44	64	2	3	5	35	46	61	1	3	6	
10	4	Na; 56	13	30	30	2	5	8	12	32	27	3	7	7	
	10	Na; 58	24	40	76	2	3	4	36	49	79	1	3	6	
11	13	Na; 86	40	86	70	4	10	12	20	46	90	4	10	9	
	2	Na; 83	58	78	161	4	6	7	94	95	144	2	6	9	
12	14	Na; 65	25	50	37	2	5	8	17	40	34	3	6	8	
	12	Na; 65	29	45	81	2	3	5	42	55	83	2	4	7	
13	24	Na; 45	10	21	14	1	2	4	7	17	13	1	2	4	
	9	Na; 46	22	36	60	2	3	5	31	46	69	1	3	6	
shrnutí	Vossloh W14		40	86	70	4	10	12	20	46	90	4	10	9	
	Pandrol FCI		58	78	161	4	6	7	94	95	144	2	6	9	

Tab. 6. 30 RMS pro nákladní vlaky

Hodnoty RMS (Tab. 6. 30) jsou opět celkově větší pro kolejnici s upevněním Pandrol FCI. Na kolejnici s tímto upevněním dochází k většímu rozvoji vibrací, které jsou ale při přechodu na pražec účinně tlumeny. Na pražci jsou opět hodnoty srovnatelné.

6.5 SROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA VIBRACÍ V ČASOVÉ OBLASTI

Pro měření vibrací bylo měřené místo vybaveno čtyřmi snímači zrychlení. Tyto snímače byly trojosé, umožnili tak sledovat zrychlení vibrací v jak podélném směru s osou koleje, tak v příčném a svislém směru. Umístěny byly na obou stranách koleje a to na patě kolejnice a na hlavě pražce. V rámci hodnocení byly srovnány hodnoty maxim a minim pod projíždějícími vlakovými soupravami a také hodnoty RMS.

Výsledky srovnání maxim a minim hodnot vibrací jsem seřadil do tabulky (Tab. 6. 31). V tabulce je vepsáno vždy číslo srovnávané dvojice, kdy pokud vyvozovala větší extrémní hodnoty výrazně vyšší (nižší) je vepsána černě do potřebného políčka. Pokud hodnoty byly větší (nižší) méně výrazně, výše popsané například jako o třetinu odlišné, jsou zapsány **zeleně**. Pokud byly hodnoty téměř totožné, jsou vyznačeny **červeně**.

		max						min																			
		Vossloh			Pandrol			Vossloh			Pandrol																
		vnitřní	vnější		vnitřní	vnější		vnitřní	vnější		vnitřní	vnější															
kolejnice	podélný	1		7				4		1	4	7	1		7				4		1	4	7				
		2	5	8						2	5	8	2	5	8							2	5	8			
								3	6	9	3	6	9						3	6	9	3	6	9			
kolejnice	příčný	1	4	7						1	4	7	1	4	7							1	4	7			
		2	5	8						2	5	8	2	5	8		5					2	5	8			
				9					6			6	9			9					3	6		3	6	9	
	svislý	1		7				4	7	1	4	7	1		7				4	7	1	4	7	1	4	7	
			5	8				2	5	2	5	8		5	8				2	5		2	5	8	2	5	8
								3	6	9	3	6	9						3	6	9	3	6	9	3	6	9
pražec	podélný	1	4	7	1	4	7					1	4	7	1	4	7										
		2	5	8	2	5	8	2		2		2	5	8	2	5	8	2		2		2	5		2	5	
				9	3	6	9	3	6		3	6			9	3		9	3	6		3	6		3	6	
	příčný	1	4	7	1	4	7						1	4	7	1	4	7									
		2	5	8	2	5	8					8		5	8	2	5	8	2								
				9	3	6	9	3	6		3	6			9	3	6								3	6	
svislý	1	4	7	1	4	7				4	7	1	4	7	1	4	7								4		
	2	5	8		5				2	5	8	2	5	8										2	5	8	
			9		9	3	6		3	6	9		6	9	3		9	3	6		3	6		3	6	9	

Tab. 6. 31 Srovnání extrémních hodnot zrychlení vibrací

Podélné vibrace kolejnice při průjezdu osobních vlaků byly zdrojem vyšších extrémních hodnot na vnější straně na upevnění Pandrol FCI. Hodnoty nabývaly mírně vyšších rozměrů na upevnění Vossloh W14 pro vnitřní stranu kolejnice. Podélný posun kolejnice při průjezdu rychlíků byl zdrojem vyšších extrémních hodnot na vnější straně na upevnění Pandrol FCI. Na vnitřní straně koleje nebyly

výsledky tak jednoznačné. Nákladní vlaky vyvolávají větší extrémní hodnoty na vnitřní i vnější straně koleje.

Příčné vibrace kolejnice jasně způsobovaly větší extrémní hodnoty na vnější straně koleje při použití upevnění Pandrol FCI pro všechny druhy zátěže. Na vnitřní straně to bylo přesně naopak, extrémní hodnoty byly největší pro upevnění Vossloh W14.

Svislé vibrace kolejnice na vnější straně nabývají pro všechny druhy zátěže extrémních hodnot na upevnění Pandrol FCI. Na vnitřní straně se hodnoty pro průjezd osobních vlaků rozcházejí, nemohu je proto pro sledovaný vzorek vyhodnotit. Hodnoty rychlíků a nákladních vlaků nabývají extrémů na konstrukci s upevněním Pandrol FCI.

Podélné vibrace na pražci dosahují extrémních hodnot pro obě strany koleje pro upevnění Vossloh W14. Pro průjezd rychlíků byly dvě výjimky a to pro srovnávané dvojice 3 a 6. Tyto dvojice jsou zároveň jediné dvojice se srovnávanými soupravami Ex, které vyvozovali menší extrémní hodnoty zrychlení vibrací a částečně se tak vymykají kategorii. Celkově ale tedy dochází k většímu rozvoji extrémních hodnot na upevnění Vossloh W14 na obou stranách koleje.

Příčné vibrace pražce mají podobný rozvoj jako ty podélné. Výjimku tvoří opět vlaky expresního typu.

Svislé vibrace pražce mají pro osobní vlaky, pro vnitřní stranu koleje větší extrémní hodnoty na upevnění Vossloh W14. Na vnější straně nejsou výsledky jednoznačné. Rychlíky vyvozují větší extrémní hodnoty na vnitřní straně koleje pro upevnění Vossloh W14. Ostatní určení není jednoznačné. Nákladní vlaky vyvolávají stejné vlastnosti jako rychlíky.

Hodnoty RMS podporují výsledky získané z analýzy maximálních a minimálních hodnot zrychlení vibrací. Výsledkem je, že při použití upevnění Pandrol FCI vznikají v uzlu upevnění extrémní hodnoty zrychlení. Je to způsobeno pružnějším typem upevnění, který umožňuje větší kmitání kolejnice v uzlu upevnění. Toto pružné uložení je viditelné i z většího přenosu vibrací při použití upevnění Vossloh W14. Toto je závěr, který je patrný již z hodnocení posunů konstrukce, kde je pozorovatelný podobný jev. Upevnění Pandrol FCI je tedy pružnější a dovoluje větší rozvoj vibrací v uzlu upevnění, tyto vibrace, ale poměrně dobře tlumí.

6.6 VYHODNOCENÍ VIBRACÍ VE FREKVENČNÍ ROVINĚ

Před samotným vyhodnocením bylo potřeba převést naměřená data z časové do frekvenční roviny. Pro tyto účely je nejpoužívanější také mnou použitá metoda na základě Fourierovy transformace. Je to klasická neparametrická metoda spektrální analýzy. Jako taková se opírá pouze o naměřená data. Pro přímou transformaci je definována vztahem:

$$X(f) = k_1 \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt.$$

Rov. 6. 2

Pro zpětnou transformaci potom vztahem:

$$x(f) = k_2 \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{j2\pi ft} df,$$

Rov. 6. 3

kde f je frekvence, t je čas, $x(t)$ je signál v časové oblasti, $X(f)$ je jeho reprezentace ve frekvenční oblasti, k_1 a k_2 jsou konstanty.

Při zpracování digitalizovaného signálu je nutné změnit rovnice do vztahů diskrétní Fourierovy transformace a to následovně pro přímou transformaci:

$$X_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)}$$

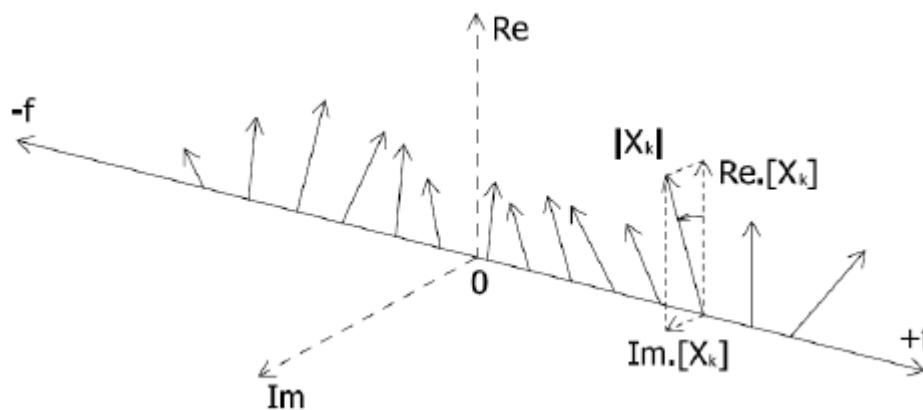
Rov. 6. 4

a pro zpětnou transformaci:

$$x_n = \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)},$$

Rov. 6. 5

kde x_n je hodnota n -tého prvku diskrétní posloupnosti (čas $t = n \cdot \Delta$), X_k je k -tá frekvenční složka signálu, $\Delta = \frac{T}{N}$, T je doba trvání realizace a N je počet prvků naměřené posloupnosti, j je imaginární jednotka. Posloupnost hodnot X_k můžeme nazvat Fourierovými koeficienty. Jedná se o komplexní čísla, která nám dávají úplný obraz o frekvenčním složení signálu. Představují vektory X_k , které rotují okolo frekvenční osy f a jsou graficky znázorněny na obrázku (Obr. 6. 1).



Obr. 6. 1 Znáornění Fourierových koeficientů [3]

Pro analýzu signálu je nutné dodržet Parsevalův zákon zachování energie, který říká, že energie signálu se transformací nezmění. Pro diskrétní Fourierovu transformaci je dán vztahem:

$$E = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x_n^2 = \sum_{k=0}^{N-1} X_k^* \cdot X_k,$$

Rov. 6. 6

kde „*“ značí komplexní konjunkci.

Pro vyhodnocení byly vytvořeny grafy (Graf 6. 3) amplitudového spektra v závislosti na frekvenci. Frekvence byla v rozsahu 0-2000Hz. Spektra byla vytvořena pro každý směr snímače pro všechny čtyři snímače umístěné na konstrukci. Schéma zapojení a seznam snímačů s jejich značením je zobrazeno výše (4.2 MĚŘICÍ APARATURA, Tab. 4. 2 Rozmístění a značení akcelerometrů, Obr. 4. 8 Uspořádání zkoušky). Na těchto grafech byly porovnány významné frekvence, jsou to ty frekvence, kde hodnoty amplitudových spekter dosahovaly extrému. Vyhodnocení bylo provedeno pro různé typy zátěže, které byly zaznamenány během měření v terénu. Je důležité zmínit, že zatížení působí rozvoj vibrací v různých frekvenčních pásmech. První pásmo 0-80Hz reprezentuje vliv vozidel, jejich chování na styku kola a kolejnice. Druhé pásmo 80-400Hz reprezentuje imperfekce jízdni dráhy a jejího chování na styku kola a kolejnice. Pásmo nad 400Hz pak reprezentuje akustické vlastnosti. Z hlediska konstrukce nás tedy budou nejvíce zajímat první dvě pásma. Jelikož je součástí celkového uspořádání měření také měření hluku, budu uvádět také hodnoty významných frekvencí také ve třetím pásmu, ale nebudu je nijak zvláště hodnotit. Vyhodnocením akustických parametrů se zabývá druhá část měření a tedy i druhá diplomová práce mé kolegyně. Více o této problematice a v literatuře [3].

6.6.1 Vibrace od průjezdu osobních vlaků

V rámci diplomové práce byly naměřeny čtyři soupravy osobních vlaků. Typ lokomotivy byl různý, ale díky své podobné hmotnosti je vhodný ke srovnání. Počet vozů byl shodný a to 3 vozy. Vlaky v měřeném úseku také dosahovali podobné rychlosti.

Vibrace v podélném směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,7\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 1250-1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 600 Hz a 800-900 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 600 Hz a 1100-1200 Hz a také na frekvenci 1600-1650 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 600 Hz a 750-800 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,05\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 400 Hz a také na frekvenci 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,04\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz a 1200 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,07\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 500 Hz a také na frekvenci 1000 Hz a 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,04\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz a 1200 Hz.

Vibrace v příčném směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz a 1250-1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 650 Hz, 950 Hz a 1500 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,8\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz a 600 Hz a také na frekvenci 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $2,0\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600-650 Hz a 900-950 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150-200 Hz a 500 Hz a také na frekvenci 800 Hz a 1300Hz

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz a 1200 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,15\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150-200 Hz a 500 Hz a také na frekvenci 950-1000 Hz a 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,11\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz a 700-800 Hz.

Vibrace ve svislém směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, a 1250-1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, 900 Hz a 1450-1500 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 700 Hz a 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $3,7\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz a 800 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,15\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 100-150 Hz a 500 Hz a také na frekvenci 700 Hz a 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,08\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 300 Hz, 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz a 1200 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 100 Hz a 400-500 Hz a také na frekvenci 600 Hz a 1100 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 500 Hz a 650 Hz.

Při srovnání průběhů spektrogramů pro jednotlivá upevnění je patrné, že na upevnění Vossloh W14 dochází k rozvoji vibrací na vyšších frekvencích, větších než 1000 Hz. Při přenosu na pražec jsou tyto frekvence účinně tlumeny. Oproti tomu vznikají maxima amplitudového spektra na nižších frekvencích okolo 400 Hz. Upevnění Pandrol FCI nabízí rovnoměrné poměrné tlumení přes celý sledovaný frekvenční rozsah. Výjimku tvoří přenos z vnitřní kolejnice na vnitřní část pražce, kdy na vyšších frekvencích okolo 1000 Hz dochází k nárůstu amplitudového spektra.

6.6.1 Vibrace od průjezdu rychlíků

V rámci diplomové práce bylo měřeno šest souprav rychlíků. Typy lokomotivy byly místy různé, ale díky své podobné hmotnosti je vhodný ke srovnání. Počet vozů byl 5 a 6 vozů. Vlaky v měřeném úseku také dosahovali podobné rychlosti.

Vibrace v podélném směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,9\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 800 Hz, 1050-1100 Hz a 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 650 Hz, 800-850 Hz, 1000 Hz a 1700 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, 1200 Hz a také na frekvenci 1600-1650 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $4,0\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 600 Hz a 900 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,03\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 400 Hz a také na frekvenci 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,02\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 650 Hz a 1200 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,04\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 100 Hz, 200 Hz a 400 Hz a také na frekvenci 1000 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,06\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 650 Hz, 1300 Hz a 1500 Hz.

Vibrace v příčném směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 300 Hz, 800 Hz, 1100 Hz a 1250-1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 650 Hz, 900 Hz a 1500 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,0\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz a 700 Hz a také na frekvenci 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $2,8\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 650 Hz, 800 Hz a 900-1000 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 300 Hz a 800 Hz a také na frekvenci 1100 Hz a 1300Hz

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 650 Hz, 800 Hz a 950 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,12\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 300 Hz a 650-700 Hz a také na frekvenci 800 Hz a 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz a 850 Hz.

Víbrace ve svislém směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,6\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz, 600 Hz, 1050 Hz, a 1250-1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $4,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, 900 Hz a 1700 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,4\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1200 Hz a 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $5,3\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 700 Hz a 850 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,08\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 100-150 Hz a 300 Hz a také na frekvenci 550 Hz a 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,18\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 300 Hz, 400 Hz, 650 Hz, 800 Hz a 1300 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,07\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 100 Hz a 400-500 Hz a také na frekvenci 600 Hz, 800 Hz a 1100 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,25\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 500 Hz, 650 Hz a 800 Hz.

Pro upevnění Vossloh W14 v podélném směru je pozorovatelný velký rozvoj vibrací na vyšších frekvencích, větších než 1000 Hz, ale i tyto extrémy jsou stále nižší než hodnoty na upevnění Pandrol FCI. V příčném směru je rozvoj vibrací na vnitřní kolejnici srovnatelný, na vnější výrazně vyšší hodnoty amplitudového spektra. Ve svislém směru jsou výrazně, až pětkrát, vyšší hodnoty amplitudového spektra pro upevnění Pandrol FCI. Upevnění Vossloh W14 je opět charakteristické rozvojem vibrací na vyšších frekvencích a jejich utlumení při přenosu na pražec. Upevnění Pandrol FCI kopíruje frekvenční průběh z kolejnice na pražec, samozřejmě hodnoty amplitudového spektra jsou tlumenu. Celkově na pražci s upevněním Pandrol dochází k většímu rozvoji vibrací. Hodnoty amplitudového spektra jsou na pražci cca dvojnásobné. Ovšem poměrně je přenos mezi kolejnici a pražcem tlumen výrazněji.

6.6.1 Vibrace od průjezdu nákladních vlaků

Stejně jako u hodnocení posunů, ani u vyhodnocení vibrací od průjezdu nákladních vlaků není možné najít dvě úplně shodující se soupravy. Nákladní vlaky jsou naložené různou zátěží, mají různé lokomotivy, v některých případech i skupiny lokomotiv. Nakonec se ale povedlo najít vlaky se shodnými nebo podobnými hnacími vozidly a stejným nebo podobným typem vagónů, které se shodovaly také v rozložení maxim amplitudového spektra po sledovaných frekvencích.

Vibrace v podélném směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,25\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz, 400Hz, 600 Hz a 1250-1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,5\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 650 Hz, 800-850 Hz a 1000 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150 Hz, 450 Hz, 1100-1300 Hz a také na frekvenci 1650 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,6\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 450 Hz, 650 Hz, 1000 Hz a 1300 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,04\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150 Hz a 400 Hz a také na frekvenci 1300 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,03\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 350 Hz, 650 Hz, 850 Hz, 1000 Hz a 1200 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,04\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 100 Hz, 200 Hz a 400 Hz a také na frekvenci 1000 Hz a 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,03\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150 Hz, 350 Hz, 650 Hz, 1000 Hz, 1300 Hz a 1500 Hz.

Vibrace v příčném směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,4\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz, 400 Hz, 1250 Hz a 1400 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,0\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 650 Hz a 1700 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,4\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 1000 Hz a také na frekvenci 1250 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,0\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 250 Hz, 400 Hz, 650 Hz, 800 Hz a 900-1000 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,04\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 800 Hz a také na frekvenci 1300Hz

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,07\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 350 Hz, 800 Hz a 1650 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,05\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz a 800 Hz a také na frekvenci 1200 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,06\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 350 Hz, 650 Hz, 900 Hz a 1500 Hz.

Víbrace ve svislém směru

Kolejnice vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,4\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz, 400 Hz a 1250 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,4\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 400 Hz, 700 Hz a 1400 Hz.

Kolejnice vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz, 400 Hz, 1000 Hz, a 1250 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $1,6\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 350 Hz, 450 Hz a 650 Hz.

Pražec vnitřní strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,11\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150-200 Hz a 400 Hz a také na frekvenci 1350 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,11\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 200 Hz, 400 Hz a 650 Hz.

Pražec vnější strana

Vossloh W14: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,1\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 150 Hz a 250 Hz a také na frekvenci 1100 Hz.

Pandrol FCI: Hodnoty amplitud na důležitých frekvencích dosahují až na cca $0,2\text{m/s}^2$. Hlavní frekvence se nacházejí na frekvenci 250-400 Hz, 450 Hz a 700 Hz.

U nákladních vlaků, u kterých vzroste zatížení, vzrůstá také rozvoj vibrací na nižších frekvencích. Jsou to právě ty frekvence spjaté s vibracemi ovlivňujícími konstrukci kolejového roštu. Tento nárůst je nejvíce patrný na pražci při použití upevnění Vossloh W14. Upevnění Pandrol FCI, stejně jako při předchozích variantách zatížení, má signál více rozprostřený po celém rozsahu sledovaných frekvencí. Upevnění Pandrol FCI tedy tlumí poměrně stejně vibrace na všech frekvencích. Naproti tomu upevnění Vossloh W14 lépe tlumí vibrace na vyšších frekvencích a ty nepřenáší dále do pražců, zatímco nižší frekvence se dostávají až do pražců.

6.7 SROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA VIBRACÍ VE FREKVENČNÍ OBLASTI

Ze všech měření a ze srovnání jednotlivých typů zatížení je patrné, že při použití upevnění Pandrol FCI je konstrukce buzena rovnoměrněji na všech frekvencích, při použití upevnění Vossloh W14 je konstrukce na styku se zátěží, tedy na kolejnici, výrazně buzena na vysokých frekvencích, nad 1000Hz. Výhodou upevnění Vossloh W14 ale je, že oproti upevnění Pandrol FCI nejsou na kolejnici naměřeny tak vysoké hodnoty amplitudového spektra, někdy až pětinasobně větší. Na této konstrukci tak tedy nedochází k tak velkému rozvoji vibrací a spolu s výraznou schopností nepřenášet tyto vibrace na vyšších frekvencích do konstrukce pod sebou, je upevnění Vossloh W14 vhodné při řešení problému rozvoje vibrací na vyšších frekvencích. Dalšímu řešení by se musela podrobit snaha eliminovat rozvoj vibrací i na nižších frekvencích. Upevnění Pandrol FCI se tak tedy jeví jako lepší v tlumení všech frekvencí poměrně stejně, ovšem nesmíme zapomenout na mnohonásobně větší hodnoty amplitudového spektra, které toto upevnění umožňuje. Tedy s výjimkou maximálních hodnot amplitudového spektra na kolejnici konstrukce s použitím upevnění Pandrol FCI a to jak vnější, tak vnitřní kolejnice, jsou oba typy upevnění právě z hlediska maximálních hodnot srovnatelné.

7. ZÁVĚR

Srovnání vibrací v časové i frekvenční rovině ukazuje na značný rozvoj vibrací na upevnění Pandrol FCI. Je to způsobeno větší pružností tohoto typu uzlu upevnění, který umožňuje kolejnici v tomto uzlu kmitat. Oproti tomu upevnění Vossloh W14 je celkově tužší a neumožňuje takové kmitání kolejnice. Jeho tuhost ovšem zapříčiňuje přenos vibrací zejména na nižších frekvencích do další konstrukce, v rámci této práce tedy do pražce. Tyto extrémní hodnoty na upevnění Vossloh W14 jsou ovšem v porovnání s upevněním Pandrol FCI srovnatelné. Upevnění Pandrol FCI tedy vibrace tlumí na hodnoty extrému upevnění Vossloh W14 ovšem napříč celým měřeným rozsahem. Upevnění Vossloh W14 tedy i přes svou vyšší tuhost, způsobenou jednak tužší podložkou pod patu kolejnice, tak tužším způsobem připevnění, kdy je přišroubován vrtulí pevně k pražci, umožňuje zamezení přenosu vibrací na pražec. Problém s extrémy v rámci nižších frekvencí by bylo možné odstranit přípravkem tlumícím právě tyto frekvence jako je na příklad jiný druh podložky pod patu kolejnice, popřípadě vhodným typem podpražcových podložek.

Celková větší pružnost v rámci uzlu upevnění je patrná i při srovnání posunů. Posuny nabývají extrémních hodnot opět pro upevnění Pandrol FCI. Toto upevnění tedy umožňuje pohyb kolejnice a tím optimalizuje roznos zatížení do více pražců. Většina výchylek je takto realizována už v rámci kolejnice, pokud se bavíme o podélných posunech, které jediné byly měřeny z posunů na kolejnici. Podélné posuny už potom nejsou realizovány na pražci a tak méně zatěžují v tomto směru konstrukci kolejového lože. Upevnění Vossloh W14 tedy svou tuhostí přispívá k většímu rozvoji posunů pražce v podélném směru. Toto platí i v rámci ostatních směrů.

Vibrace naměřené na konstrukci se v extrémních situacích, při srovnání amplitudových spekter, lišili o setiny až desetiny m/s^2 . Stejně tak posuny se lišili v rámci setin až desetin mm. Při zohlednění tohoto faktu je patrné, že obě konstrukce jsou vhodné pro použití v oblouku. Jsou to konstrukce stabilní.

Jak jsem již zmínil výše upevnění Pandrol FCI má lepší tlumící vlastnosti. Na kolejnici ovšem dovoluje ovšem několikanásobně vyšší extrémní hodnoty vibrací. Tuto skutečnost, ale nechápeme jako vadu ale jako vlastnost, pomocí větší pružnosti umožňuje lepší roznos zatížení. Dovolí tedy větší rozvoj vibrací, který

ale v dalším kroku úspěšně utlumí. Upevnění Vossloh W14 oproti tomu nedovoluje rozvoj vibrací kolejnice a tak nemusí být ani tak tlumící. Tyto vlastnosti obou upevnění jsou zejména patrné při průjezdech relativně lehkých a rychlých souprav rychlíků.

Zvolenou metodiku hodnotím jako funkční. Podařilo se pomocí ní zjistit, jaké vlastnosti mají jednotlivá upevnění. Neznamená to ovšem, že by nemohla být zdokonalena. Doporučil bych doplnění snímačů posunu na další směry u kolejnice. Toto doplnění by pomohlo potvrdit závěr, který zde uvádím a to sice, že upevnění je pružné ve všech směrech a tak je lépe rozložena zátěž na více pražců. Dále by toto doplnění mohlo ukázat na způsob chování kolejnice v rámci uzlu upevnění. Hlavně se jedná o náklon kolejnice, který by bylo zajímavé srovnat s náklonem uložení kolejnice na pražci. Dále by bylo dobré doplnit také snímač do kolejového lože, který by pomohl objasnit další šíření vibrací konstrukcí. Tyto změny metodiky ovšem nebylo možné v rámci této diplomové práce realizovat a tak zůstávají námětem pro další v budoucnosti realizovaná měření.

Při volbě upevnění do reálných podmínek je dobré, kromě zkušeností získaných s daným typem konstrukce, dát také na měření a analýzu nových částí, či celých typů konstrukcí. Tato měření i pomocí metodiky použité v této práci, pomáhají objasnit chování konstrukce v reálném prostředí a tak usoudit na jejich vhodnost. Pomocí této metodiky by bylo možné například zjistit, které komponenty konstrukce by mohli přispět k redukci rozvoje vibrací na nižších frekvencích pro upevnění Vossloh W14. Mohla by být použita pro sledování, které typy vlaků způsobují větší vibrace či posuny a tak větší opotřebení trati. Když zvážíme, že součástí metodiky nebyla pouze ta část použitá v rámci mé diplomové práce, ale že obsahuje také část zabývající se hlukem a šířením vibrací mimo kolejové lože, jedná se vsukutku o komplexní metodiku, která může přispět k hodnocení průjezdu vlaků po dané konstrukci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PLÁŠEK, Otto, Pavel ZVĚŘINA, Richard SVOBODA a Milan MOCKOVČIAK. *Železniční stavby: Železniční spodek a svršek*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 291 s. ISBN 80-214-2620-9.
- [2] Předpis SŽDC S3 Železniční svršek. 2008. Změna 01. 2011. TÚDC – Oddělení typové dokumentace. Olomouc
- [3] TOMANDL V.: Analýza dynamických parametrů kolejnicových upevnění. Diplomová práce. Brno. 2007. 145 s., 204 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
- [4] KOLAJA, Ondřej. Analýza dynamického chování kolejového roštu s Y pražci: diplomová práce. Brno, 2010. 218 s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
- [5] ESVELD C.: *Modern Railway Track*. Second Edition. Delft, MRT – Production, 2001, 2nd ed. 654 s. ISBN 90-800324-3-3
- [6] NOVÝ R.: *Hluk a chvění*. Vydavatelství ČVUT. Praha. 2000. 389 s. ISBN 80-01-02246-3.
- [7] MILÁČEK S.: *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. ČVUT Praha. 2001. ISBN 80 01 02417 2.
- [8] BREPTA R., PŮST L., TUREK F.: *Mechanické kmitání*. Praha: Nakladatelství Sobotáles, 1994. 592 s. ISBN 80-901684-8-5
- [9] SMUTNÝ J., PAZDERA L.: *Železniční stavby. Měřicí technika a dynamika železničních staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1998. 69 s. ISBN 80-214-0976-2
- [10] AUTORSKÝ KOLEKTIV BRÜEL & KJÆR: *Měření chvění*. Nové vydání, 1984. Dostupné na www: <http://www.spectris.cz/sv/literatura.html>
- [11] Die Schienen UIC 60 E1 und 60 E2 - zum verwechseln ähnlich. THYSSEN AND KRUPP. *ThyssenKrupp GfT Gleistechnik* [online]. 2005 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: http://www.tkgftgleistechnik.de/en/news/news/newsdetails/article/die_schienen_uic_60_e1_und_60_e2_zum_verwechseln_aehnlich.html

- [12] *Technické podmínky dodací: Pryžová podložka pod patu kolejnice WU - 7.* Náchod, 2000.
- [13] *Technické podmínky dodací: IZOLÁTOR Y PANDROL FASTCLIP.* Praha, 2000.
- [14] *Technické podmínky dodací: KOTVY PANDROL FASTCLIP DO BETONOVÝCH PRAŽCŮ.* Praha, 2000.
- [15] *Technické podmínky dodací: PRUŽNÉ PRYŽOVÉ PODLOŽKY PANDROL FASTCLIP.* Praha, 1999.
- [16] *Technické podmínky dodací: Pružné svěrky Skl 14 a Skl 1K.* Praha, 1997.
- [17] *Technické podmínky dodací: SPONY PANDROL FASTCLIP.* Praha, 2000.
- [18] *Technické podmínky dodací: Plastové úhlové vodící vložky Wfp 14.* Praha, 1996.
- [19] VYMĚTAL, A.: Podkladnicové upevnění kolejnic s distančními kroužky. Vědeckotechnický sborník Českých drah: 01/1996. Dostupné na [www: http://www.cd rail.cz/VTS/vtso1.html](http://www.cd rail.cz/VTS/vtso1.html)
- [20] SMUTNÝ J.: Přednáška II. *Přednáška k předmětu železniční konstrukce II.* Fakulta stavební. VUT v Brně.
- [21] SMUTNÝ J.: Přednáška I. *Přednáška k předmětu železniční konstrukce II.* Fakulta stavební. VUT v Brně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

AS.....	amplituda spektra
a.....	zrychlení mechanického kmitání (vibrací)
a_{ef}	efektivní hodnota
ČD	České dráhy a.s.
D.....	převýšení koleje
DFT	diskrétní Fourierova transformace
f	frekvence (kmitočet)
EC.....	vlak kategorie EuroCity
Ex	vlak kategorie Express
F	svislá síla
FT.....	Fourierova transformace
i	proud
IC.....	vlak kategorie InterCity
j	imaginární jednotka
k_1, k_2	konstanty
K_p	piezoelektrická konstanta
L	indukčnost cívky
L_v	lokomotivní vlak
N	počet prvků posloupnosti
N	počet závitů cívky
N_a	nákladní vlak
O_s	osobní vlak
P_v	pracovní vlak
Q	kolová síla
Q	náboj
R	poloměr oblouku
R	rychlíkový vlak
RMS	efektivní hodnota
SC	vlak kategorie SuperCity
T	perioda
TEDS.....	transducer electronic data sheet – elektronický katalogový list snímače
t.....	čas

ÚŽKS	Ústav železničních konstrukcí a staveb
v	rychlost vlaku
VUT	Vysoké učení technické
x	osa pravoúhlého souřadnicového systému
y	výchylka mechanického kmitání (vibrací); osa pravoúhlého souřadnicového systému
Y	vodící síla
Z	osa pravoúhlého souřadnicového systému
\ast	komplexní konjunkce
λ	vlnová délka
Φ	magnetický tok
Δd	změna vzduchové mezery

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH:

PŘÍLOHA A FOTODOKUMENTACE	3
PŘÍLOHA B POSUNY – EXTRÉMNÍ HODNOTY.....	11
PŘÍLOHA C VIBRACE – EXTRÉMNÍ HODNOTY A RMS	15
PŘÍLOHA D POSUNY – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ OBLASTI.....	21
SROVNATELNÉ DVOJICE	24
OSTATNÍ VLAKY – HRANICE NA MORAVĚ	50
OSTATNÍ VLAKY – NAPAJEDLA.....	61
PŘÍLOHA E VIBRACE – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ A FREKVENČNÍ OBLASTI.....	69
SROVNATELNÉ DVOJICE	72
OSTATNÍ VLAKY – HRANICE NA MORAVĚ	150
OSTATNÍ VLAKY – NAPAJEDLA.....	183
PŘÍLOHA F ZÁZNAM Z MĚŘICÍHO VOZU	205

PŘÍLOHA A
FOTODOKUMENTACE



Obr. A. 1 Upevnění Vossloh W14



Obr. A. 2 Upevnění Pandrol FCI



Obr. A. 3 Příprava měřicí aparatury



Obr. A. 4 Měřicí aparatura na upevnění Vossloh W14



Obr. A. 5 Měřící aparatura na upevnění Pandrol FCI



Obr. A. 6 Detail aparatury na pražci



Obr. A. 7 Detail aparatury na kolejnici



Obr. A. 8 Detail zapojení kabelů do měřicí stanice



Obr. A. 9 Testování funkčnosti snímačů



Obr. A. 10 Kontrola naměřených dat

PŘÍLOHA B
POSUNY – EXTRÉMNÍ HODNOTY

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Hranice na Moravě: UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; minimální posuny [mm]							
		S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
1	SC Pendolino; 144	-0,5	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	-0,2	-0,1	-0,8
2	pracovní vlak; 50	-0,1	0,0	0,0	-0,3	0,0	-0,1	0,0	-0,3
3	Na; 43	-0,4	-0,1	-0,1	-0,5	-0,2	-0,2	0,0	-0,5
4	Na; 56	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,1	-0,4
5	IC RegioJet; 116	-0,8	-0,2	-0,1	-0,6	-0,1	-0,1	0,0	-0,4
6	Na; 43	-0,5	-0,1	0,0	-0,6	-0,2	-0,2	-0,1	-0,5
7	Ex; 103	-0,5	-0,1	-0,1	-0,4	0,0	0,0	0,0	-0,4
8	LEO Express (LE); 92	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	0,0	-0,1	0,0	-0,5
9	R; 107	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,2	-0,1	0,0	-0,5
10	Os; 104	-0,2	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,6
11	EC; 112	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,5
12	SC Pendolino; 150	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	0,0	0,0	0,0	-0,7
13	Na; 86	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,2	-0,2	0,0	-0,4
14	Na; 65	-0,5	-0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	-0,5
15	Na; 64	-0,2	0,0	0,0	-0,4	-0,1	0,0	0,0	-0,4
16	IC RegioJet; 107	-0,6	-0,5	-0,2	-0,4	-0,1	0,0	0,0	-0,6
17	Ex; 114	-0,5	-0,2	-0,1	-0,3	0,0	-0,1	0,0	-0,4
18	Na; 77	-0,6	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,2	0,0	-0,5
19	LEO Express (LE); 128	-0,1	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	0,0	-0,5
20	R; 110	-0,3	-0,1	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,6
21	Os; 101	-0,2	-0,1	0,0	-0,4	-0,1	-0,1	0,0	-0,5
22	Na; 78	-0,3	-0,1	0,0	-0,4	-0,1	-0,1	0,0	-0,4
23	Lv; 79	-0,8	-0,1	-0,1	-0,3	0,0	0,0	0,0	-0,3
24	Na; 45	-0,5	-0,1	0,0	-0,5	-0,2	-0,3	0,0	-0,5
25	R; 53	-0,3	0,0	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	0,0	-0,3

Tab. B. 1 Minimální posuny Hranice na Moravě

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Napajedla: UIC 60, UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FC1; minimální posuny [mm]							
		S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
1	R; 116	-0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,3
2	Na; 83	-0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,2	0,0	-0,3
3	Na; 55	-0,3	-0,1	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	0,0	-0,2
4	Na; 45	-0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,2
5	R; 108	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,5	-0,2	0,0	-0,3
6	Lv; 55	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	-0,1
7	R; 100	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1	-0,3
8	R; 96	-0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,3
9	Na; 46	-0,8	-0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,1	0,0	-0,2
10	Na; 58	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,2
11	R; 108	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,2
12	Na; 65	-0,6	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,4	-0,2	-0,6
13	R; 110	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,3
14	MUV 77; 57	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1
15	EC; 114	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,2
16	Os; 101	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,3
17	Os; 110	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,2
18	Na; 60	-0,4	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,2
19	Os; 115	-0,3	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,3
20	Na; 65	-0,6	-0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,2

Tab. B. 2 Minimální posuny Napajedla

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Hranice na Moravě: UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; maximální posuny [mm]							
		S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
1	SC Pendolino; 144	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,6	0,2
2	pracovní vlak; 50	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0
3	Na; 43	0,2	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,4	0,0
4	Na; 56	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1
5	IC RegioJet; 116	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2
6	Na; 43	0,1	0,1	0,4	0,0	0,3	0,2	0,3	0,0
7	Ex; 103	0,0	0,1	0,3	0,1	0,4	0,4	0,5	0,2
8	LEO Express (LE); 92	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,5	0,0
9	R; 107	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,6	0,1
10	Os; 104	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,3	0,6	0,0
11	EC; 112	0,1	0,0	0,3	0,0	0,4	0,2	0,6	0,0
12	SC Pendolino; 150	0,0	0,1	0,1	0,1	0,5	0,4	0,6	0,3
13	Na; 86	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,5	0,1
14	Na; 65	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1
15	Na; 64	0,2	0,1	0,3	0,0	0,1	0,2	0,4	0,0
16	IC RegioJet; 107	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,1
17	Ex; 114	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	0,3	0,6	0,1
18	Na; 77	0,1	0,0	0,4	0,0	0,3	0,2	0,4	0,0
19	LEO Express (LE); 128	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,3	0,6	0,1
20	R; 110	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,6	0,0
21	Os; 101	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,2	0,5	0,1
22	Na; 78	0,2	0,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,4	0,0
23	Lv; 79	0,0	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,5	0,2
24	Na; 45	0,3	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0
25	R; 53	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1

Tab. B. 3 Maximální posuny Hranice na Moravě

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Napajedla: UIC 60, UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FC1; maximální posuny [mm]							
		S0_m_k_x	S1_m_p_x	S2_m_p_y	S3_m_p_z	S4_m_k_x	S5_m_p_x	S6_m_p_y	S7_m_p_z
1	R; 116	0,3	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,2	0,0
2	Na; 83	0,3	0,1	0,2	0,0	0,7	0,0	0,2	0,0
3	Na; 55	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1
4	Na; 45	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
5	R; 108	0,4	0,0	0,1	0,0	1,1	0,1	0,2	0,0
6	Lv; 55	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
7	R; 100	0,2	0,1	0,1	0,0	1,1	0,1	0,2	0,1
8	R; 96	0,3	0,1	0,1	0,0	1,1	0,0	0,2	0,0
9	Na; 46	0,3	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,2	0,0
10	Na; 58	0,3	0,1	0,2	0,0	0,6	0,1	0,2	0,0
11	R; 108	0,5	0,0	0,1	0,1	1,6	0,1	0,2	0,0
12	Na; 65	0,2	0,2	0,3	0,1	0,6	0,2	0,3	0,6
13	R; 110	0,3	0,1	0,1	0,0	2,2	0,1	0,2	0,0
14	MUV 77; 57	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
15	EC; 114	0,2	0,1	0,1	0,1	1,1	0,1	0,2	0,0
16	Os; 101	0,2	0,1	0,1	0,0	1,0	0,1	0,2	0,1
17	Os; 110	0,3	0,0	0,1	0,1	1,0	0,0	0,2	0,0
18	Na; 60	0,5	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,0
19	Os; 115	0,2	0,1	0,1	0,0	0,8	0,1	0,1	0,0
20	Na; 65	0,2	0,0	0,2	0,2	0,6	0,0	0,1	0,2

Tab. B. 4 Maximální posuny Napajedla

PŘÍLOHA C
VIBRACE – EXTRÉMNÍ HODNOTY A RMS

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrém; Hranice na Moravě: UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; [m/s ²]; vnitřní strana											
		A2		A3		A4		A5		A6		A7	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	SC Pendolino; 144	-131	81	-141	152	-422	279	-25	22	-105	82	-141	71
2	pracovní vlak; 50	-15	18	-44	44	-60	58	-4	4	-8	9	-16	17
3	Na; 43	-60	61	-198	199	-139	171	-18	15	-33	28	-58	61
4	Na; 56	-147	138	-320	325	-523	339	-28	33	-91	63	-133	97
5	IC RegioJet; 116	-366	286	-1028	1054	-1052	775	-56	62	-172	122	-236	203
6	Na; 43	-73	51	-165	141	-358	318	-77	51	-101	59	-190	116
7	Ex; 103	-67	73	-205	189	-192	197	-13	12	-44	43	-67	44
8	LEO Express (LE); 92	-78	64	-142	167	-133	101	-7	6	-15	14	-21	23
9	R; 107	-323	320	-883	986	-818	642	-68	66	-145	132	-111	96
10	Os; 104	-312	210	-607	560	-580	472	-28	26	-84	76	-92	125
11	EC; 112	-270	262	-752	716	-603	605	-43	39	-99	97	-86	73
12	SC Pendolino; 150	-133	102	-270	254	-197	210	-12	14	-27	23	-34	31
13	Na; 86	-295	283	-896	834	-589	662	-53	63	-109	120	-150	105
14	Na; 65	-163	176	-523	454	-396	360	-23	22	-49	49	-80	88
15	Na; 64	-200	173	-708	686	-765	657	-30	34	-114	75	-145	79
16	IC RegioJet; 107	-421	260	-925	1005	-994	942	-44	52	-96	101	-145	110
17	Ex; 114	-99	94	-279	250	-370	220	-14	15	-37	43	-60	42
18	Na; 77	-230	217	-539	529	-660	458	-49	52	-166	132	-259	120
19	LEO Express (LE); 128	-50	45	-122	119	-107	126	-9	6	-14	15	-22	20
20	R; 110	-390	348	-1009	1053	-856	764	-63	69	-122	121	-95	100
21	Os; 101	-354	218	-655	573	-503	481	-23	25	-46	62	-61	60
22	Na; 78	-257	270	-768	726	-677	674	-31	32	-72	64	-109	111
23	Lv; 79	-400	216	-445	425	-394	331	-21	27	-55	58	-83	87
24	Na; 45	-100	103	-229	204	-159	129	-17	15	-43	31	-118	51
25	R; 53	-250	137	-196	203	-141	134	-6	6	-11	11	-19	14

Tab. C. 1 Globální extrém, Hranice na Moravě, vnitřní

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrém; Napajedla: UIC 60, UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FC1; [m/s ²]; vnitřní strana											
		A2		A3		A4		A5		A6		A7	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	R; 116	-654	685	-594	631	-1202	1312	-27	31	-55	57	-56	70
2	Na; 83	-740	587	-837	592	-2464	1659	-33	29	-50	51	-92	51
3	Na; 55	-184	251	-372	354	-747	709	-18	18	-37	48	-73	78
4	Na; 45	-108	111	-178	193	-352	342	-13	11	-18	18	-29	27
5	R; 108	-311	304	-522	578	-1364	1298	-35	41	-67	84	-89	59
6	Lv; 55	-66	65	-113	117	-235	255	-7	9	-11	12	-27	27
7	R; 100	-237	211	-370	386	-940	911	-23	25	-46	51	-49	50
8	R; 96	-295	307	-550	500	-1212	1217	-30	31	-45	45	-76	101
9	Na; 46	-178	175	-293	301	-847	592	-32	27	-36	40	-68	55
10	Na; 58	-239	231	-424	434	-881	1086	-20	21	-35	34	-42	47
11	R; 108	-371	400	-456	496	-1744	1321	-30	28	-43	50	-67	68
12	Na; 65	-231	243	-459	383	-1053	901	-23	31	-43	39	-59	61
13	R; 110	-219	178	-333	345	-839	707	-24	31	-61	63	-37	39
14	MUV 77; 57	-33	49	-73	65	-137	134	-4	4	-7	9	-9	8
15	EC; 114	-149	144	-342	332	-538	428	-18	20	-48	52	-43	31
16	Os; 101	-106	107	-221	238	-446	503	-12	13	-27	22	-28	29
17	Os; 110	-211	170	-363	586	-721	660	-46	21	-54	51	-52	54
18	Na; 60	-426	161	-330	317	-431	449	-23	23	-34	34	-48	45
19	Os; 115	-195	136	-220	217	-459	405	-17	18	-23	30	-27	27
20	Na; 65	-135	155	-231	256	-548	505	-18	17	-39	41	-38	36

Tab. C. 2 Globální extrém, Napajedla, vnitřní

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrém; Hranice na Moravě: UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; [m/s ²]; vnější strana											
		A10		A11		A12		A13		A14		A15	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	SC Pendolino; 144	-94	111	-163	173	-266	135	-22	20	-42	50	-56	35
2	pracovní vlak; 50	-43	38	-58	55	-71	45	-10	6	-12	13	-25	15
3	Na; 43	-194	157	-146	146	-138	167	-20	21	-37	39	-54	57
4	Na; 56	-222	94	-312	287	-456	315	-37	42	-97	105	-121	105
5	IC RegioJet; 116	-230	100	-227	238	-285	246	-37	43	-75	75	-80	76
6	Na; 43	-289	239	-192	154	-1345	1738	-153	116	-58	123	-148	132
7	Ex; 103	-118	137	-105	129	-186	99	-28	14	-29	44	-71	36
8	LEO Express (LE); 92	-35	34	-66	66	-113	93	-9	9	-23	20	-28	24
9	R; 107	-234	225	-512	454	-992	2321	-69	70	-140	145	-92	89
10	Os; 104	-222	163	-371	373	-300	312	-35	34	-77	84	-82	59
11	EC; 112	-225	274	-267	258	-510	2795	-31	30	-76	76	-59	59
12	SC Pendolino; 150	-147	97	-197	198	-192	112	-21	16	-37	56	-74	37
13	Na; 86	-324	266	-400	415	-1020	2605	-72	56	-152	180	-201	109
14	Na; 65	-108	111	-303	288	-313	246	-35	26	-68	97	-127	81
15	Na; 64	-38	44	-132	143	-184	181	-34	32	-89	92	-73	67
16	IC RegioJet; 107	-131	109	-371	347	-371	293	-27	34	-77	71	-67	71
17	Ex; 114	-130	56	-171	179	-274	214	-16	21	-30	41	-38	28
18	Na; 77	-179	154	-300	353	-615	406	-93	73	-183	243	-280	106
19	LEO Express (LE); 128	-62	66	-116	136	-203	205	-14	8	-31	36	-27	18
20	R; 110	-202	202	-400	393	-454	446	-45	49	-100	108	-78	65
21	Os; 101	-149	120	-297	268	-241	229	-25	25	-61	66	-51	51
22	Na; 78	-191	193	-413	415	-585	501	-47	37	-104	109	-107	83
23	Lv; 79	-268	116	-220	233	-234	232	-21	21	-60	57	-57	62
24	Na; 45	-51	51	-184	146	-195	115	-26	18	-34	62	-95	44
25	R; 53	-31	36	-77	73	-89	82	-8	6	-13	14	-23	19

Tab. C. 3 Globální extrém, Hranice na Moravě, vnější

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Globální extrém; Napajedla: UIC 60, UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FC1; [m/s ²]; vnější strana											
		A10		A11		A12		A13		A14		A15	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	R; 116	-596	679	-685	573	-1115	927	-24	25	-51	48	-72	92
2	Na; 83	-622	585	-708	606	-1169	1055	-14	14	-39	40	-58	54
3	Na; 55	-349	366	-305	295	-449	383	-11	11	-31	24	-42	32
4	Na; 45	-240	235	-242	197	-390	301	-11	9	-16	16	-33	26
5	R; 108	-760	770	-1017	817	-1109	1042	-20	17	-43	42	-75	83
6	Lv; 55	-145	248	-158	241	-242	252	-6	7	-14	14	-31	26
7	R; 100	-1200	367	-228	1873	-1384	1885	-117	19	-57	51	-109	82
8	R; 96	-544	605	-652	865	-1134	1563	-19	25	-46	43	-91	79
9	Na; 46	-241	229	-344	297	-541	567	-17	16	-36	36	-44	44
10	Na; 58	-435	512	-517	705	-1261	1317	-18	19	-39	29	-56	49
11	R; 108	-624	713	-901	918	-1324	1448	-14	16	-46	53	-87	86
12	Na; 65	-666	508	-483	680	-1674	1234	-23	21	-38	31	-125	108
13	R; 110	-591	577	-698	853	-1405	1463	-24	34	-72	80	-64	58
14	MUV 77; 57	-135	124	-183	136	-216	211	-4	4	-10	8	-23	32
15	EC; 114	-471	534	-830	835	-1342	1170	-19	21	-57	70	-112	101
16	Os; 101	-433	406	-539	467	-766	908	-15	22	-31	33	-57	70
17	Os; 110	-467	450	-555	613	-1153	1338	-15	14	-45	45	-87	78
18	Na; 60	-214	212	-303	315	-573	440	-16	17	-31	32	-59	42
19	Os; 115	-387	340	-544	497	-913	973	-12	15	-25	25	-52	42
20	Na; 65	-304	343	-433	449	-641	636	-17	18	-38	30	-48	46

Tab. C. 4 Globální extrém, Napajedla, vnější

číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Efektivní hodnota zrychlení vibračí RMS; Hranice na Moravě: UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; [m/s ²]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
1	SC Pendolino; 144	6	8	9	1	2	2	6	12	9	1	2	2
2	pracovní vlak; 50	2	4	3	0	0	1	2	4	3	0	1	1
3	Na; 43	9	24	18	2	3	5	8	18	15	2	3	5
4	Na; 56	13	30	30	2	5	8	12	32	27	3	7	7
5	IC Regiojet; 116	26	50	43	3	6	7	9	20	15	2	4	4
6	Na; 43	5	13	11	1	2	4	11	17	32	5	3	5
7	Ex; 103	6	10	10	1	1	2	5	8	7	1	2	2
8	LEO Express (LE); 92	4	6	6	0	1	1	3	7	6	1	1	1
9	R; 107	36	71	55	3	7	7	22	47	59	4	10	7
10	Os; 104	18	33	32	2	4	5	14	30	23	2	5	4
11	EC; 112	17	34	28	1	4	4	16	22	117	2	4	3
12	SC Pendolino; 150	10	16	14	1	2	2	8	14	11	1	2	2
13	Na; 86	40	86	70	4	10	12	20	46	90	4	10	9
14	Na; 65	25	50	37	2	5	8	17	40	34	3	6	8
15	Na; 64	9	21	20	1	3	4	4	12	12	1	4	4
16	IC Regiojet; 107	17	32	30	1	4	5	11	31	22	2	4	3
17	Ex; 114	10	15	13	1	2	2	6	12	9	1	2	2
18	Na; 77	26	57	51	3	7	10	14	38	33	4	8	8
19	LEO Express (LE); 128	5	9	8	0	1	1	4	8	7	1	1	1
20	R; 110	42	85	65	3	8	7	23	48	42	4	9	6
21	Os; 101	17	31	27	1	3	4	13	29	23	2	4	3
22	Na; 78	31	68	62	3	8	9	19	50	45	4	11	9
23	Lv; 79	32	57	47	2	5	7	19	29	26	2	4	4
24	Na; 45	10	21	14	1	2	4	7	17	13	1	2	4
25	R; 53	8	12	8	0	1	1	3	7	5	0	1	1

Tab. C. 5 RMS, Hranice na Moravě

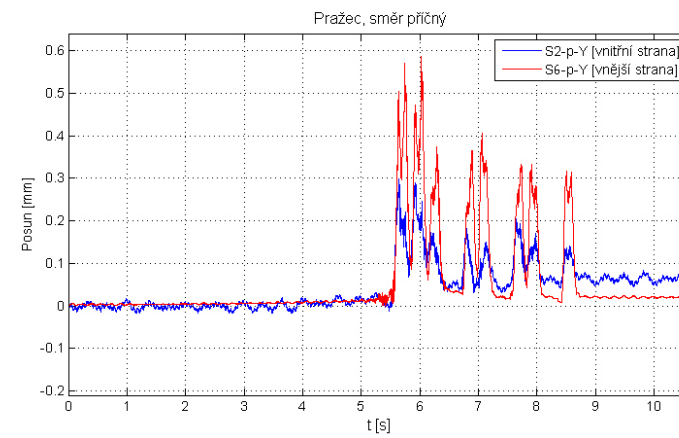
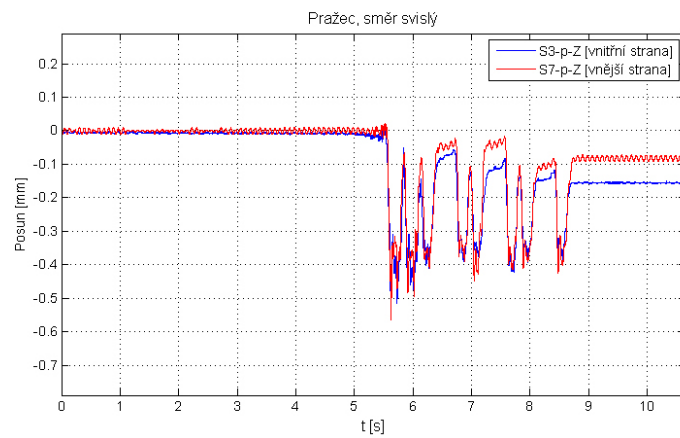
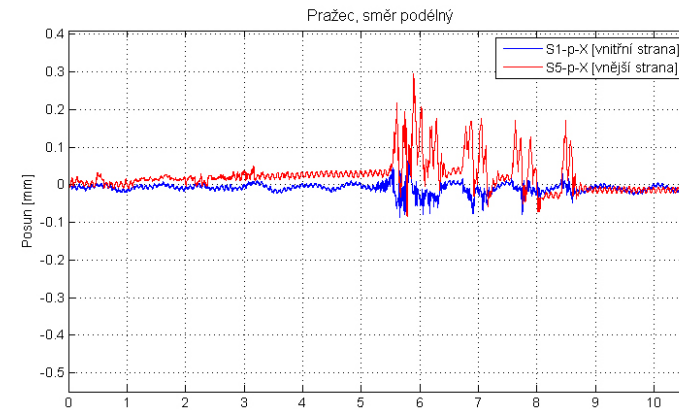
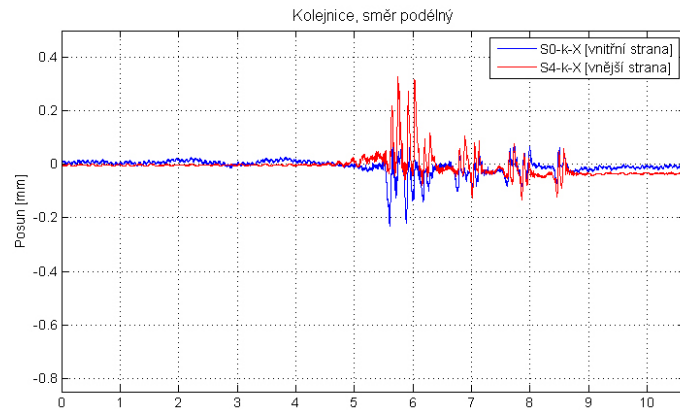
číslo vlaku	Vlak; rychlost [km/h]	Efektivní hodnota zrychlení vibračí RMS; Napajedla: UIC 60, UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FC1; [m/s ²]											
		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
1	R; 116	71	63	118	3	5	5	84	80	120	2	5	7
2	Na; 83	58	78	161	4	6	7	94	95	144	2	6	9
3	Na; 55	26	44	79	2	3	4	37	39	53	1	3	5
4	Na; 45	13	23	34	1	2	3	18	22	30	1	2	3
5	R; 108	40	58	127	3	5	5	88	82	108	2	5	6
6	Lv; 55	7	12	19	1	1	2	16	17	20	1	1	3
7	R; 100	28	45	91	3	5	4	24	23	29	2	5	6
8	R; 96	39	56	119	3	5	5	57	72	119	2	5	6
9	Na; 46	22	36	60	2	3	5	31	46	69	1	3	6
10	Na; 58	24	40	76	2	3	4	36	49	79	1	3	6
11	R; 108	41	58	126	3	5	5	66	78	121	2	5	6
12	Na; 65	29	45	81	2	3	5	42	55	83	2	4	7
13	R; 110	26	38	81	2	4	4	61	71	120	1	4	6
14	MUV 77; 57	4	7	10	0	1	1	9	13	18	0	1	2
15	EC; 114	18	29	51	2	4	3	67	82	126	1	4	7
16	Os; 101	14	21	40	1	2	2	43	46	74	1	3	4
17	Os; 110	21	33	66	2	3	3	49	54	87	1	3	5
18	Na; 60	24	44	64	2	3	5	35	46	61	1	3	6
19	Os; 115	15	21	38	1	2	2	39	47	68	1	2	4
20	Na; 65	20	32	59	2	3	4	45	57	84	2	3	7

Tab. C. 6 RMS, Napajedla

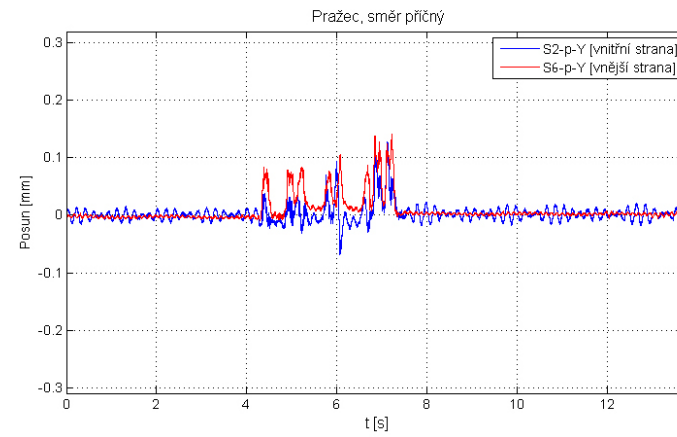
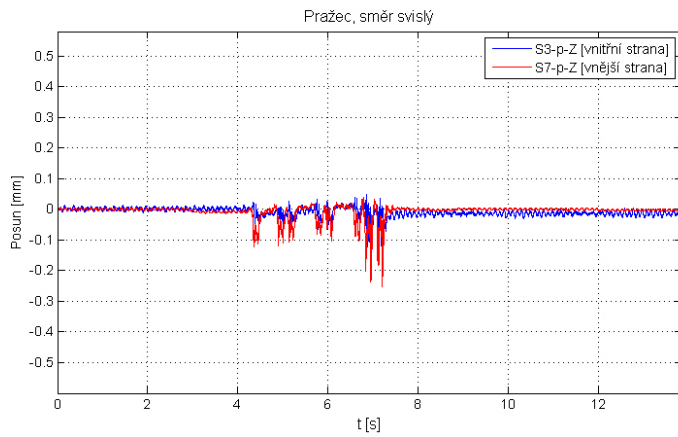
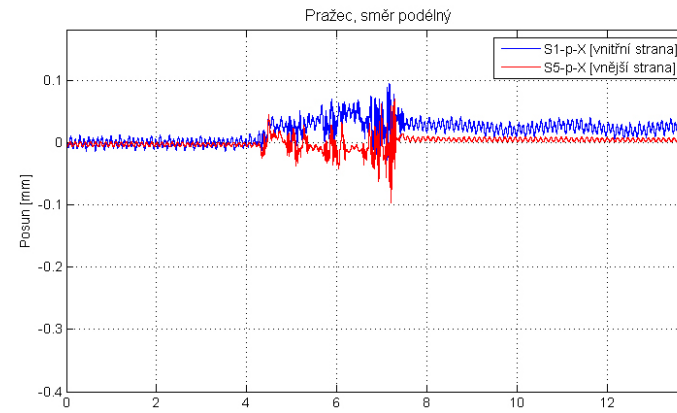
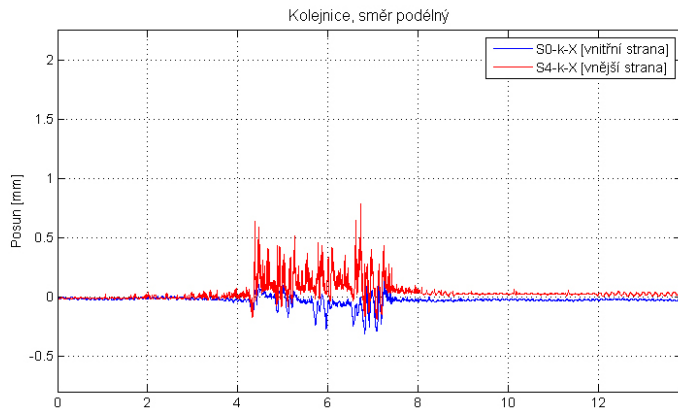
PŘÍLOHA D
POSUNY – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ OBLASTI

Grafy budou pro lepší orientaci vyobrazeny v pořadí porovnávaných vlakových souprav na sousedících stránkách. Ostatní grafy budou vyobrazeny podle času průjezdu a měřicího úseku. U každého grafu bude popsán typ vlaku, jeho rychlost, měřicí úsek a typ upevnění.

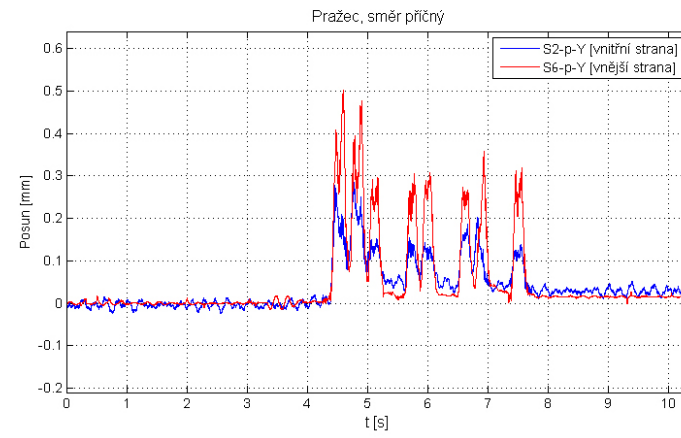
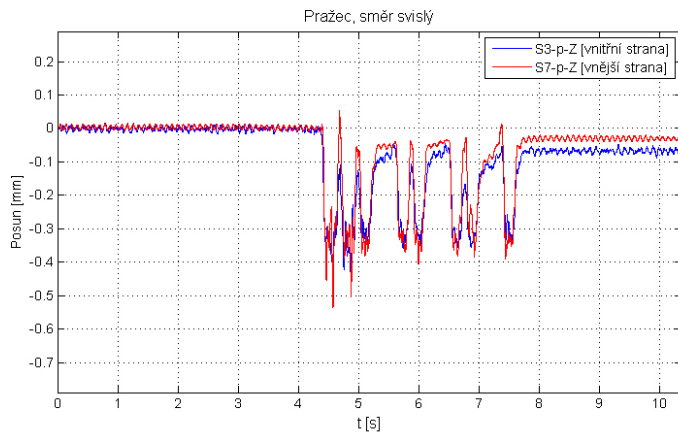
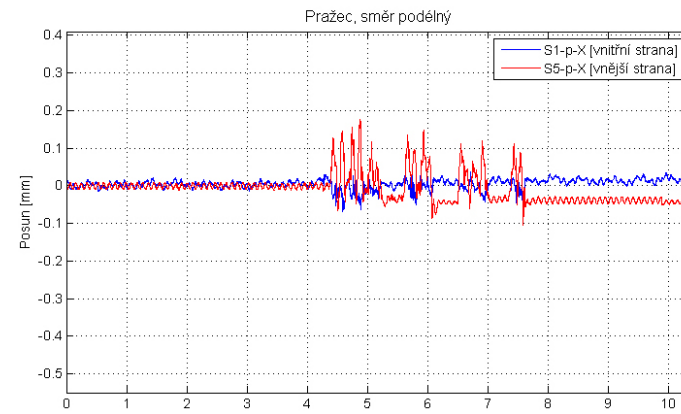
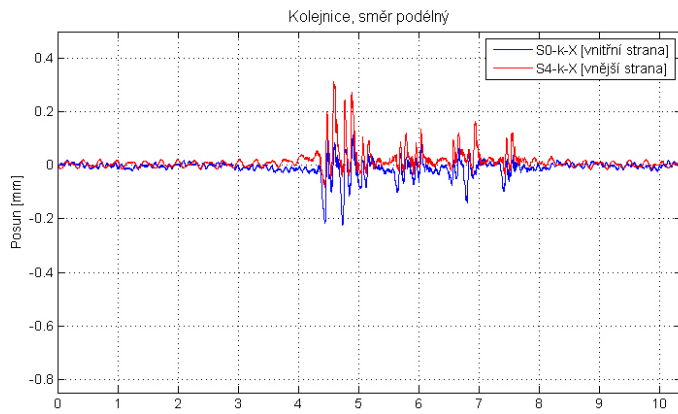
SROVNATELNÉ DVOJICE



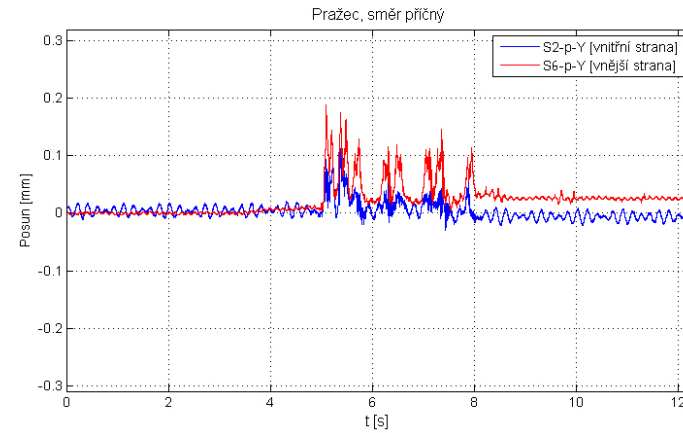
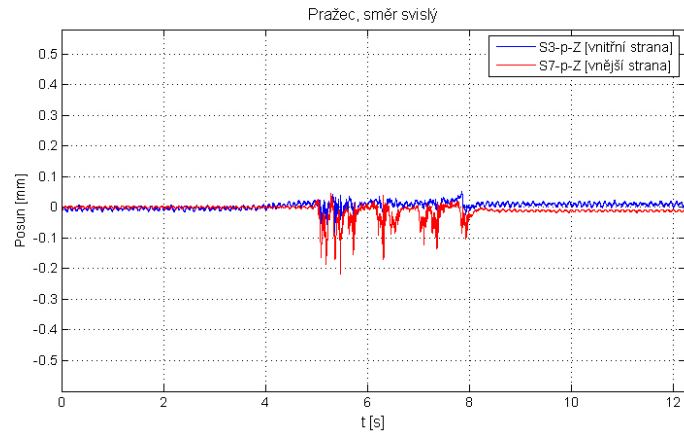
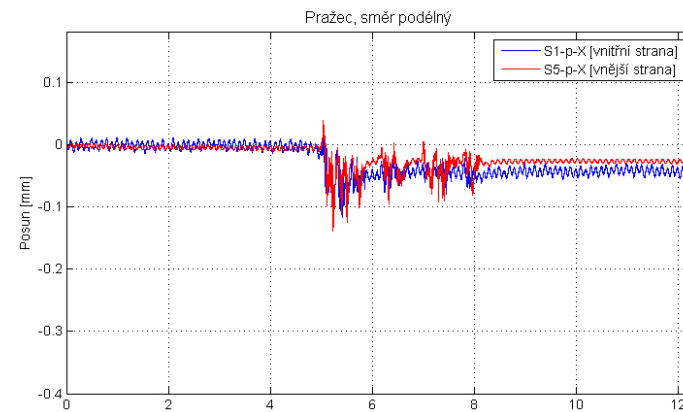
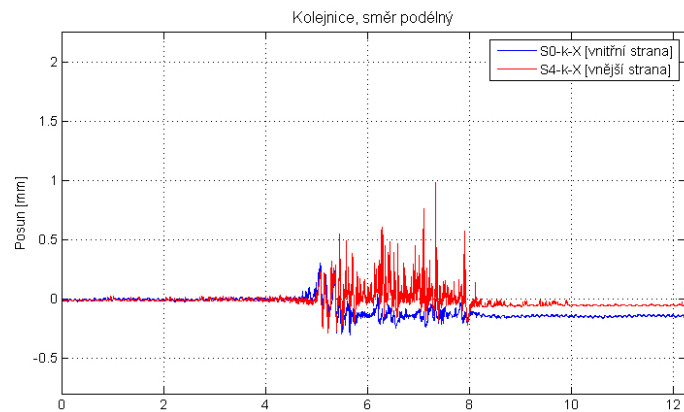
Graf D. 1 Os; 104 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



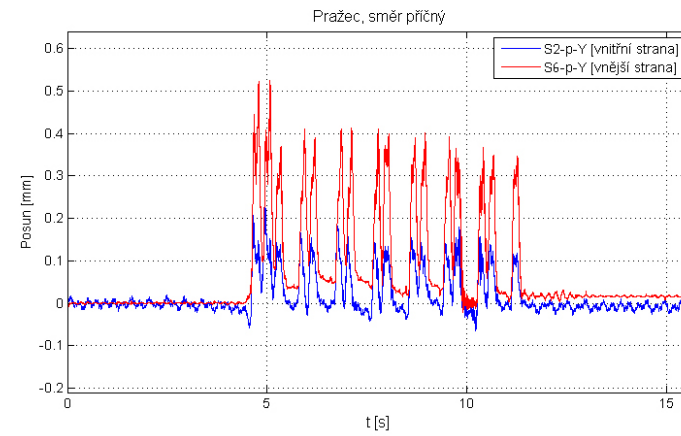
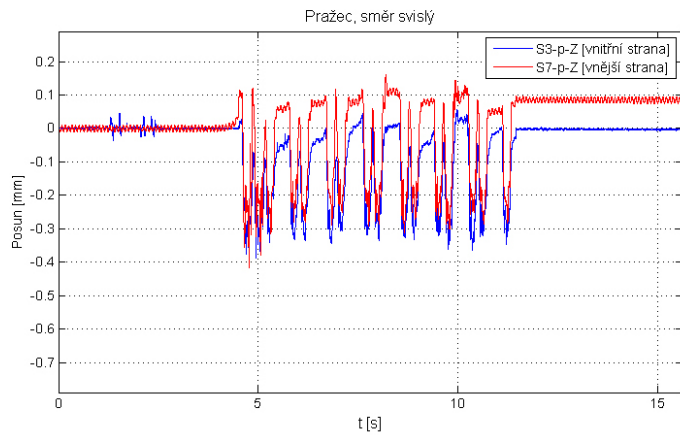
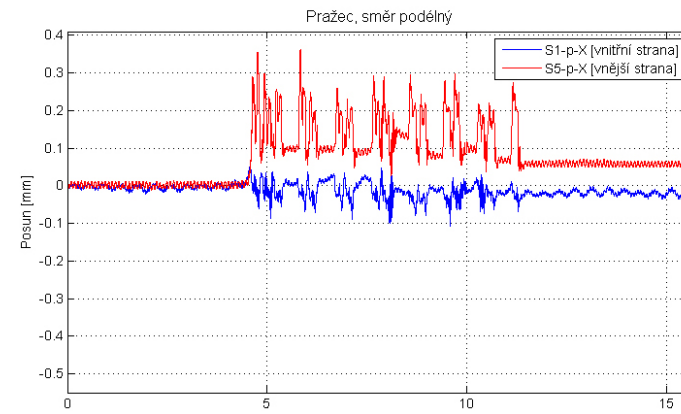
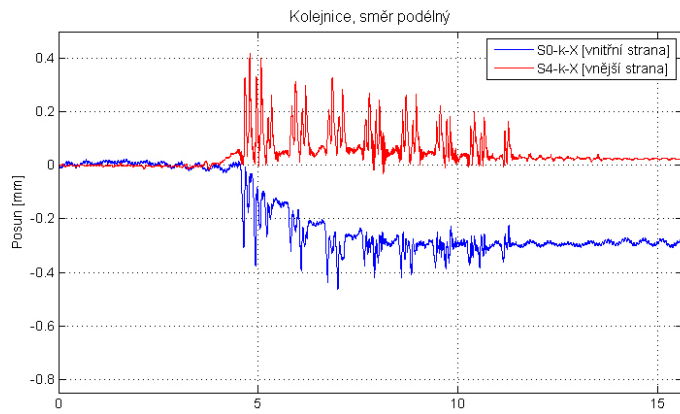
Graf D. 2 Os; 115 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



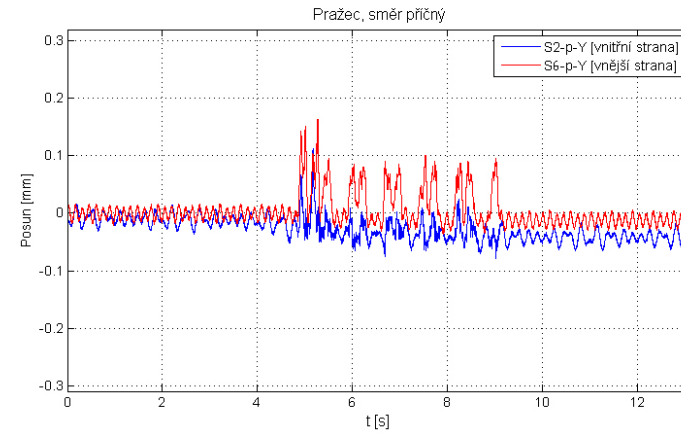
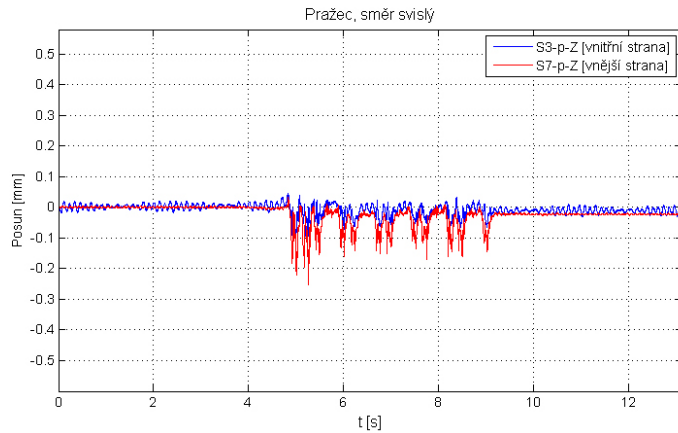
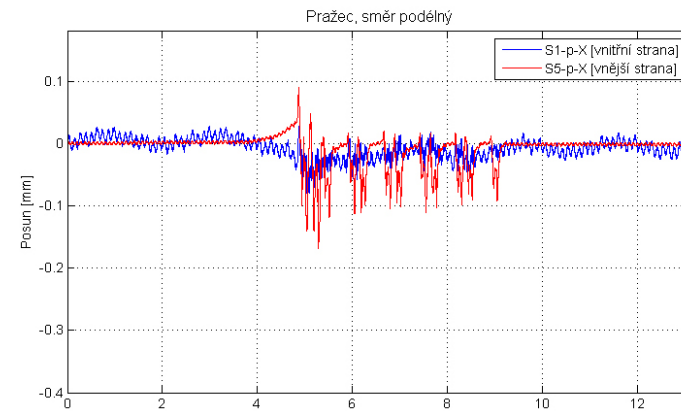
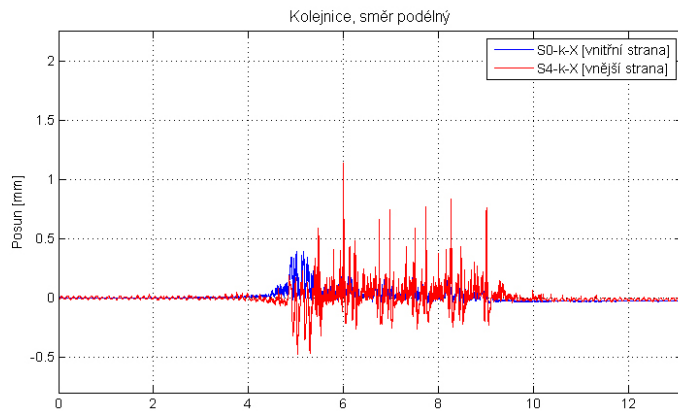
Graf D. 3 Os; 101 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



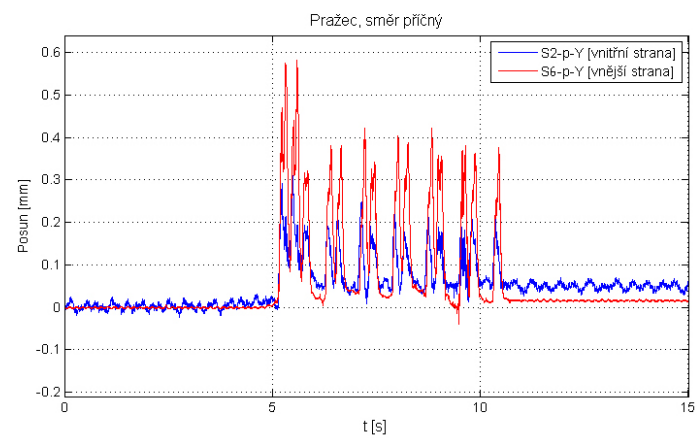
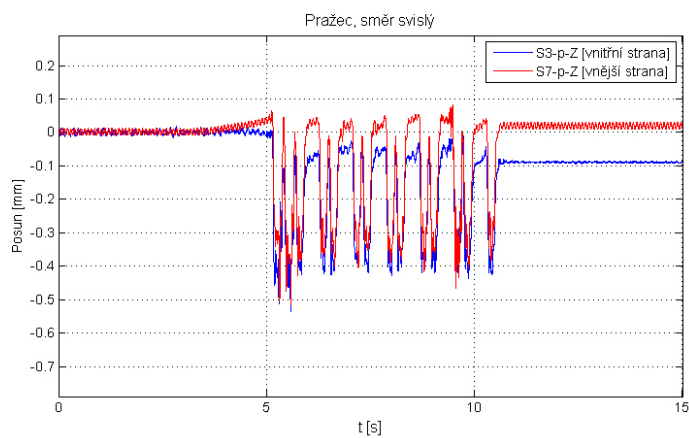
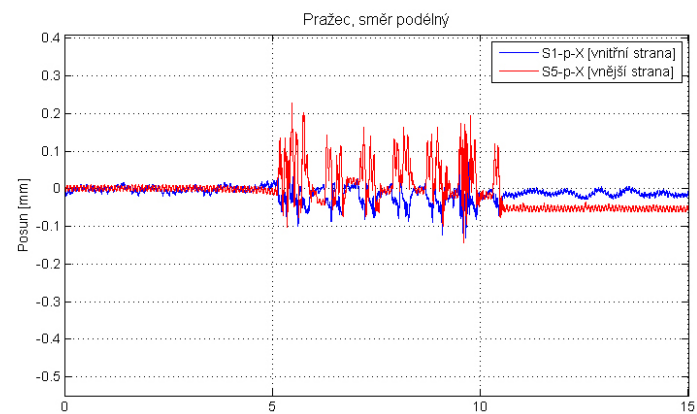
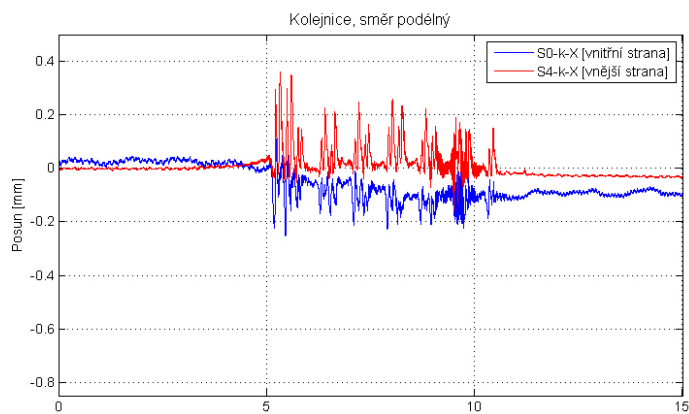
Graf D. 4 Os; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



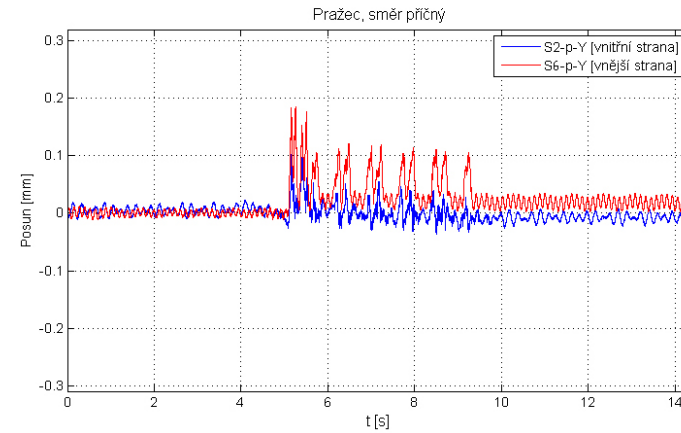
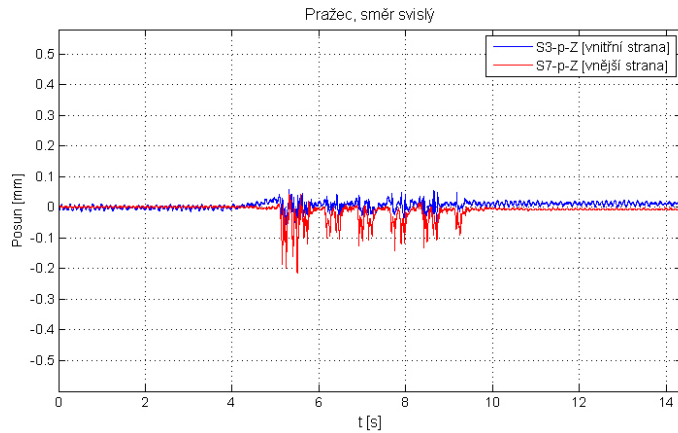
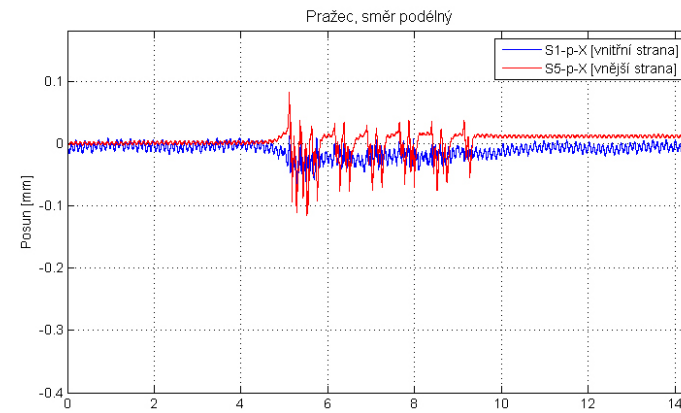
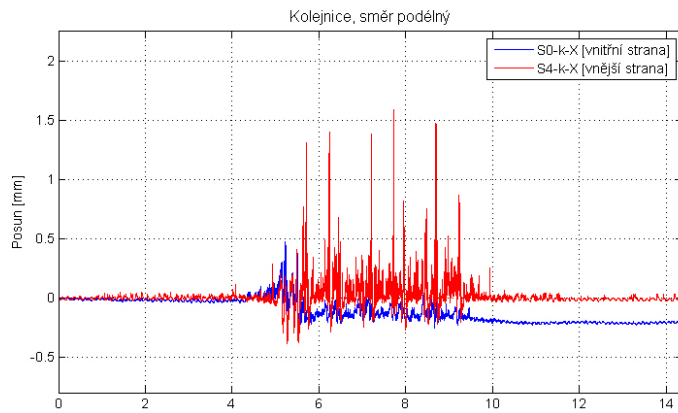
Graf D. 5 Ex; 103 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



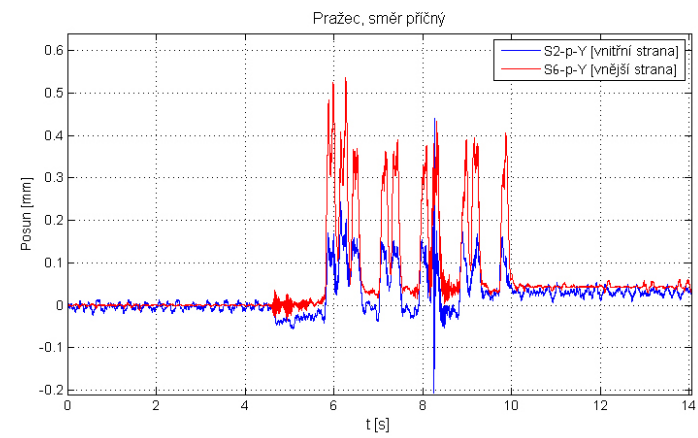
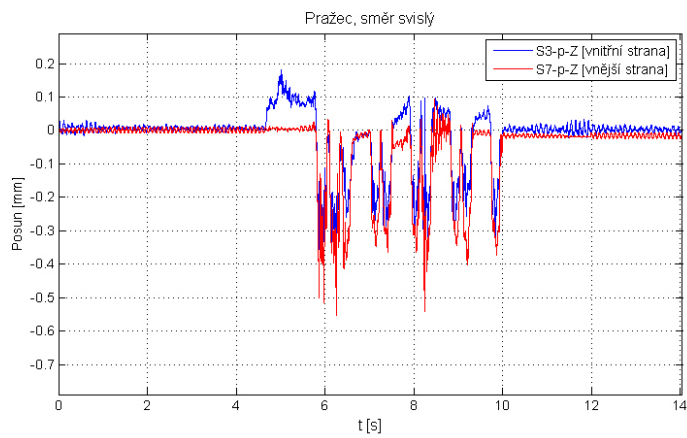
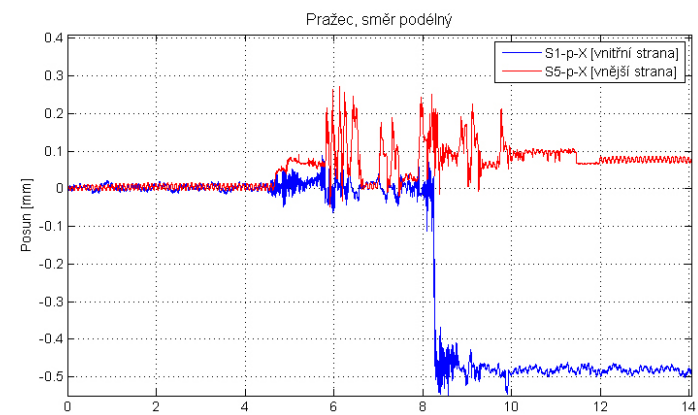
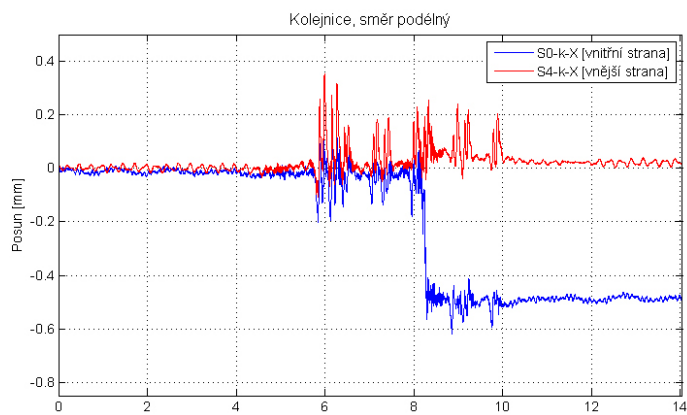
Graf D. 6 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



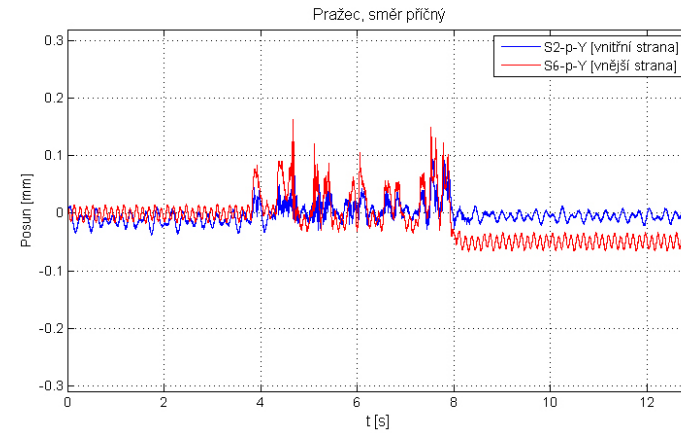
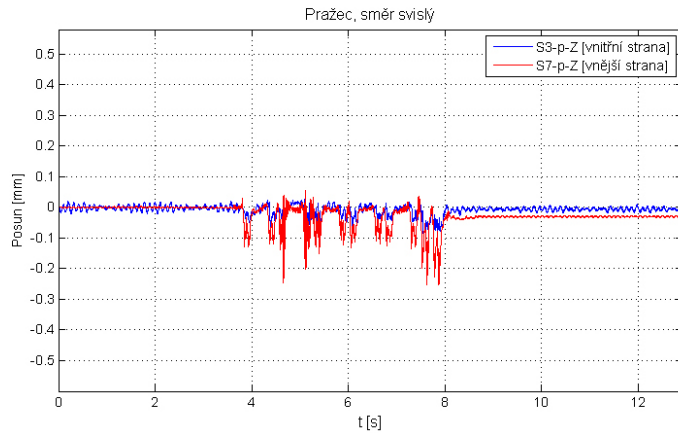
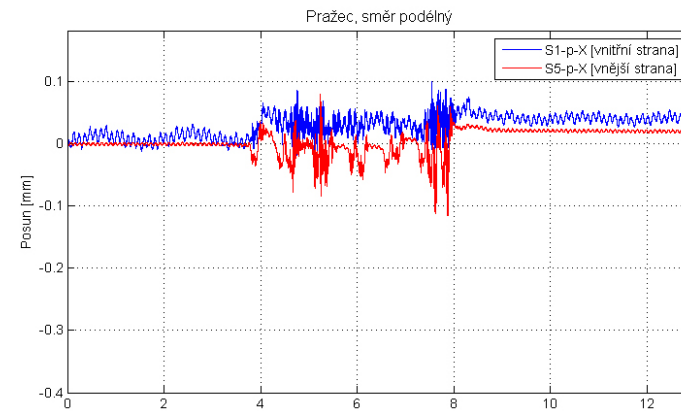
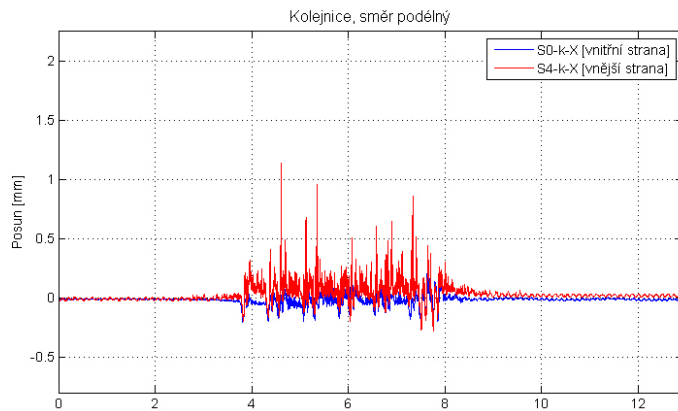
Graf D. 7 R; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



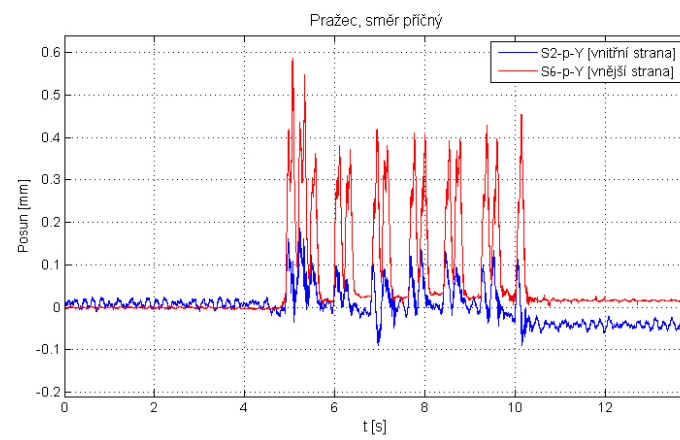
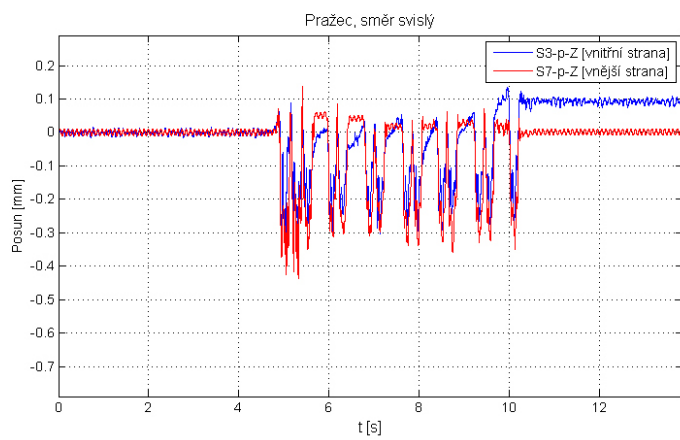
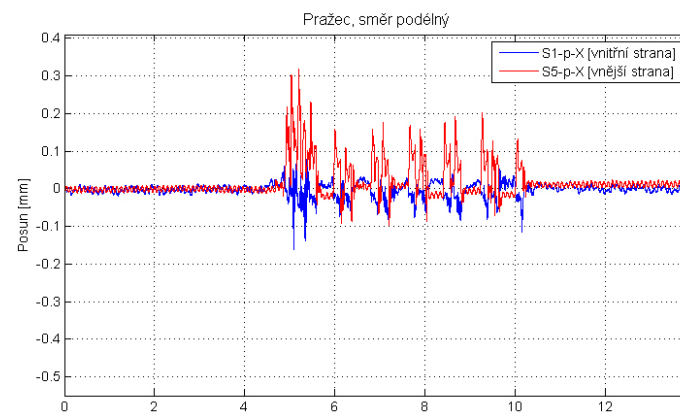
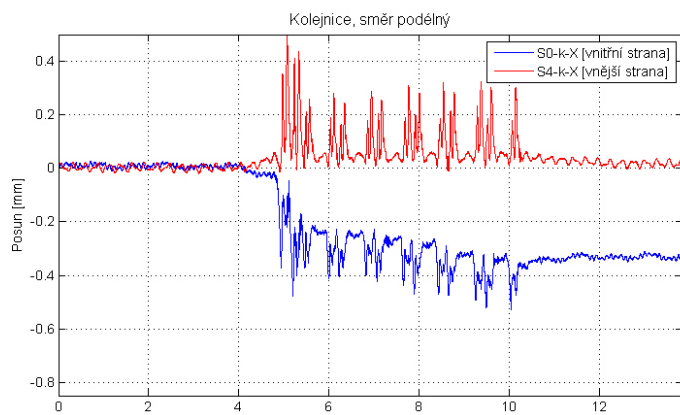
Graf D. 8 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



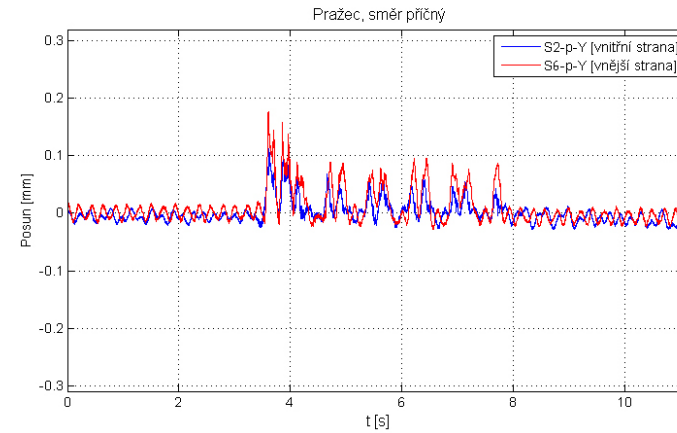
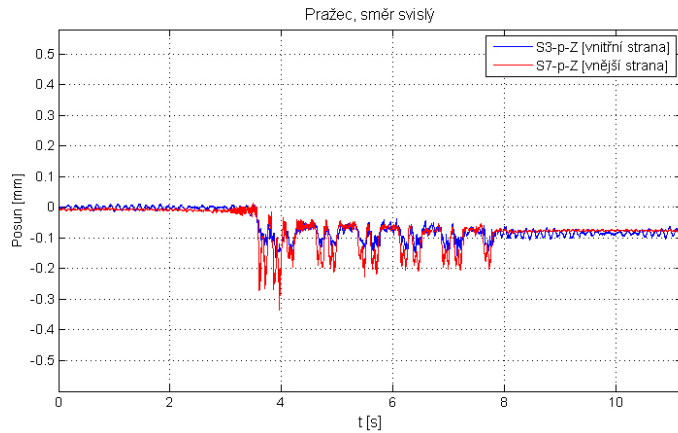
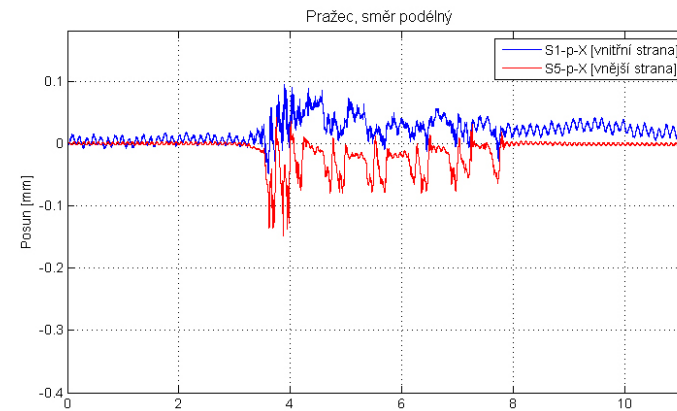
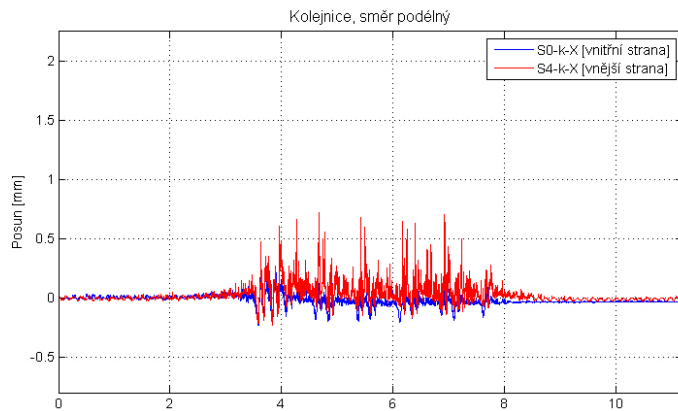
Graf D. 9 IC Regiojet; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



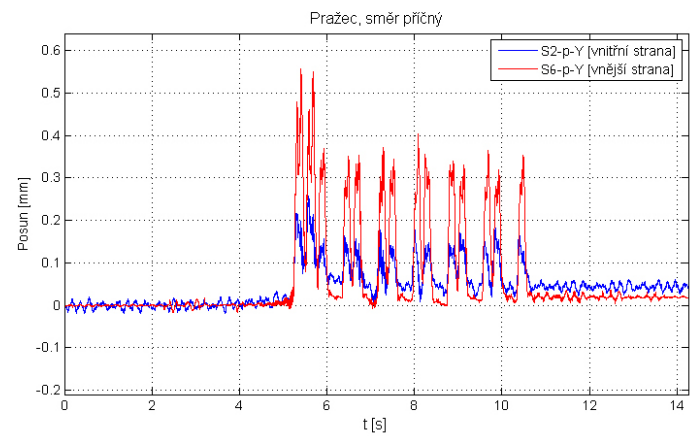
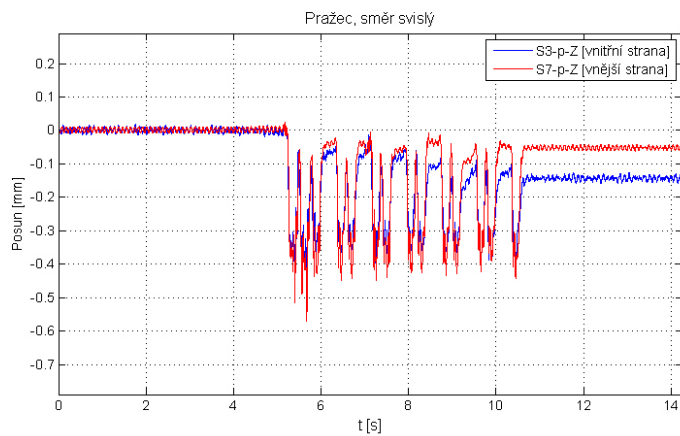
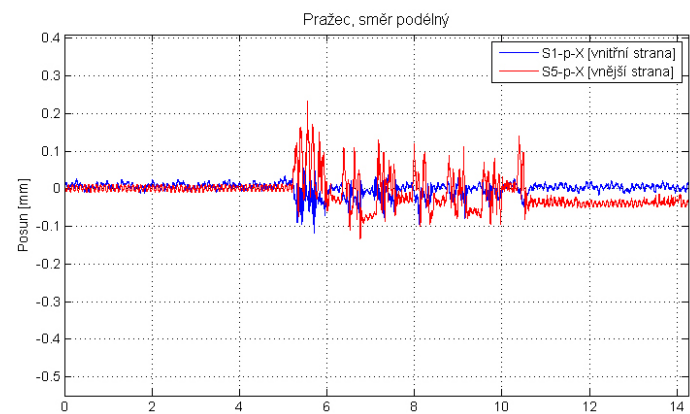
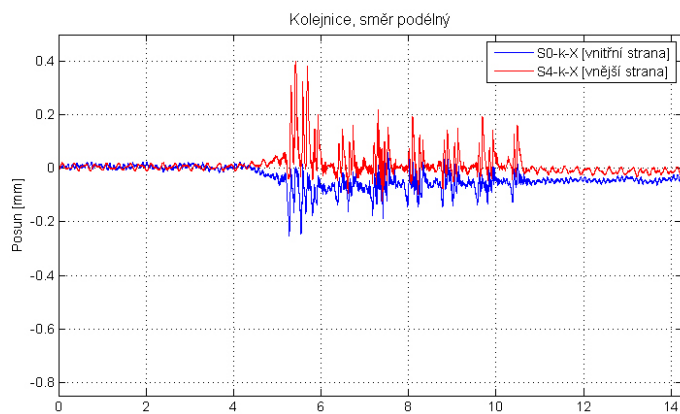
Graf D. 10 R; 100 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



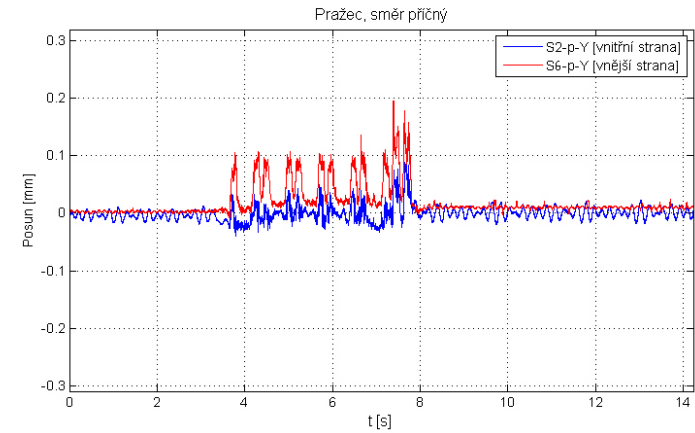
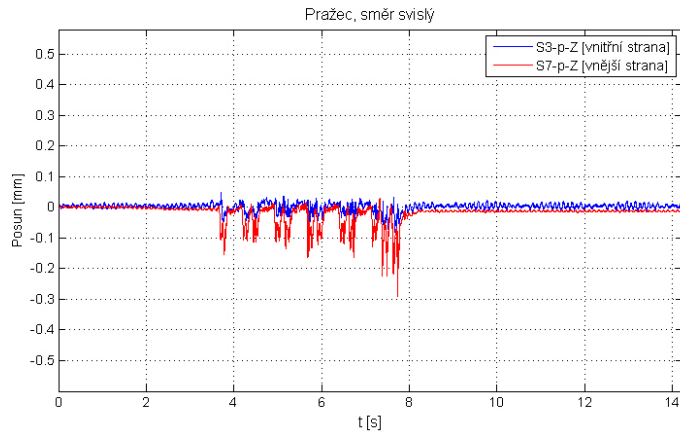
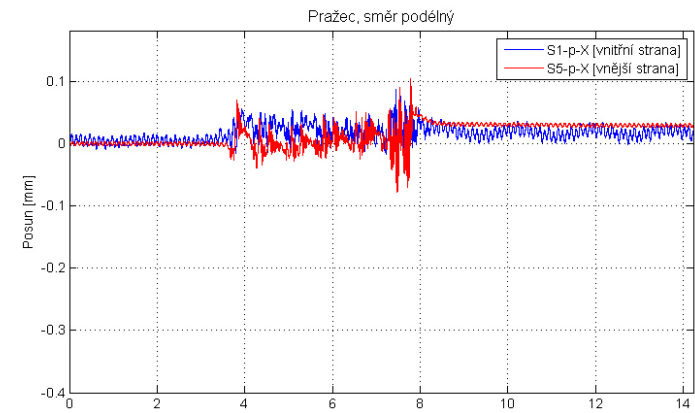
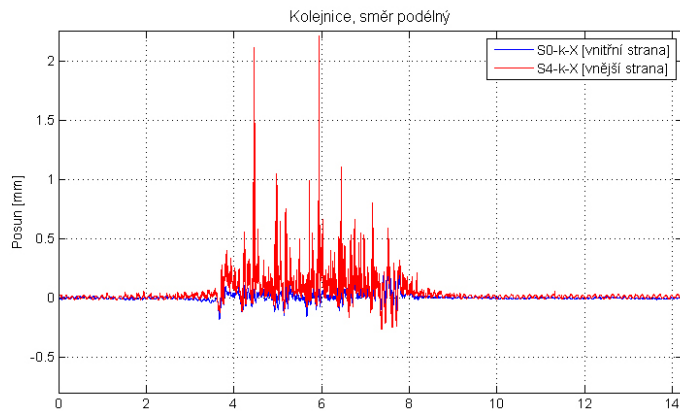
Graf D. 11 Ex; 114 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



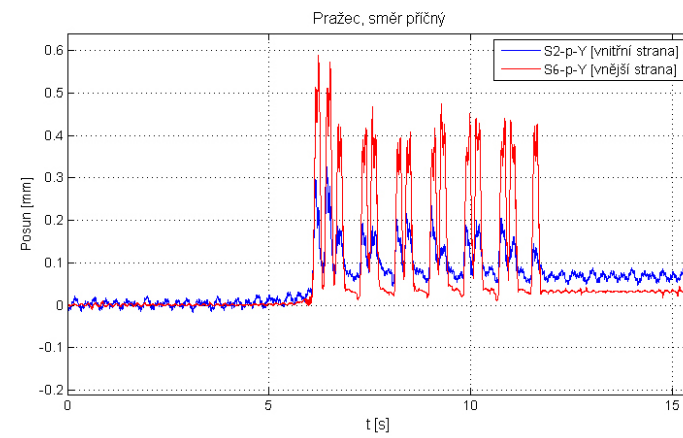
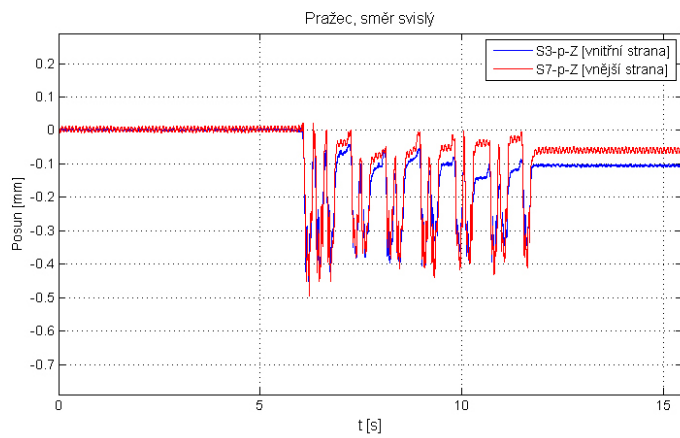
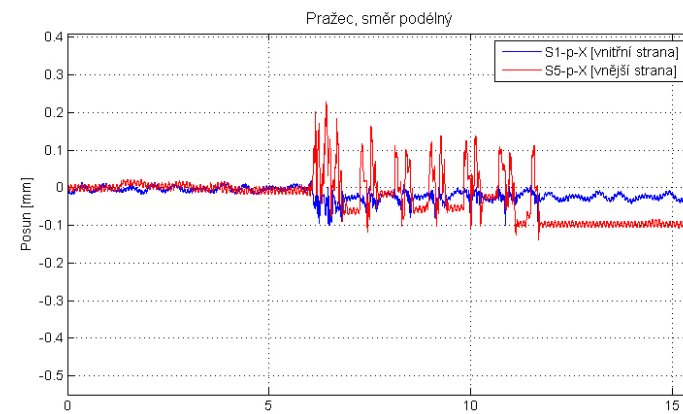
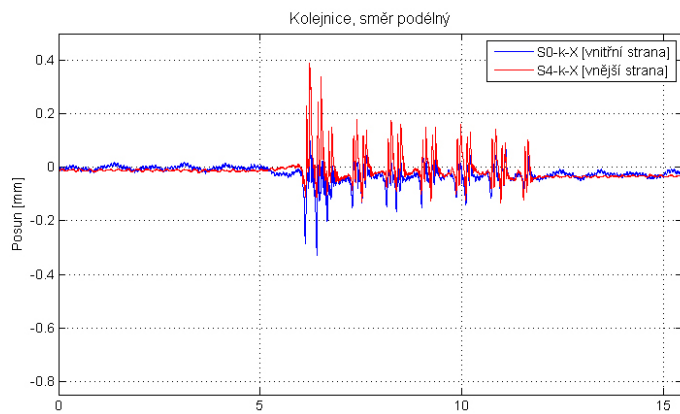
Graf D. 12 R; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



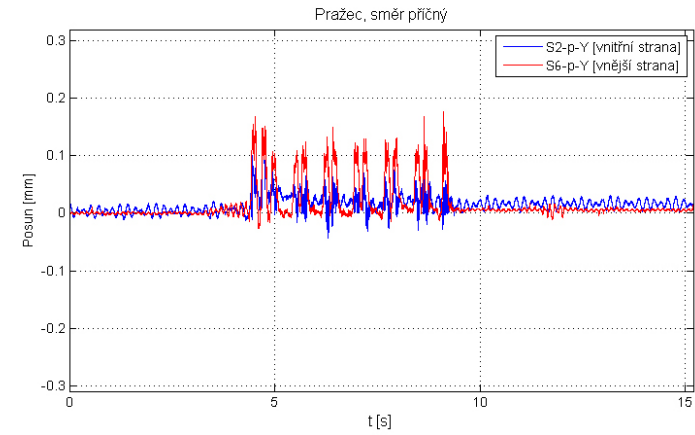
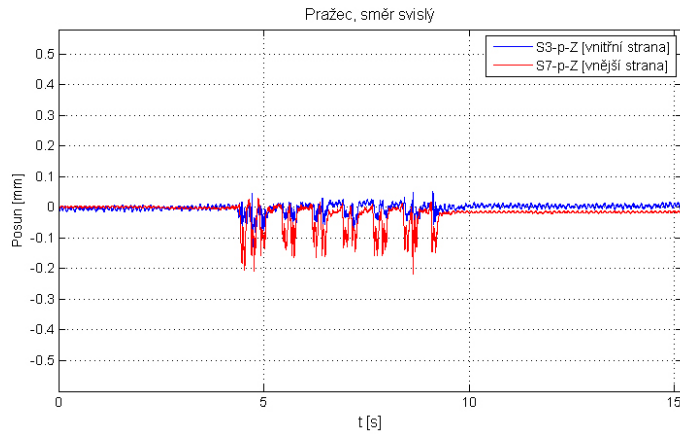
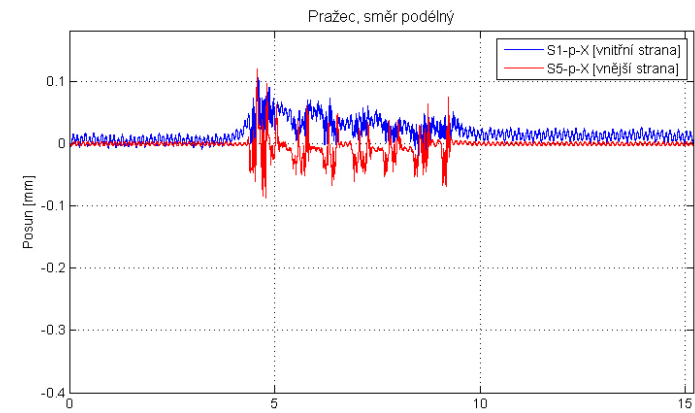
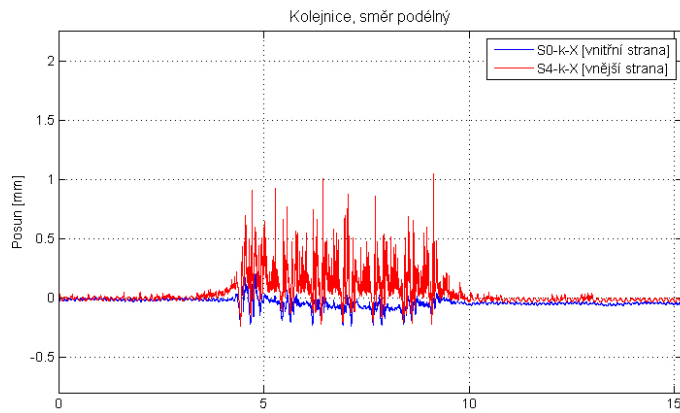
Graf D. 13 R; 110 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



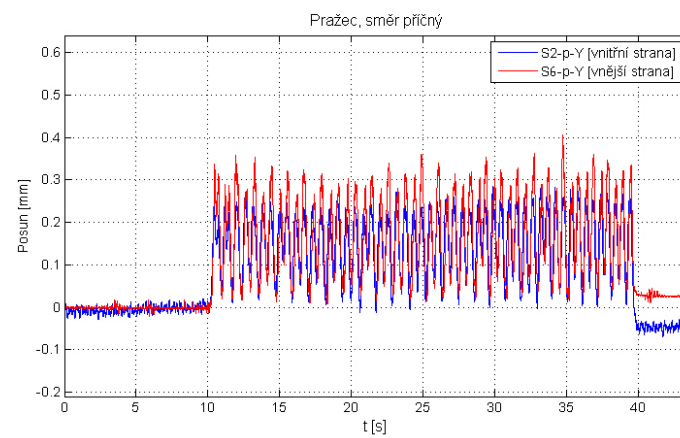
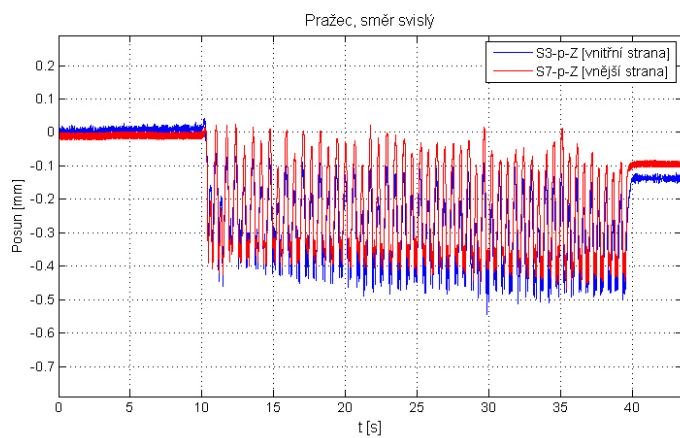
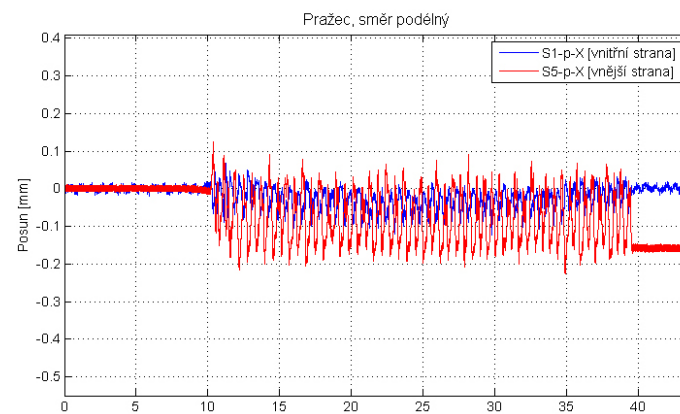
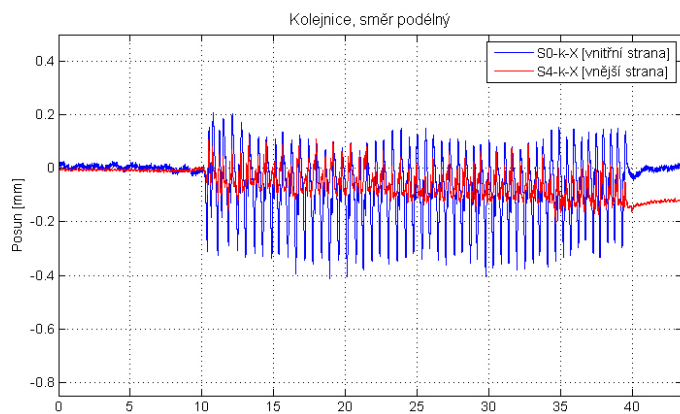
Graf D. 14 R; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



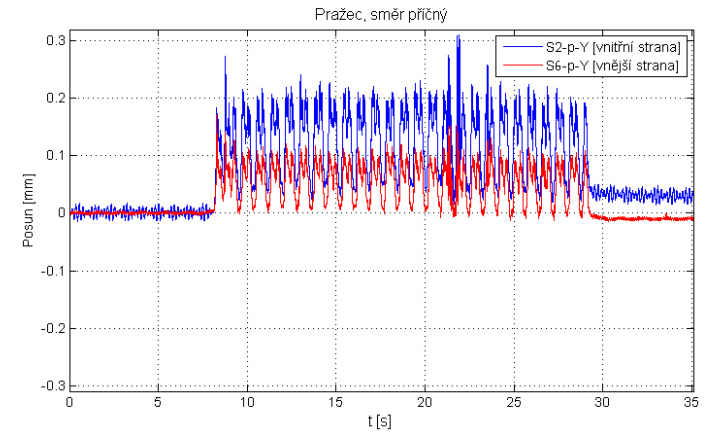
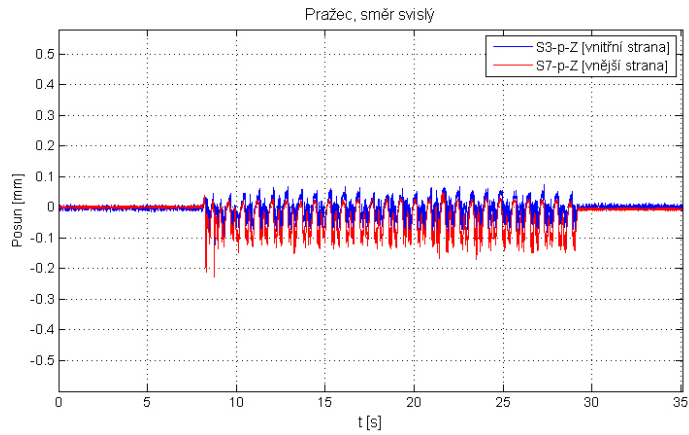
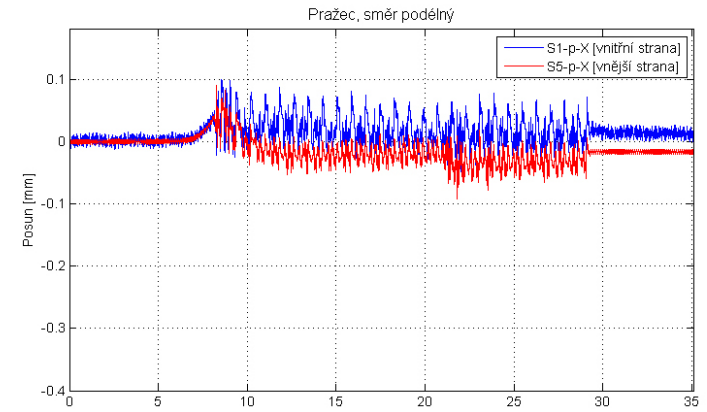
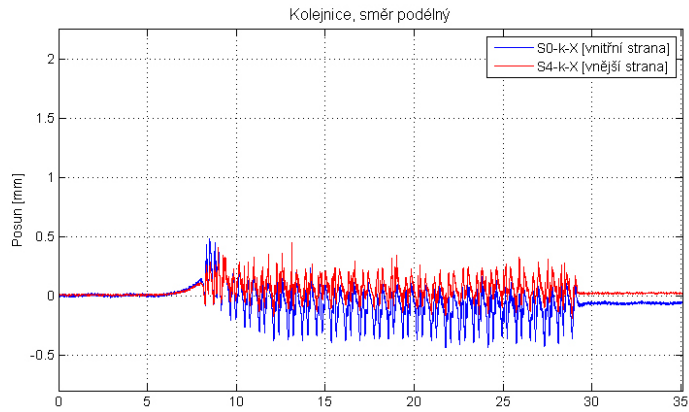
Graf D. 15 EC; 112 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



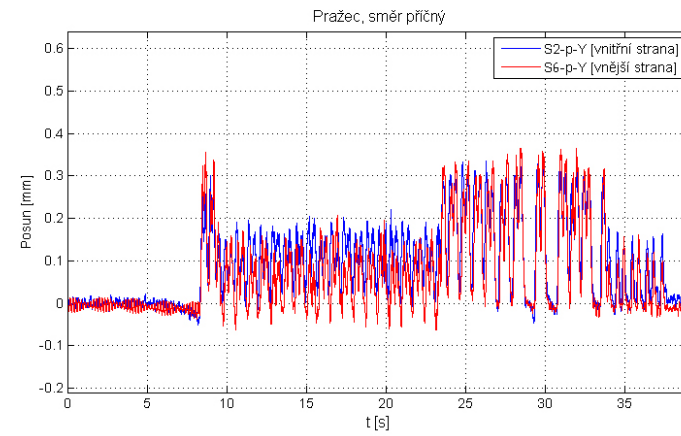
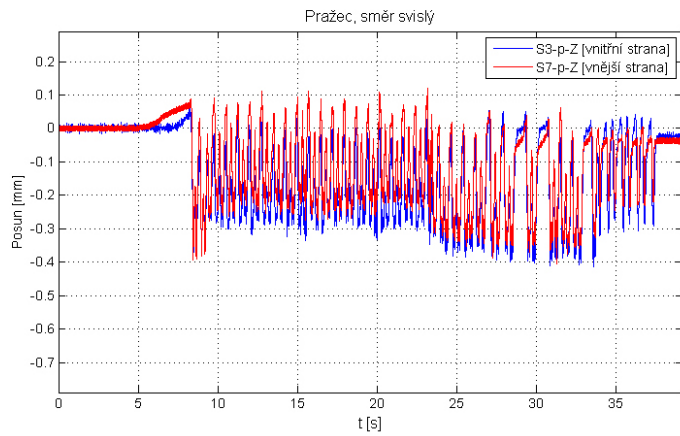
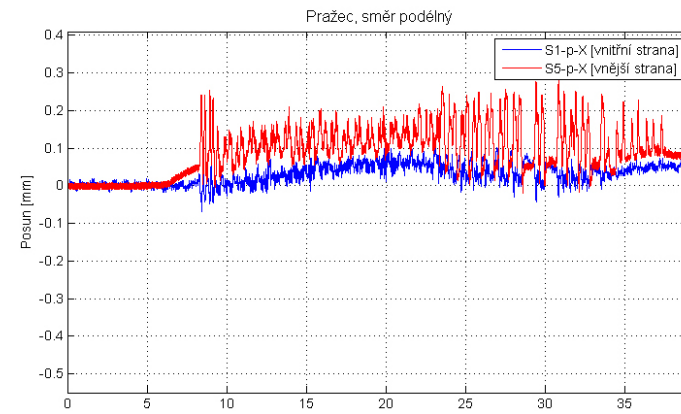
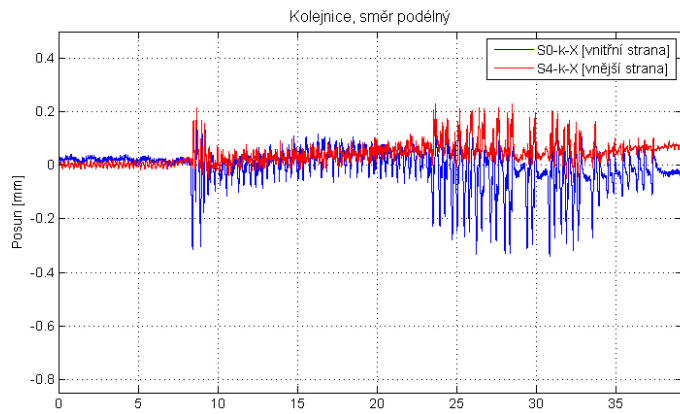
Graf D. 16 EC; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



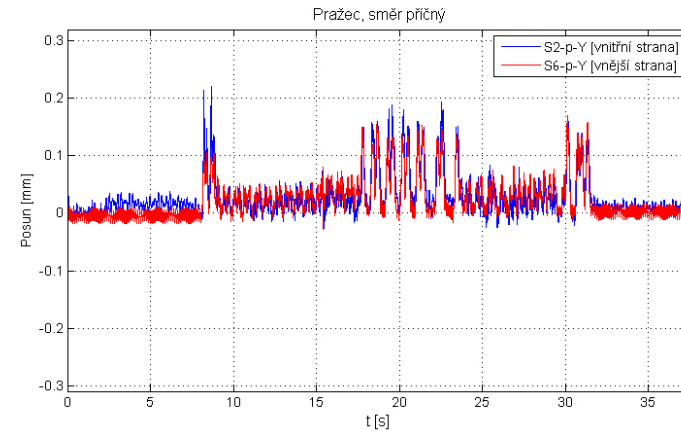
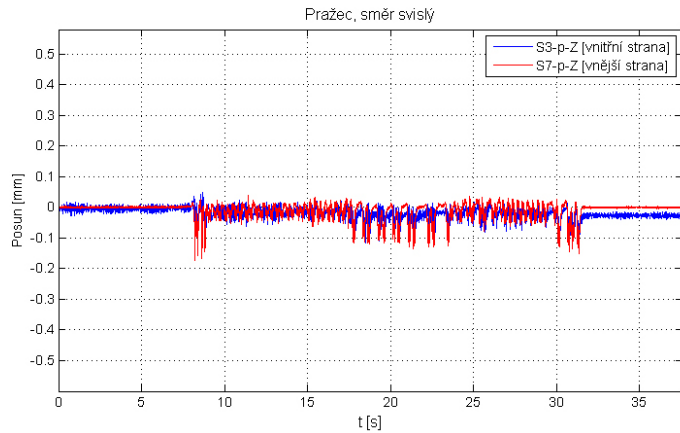
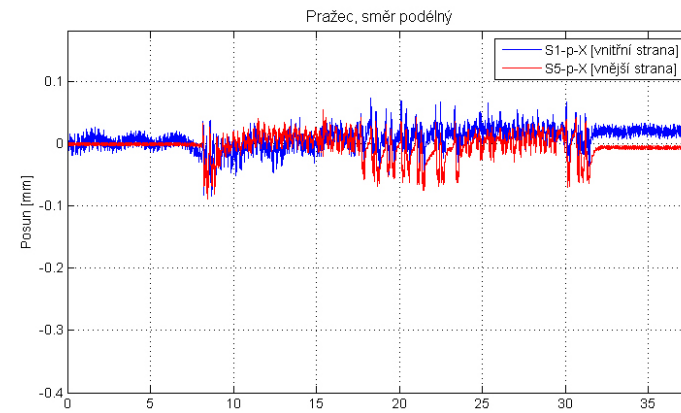
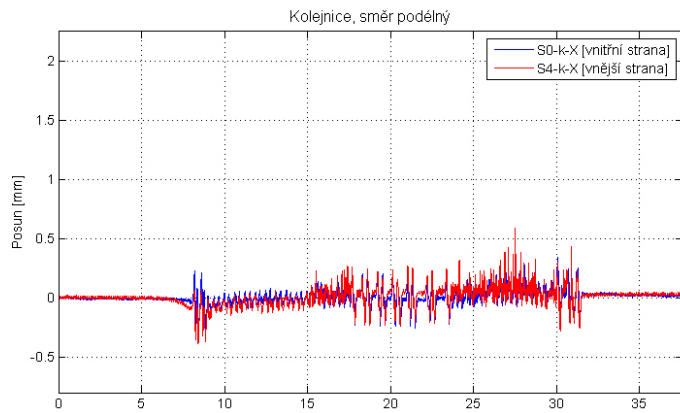
Graf D. 17 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



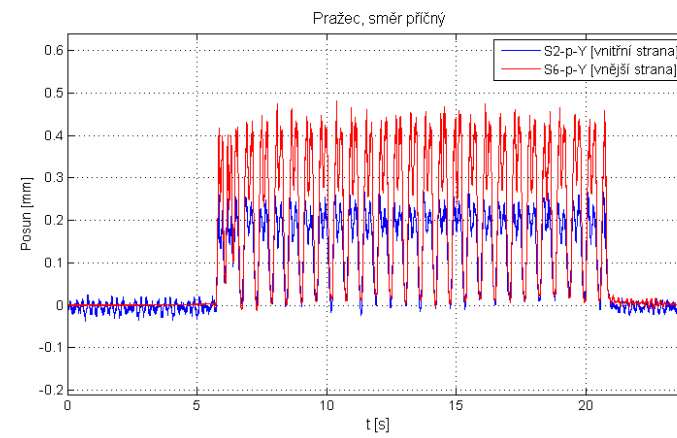
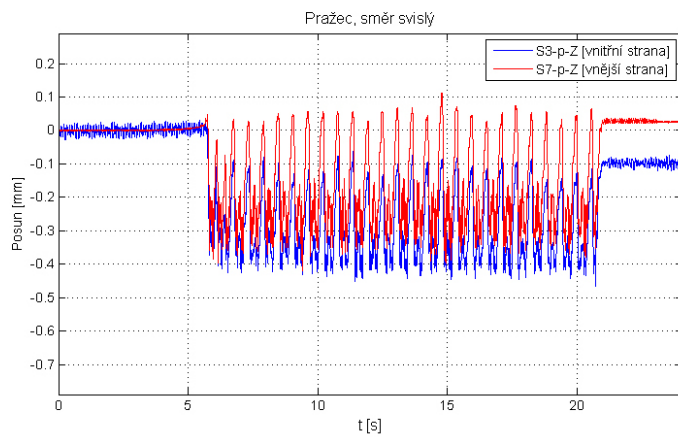
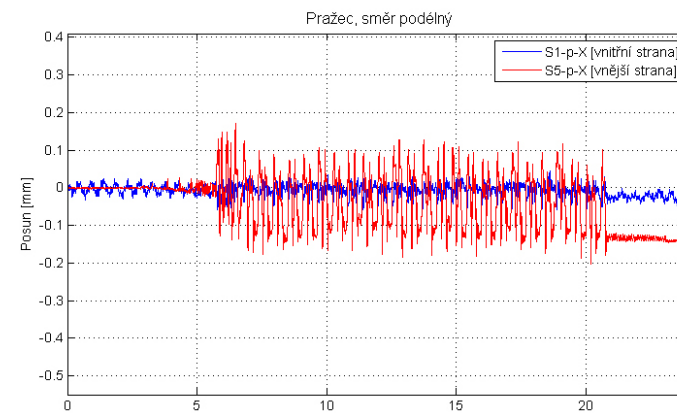
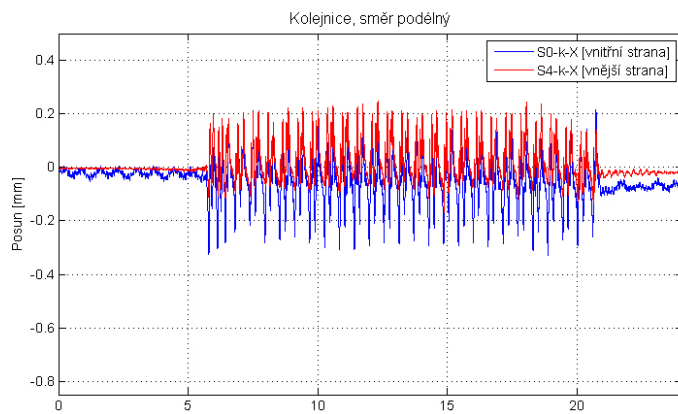
Graf D. 18 Na; 60 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



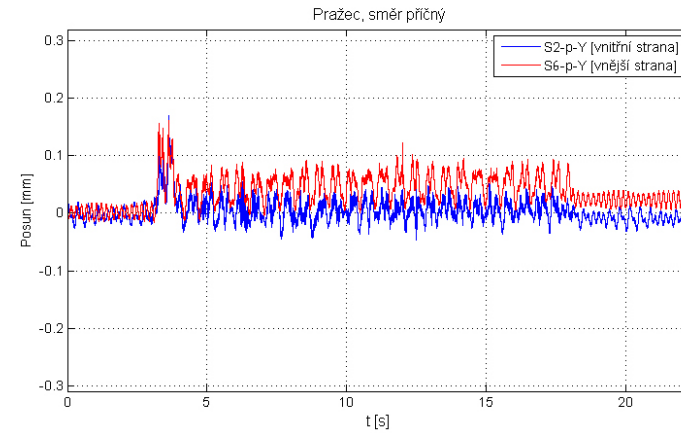
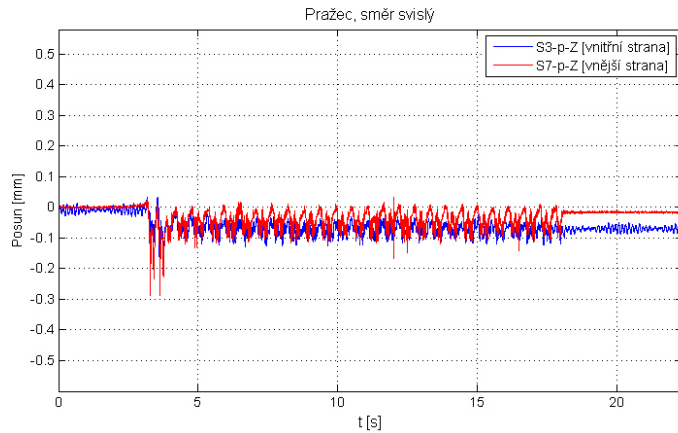
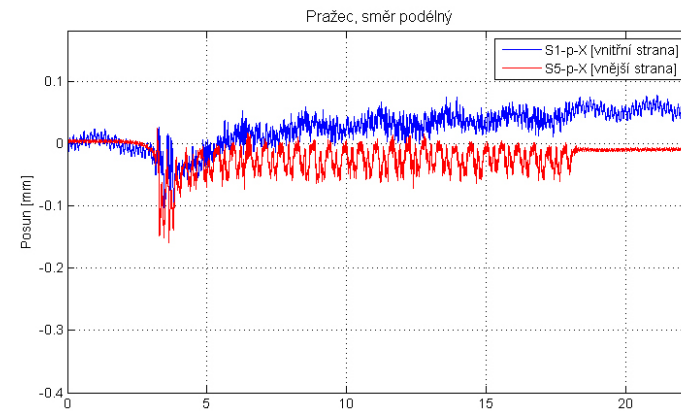
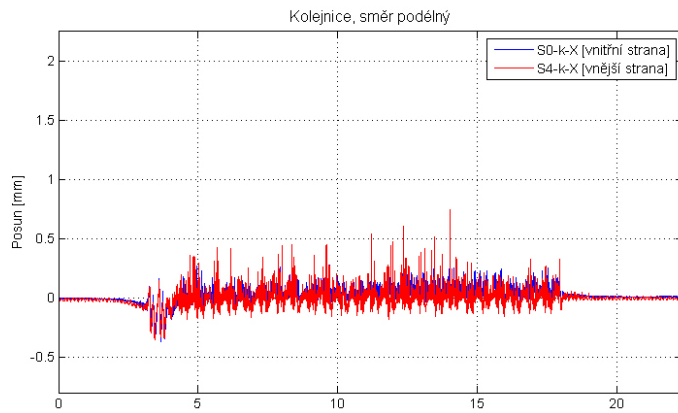
Graf D. 19 Na; 56 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



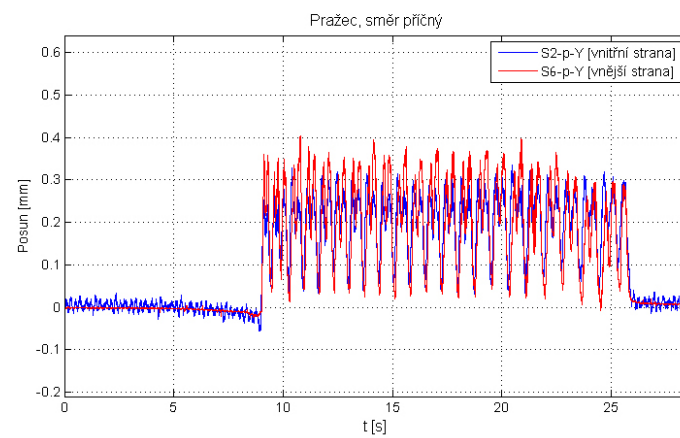
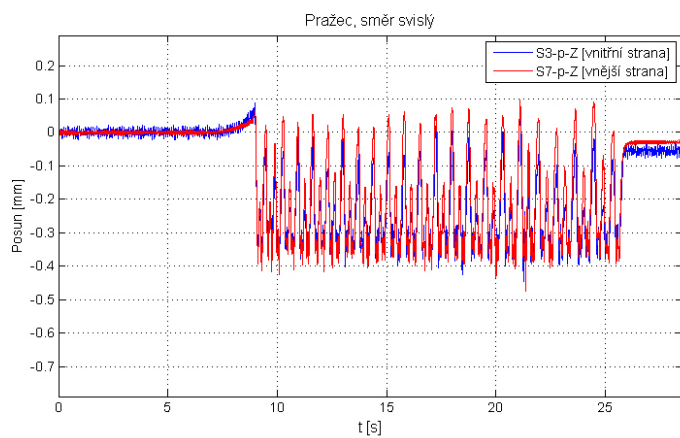
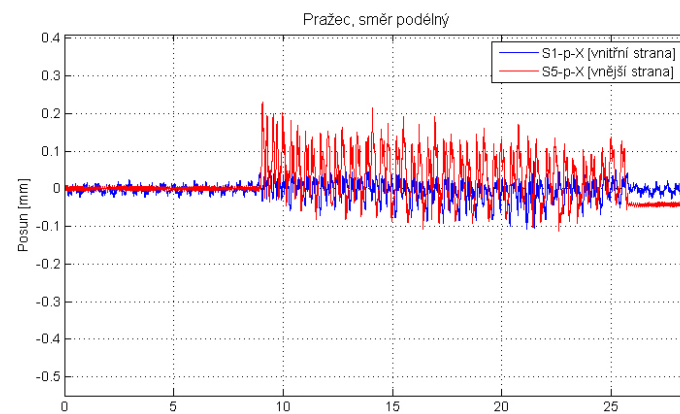
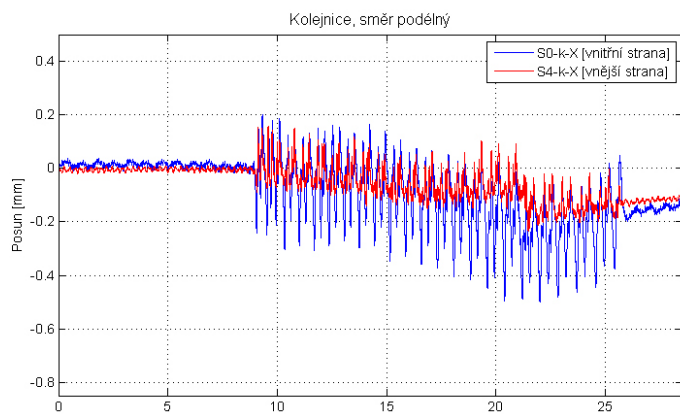
Graf D. 20 Na; 58 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



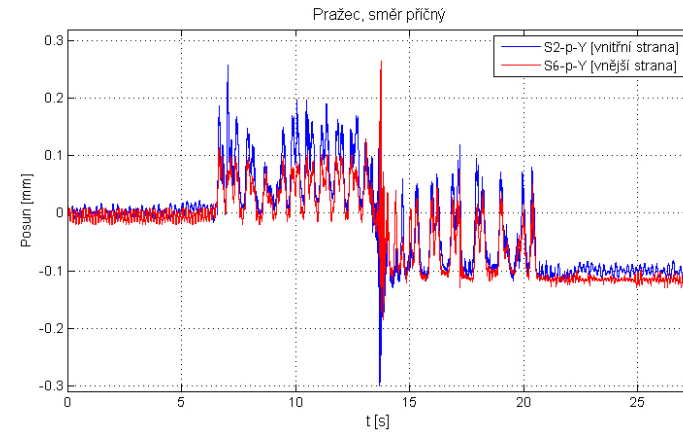
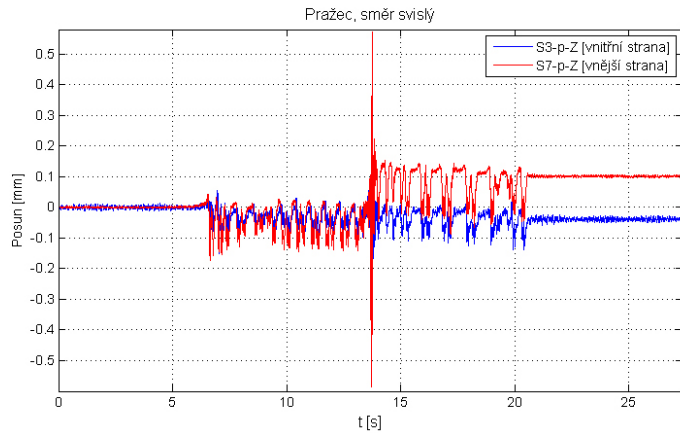
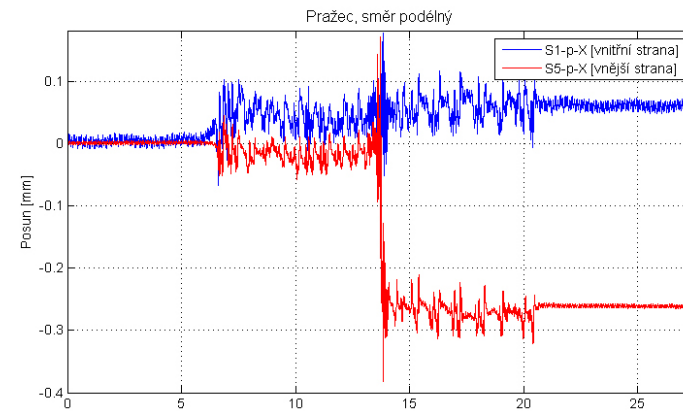
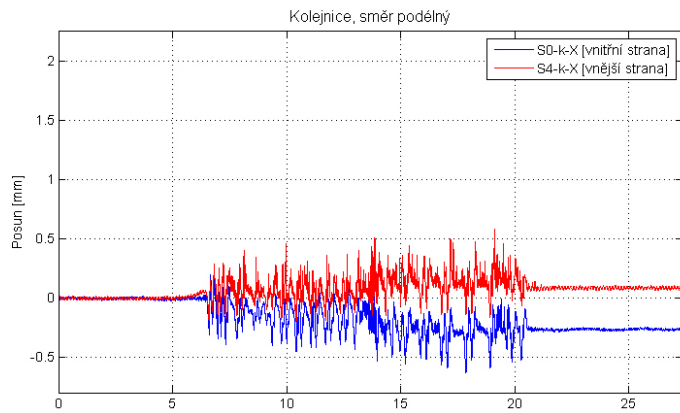
Graf D. 21 Na; 86 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



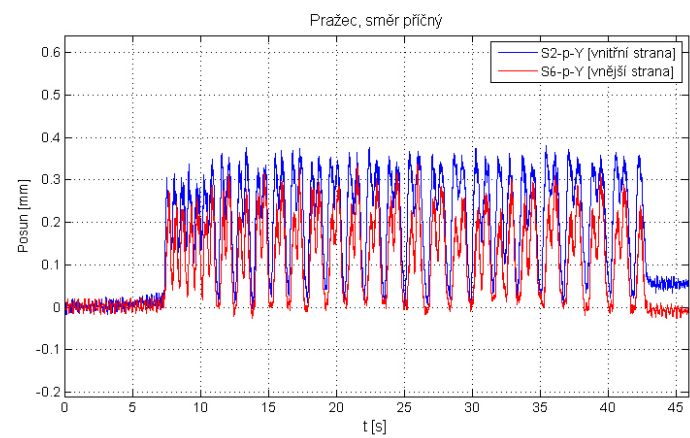
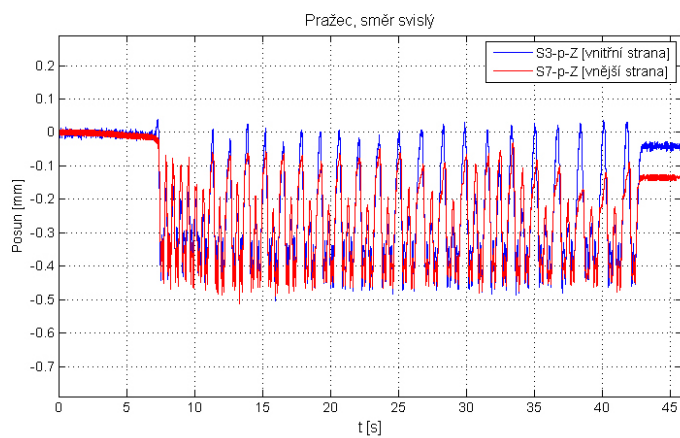
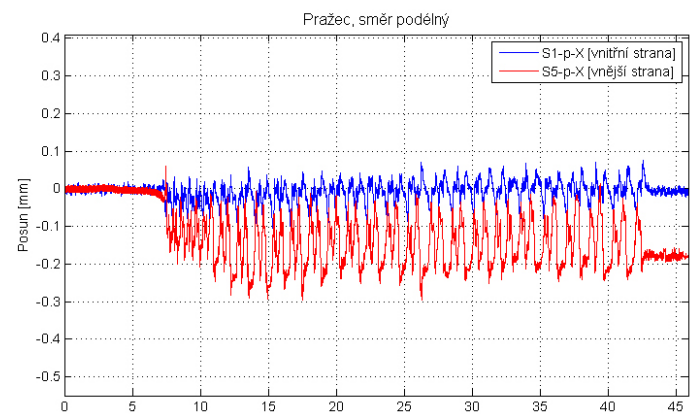
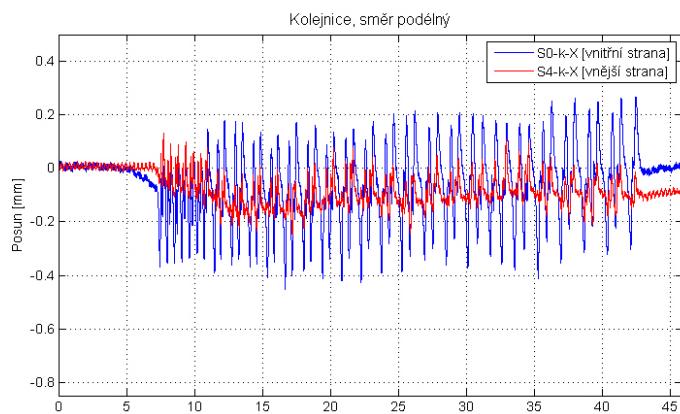
Graf D. 22 Na; 83 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



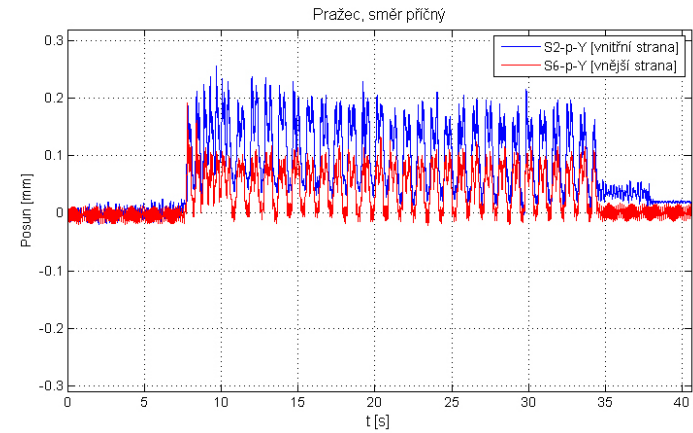
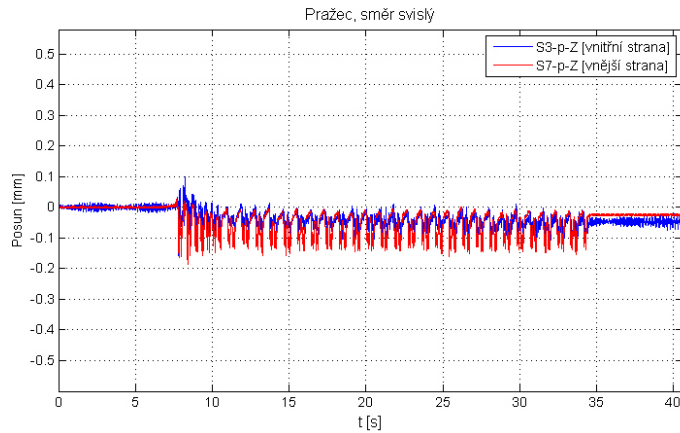
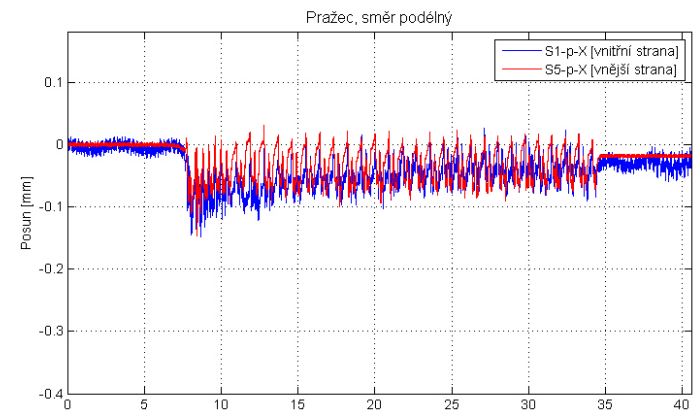
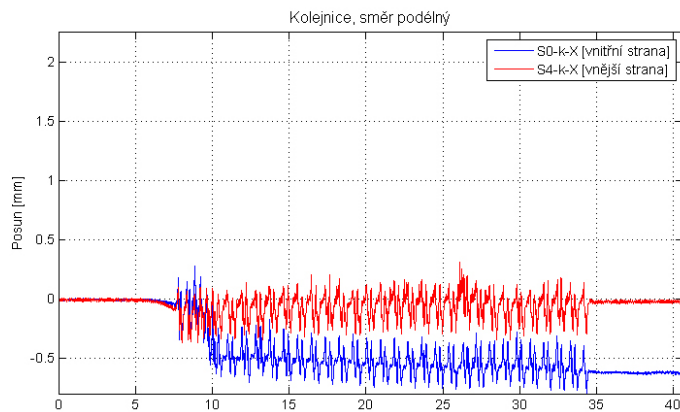
Graf D. 23 Na; 60-50 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



Graf D. 24 Na; 65 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI

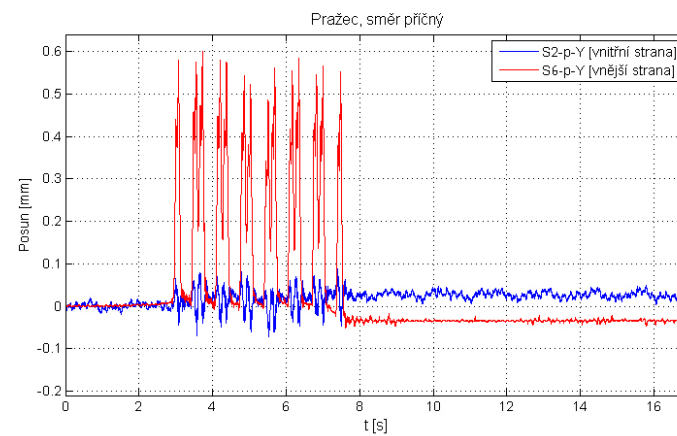
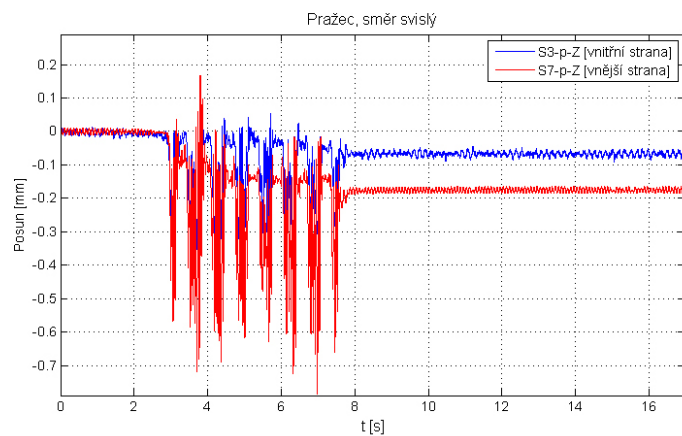
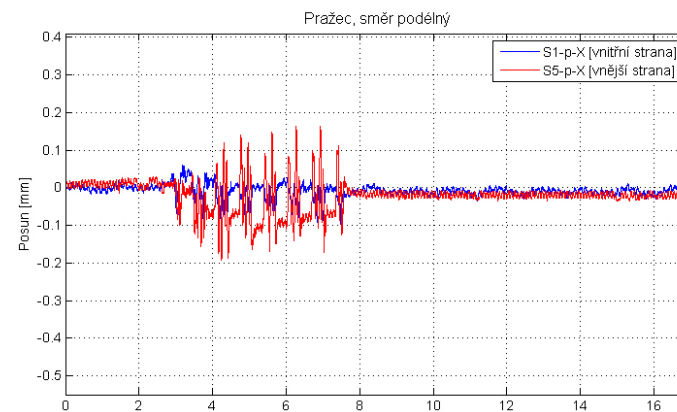
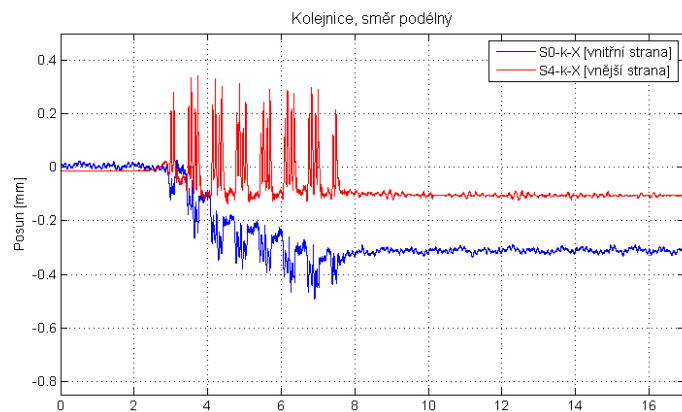


Graf D. 25 Na; 50-28 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14

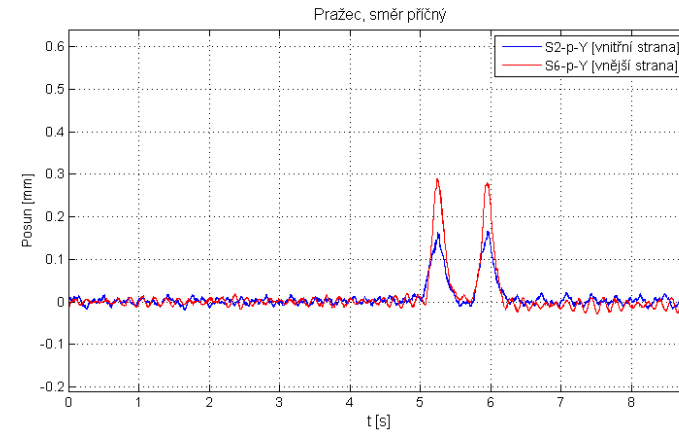
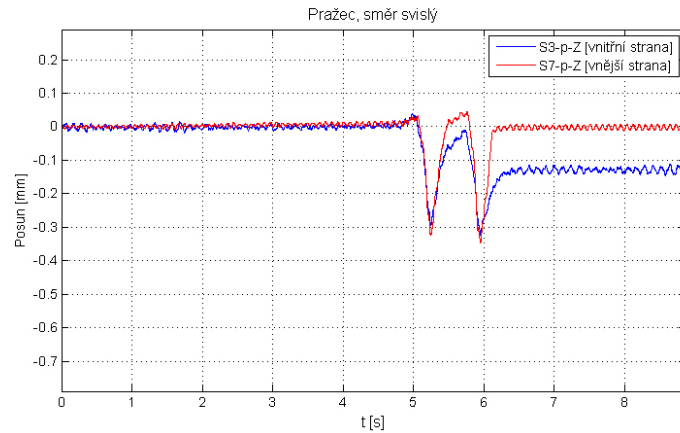
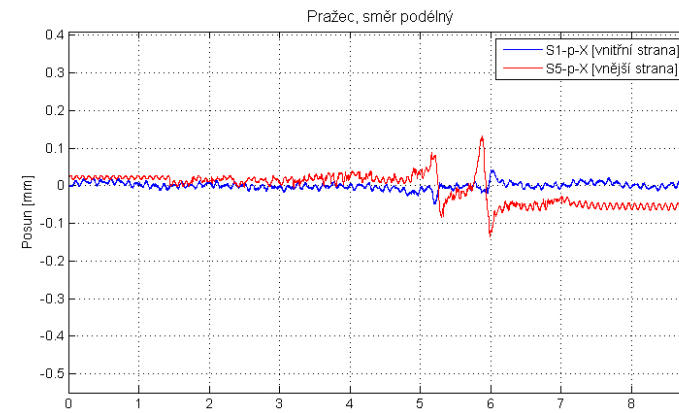
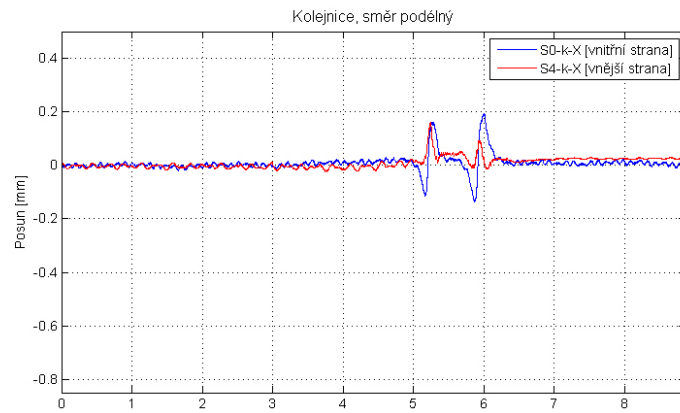


Graf D. 26 Na; 46 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI

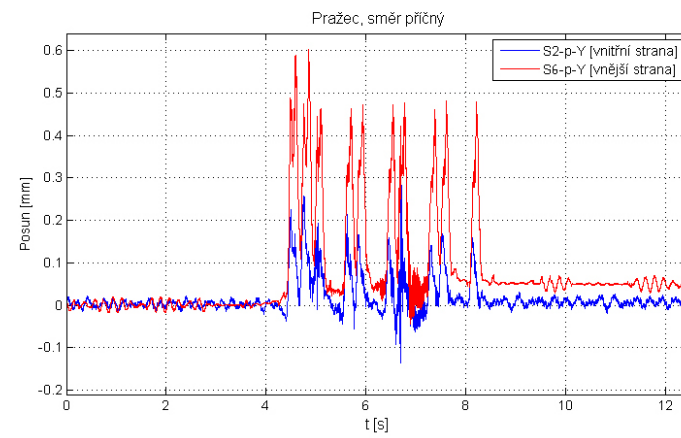
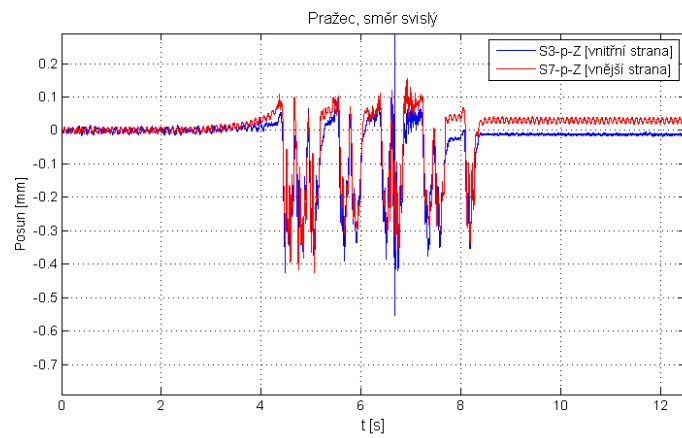
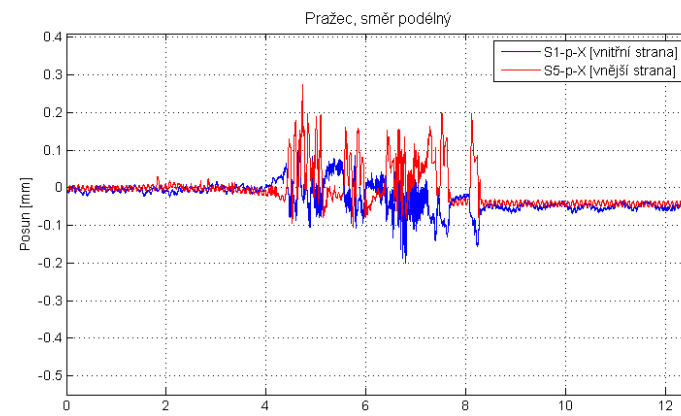
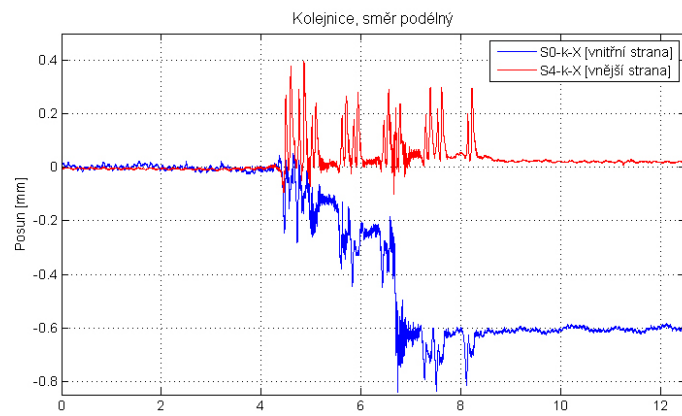
OSTATNÍ VLAKY – HRANICE NA MORAVĚ



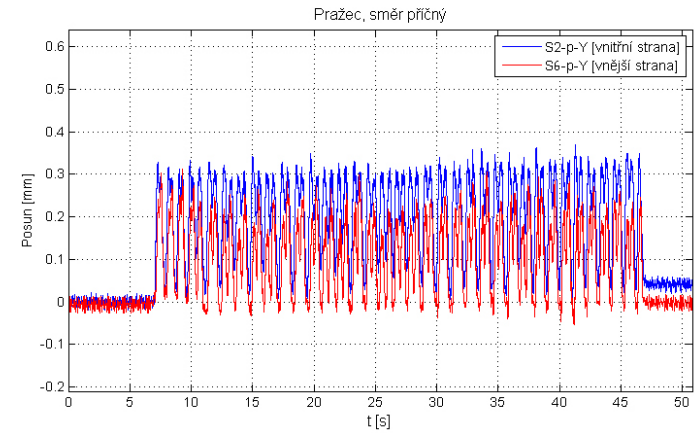
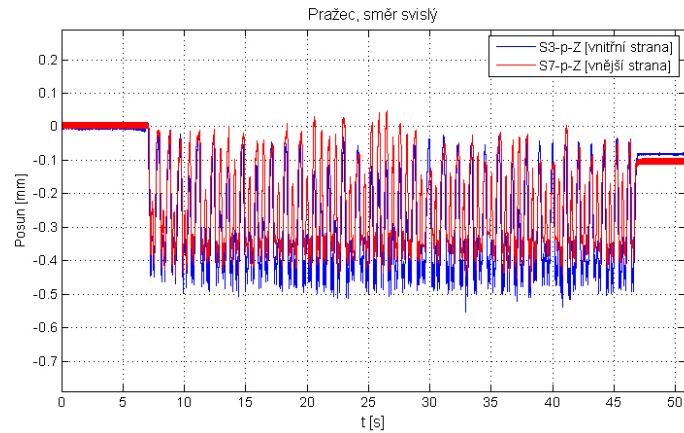
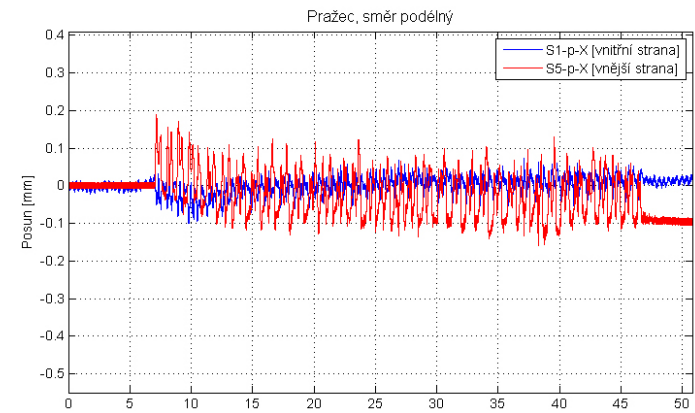
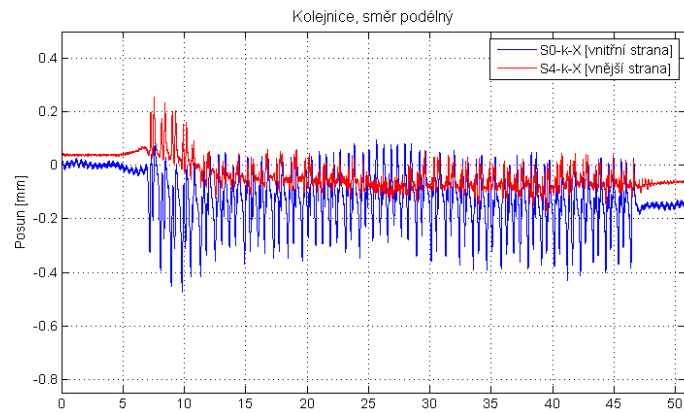
Graf D. 27 SC Pendolino; 144 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



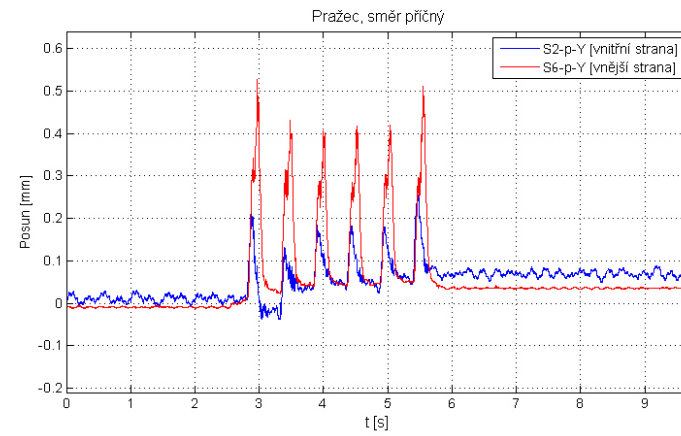
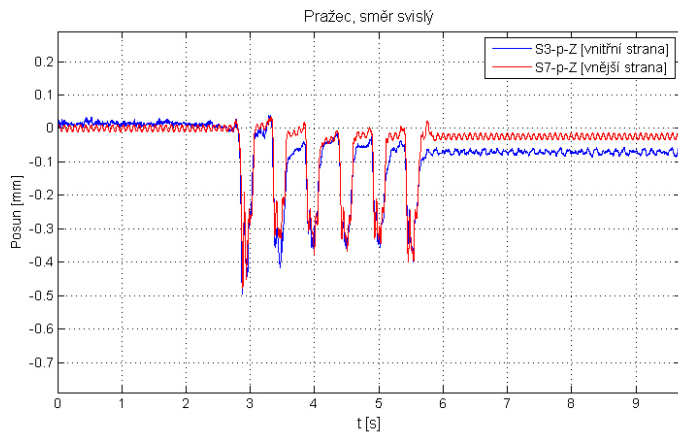
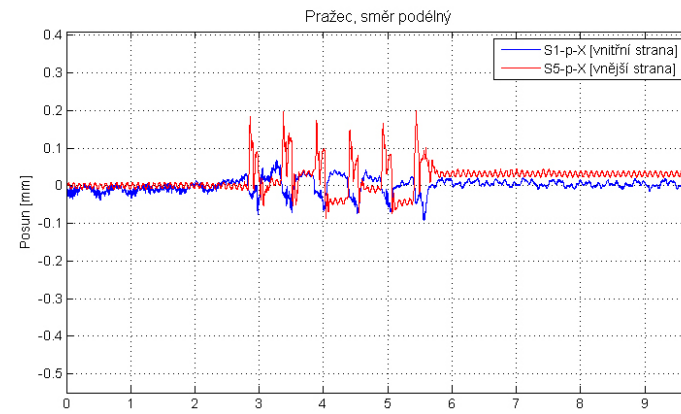
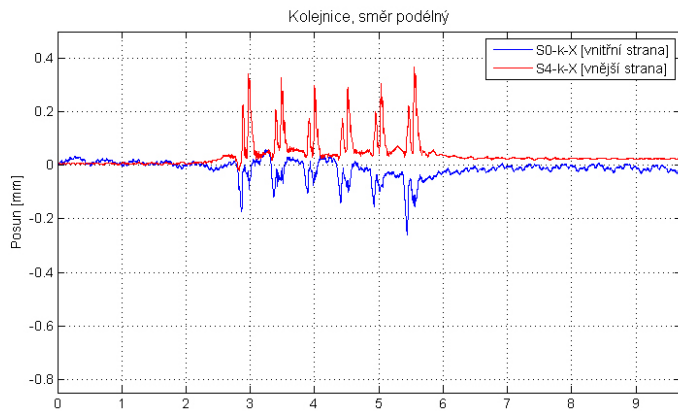
Graf D. 28 Pv; 56-44 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



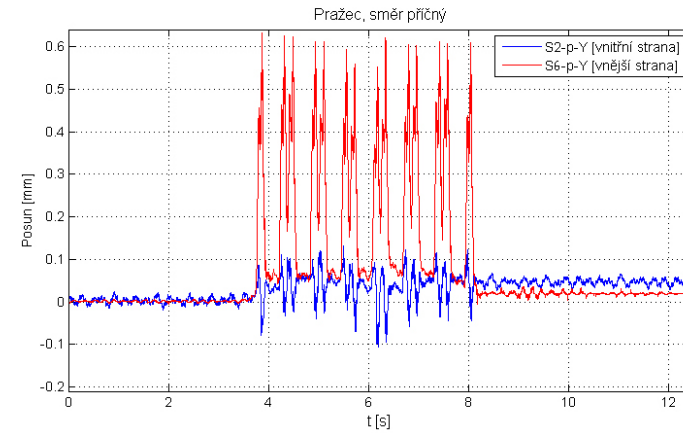
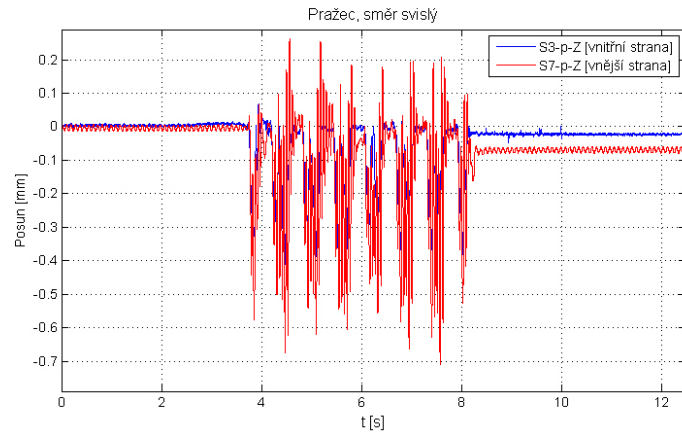
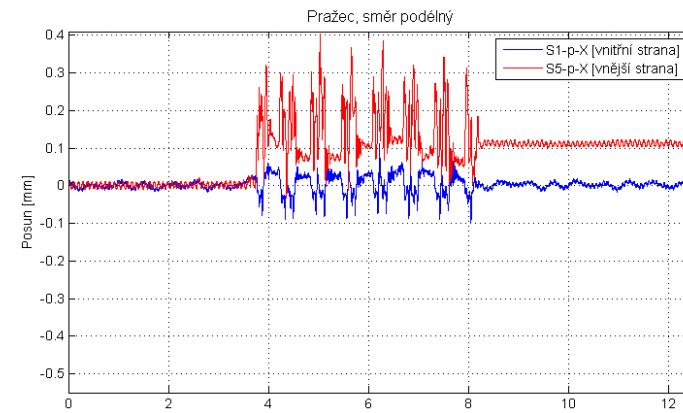
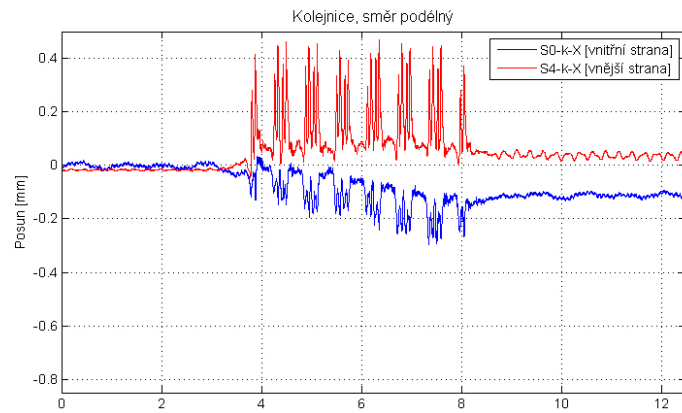
Graf D. 29 IC RegioJet; 116 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



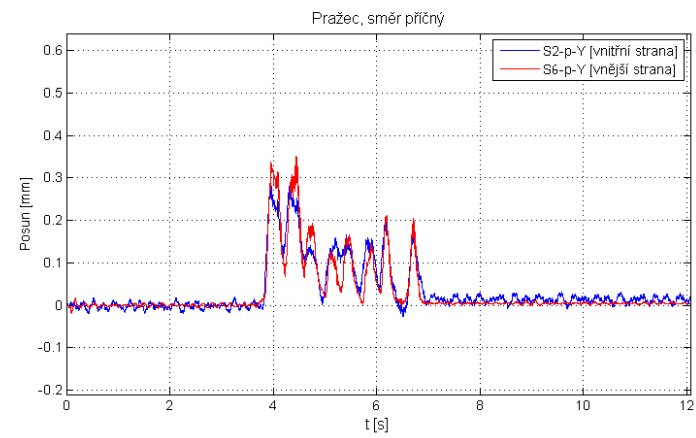
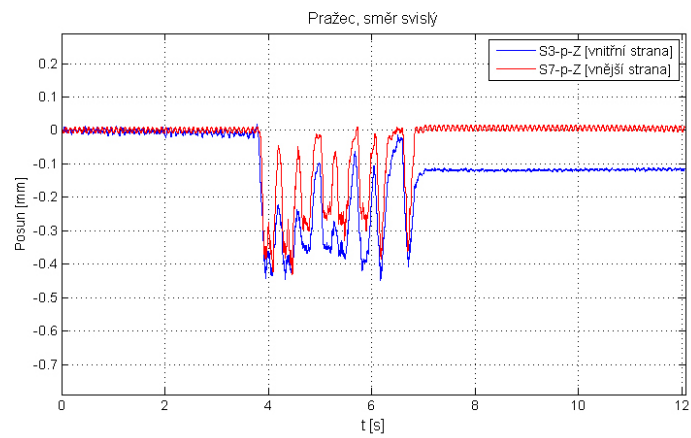
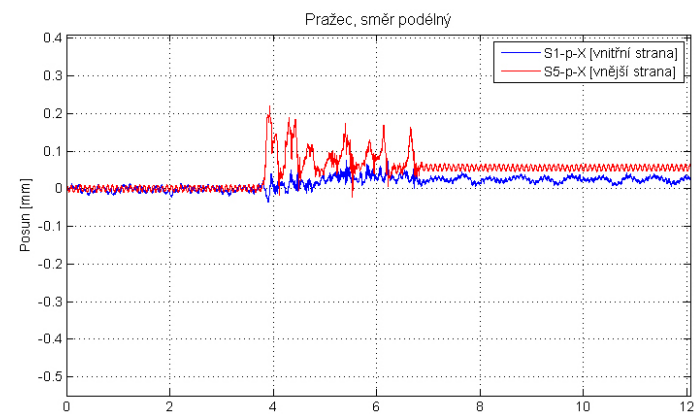
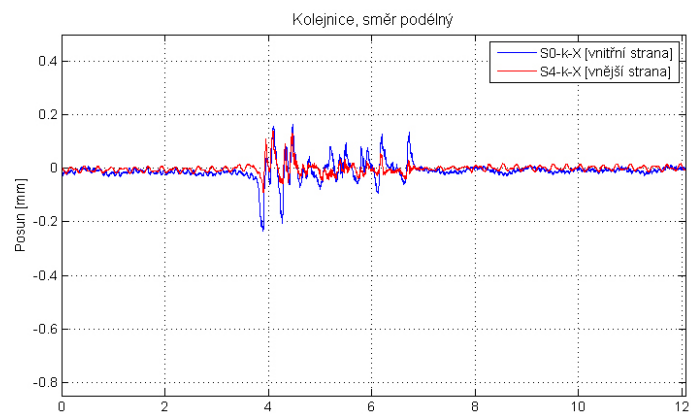
Graf D. 30 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



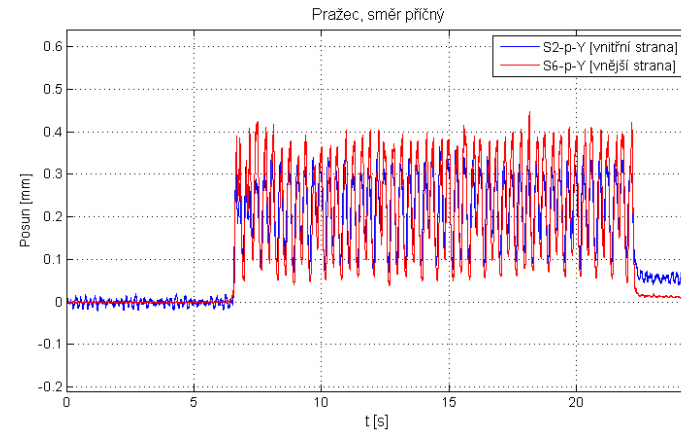
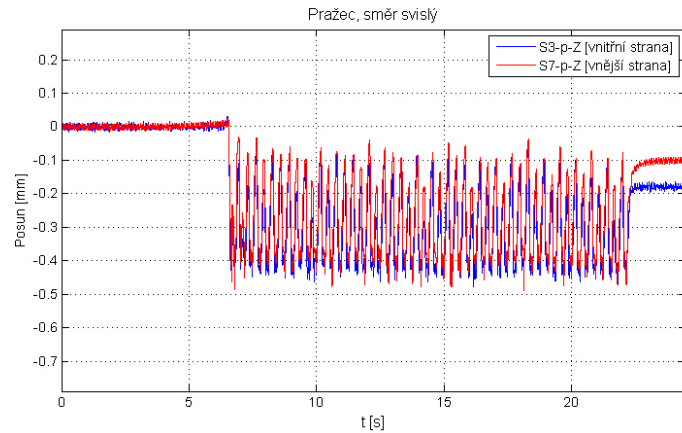
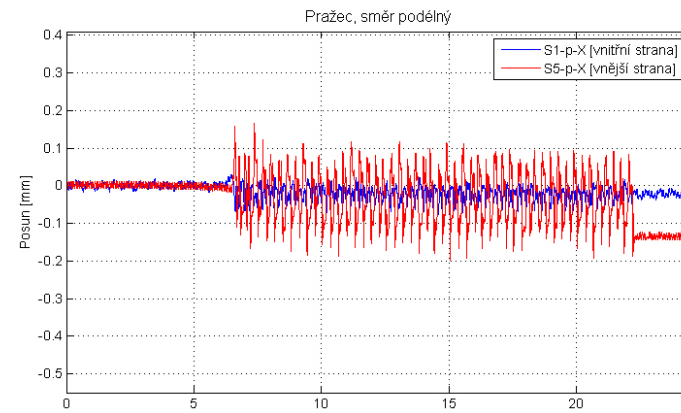
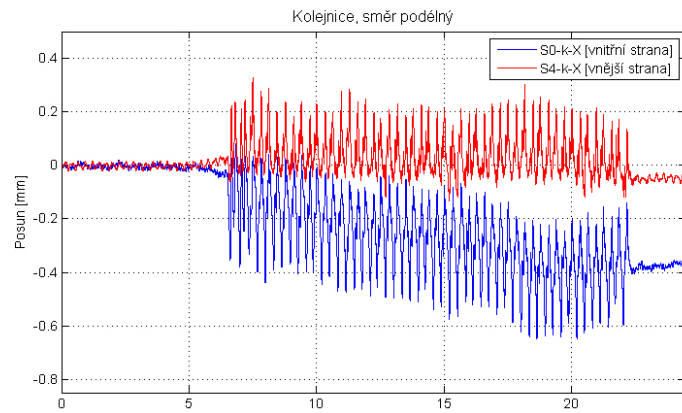
Graf D. 31 Leo Express; 92 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



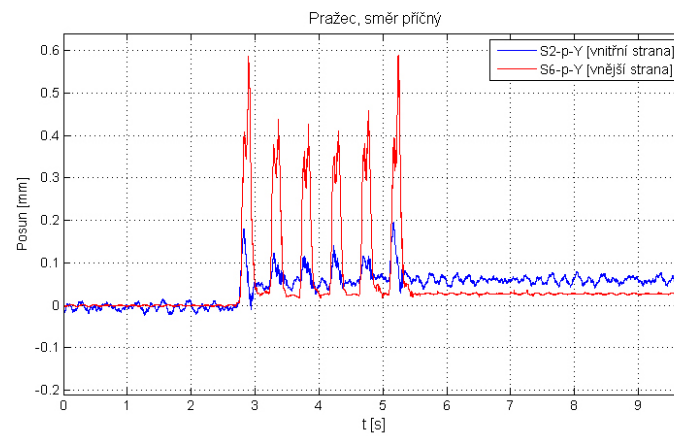
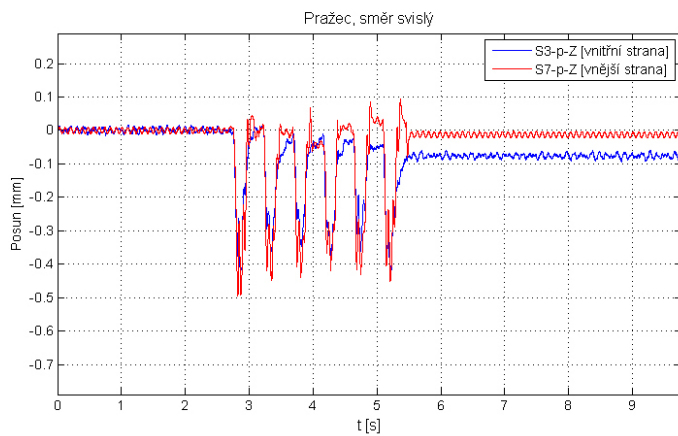
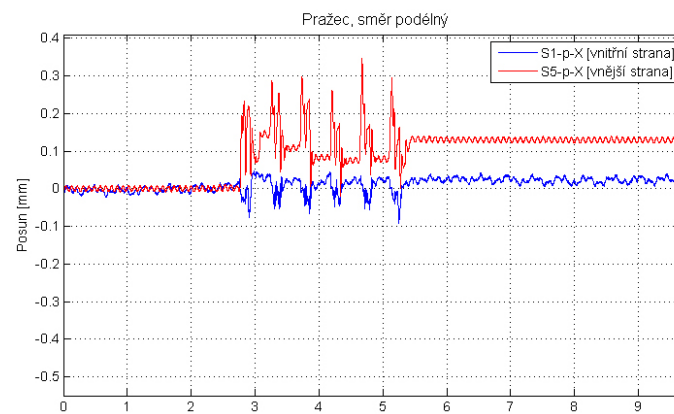
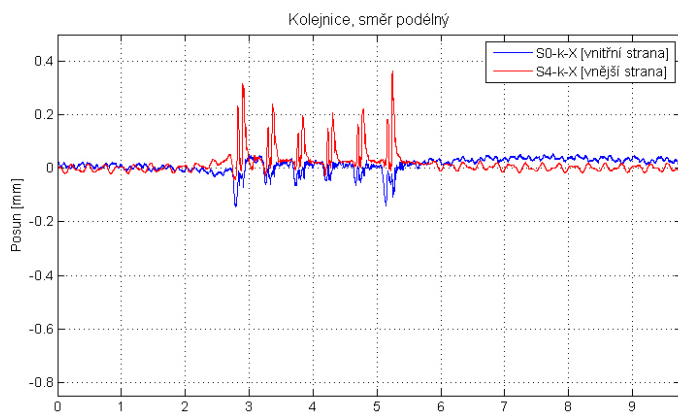
Graf D. 32 SC Pendolino; 150 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



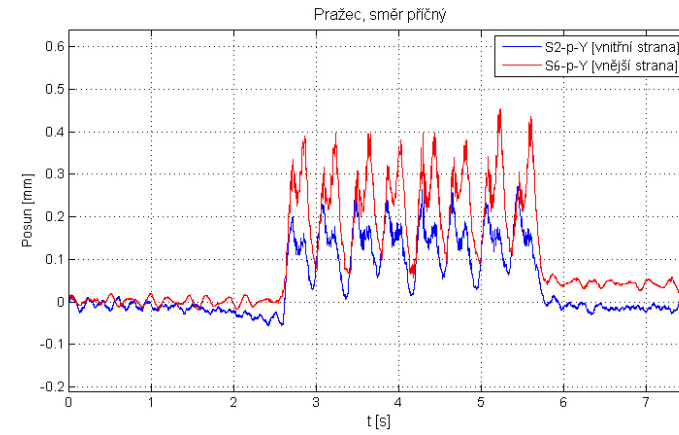
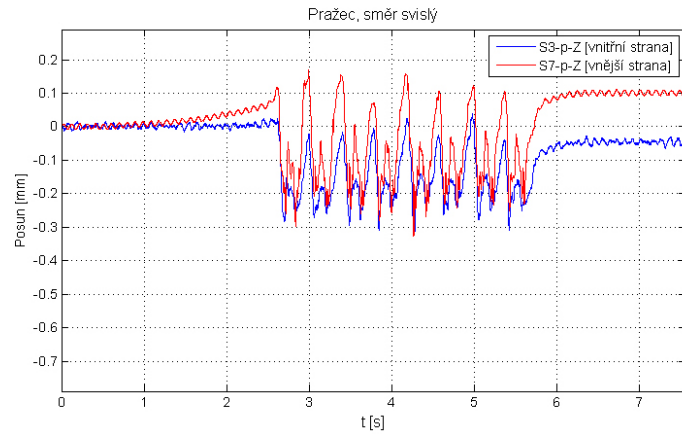
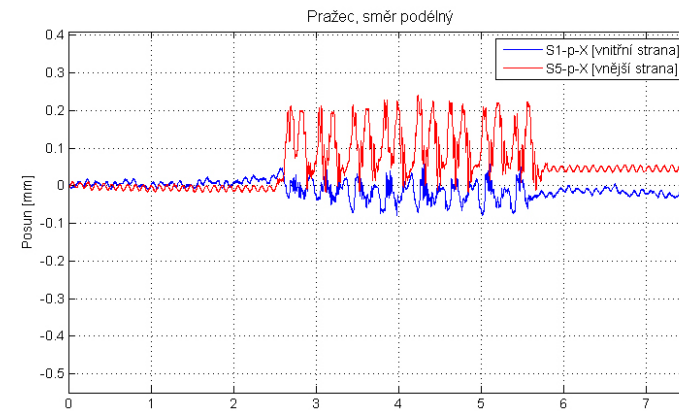
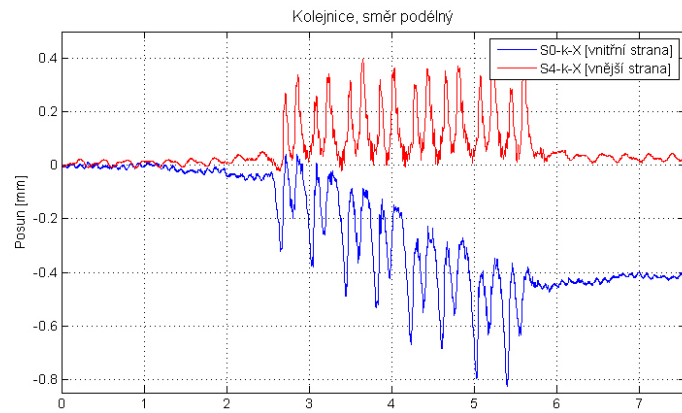
Graf D. 33 Na; 64 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



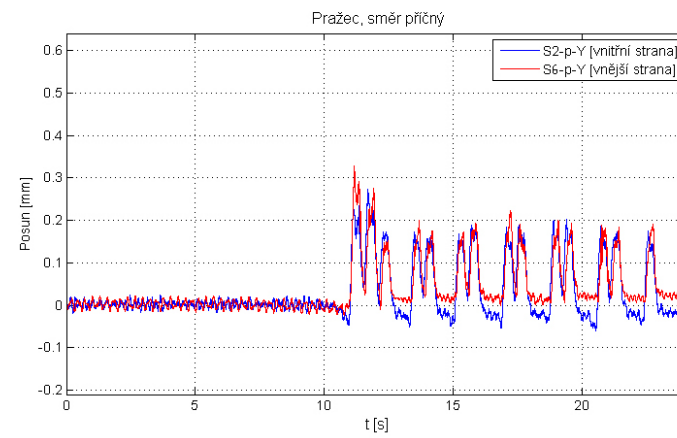
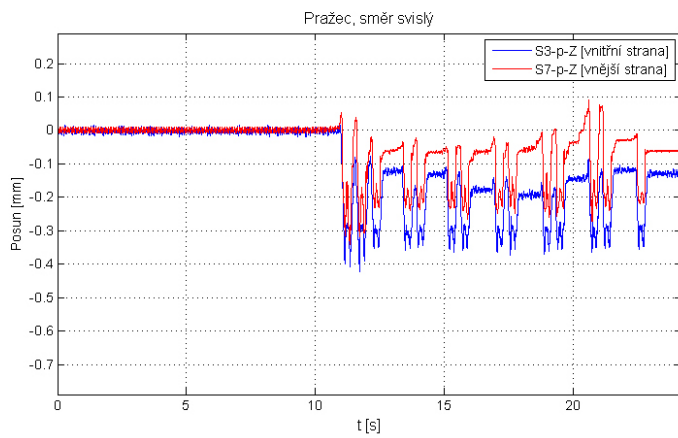
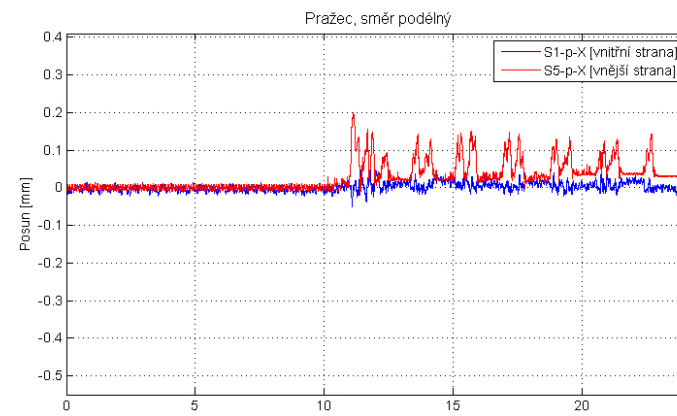
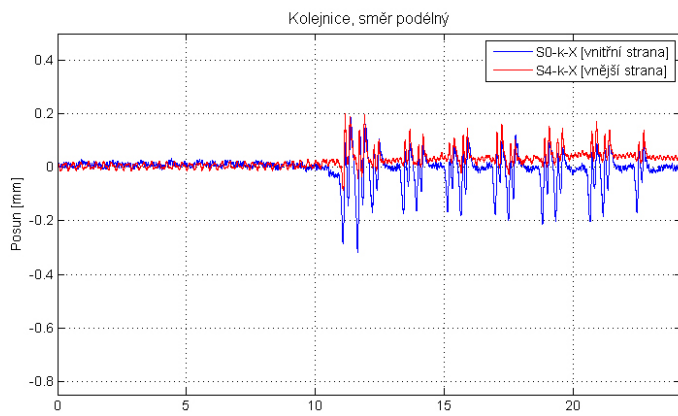
Graf D. 34 Na; 77 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14



Graf D. 35 Leo Express; 128 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14

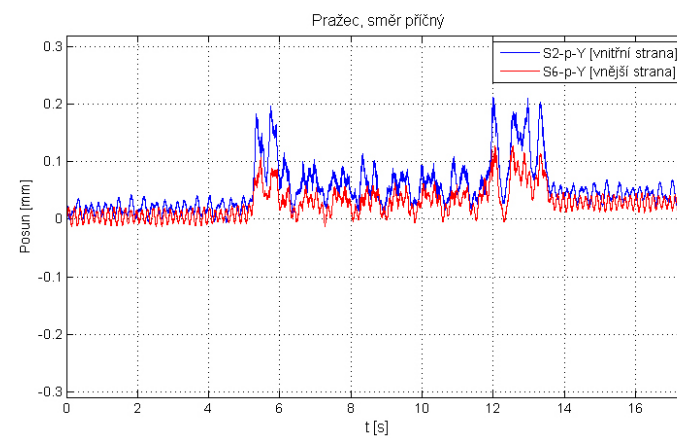
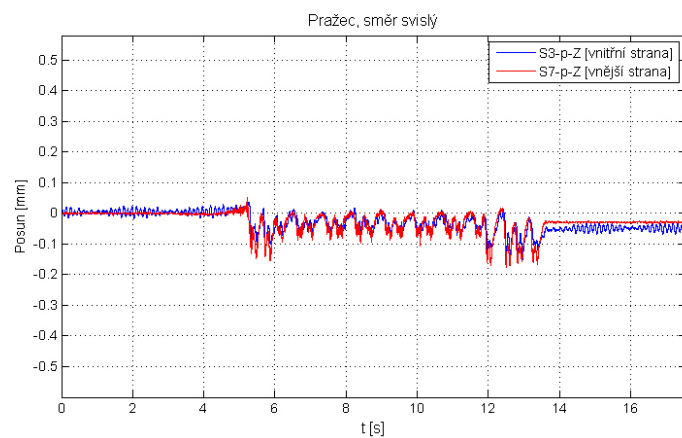
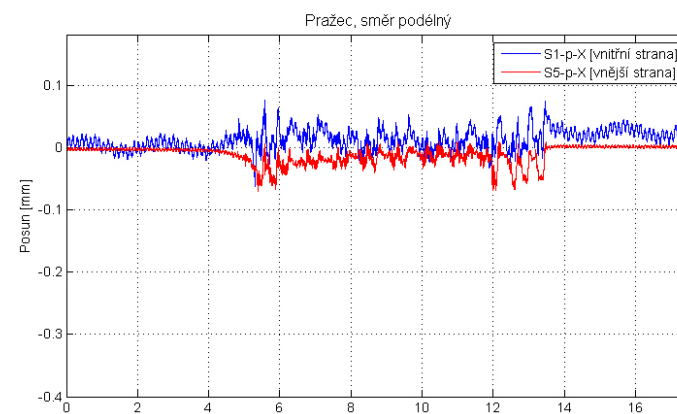
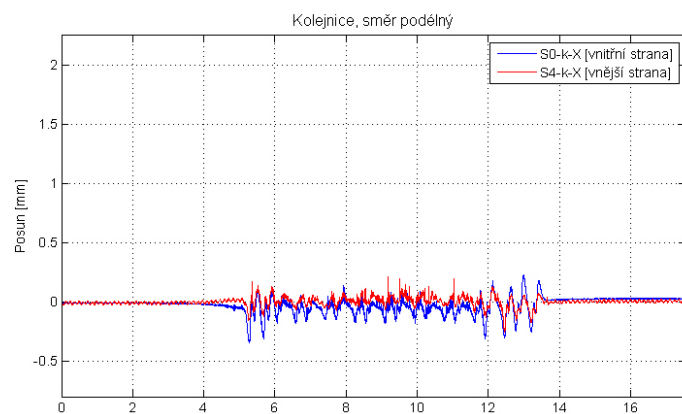


Graf D. 36 Lv; 79 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14

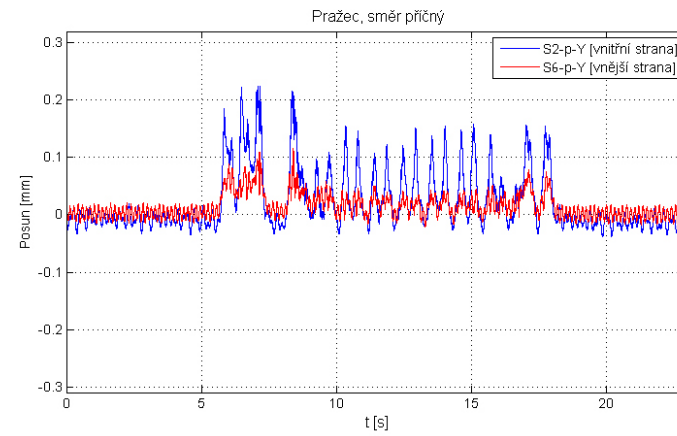
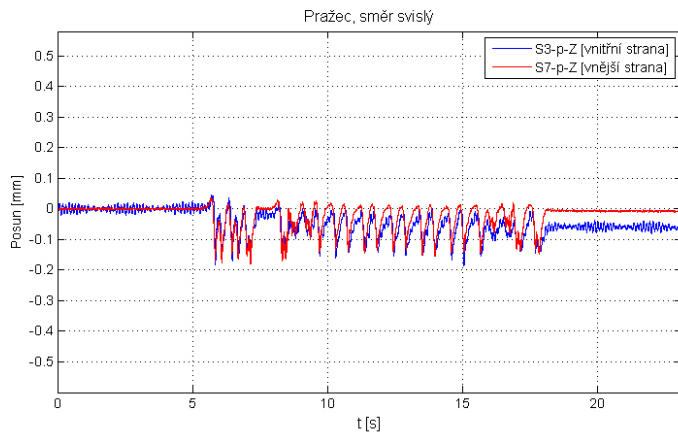
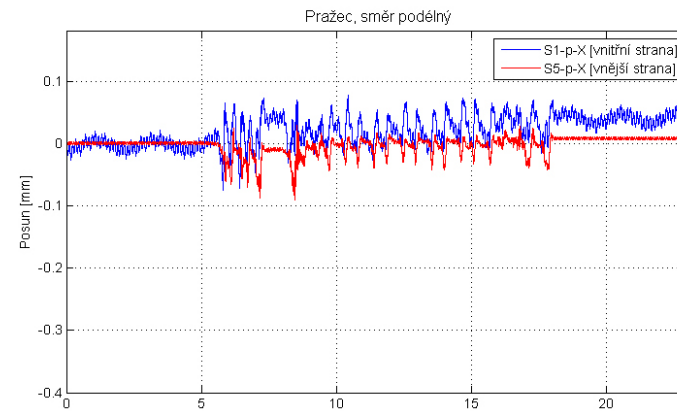
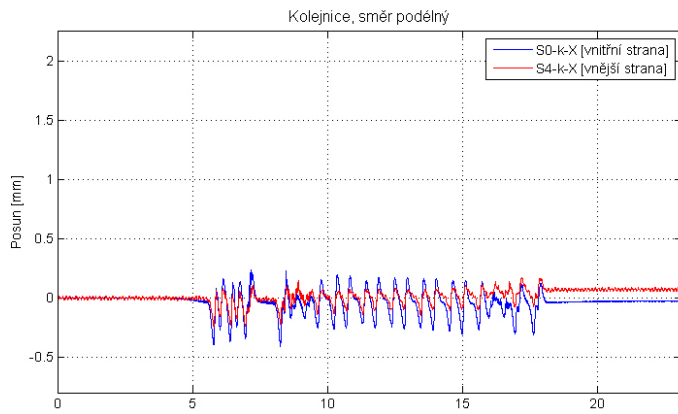


Graf D. 37 R; 53 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14

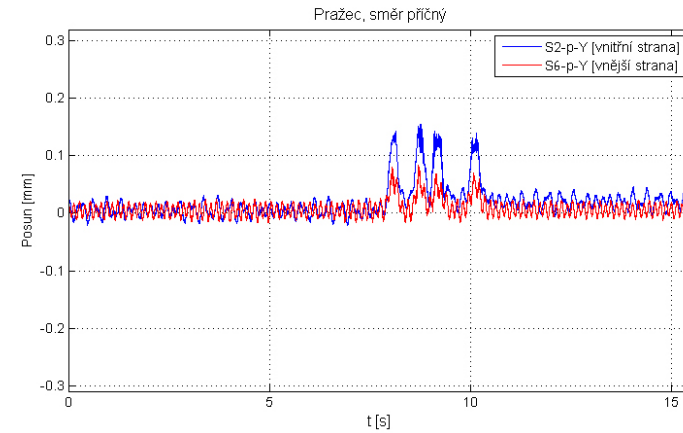
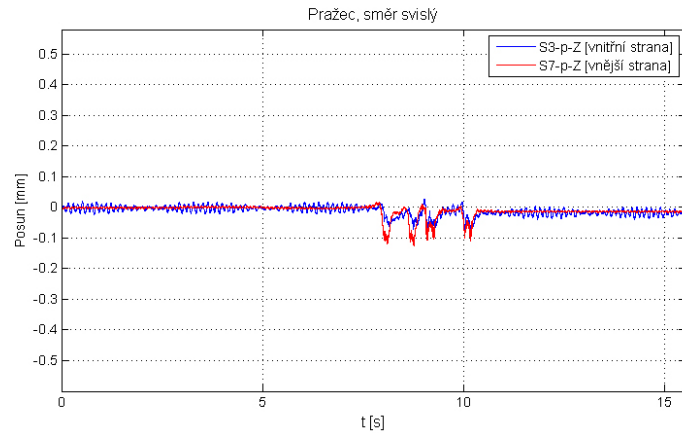
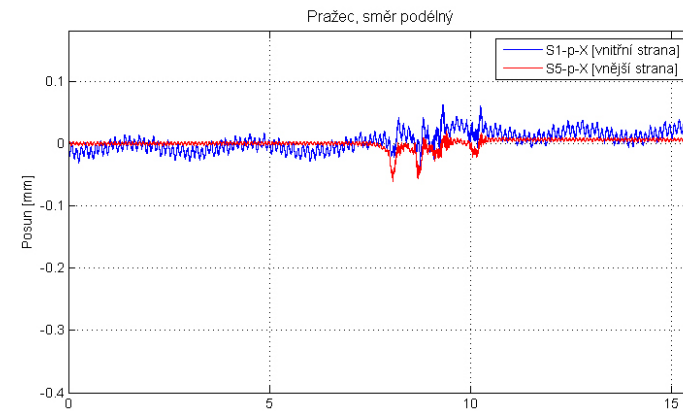
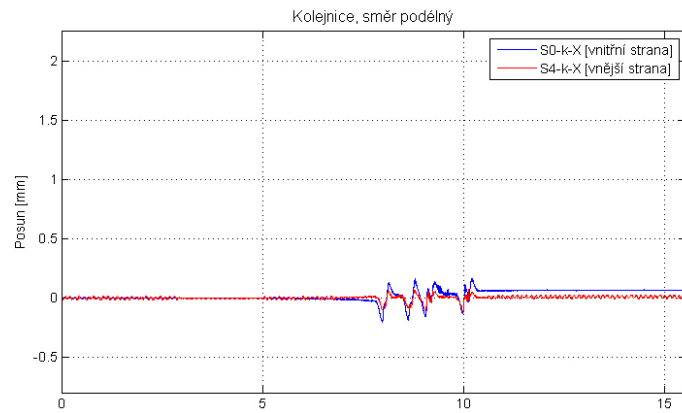
OSTATNÍ VLAKY – NAPAJEDLA



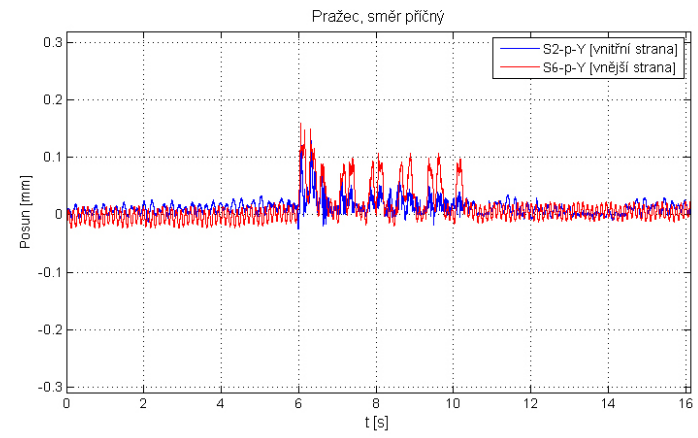
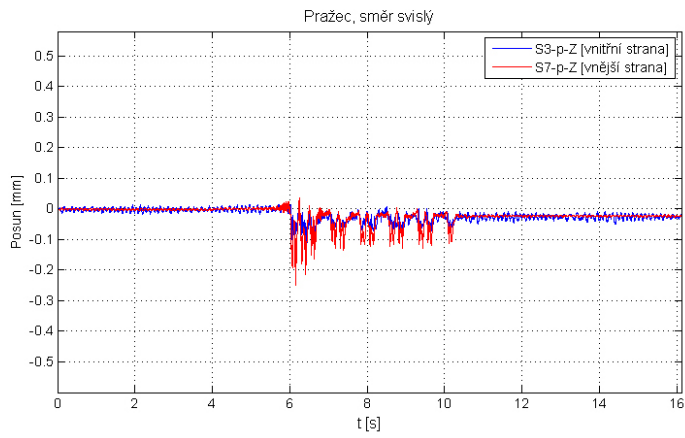
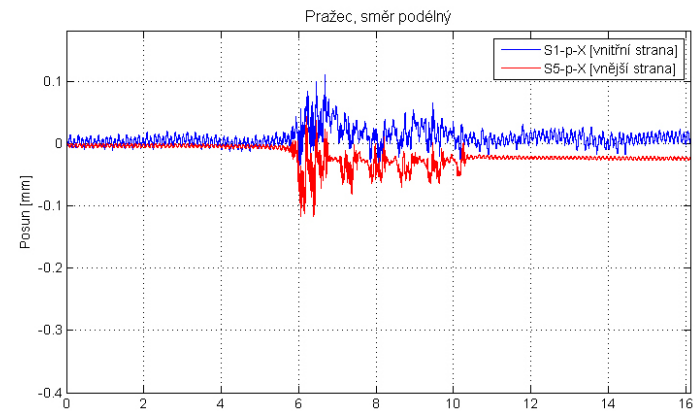
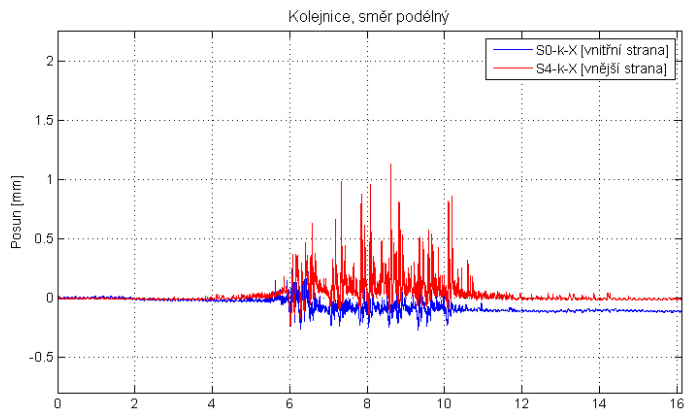
Graf D. 38 Na; 54-59 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



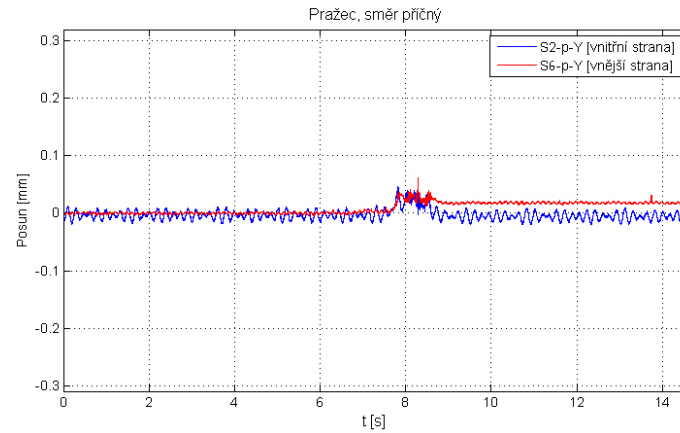
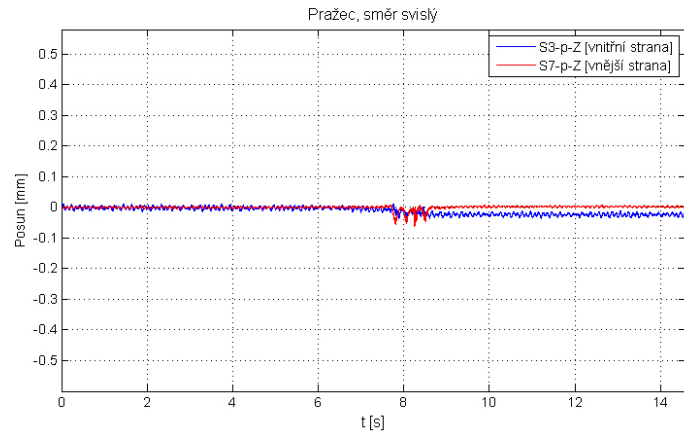
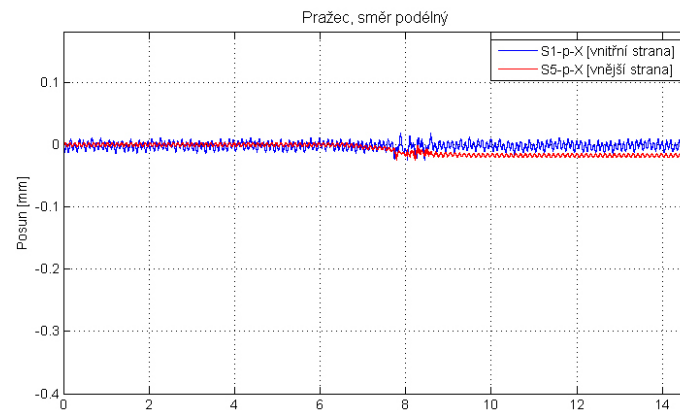
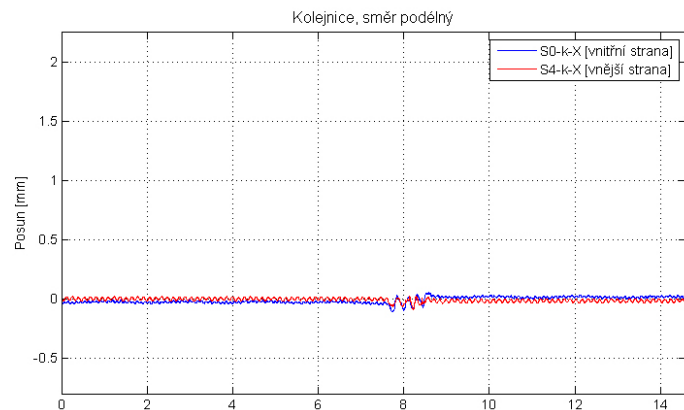
Graf D. 39 Na; 45 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



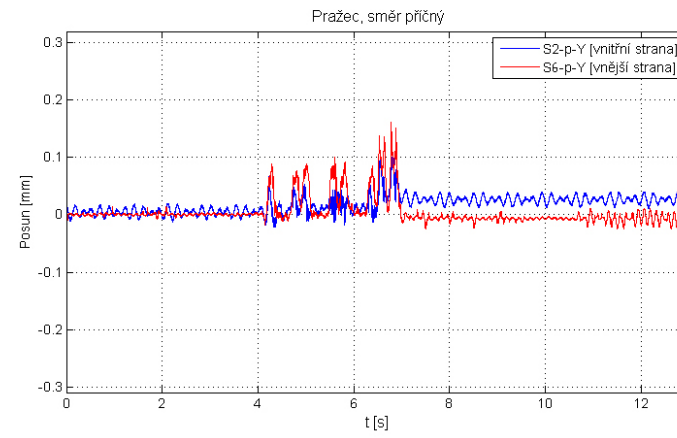
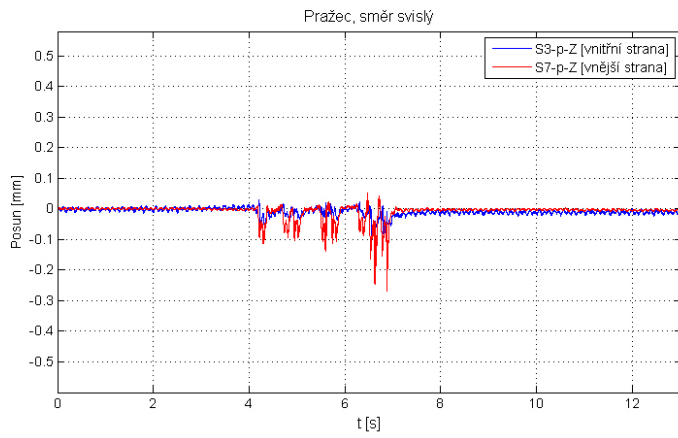
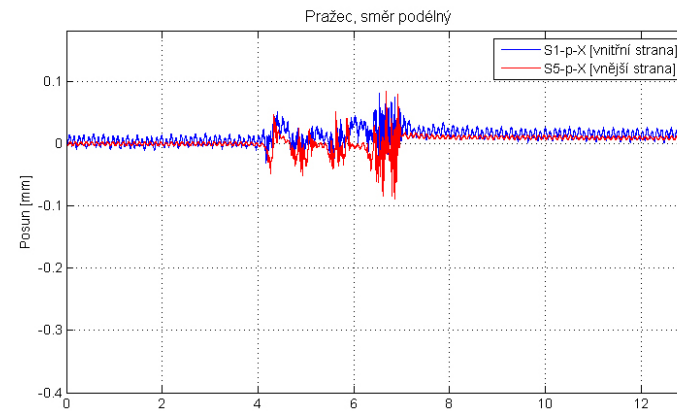
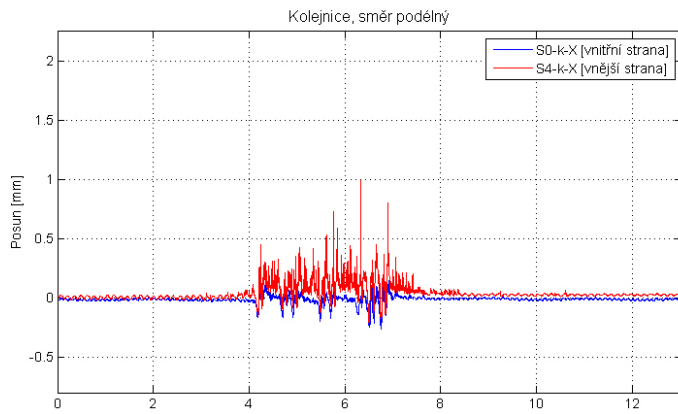
Graf D. 40 Lv; 55 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



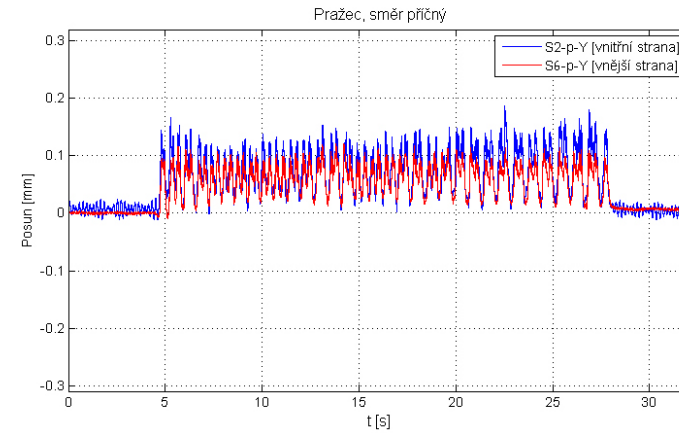
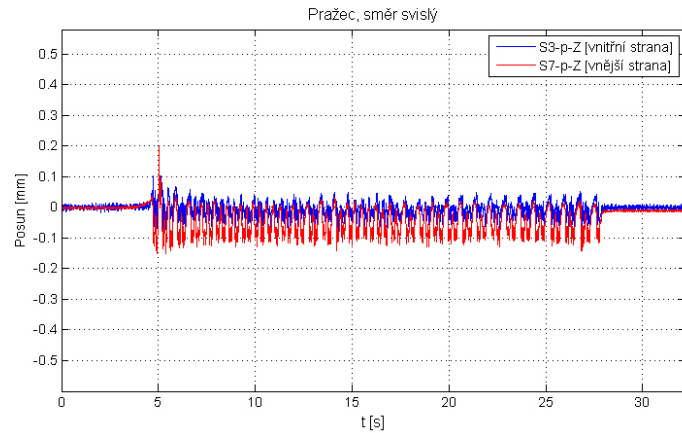
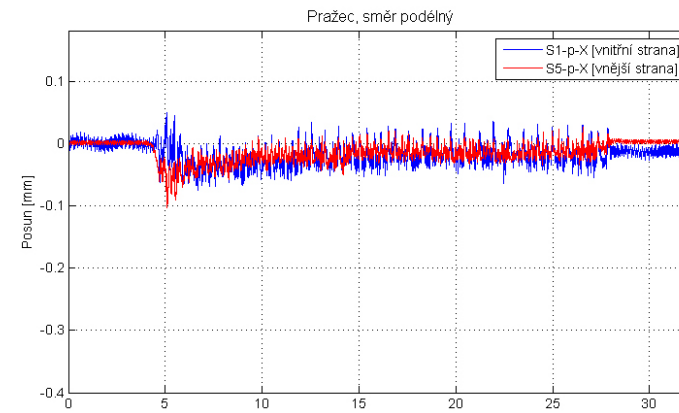
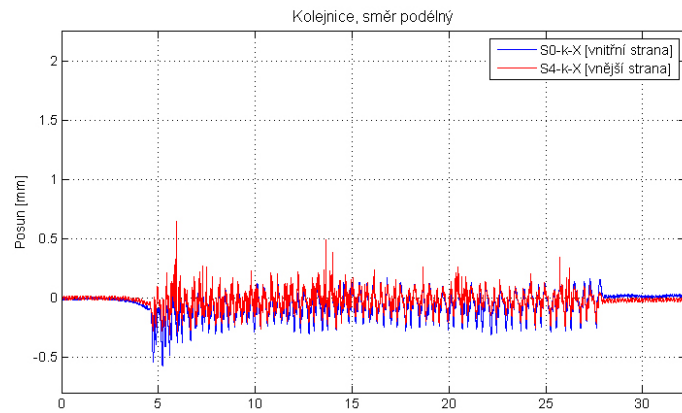
Graf D. 41 R; 96 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



Graf D. 42 Pv; 57 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI



Graf D. 43 Os; 101 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI

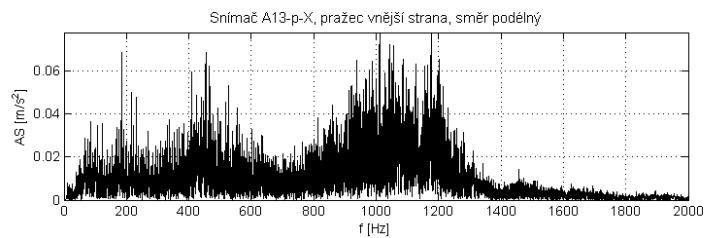
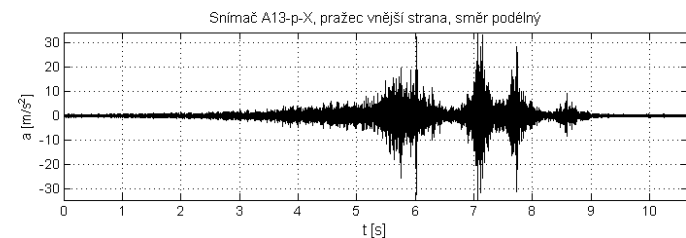
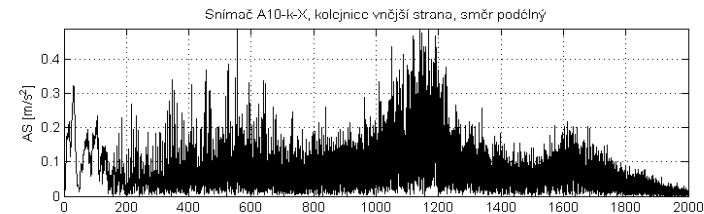
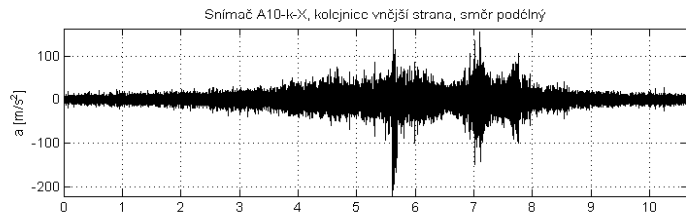
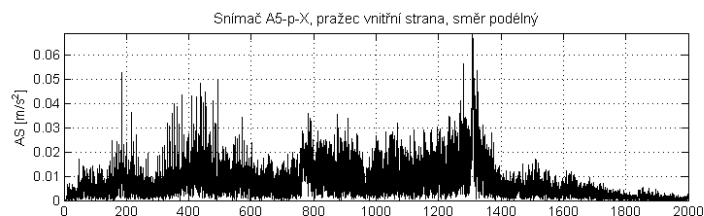
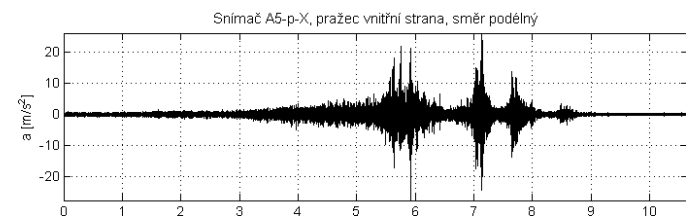
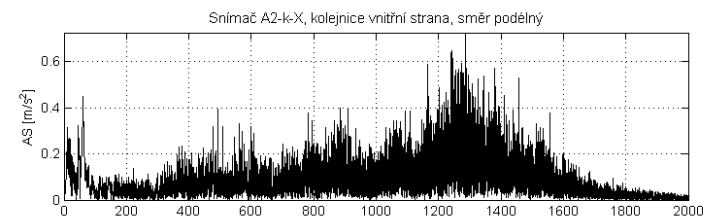
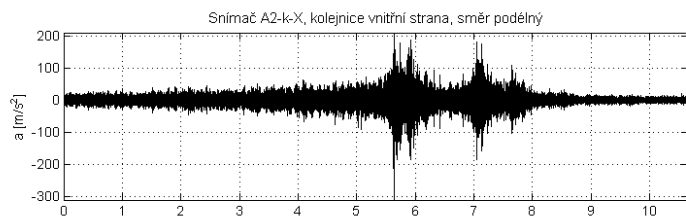


Graf D. 44 Na; 79-50 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI

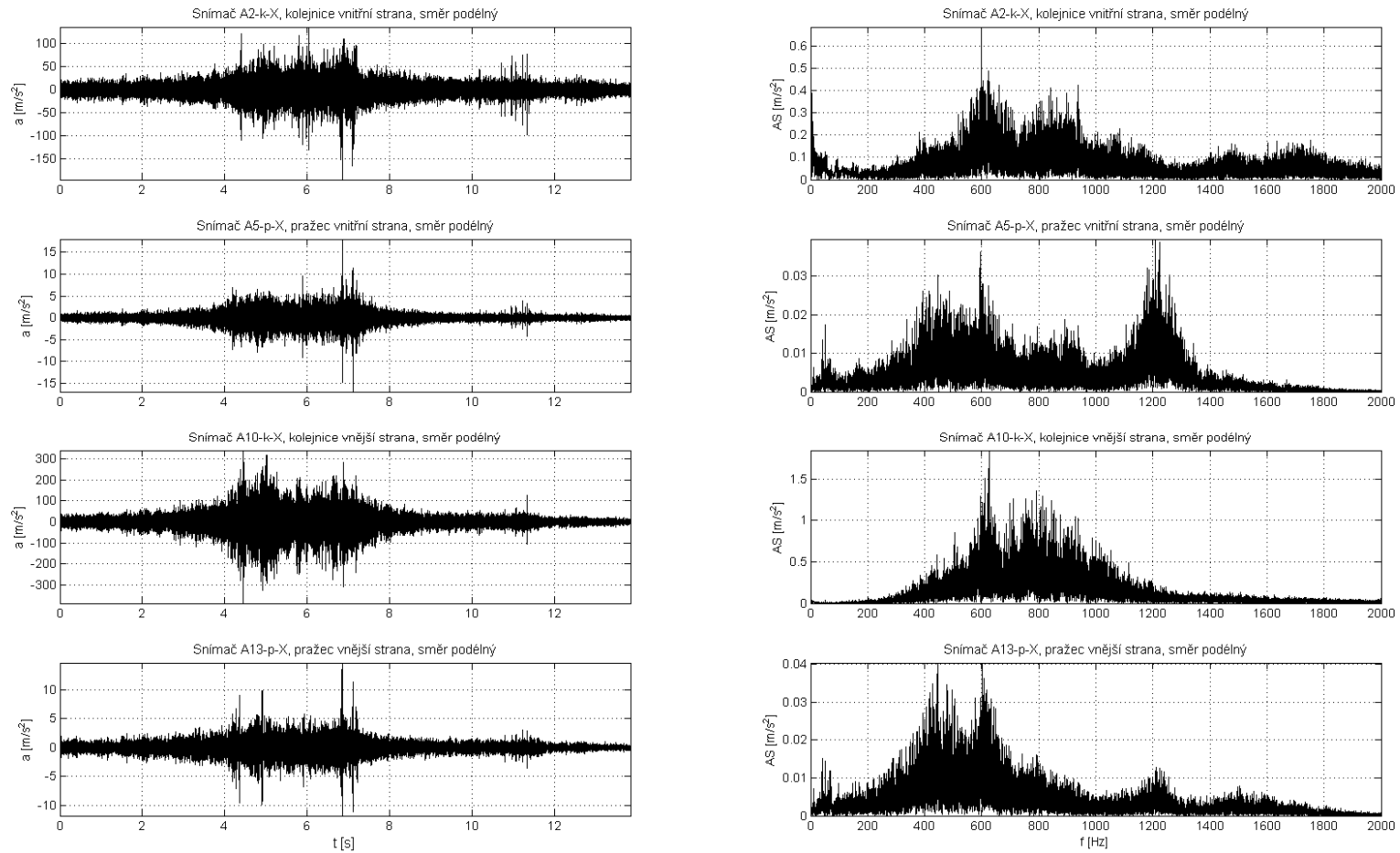
PŘÍLOHA E
VIBRACE – VYHODNOCENÍ V ČASOVÉ A FREKVENČNÍ
OBLASTI

Grafy budou pro lepší orientaci vyobrazeny v pořadí porovnávaných vlakových souprav na sousedících stránkách. Nejdříve vždy podélný směr, dále příčný a nakonec svislý. Grafy jsou řazeny vlevo časový průběh a vpravo frekvenční. Nejdříve je vždy zobrazen průběh na kolejnici a hned pod ním průběh na pražci. Ostatní grafy budou vyobrazeny podle času průjezdu a měřicího úseku. U každého grafu bude popsán typ vlaku, jeho rychlost, měřicí úsek a typ upevnění.

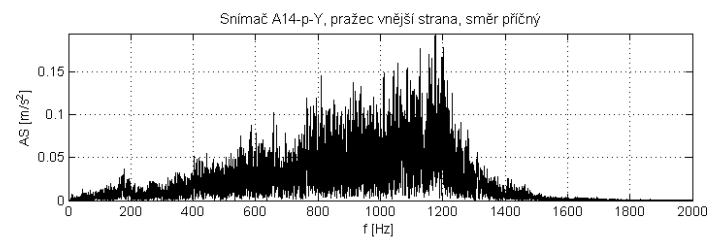
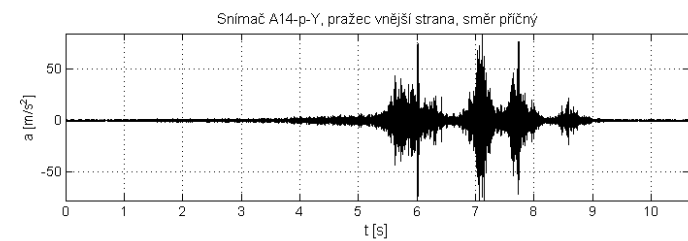
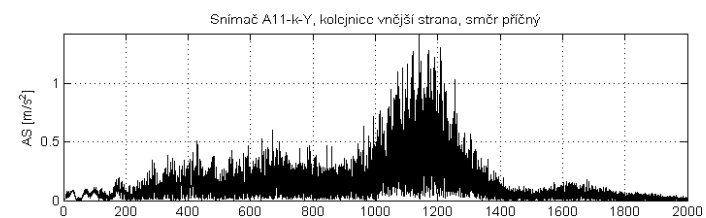
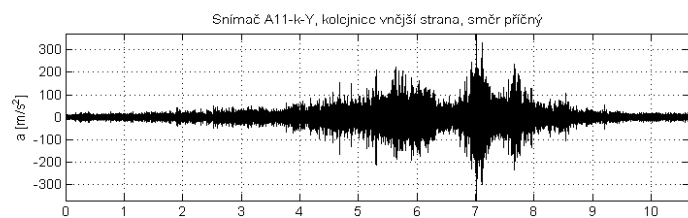
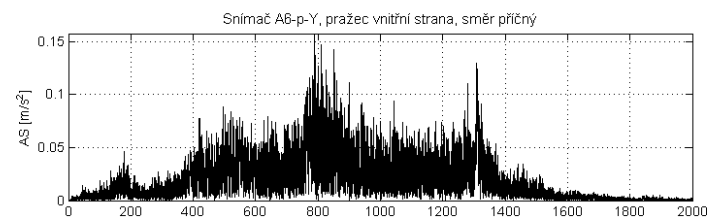
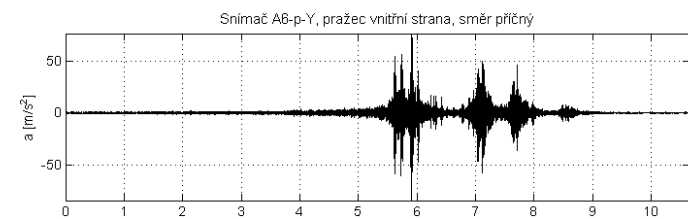
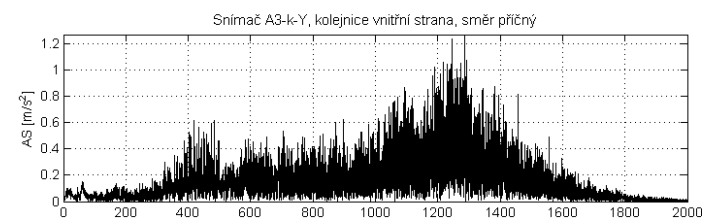
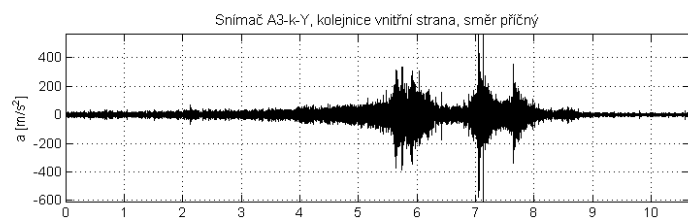
SROVNATELNÉ DVOJICE



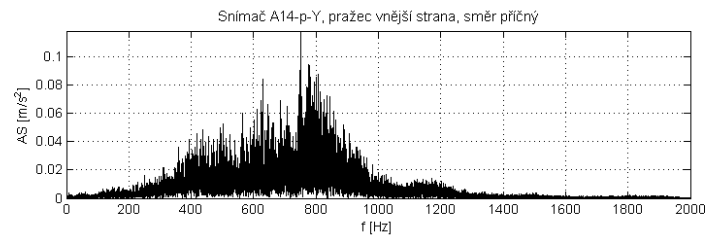
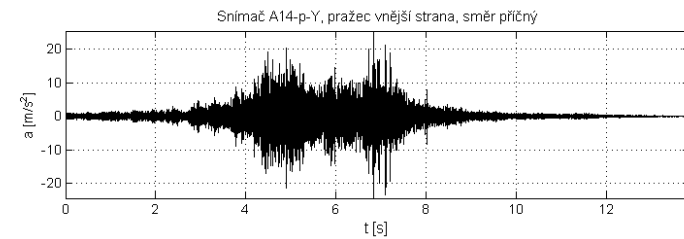
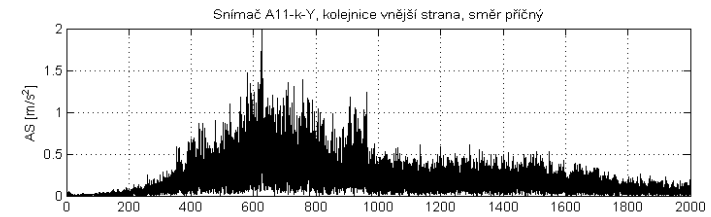
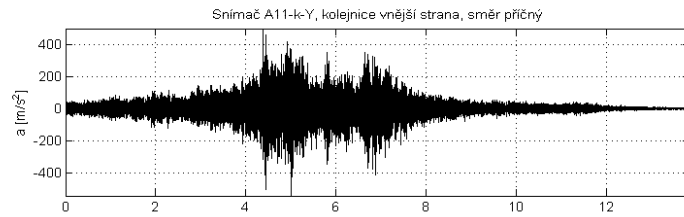
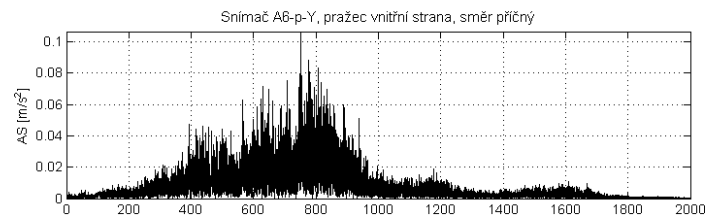
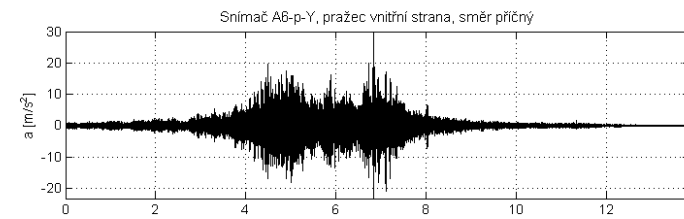
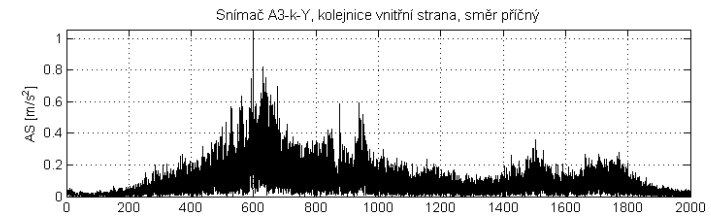
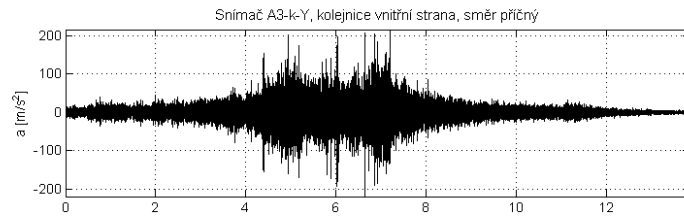
Graf E. 1 Os; 104 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



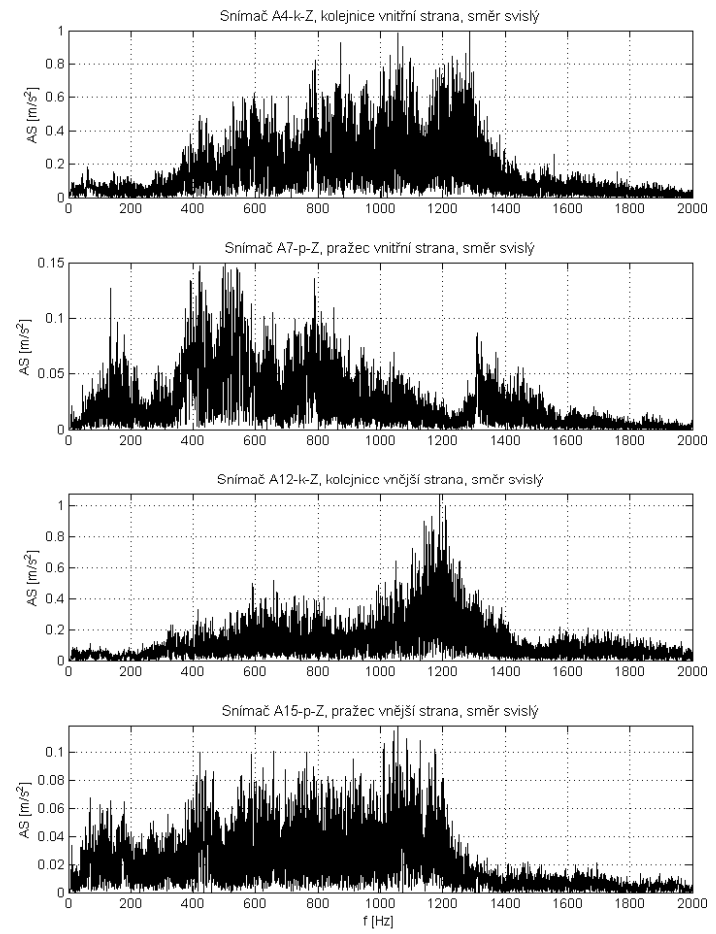
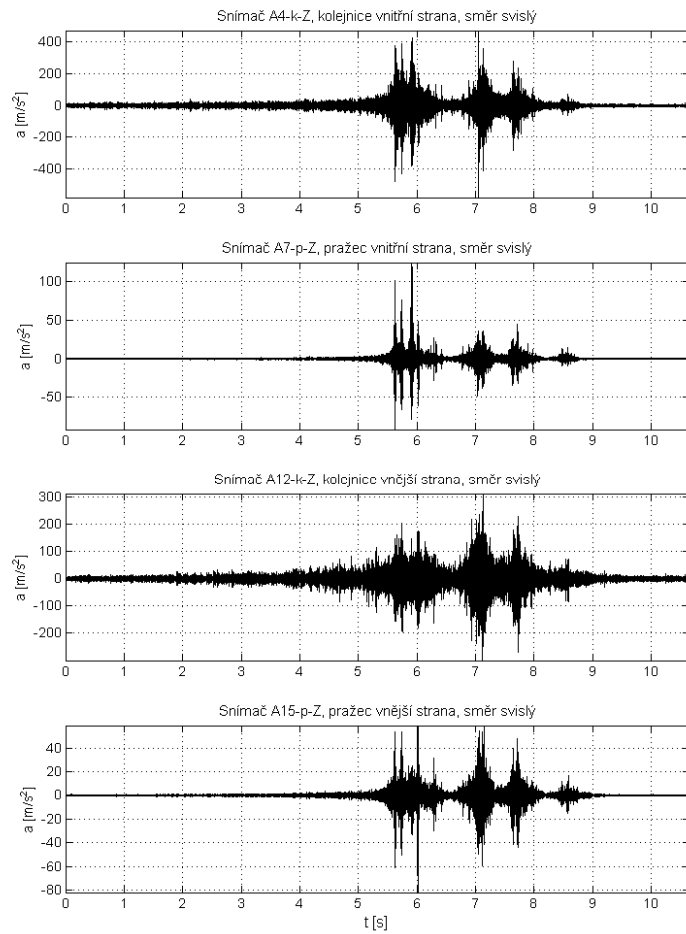
Graf E. 2 Os; 115 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



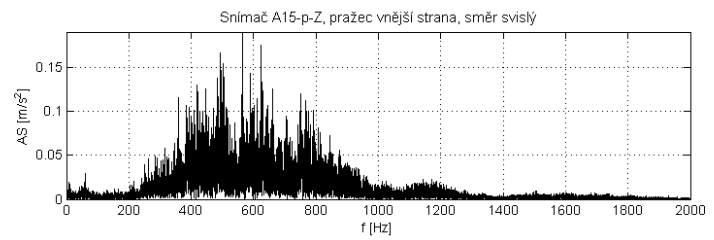
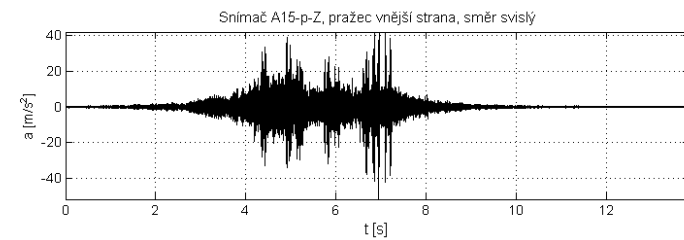
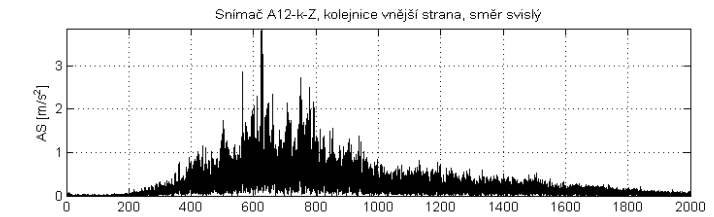
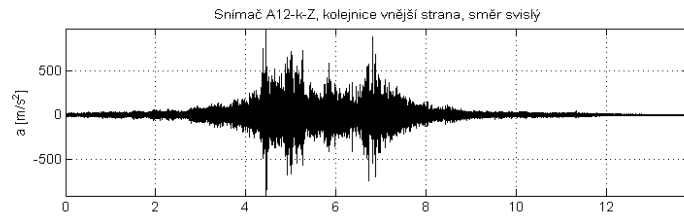
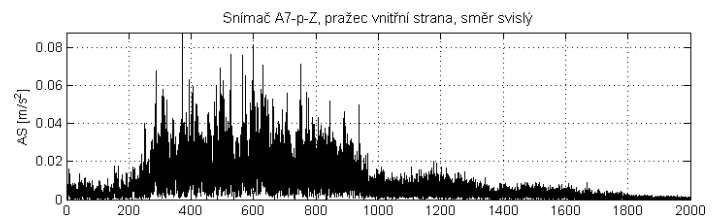
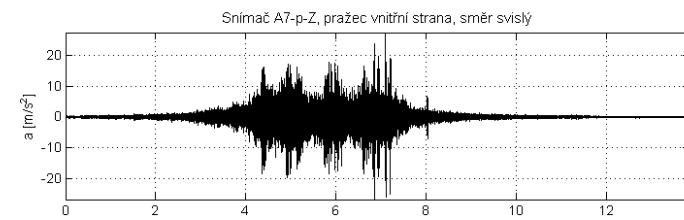
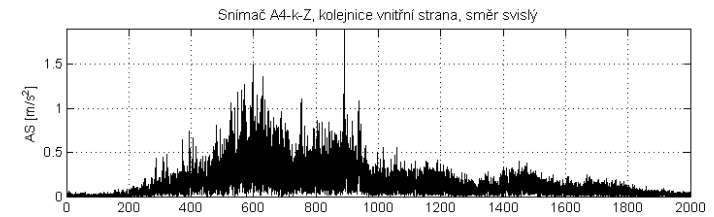
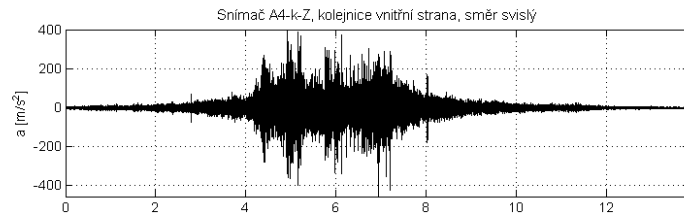
Graf E. 3 Os; 104 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



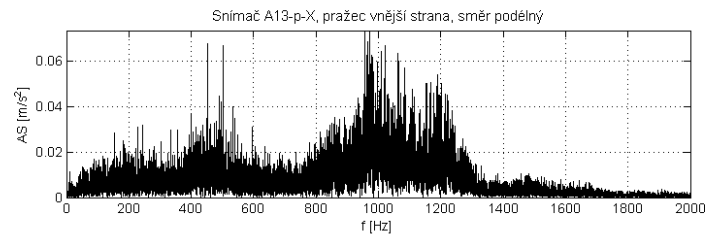
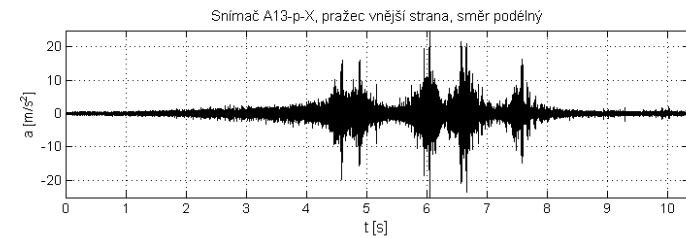
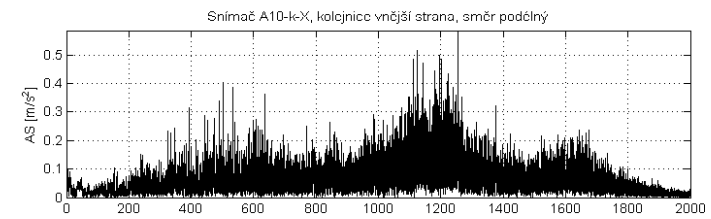
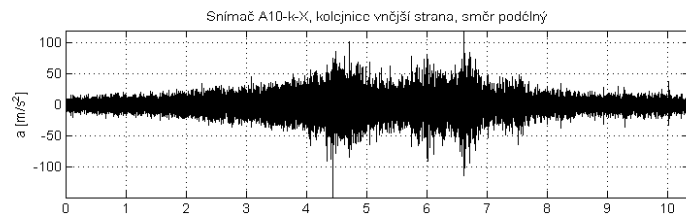
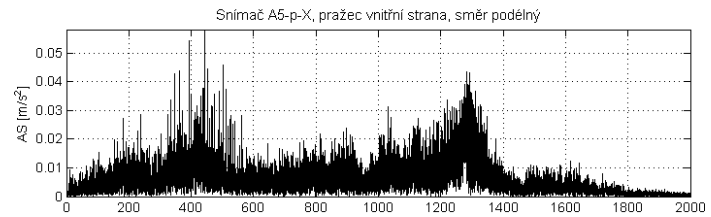
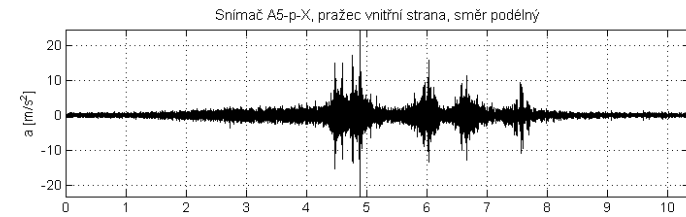
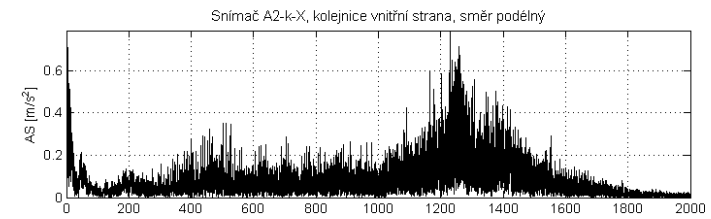
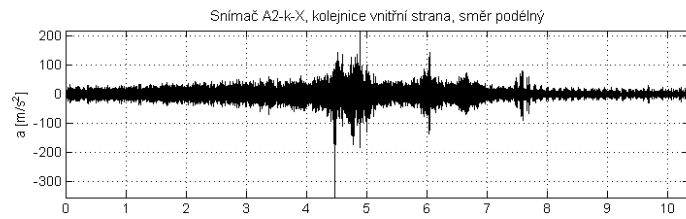
Graf E. 4 Os; 115 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



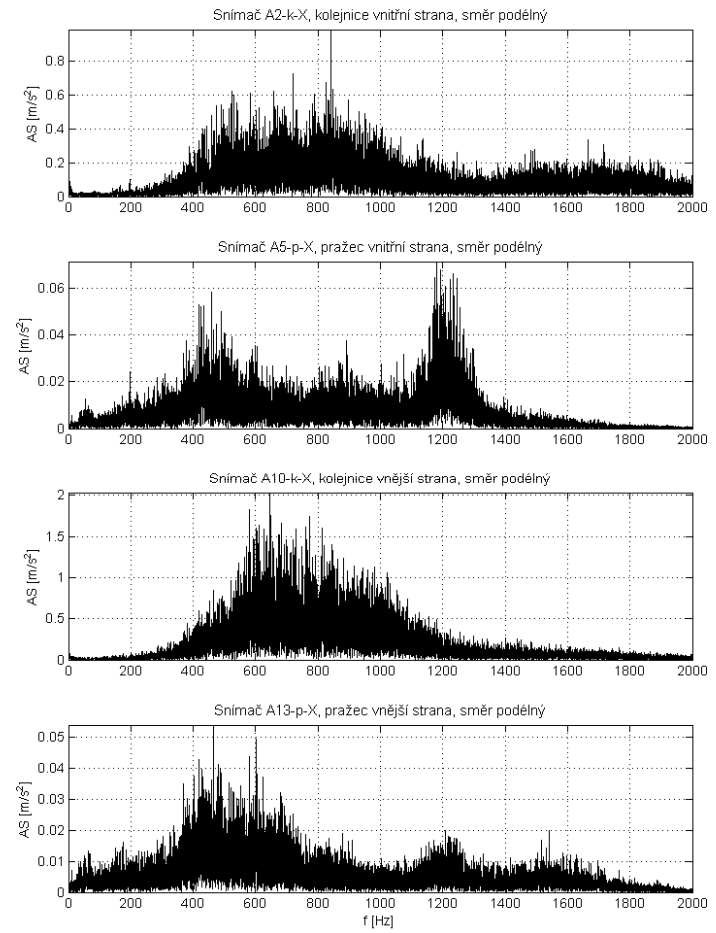
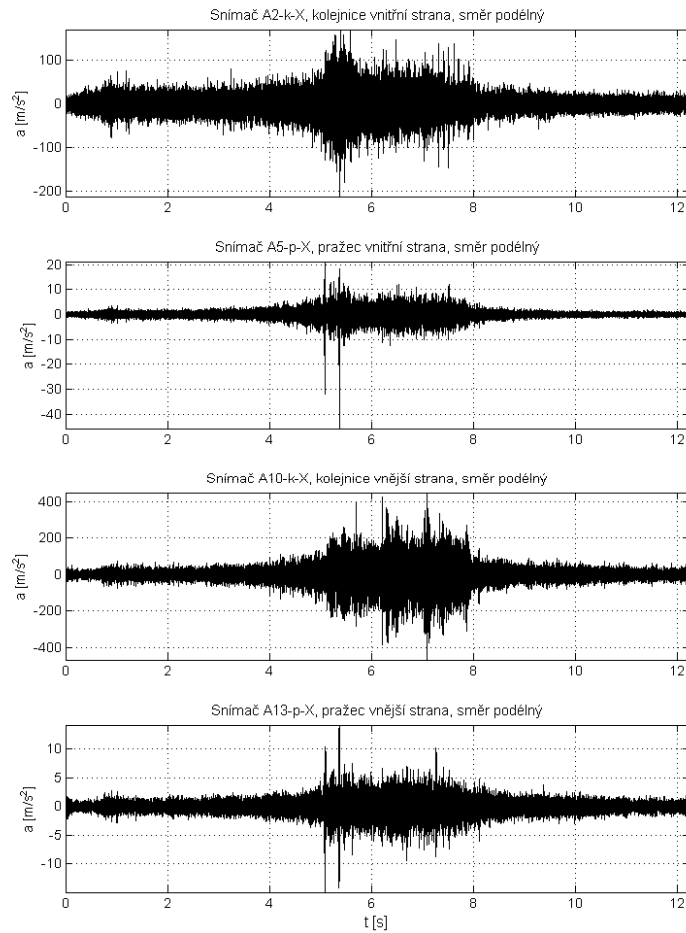
Graf E. 5 Os; 104 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



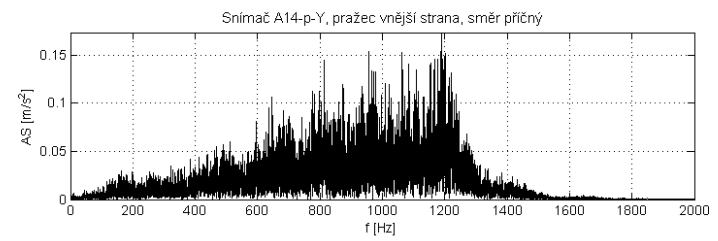
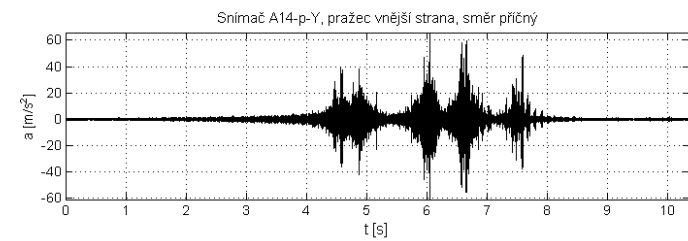
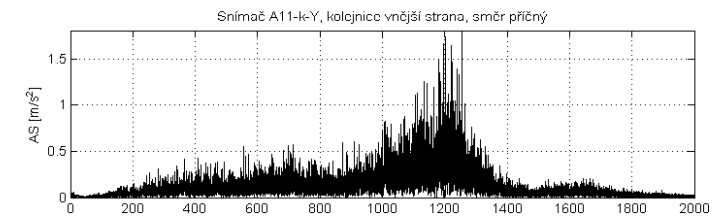
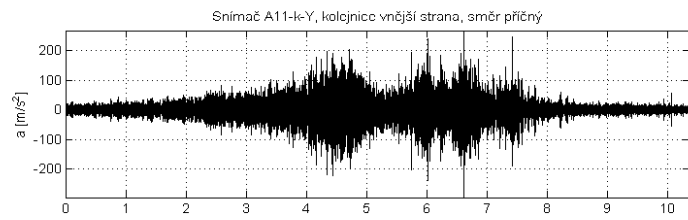
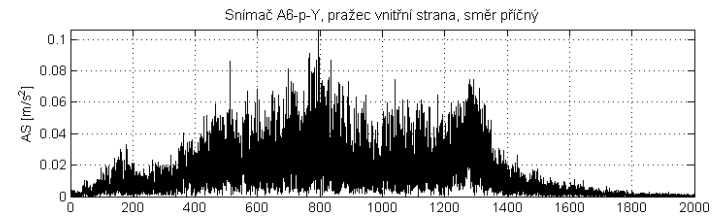
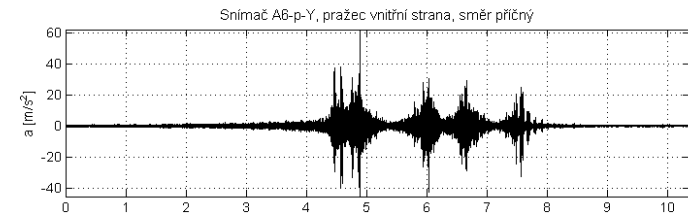
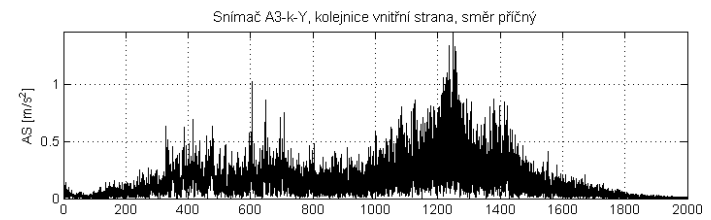
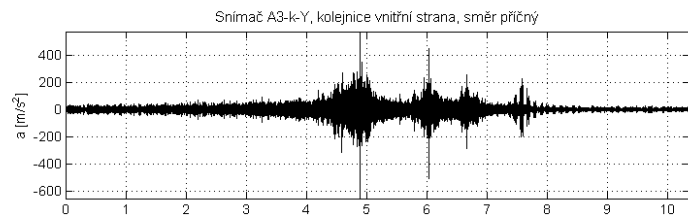
Graf E. 6 Os; 115 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



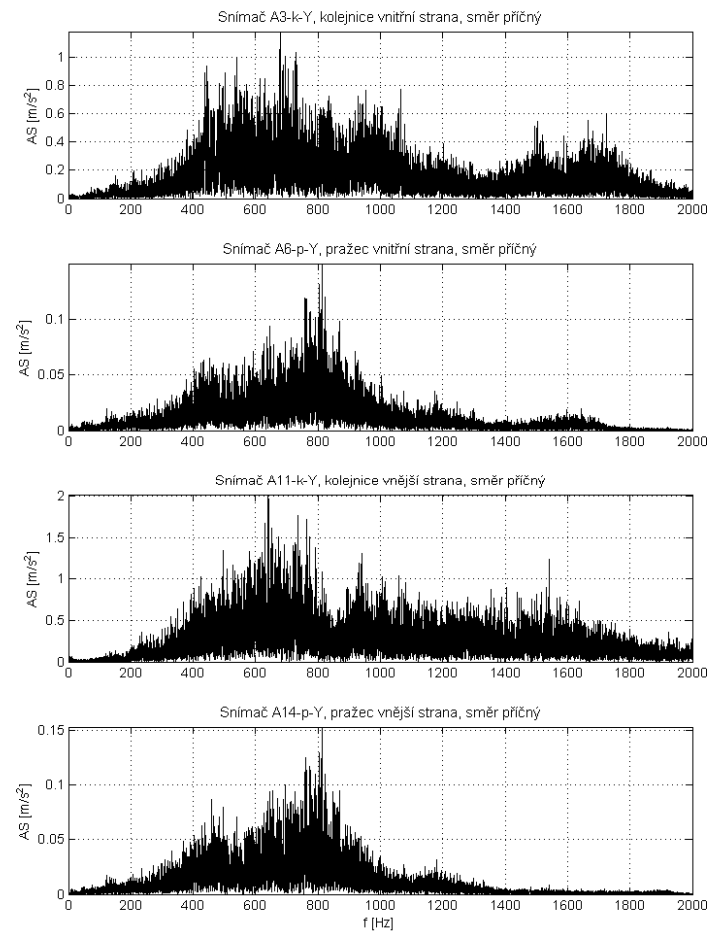
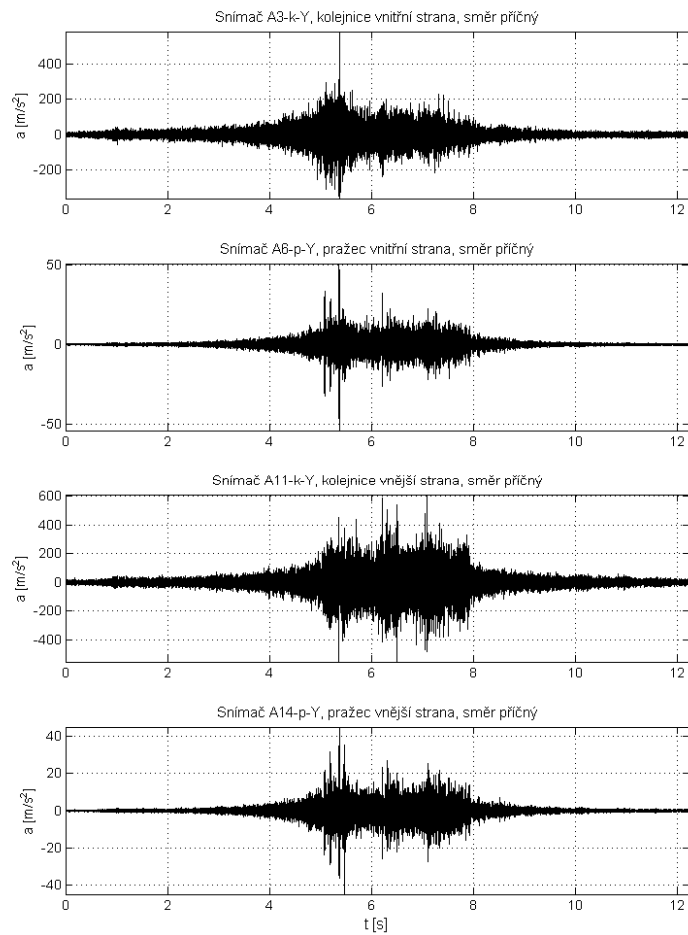
Graf E. 7 Os; 101 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



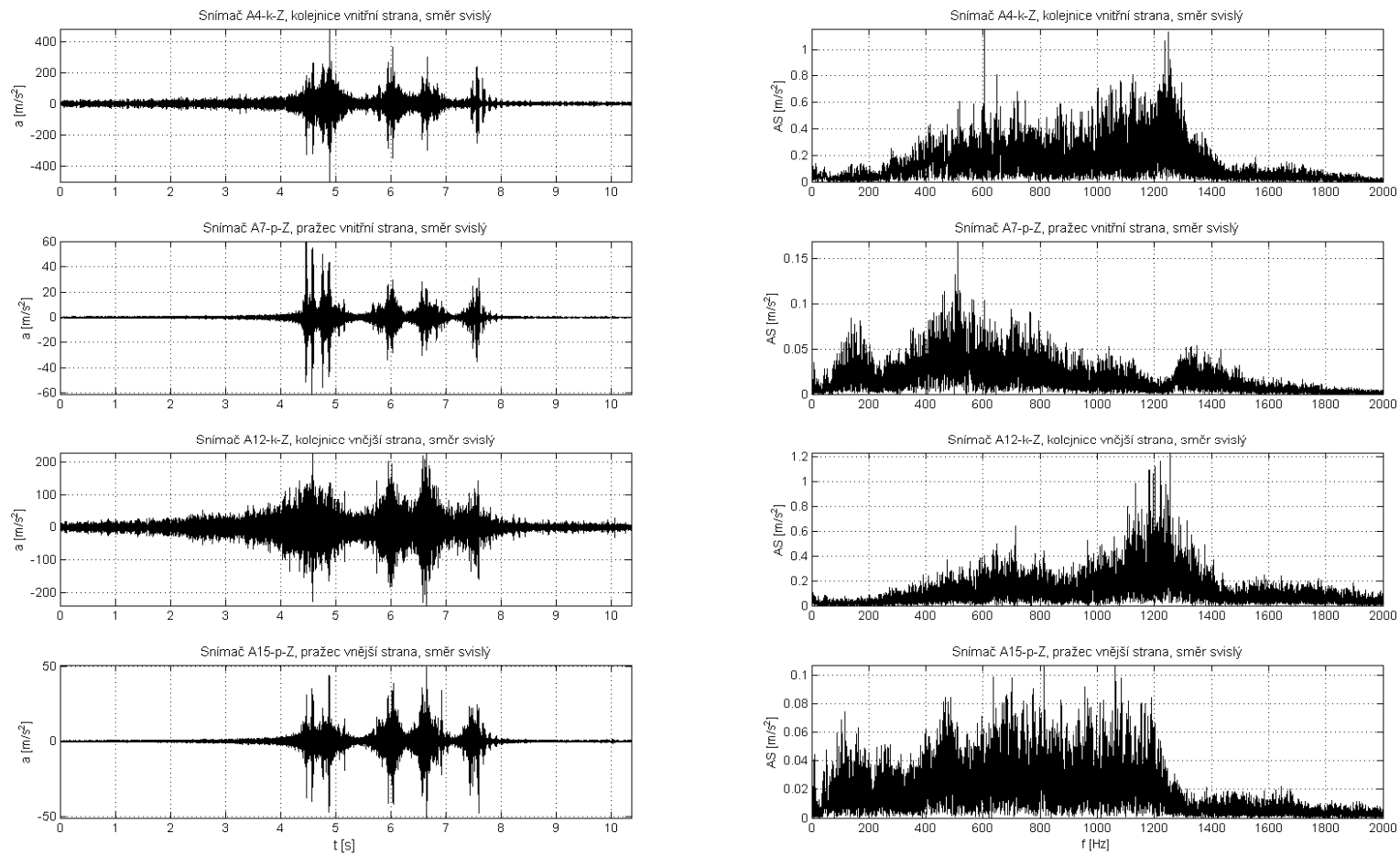
Graf E. 8 Os; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



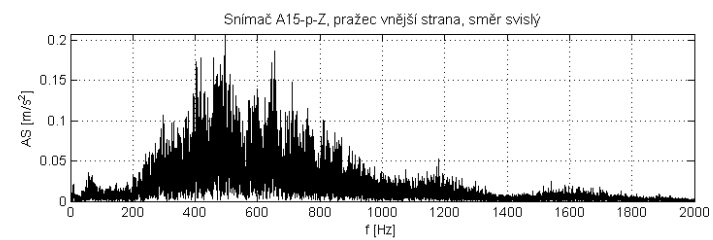
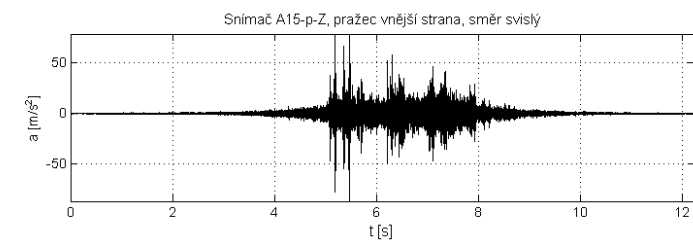
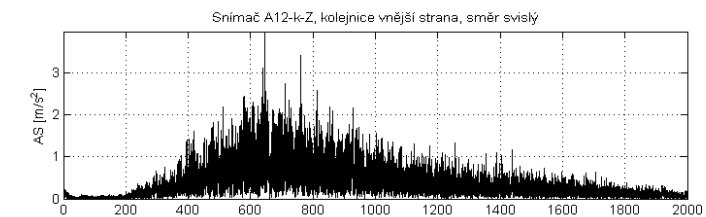
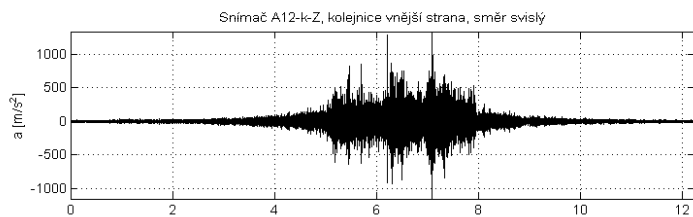
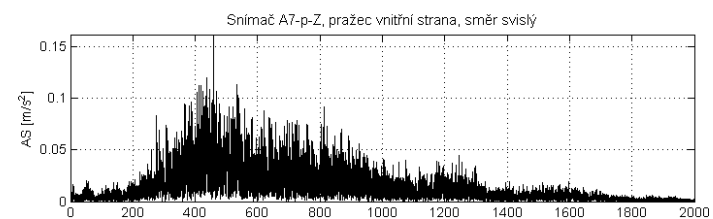
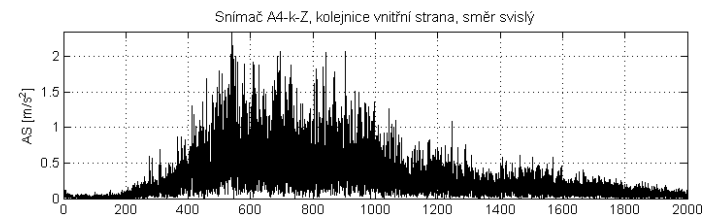
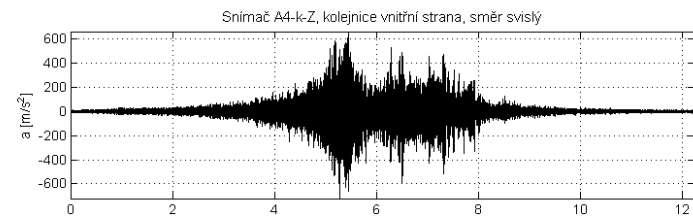
Graf E. 9 Os; 101 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



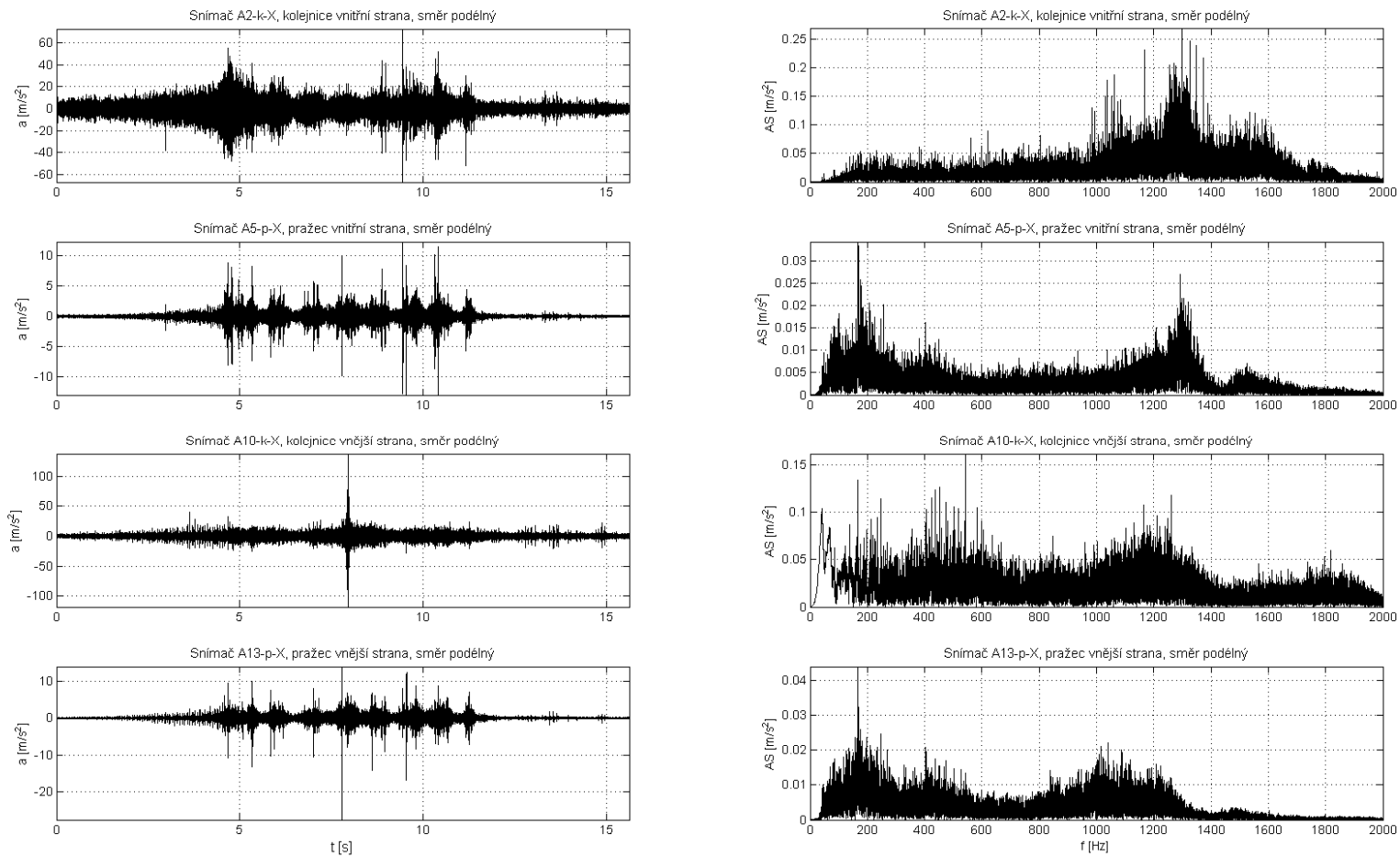
Graf E. 10 Os; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



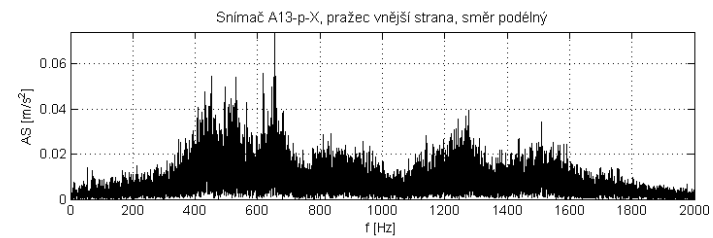
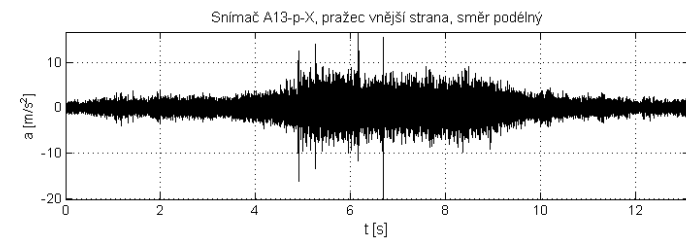
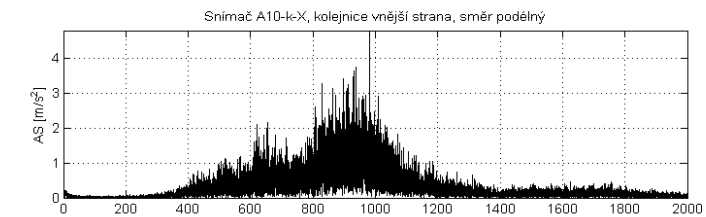
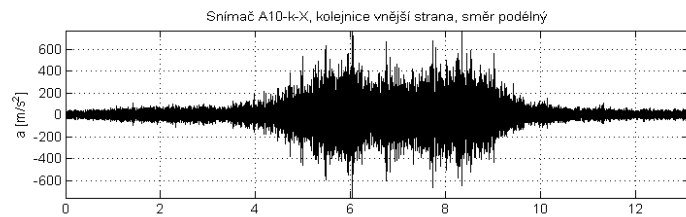
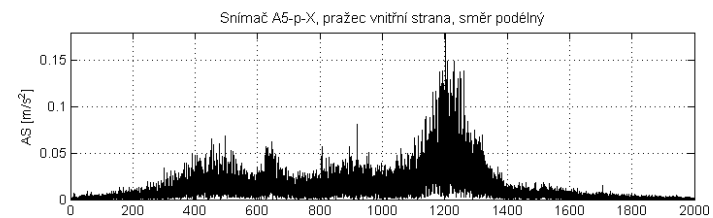
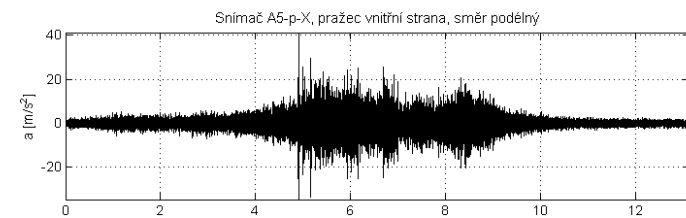
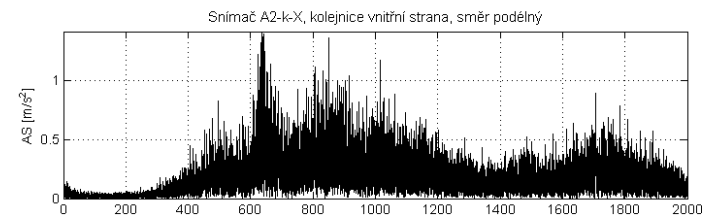
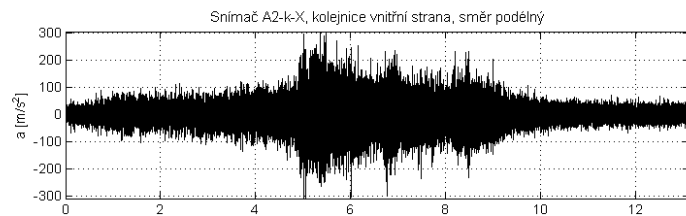
Graf E. 11 Os; 101 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



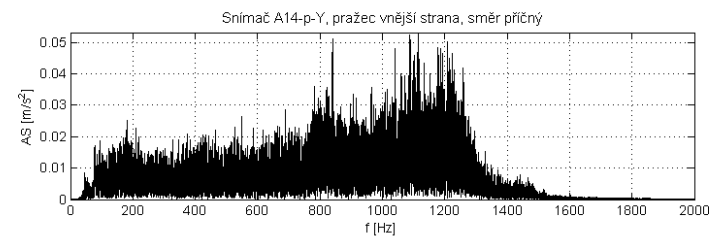
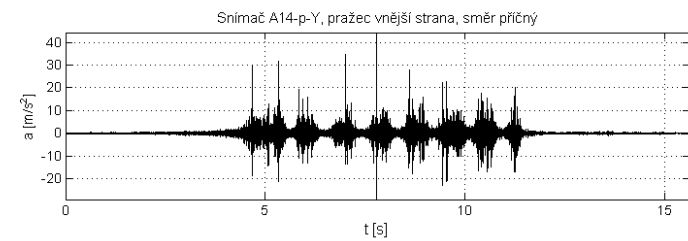
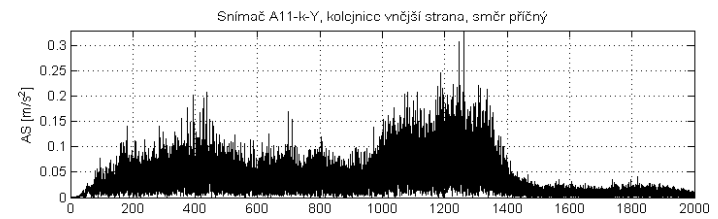
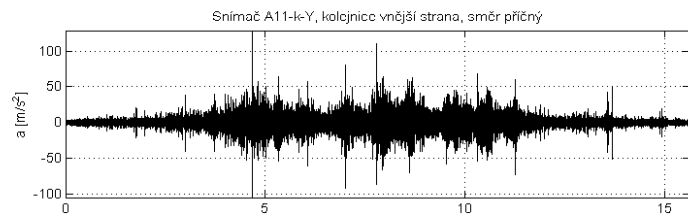
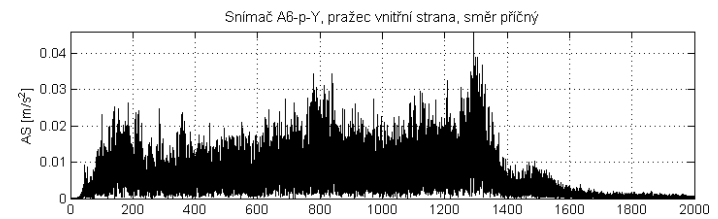
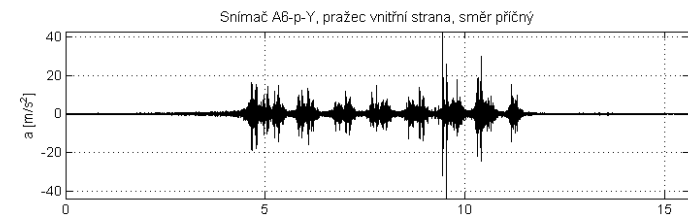
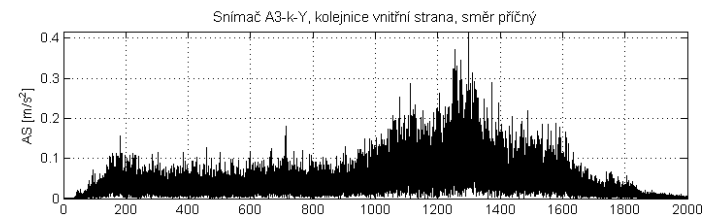
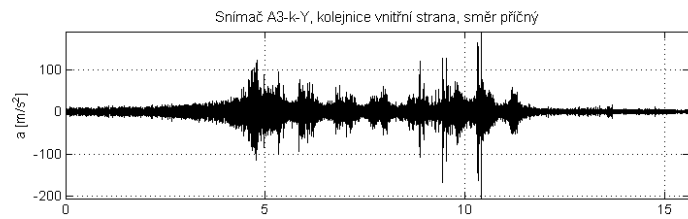
Graf E. 12 Os; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



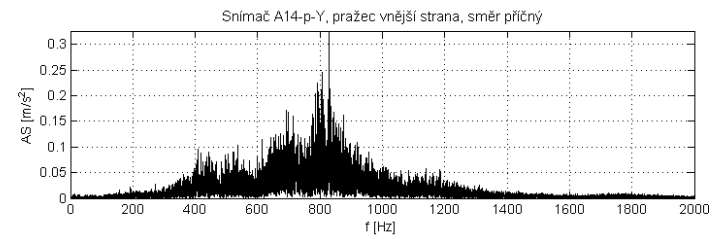
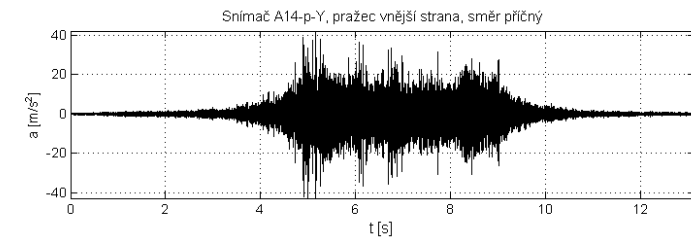
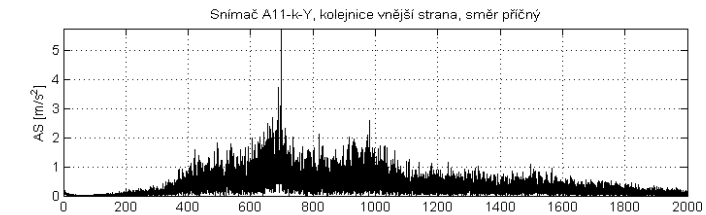
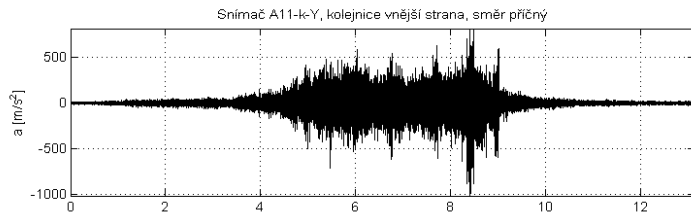
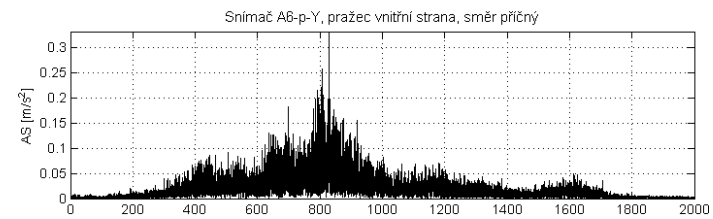
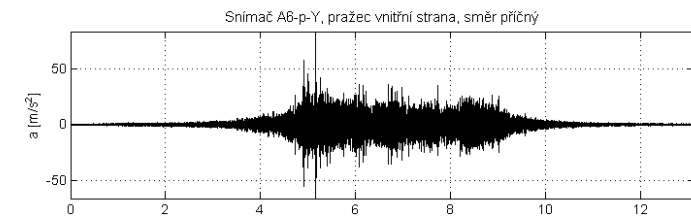
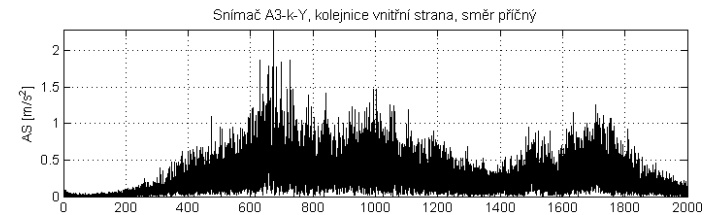
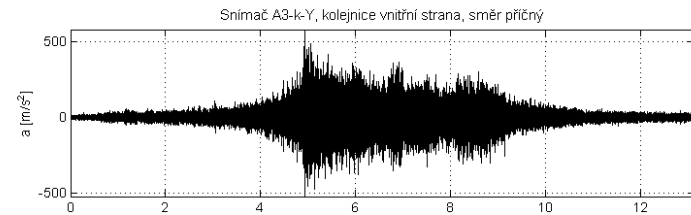
Graf E. 13 Ex; 103 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



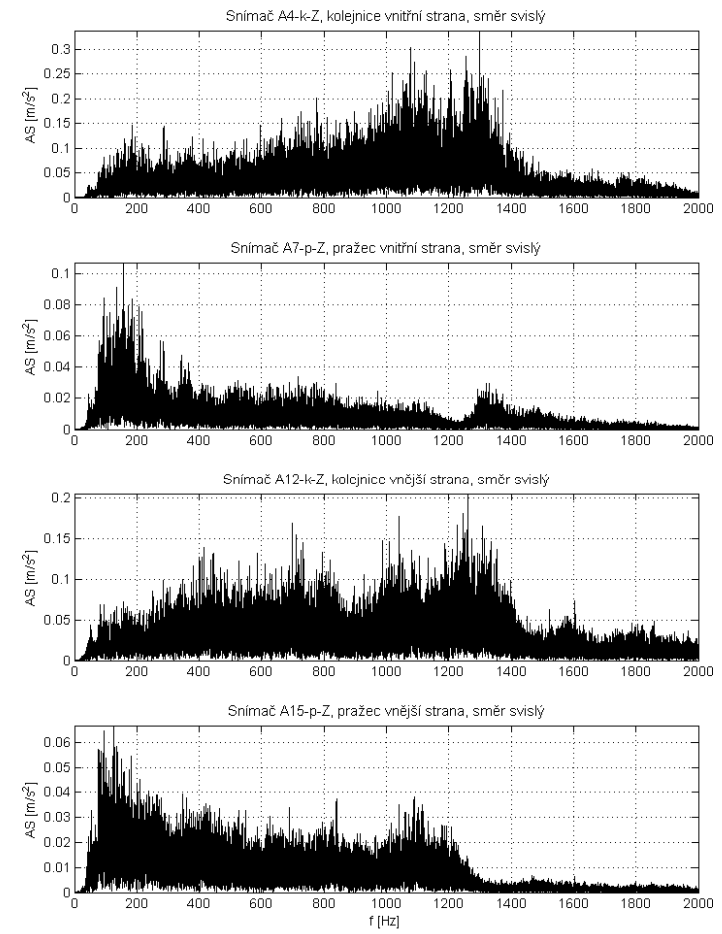
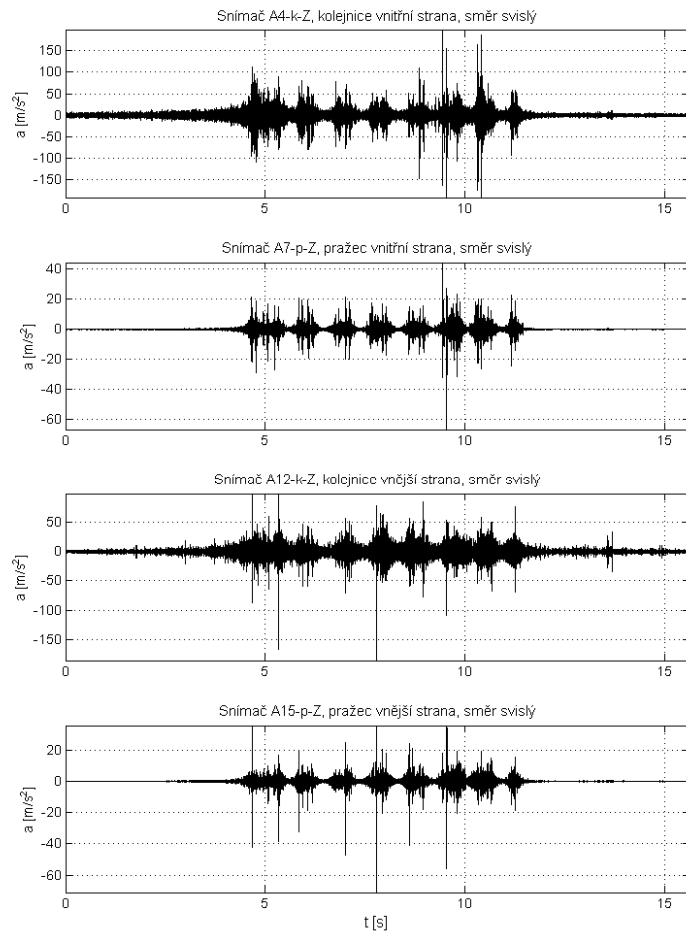
Graf E. 14 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



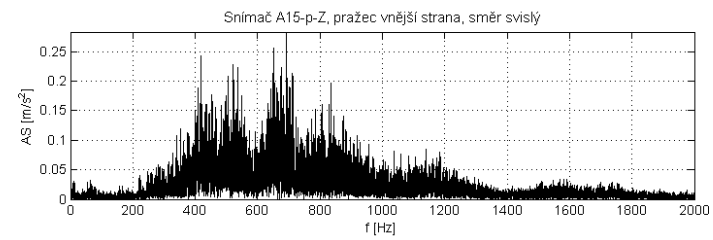
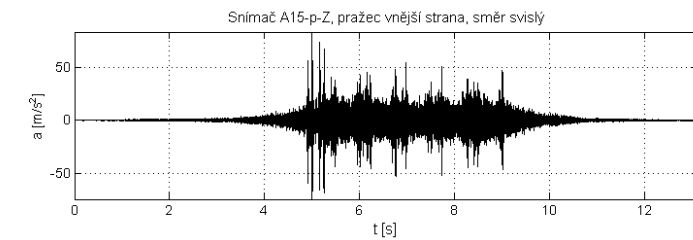
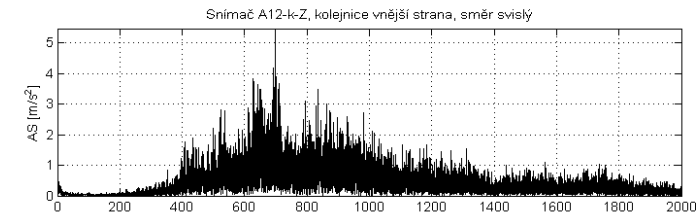
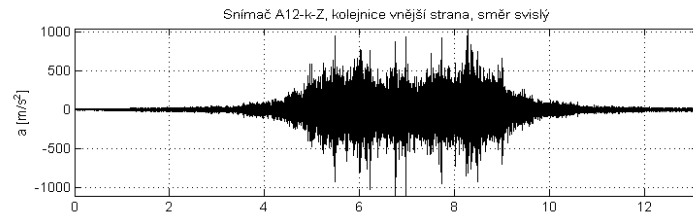
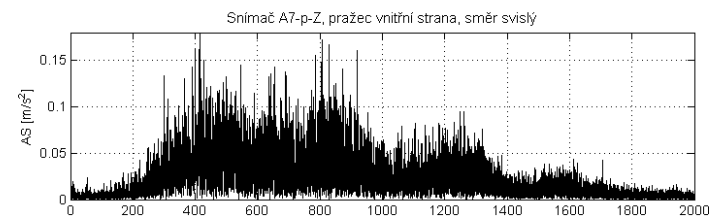
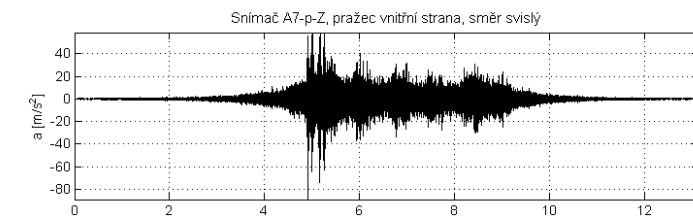
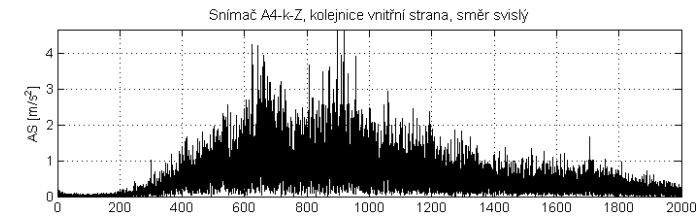
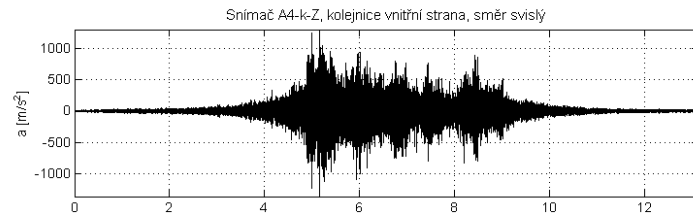
Graf E. 15 Ex; 103 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



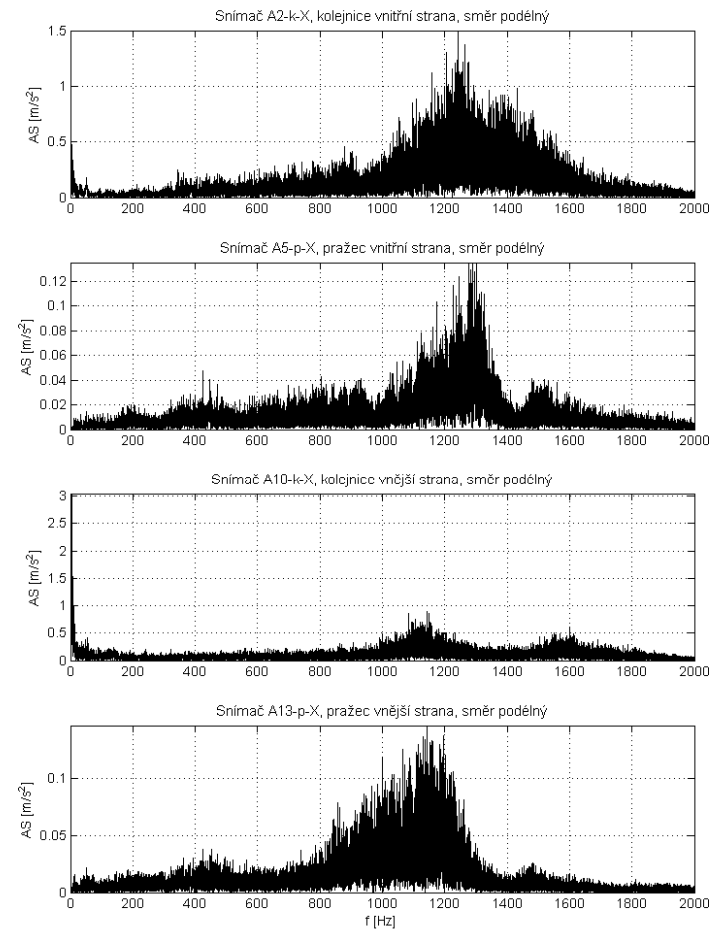
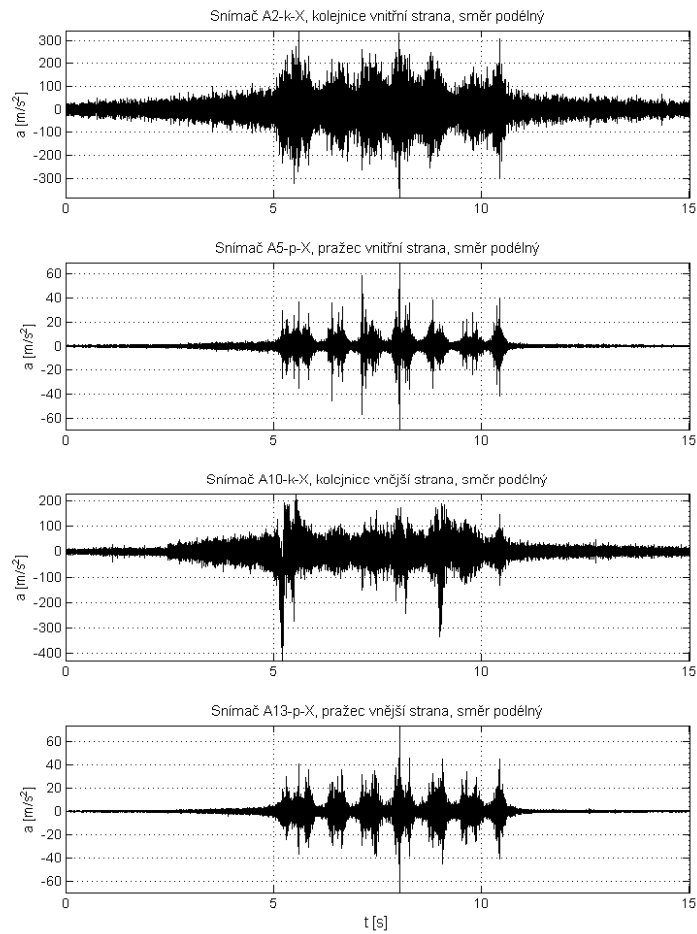
Graf E. 16 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



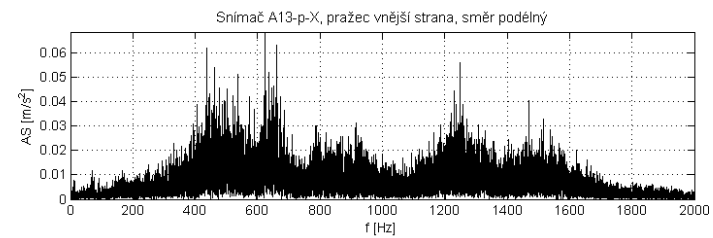
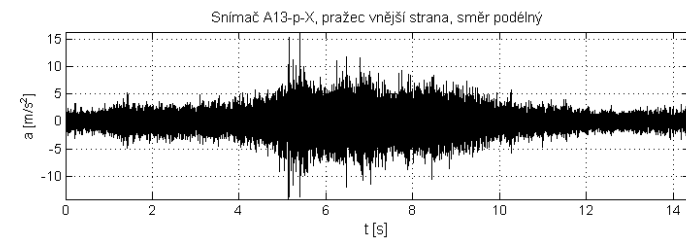
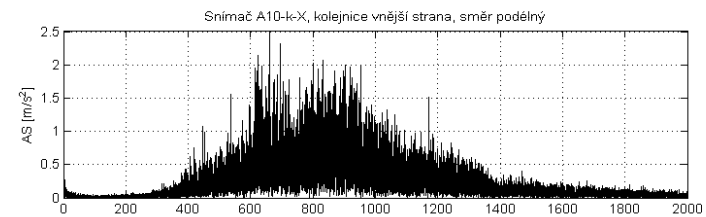
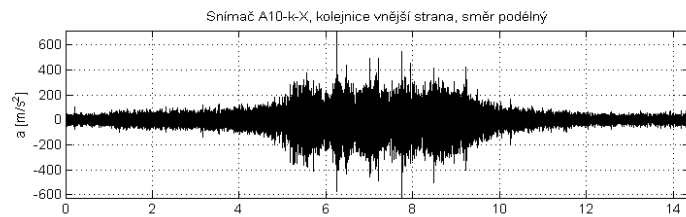
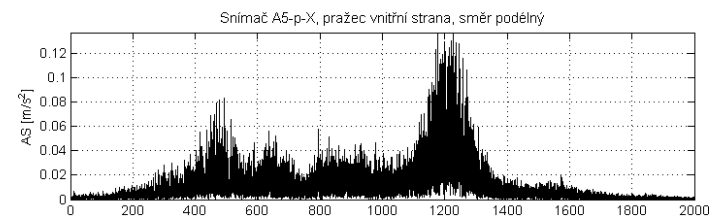
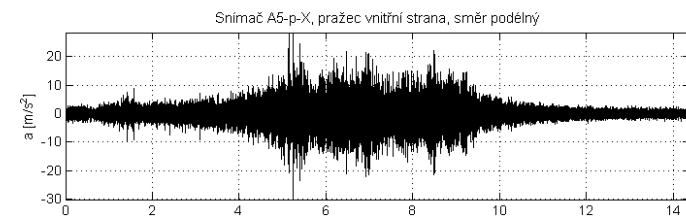
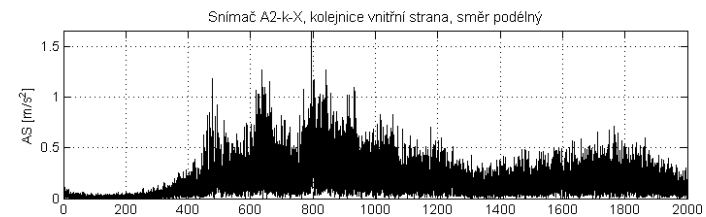
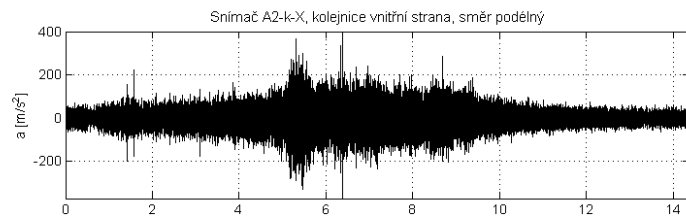
Graf E. 17 Ex; 103 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



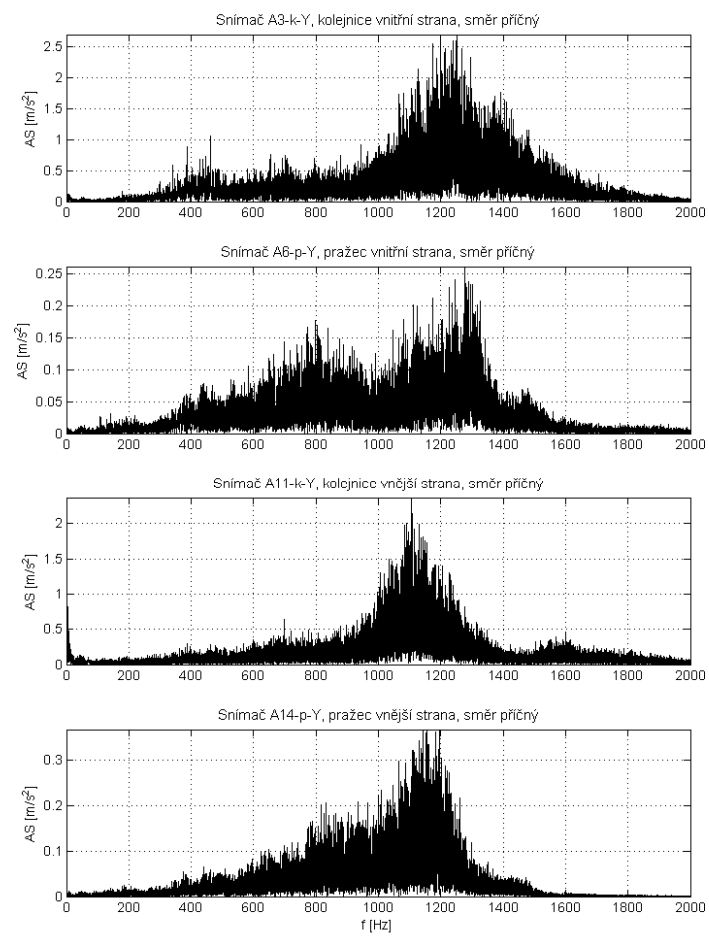
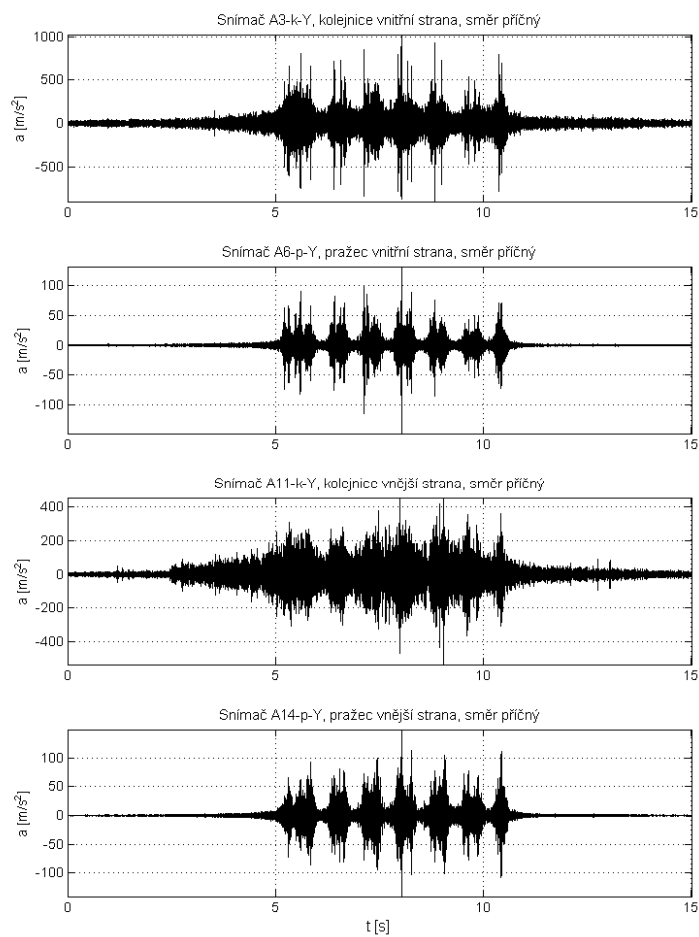
Graf E. 18 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



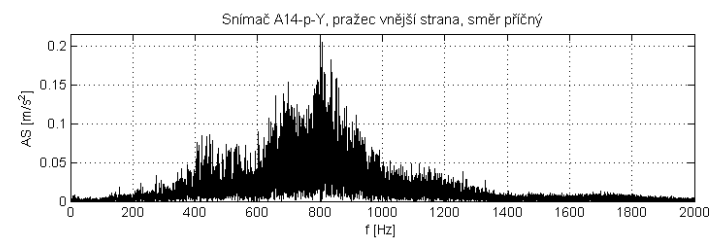
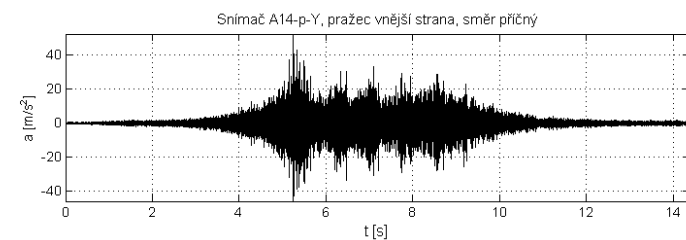
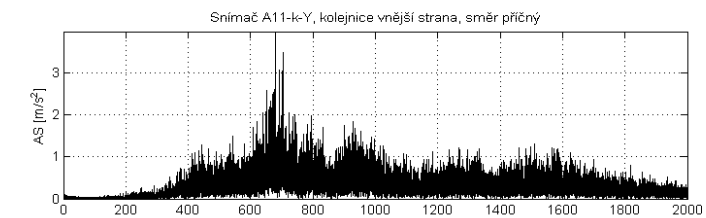
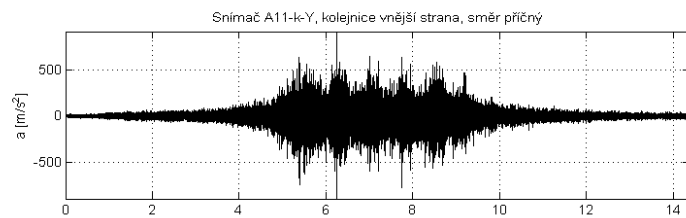
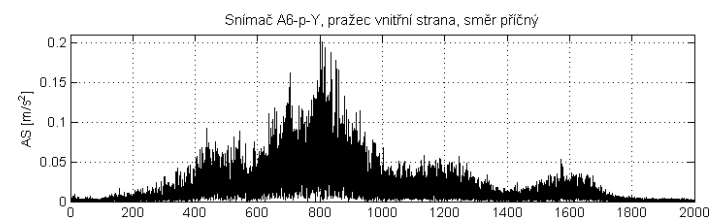
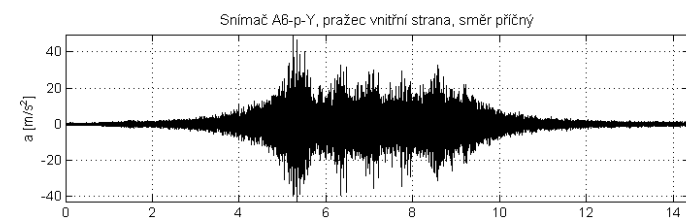
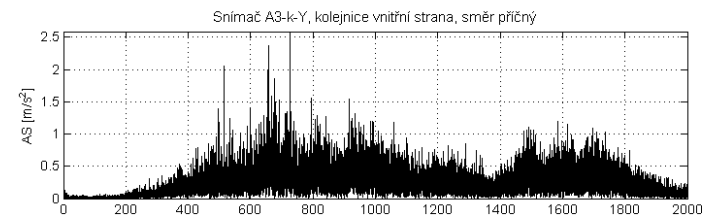
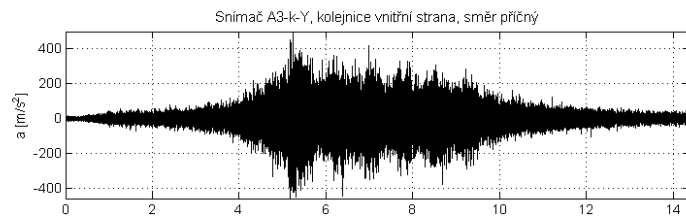
Graf E. 19 R; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



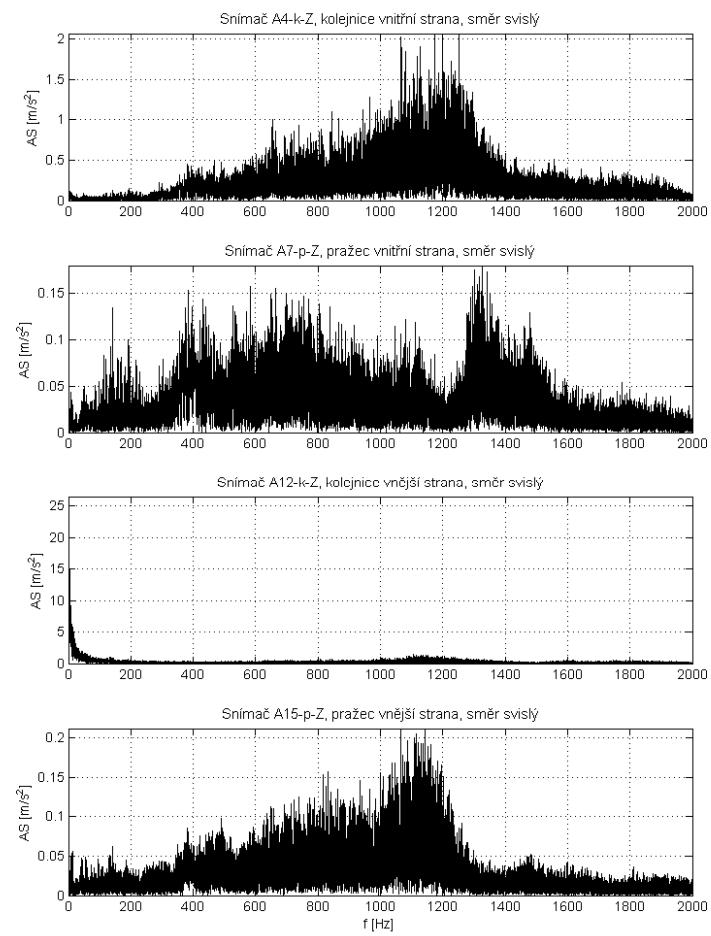
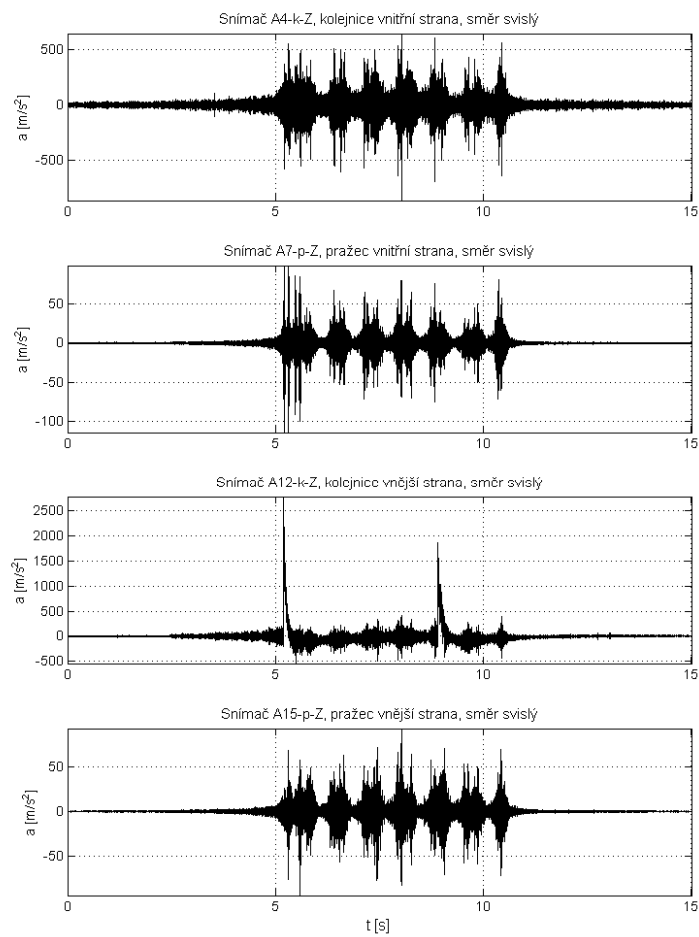
Graf E. 20 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



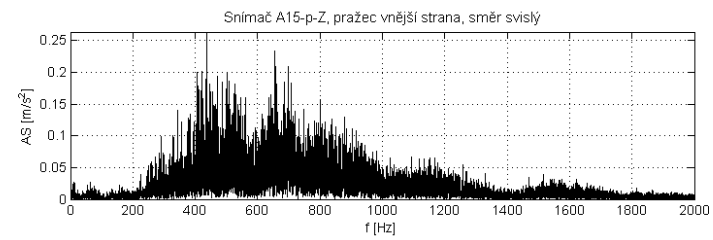
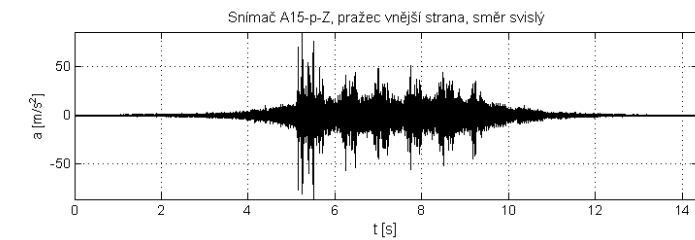
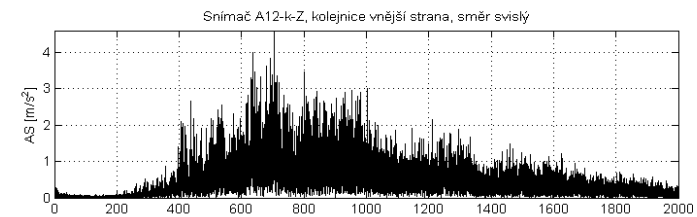
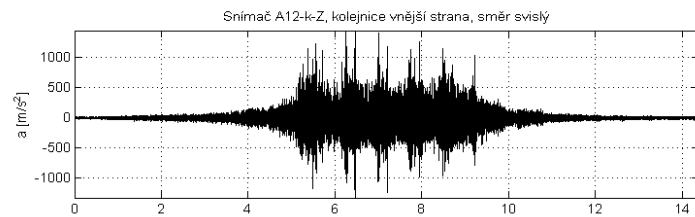
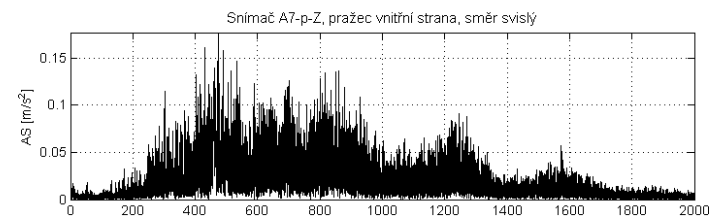
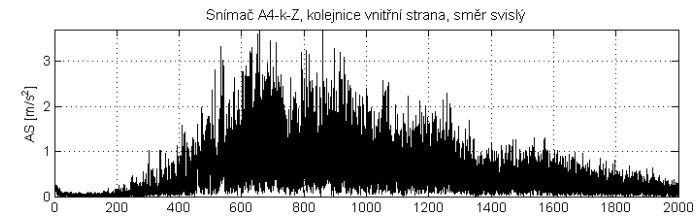
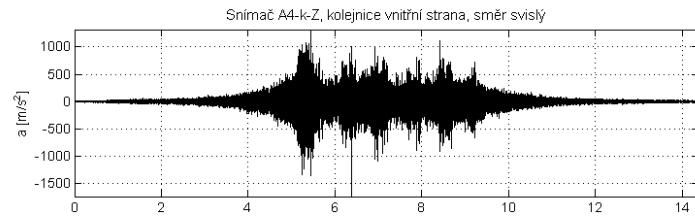
Graf E. 21 R; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



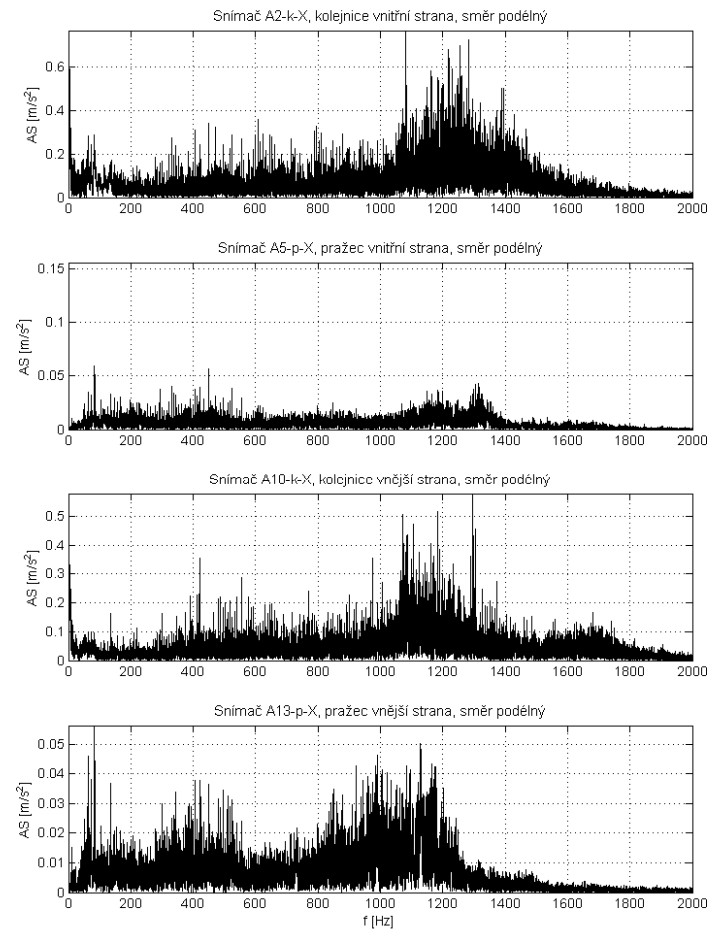
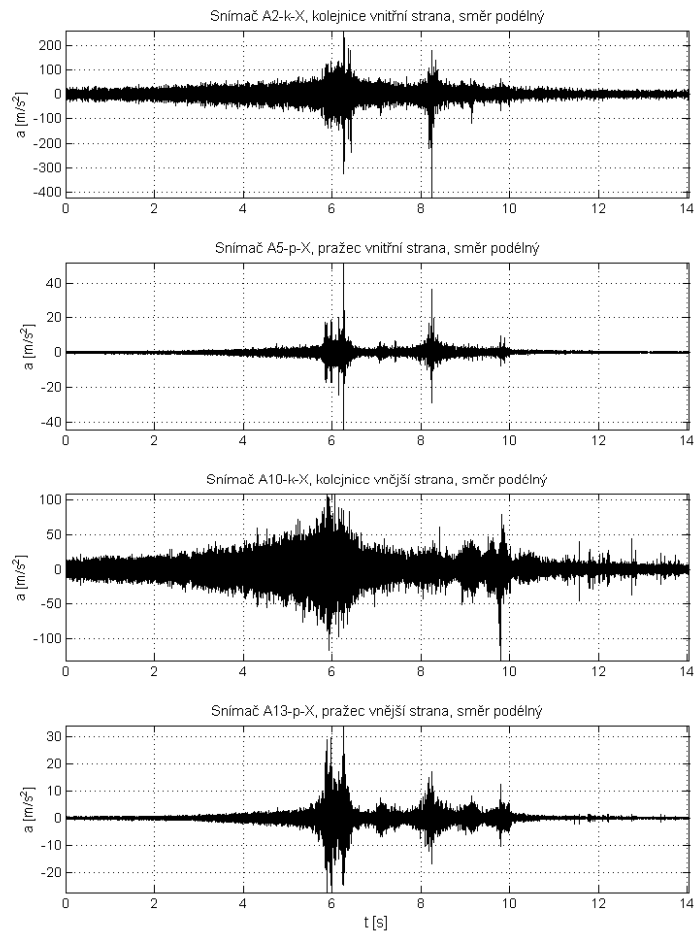
Graf E. 22 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



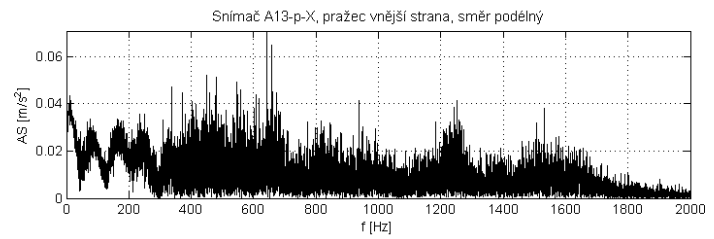
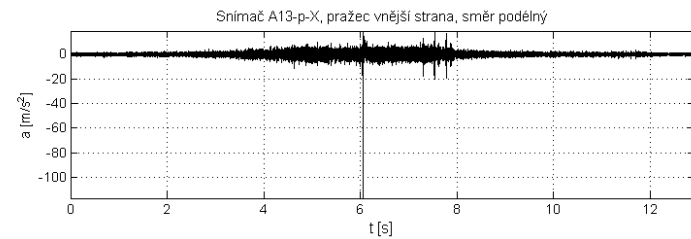
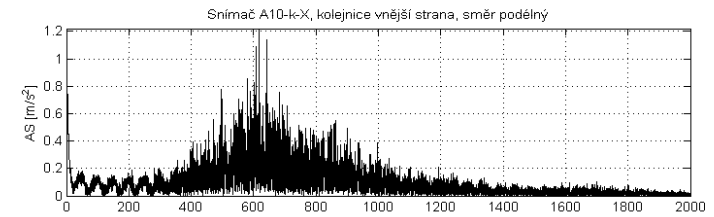
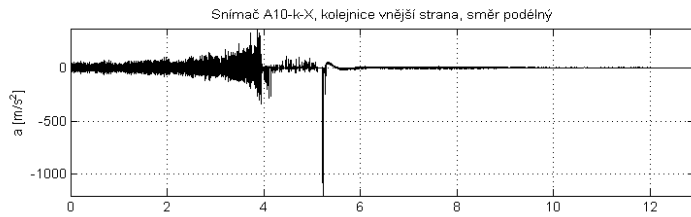
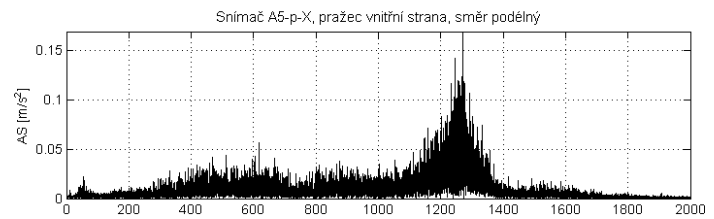
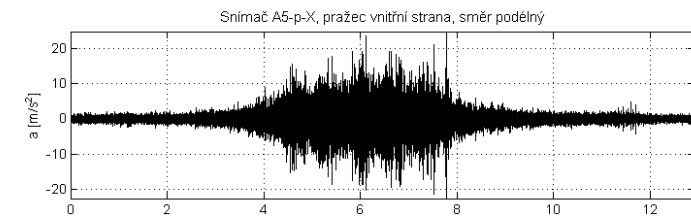
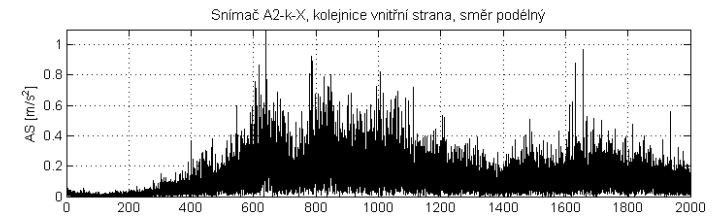
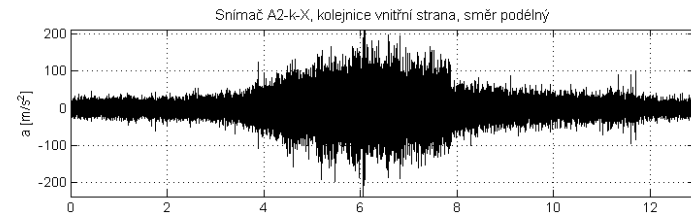
Graf E. 23 R; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



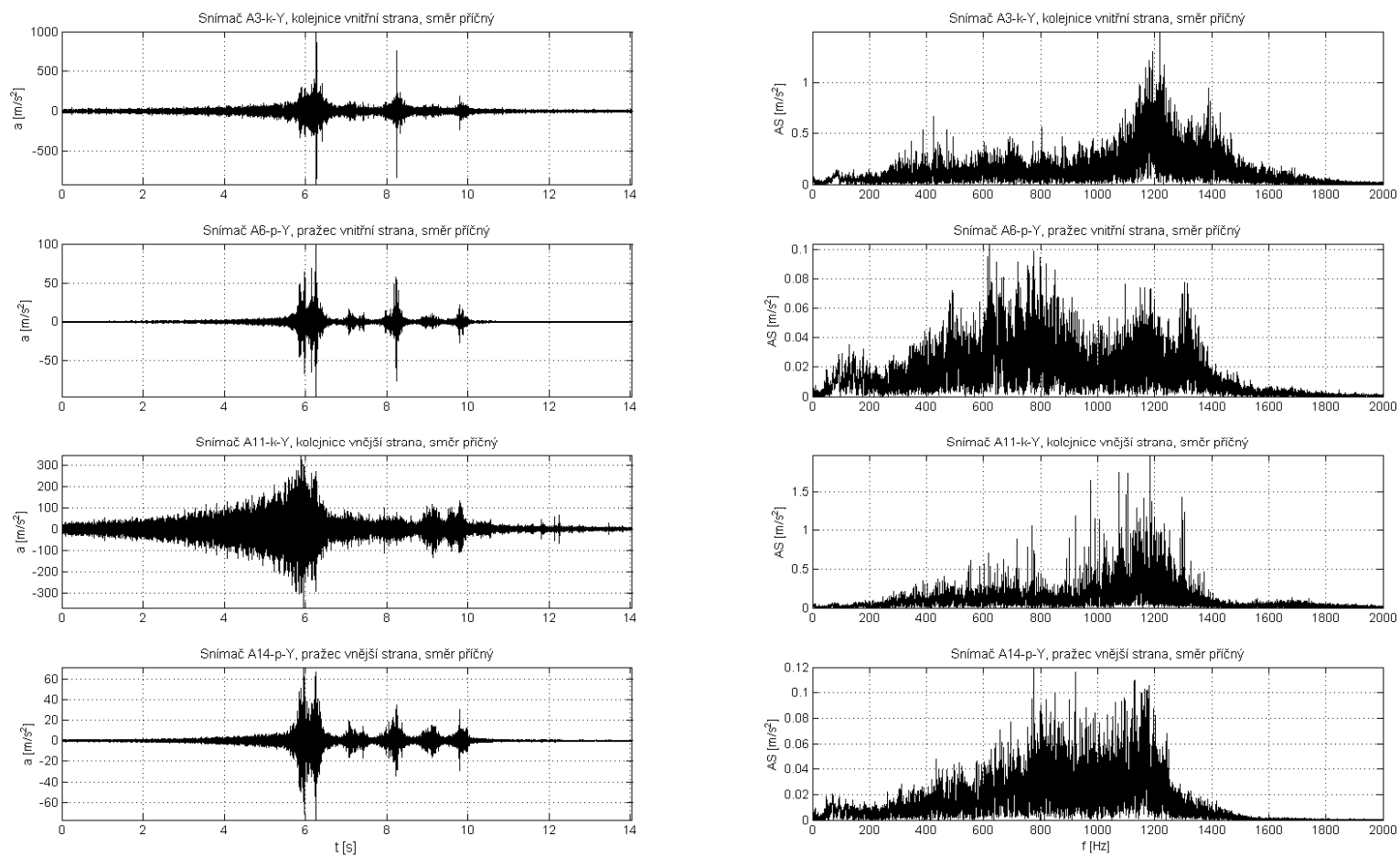
Graf E. 24 R; 108 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



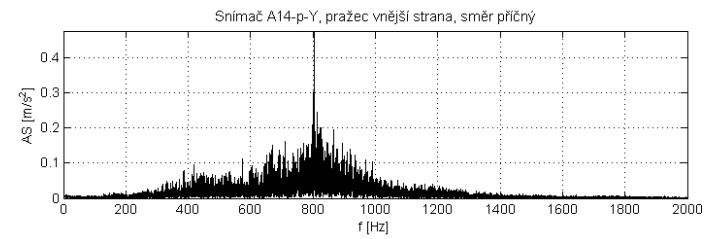
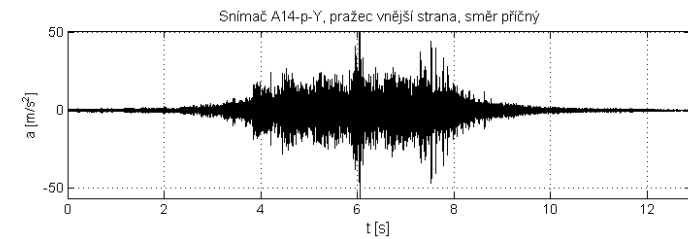
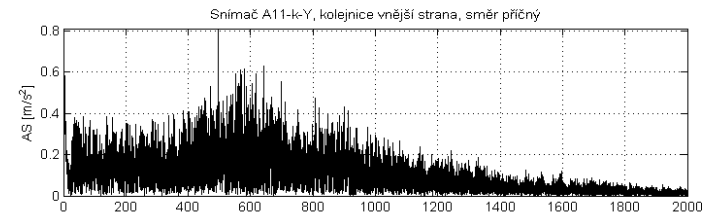
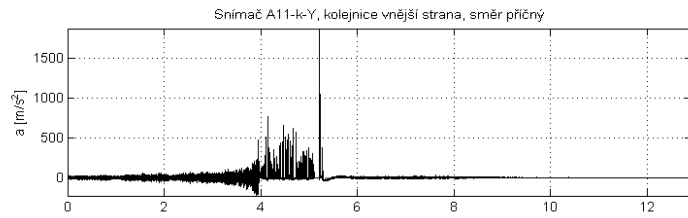
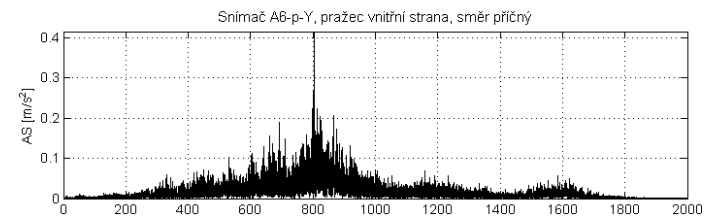
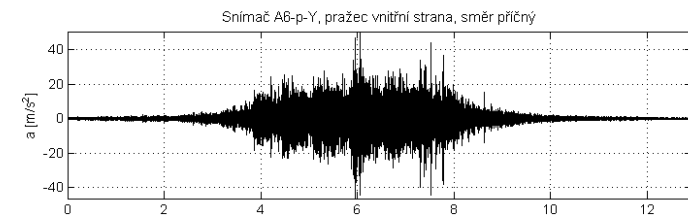
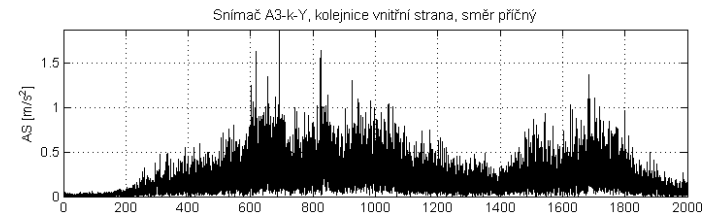
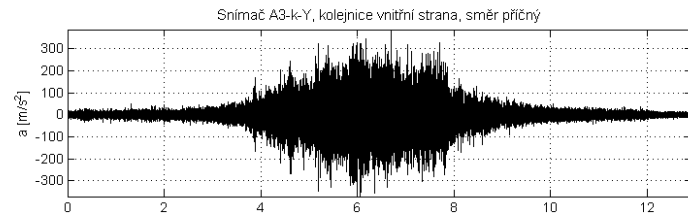
Graf E. 25 IC Regiojet; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



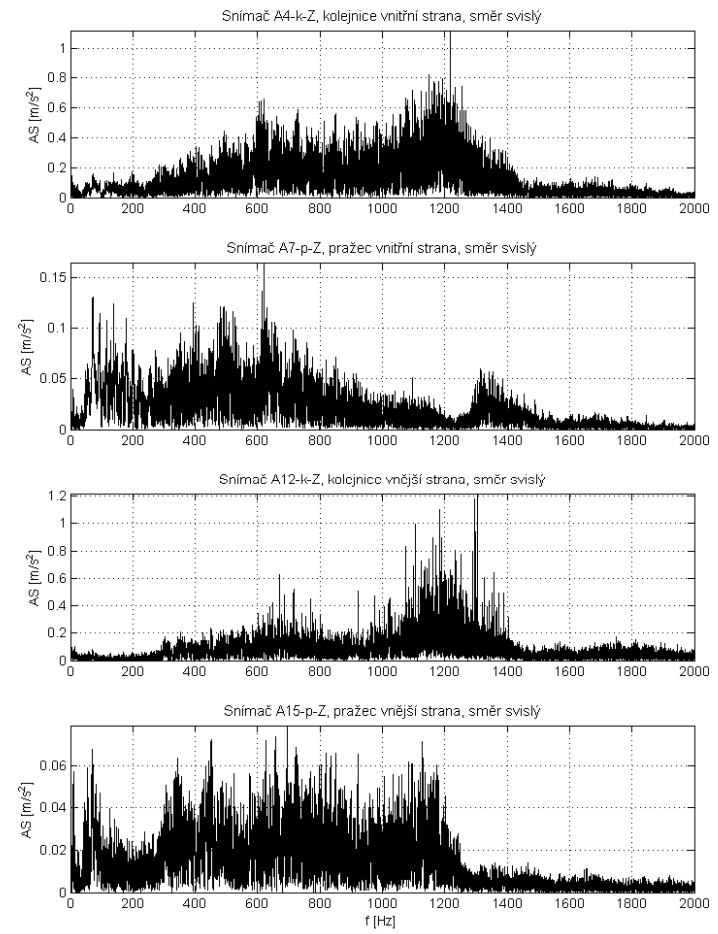
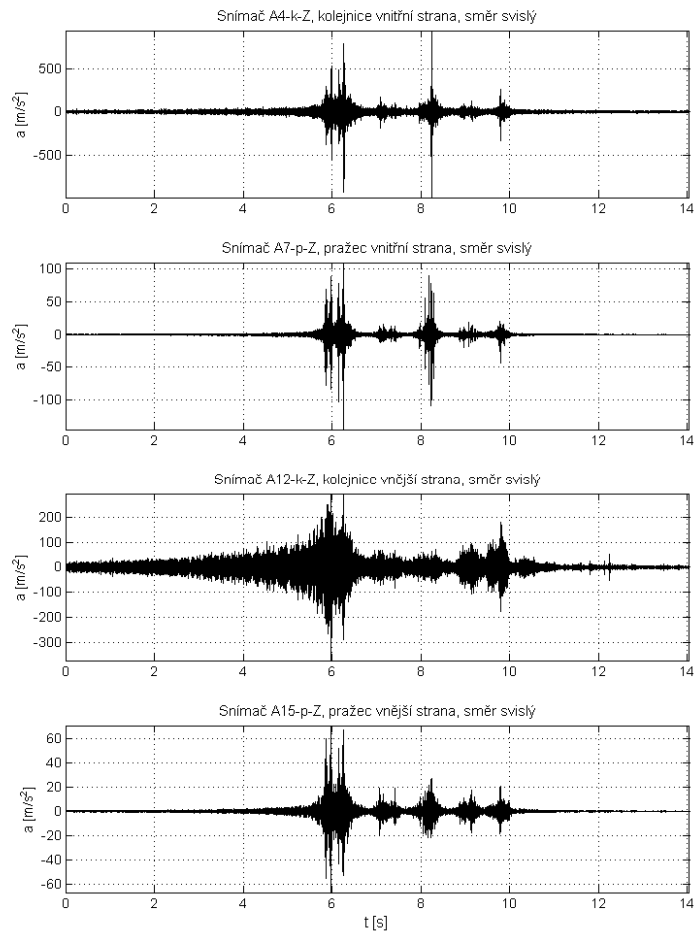
Graf E. 26 R; 100 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



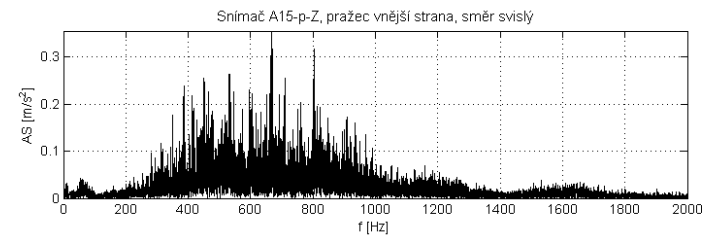
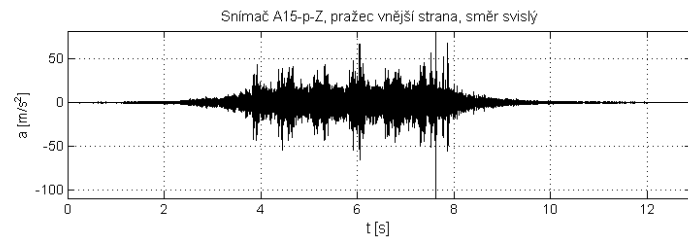
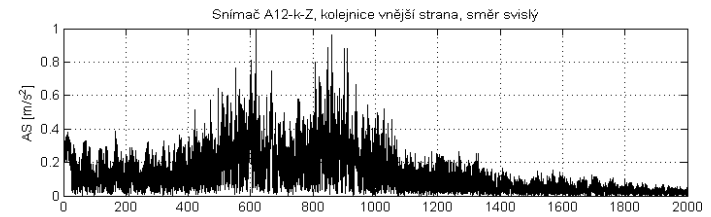
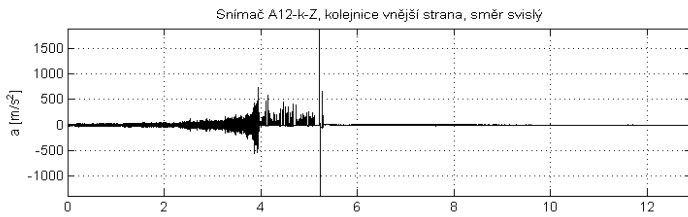
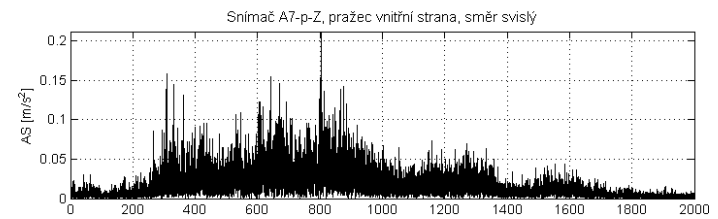
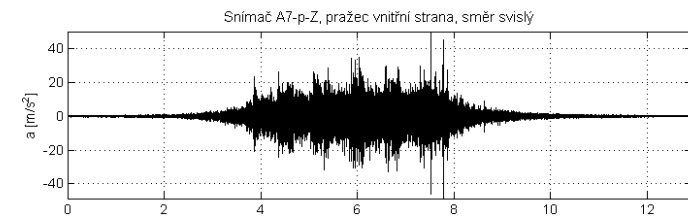
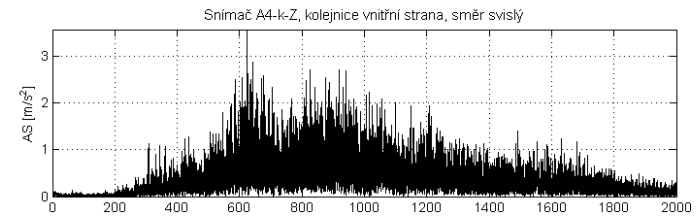
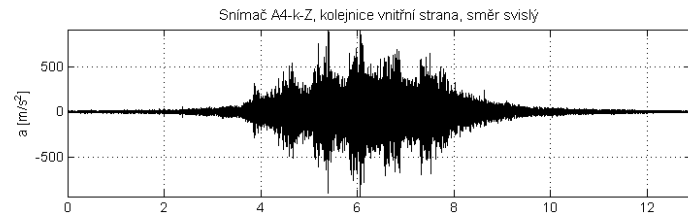
Graf E. 27 IC Regiojet; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



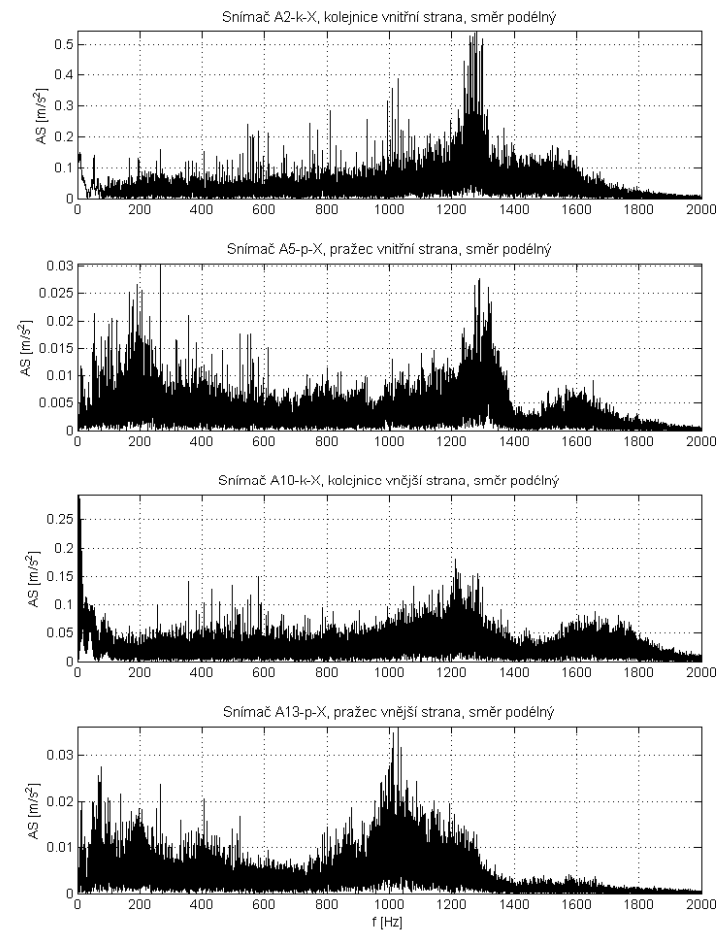
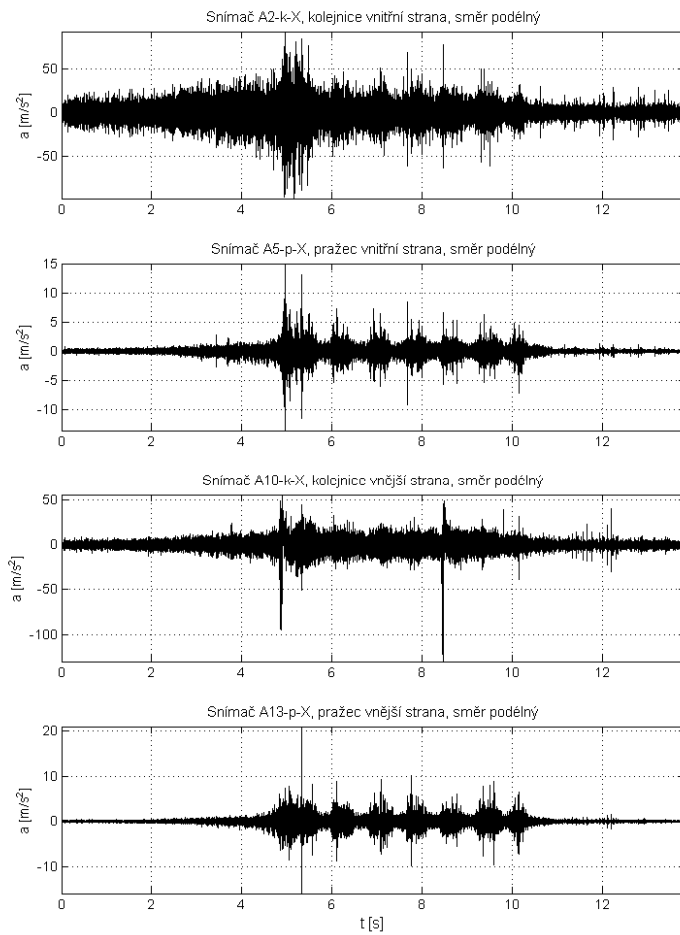
Graf E. 28 R; 100 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



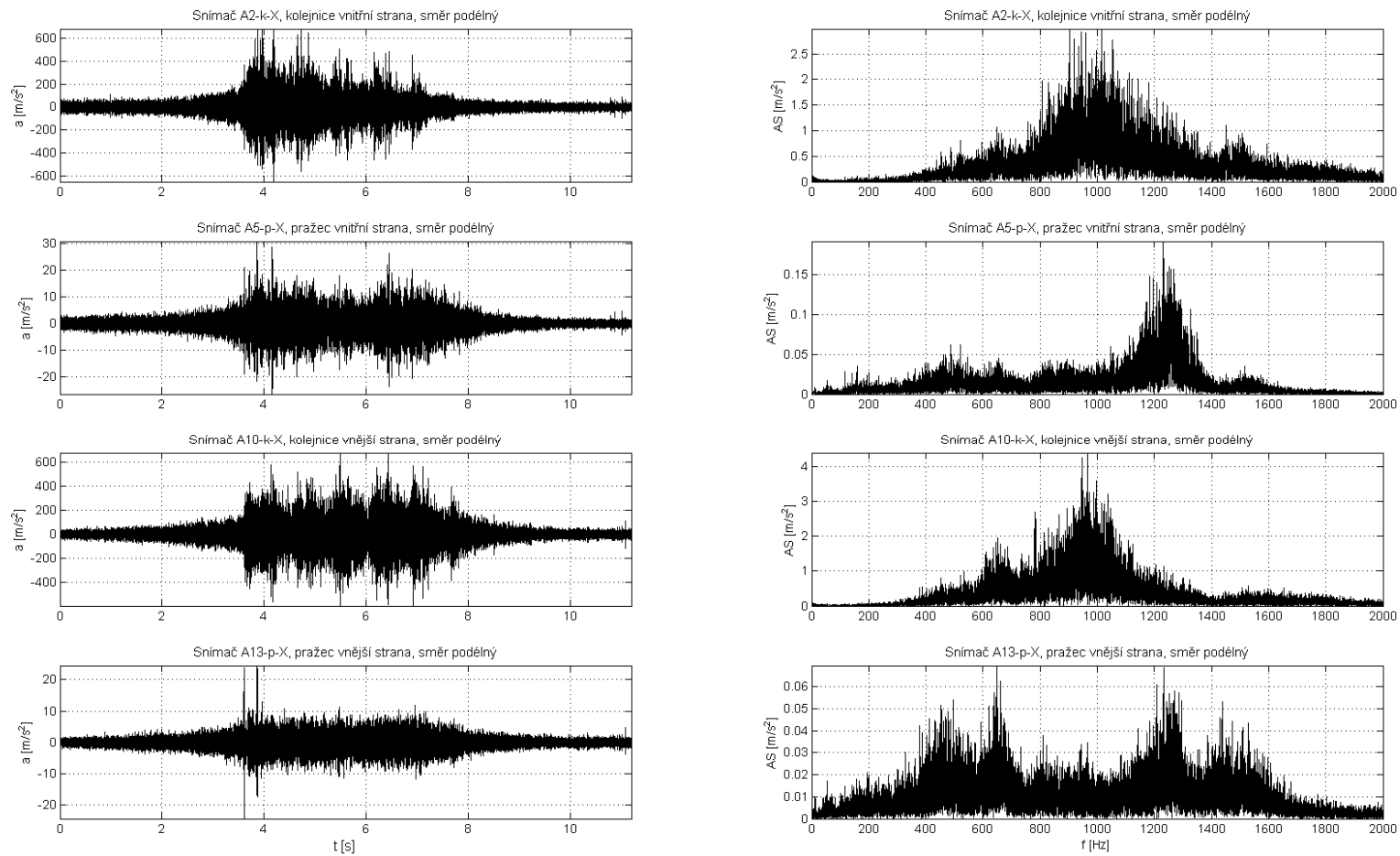
Graf E. 29 IC Regiojet; 107 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



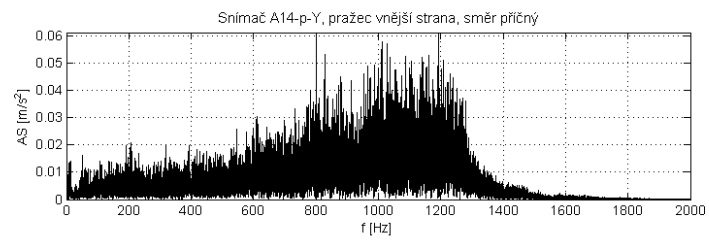
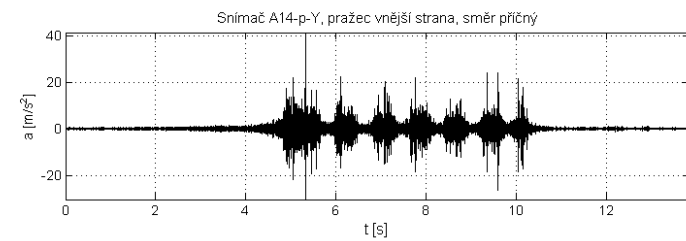
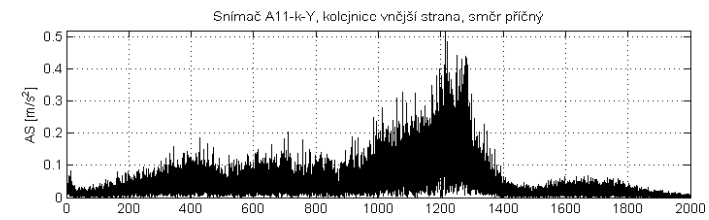
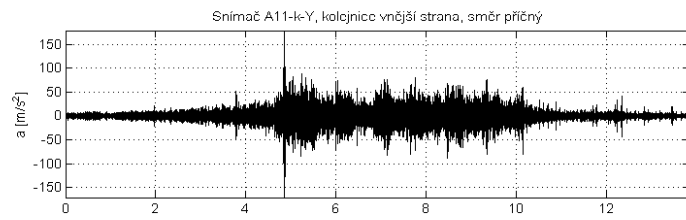
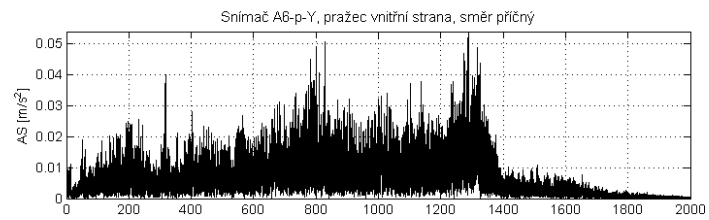
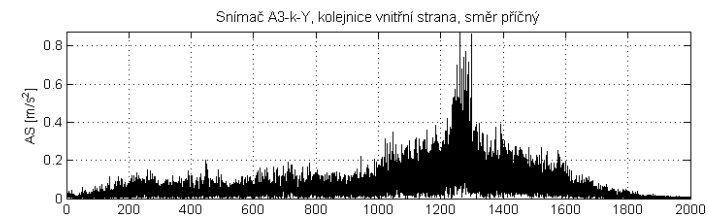
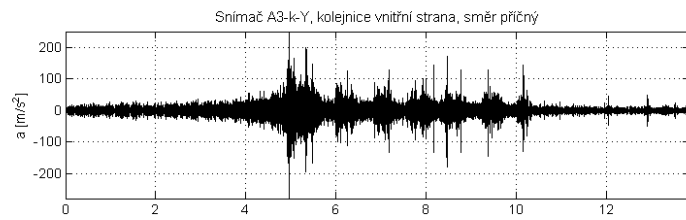
Graf E. 30 R; 100 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



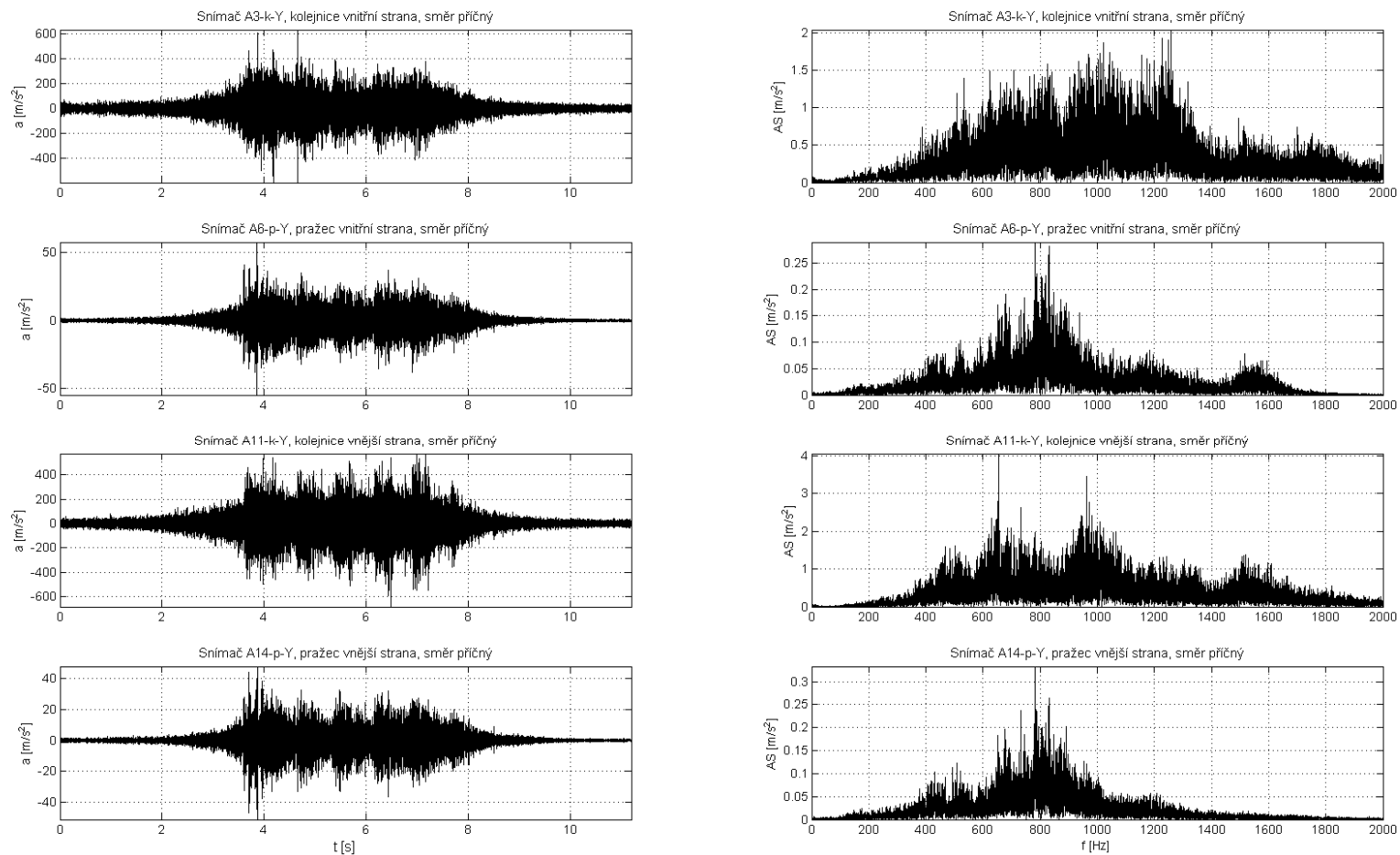
Graf E. 31 Ex; 114 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



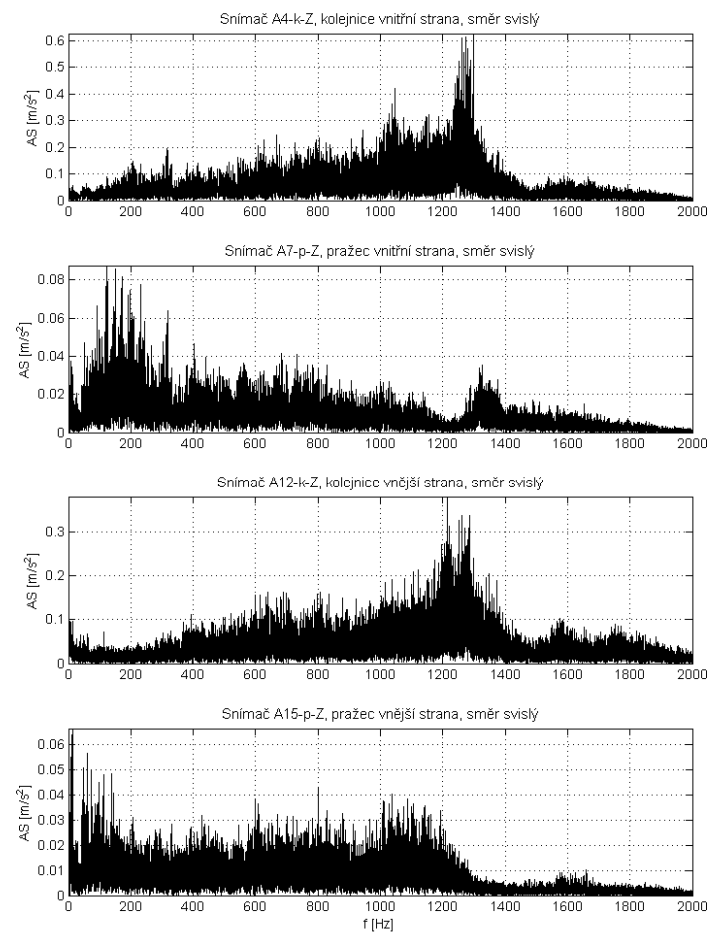
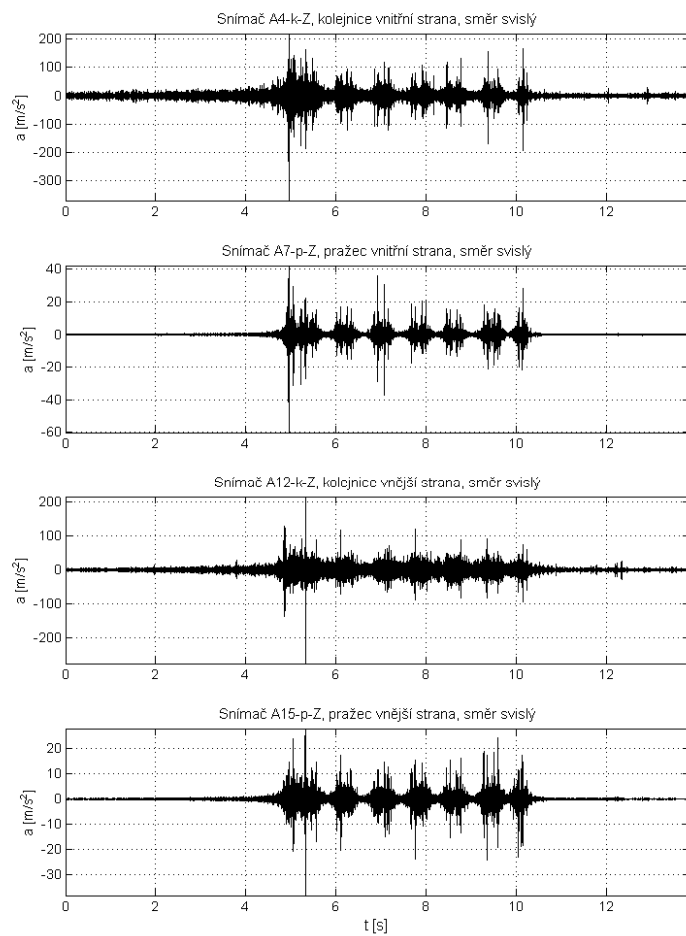
Graf E. 32 R; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



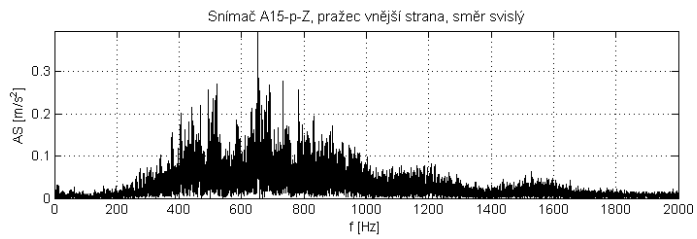
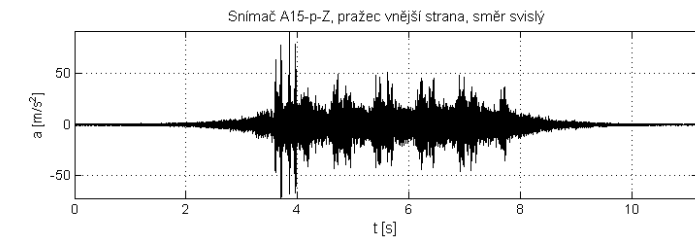
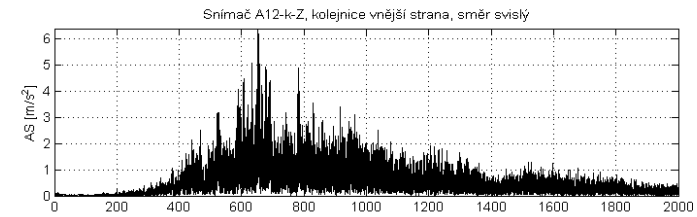
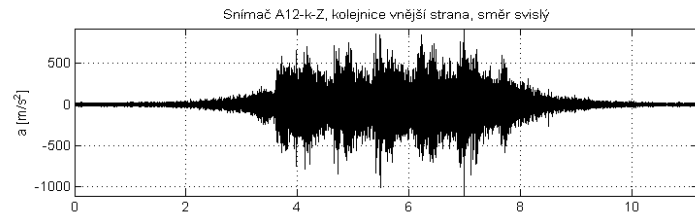
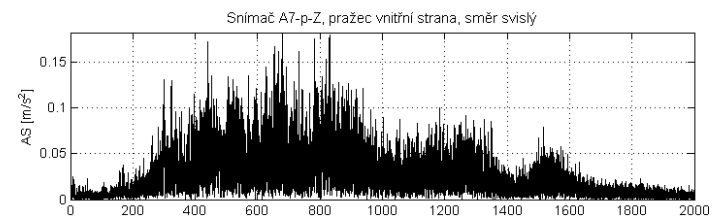
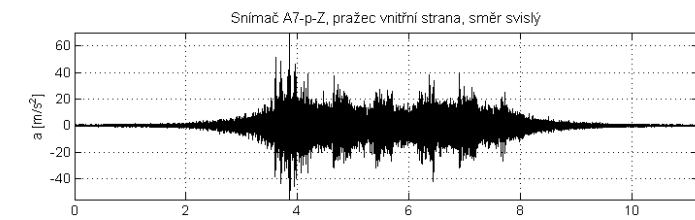
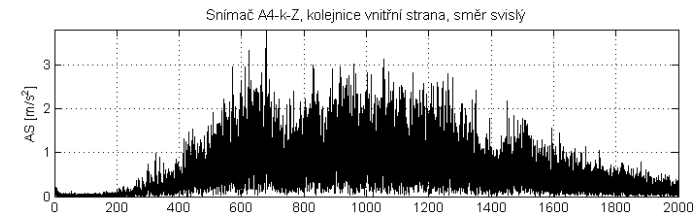
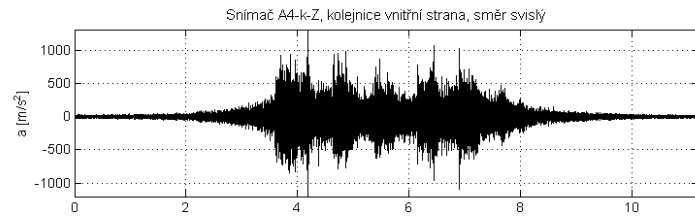
Graf E. 33 Ex; 114 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



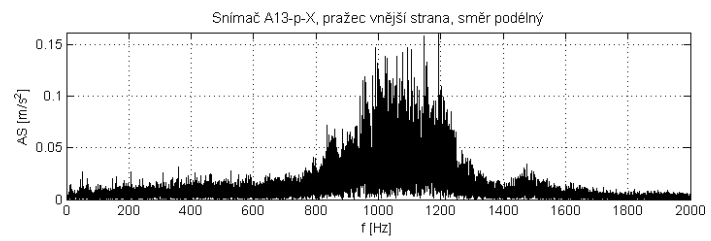
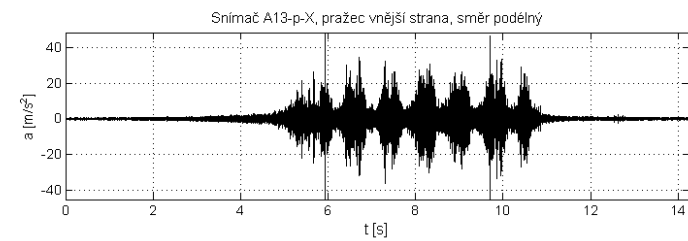
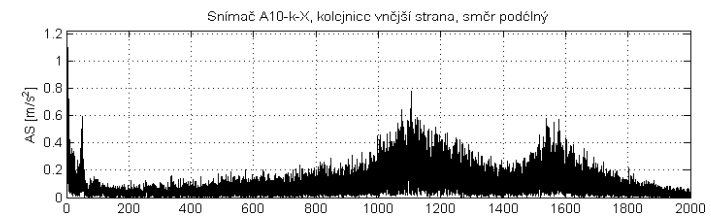
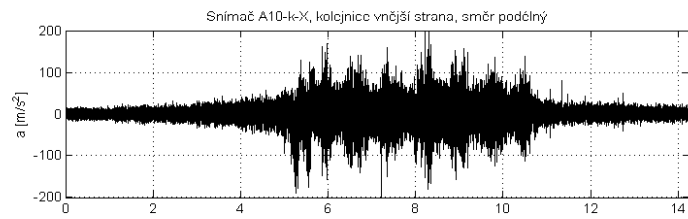
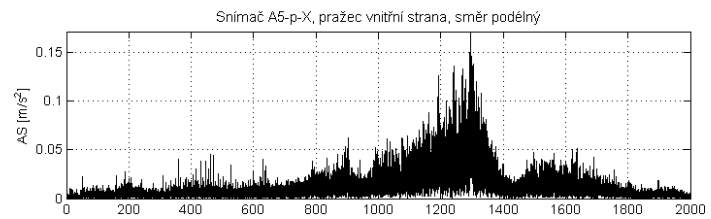
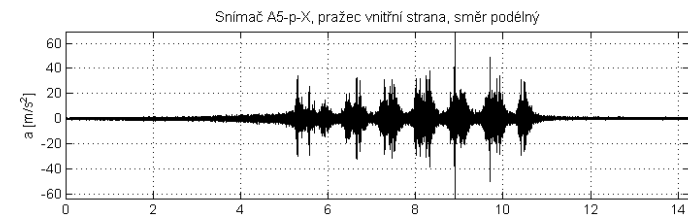
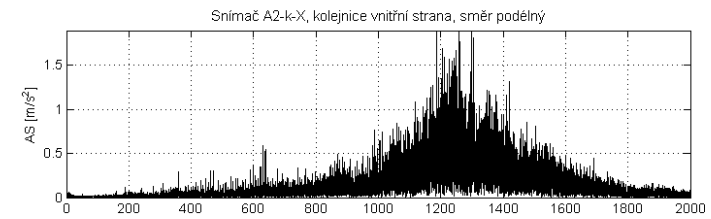
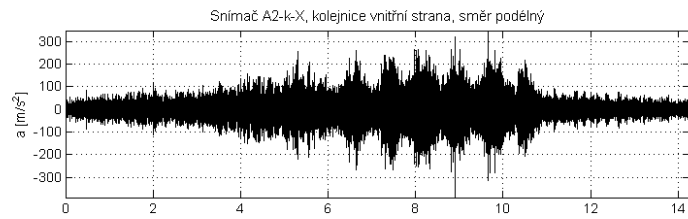
Graf E. 34 R; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



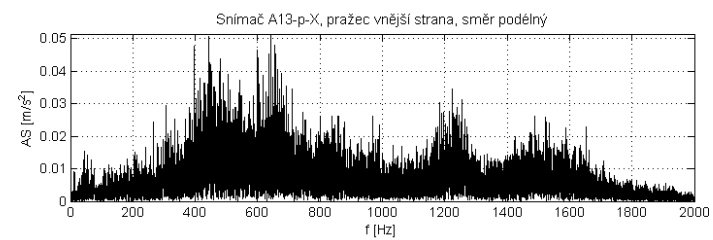
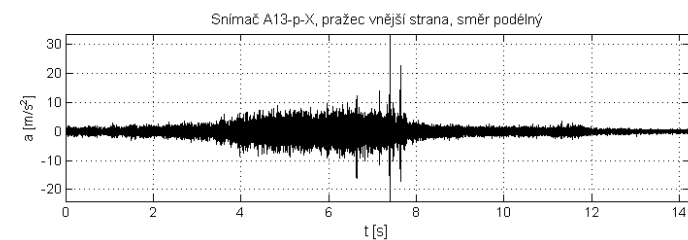
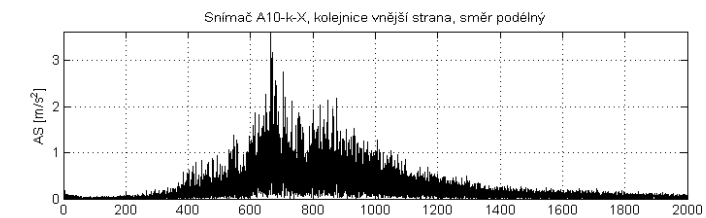
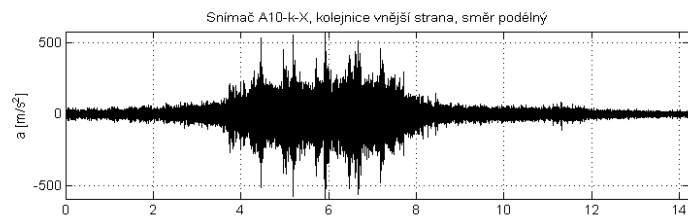
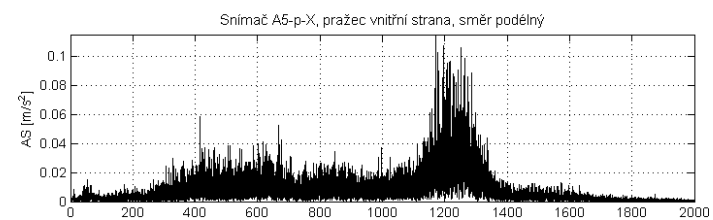
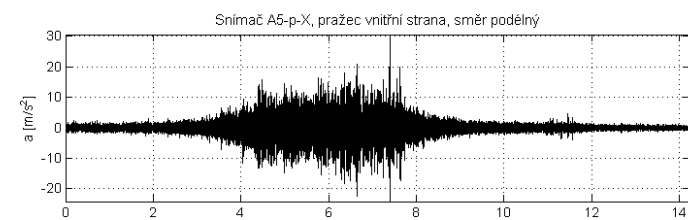
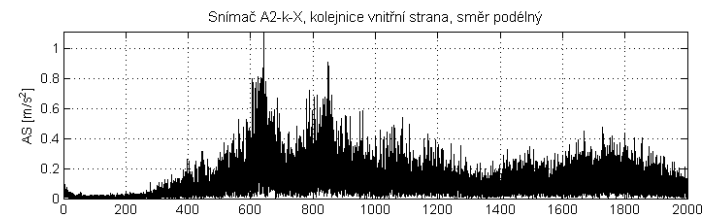
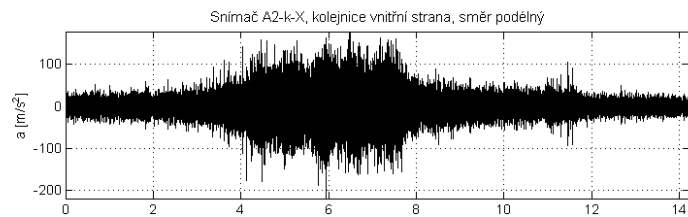
Graf E. 35 Ex; 114 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



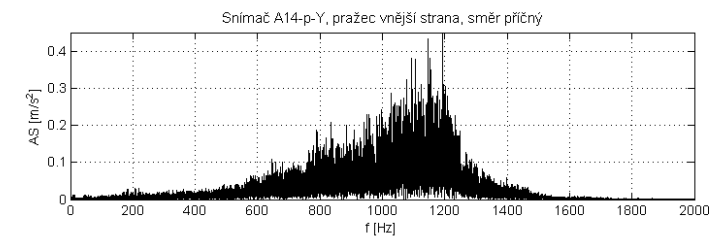
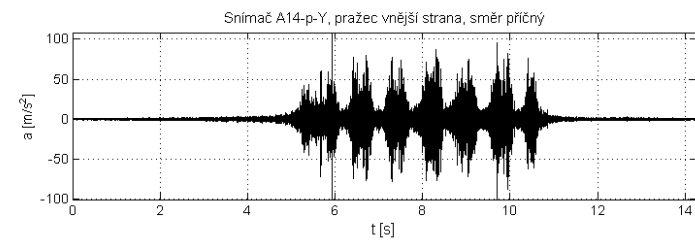
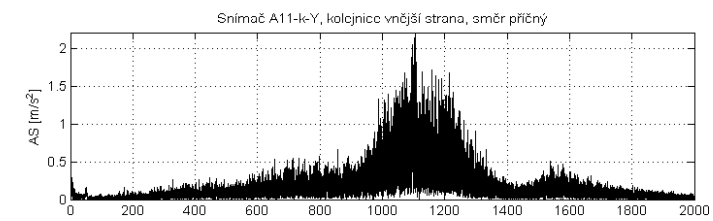
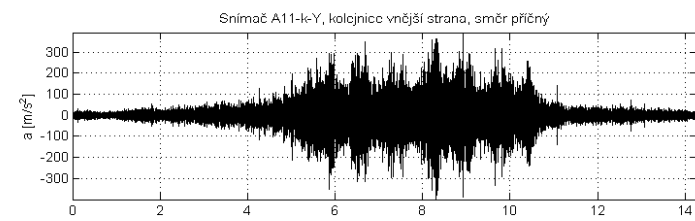
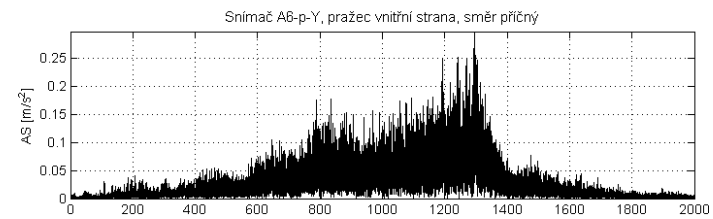
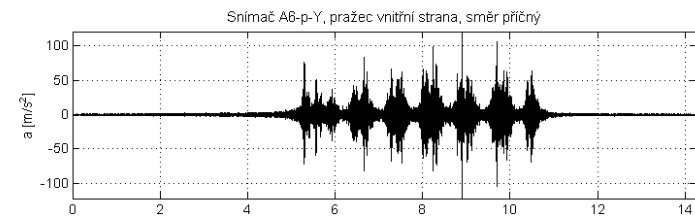
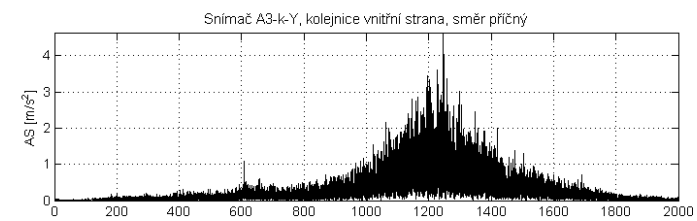
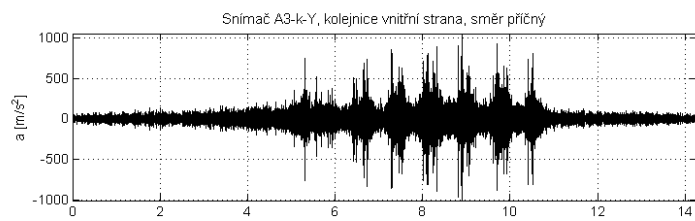
Graf E. 36 R; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



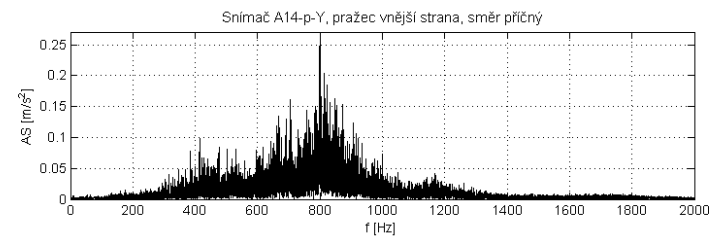
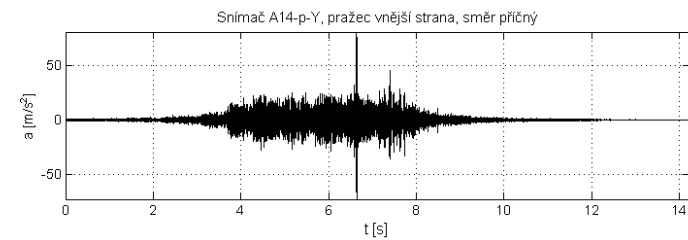
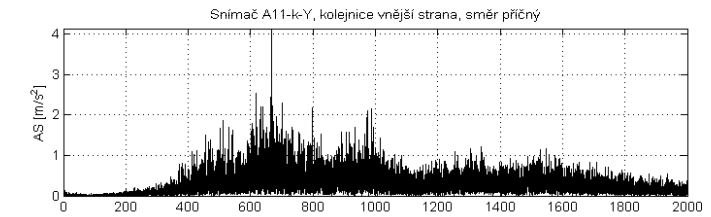
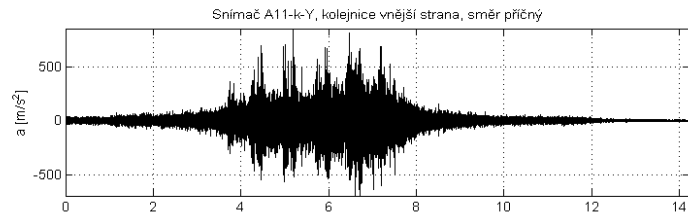
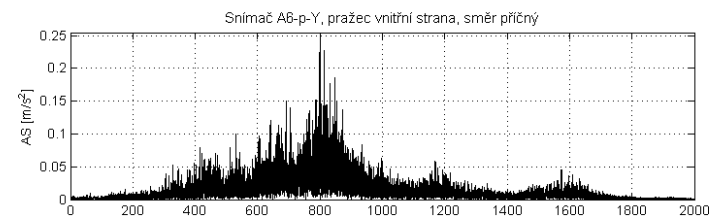
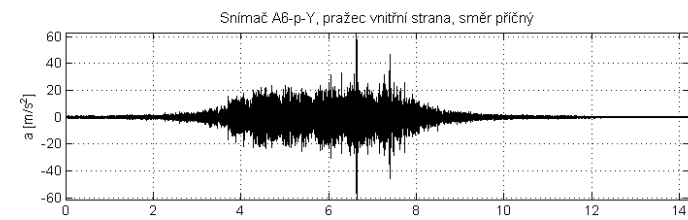
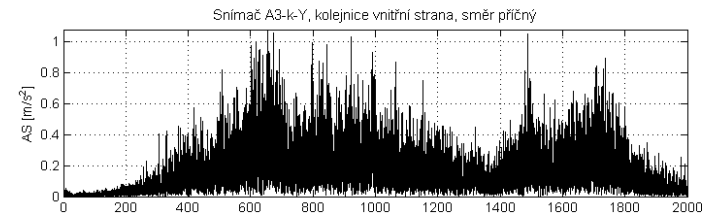
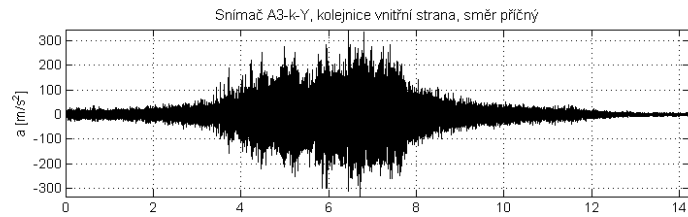
Graf E. 37 R; 110 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



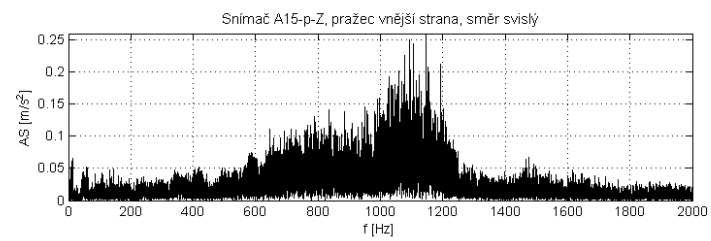
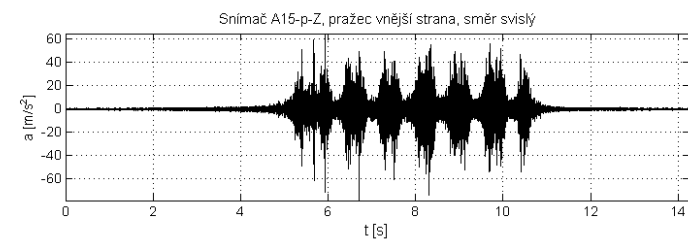
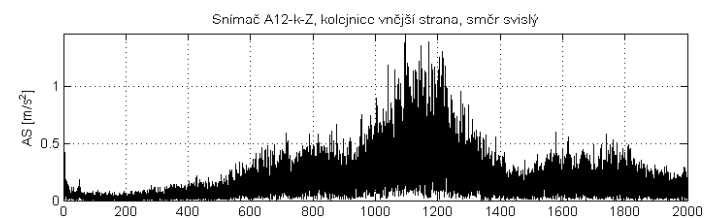
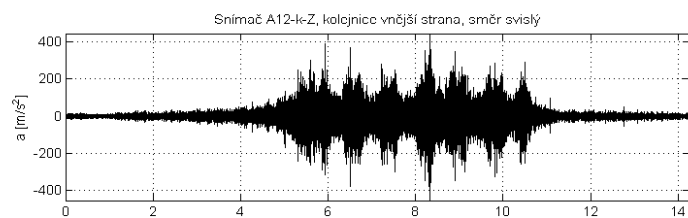
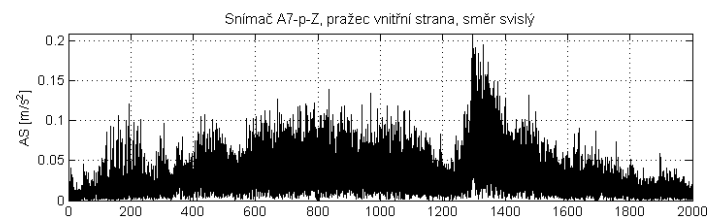
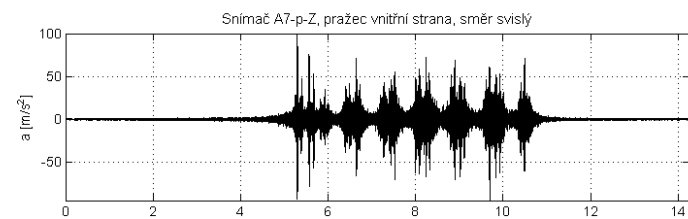
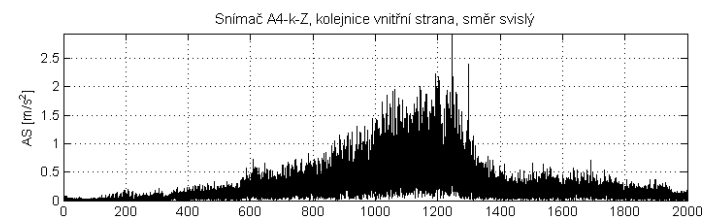
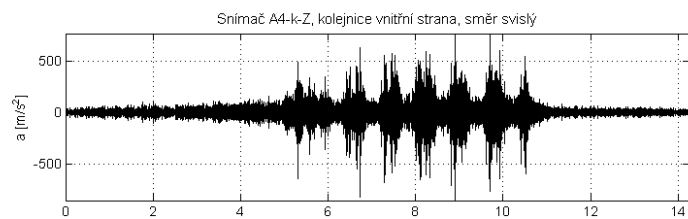
Graf E. 38 R; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



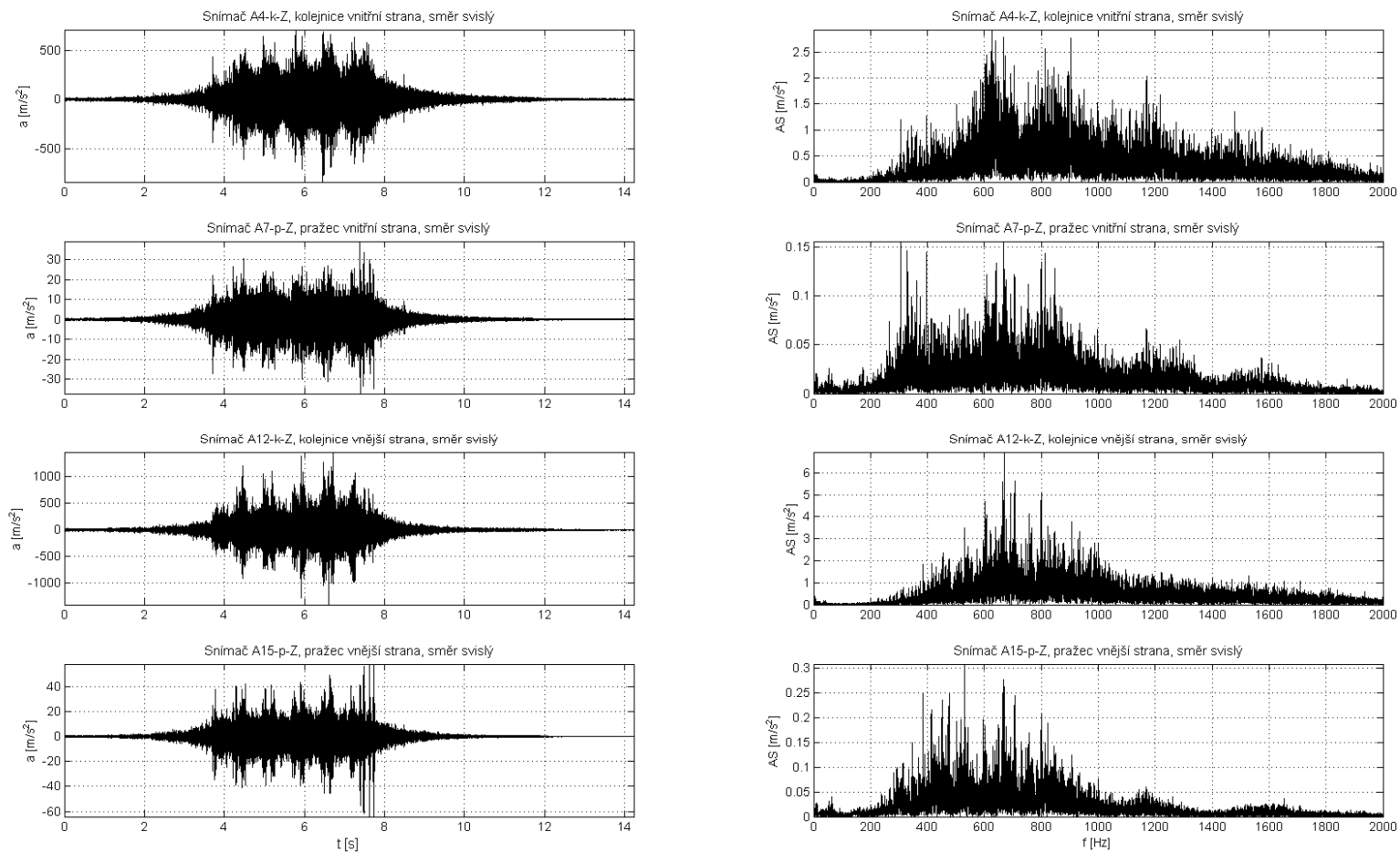
Graf E. 39 R; 110 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



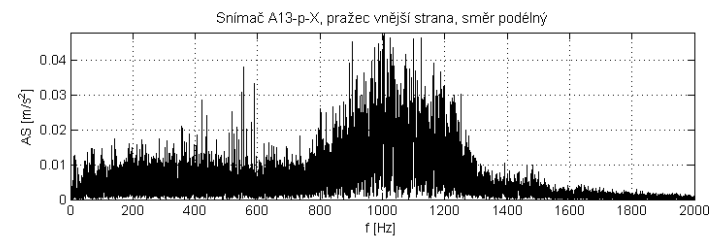
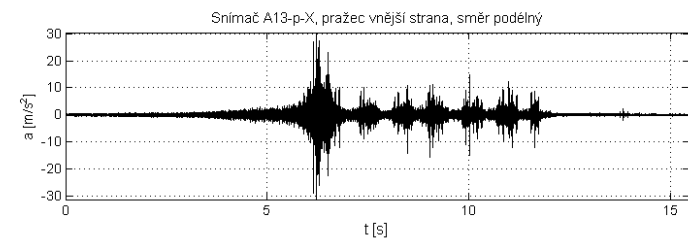
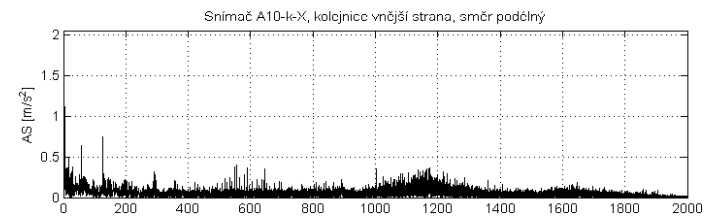
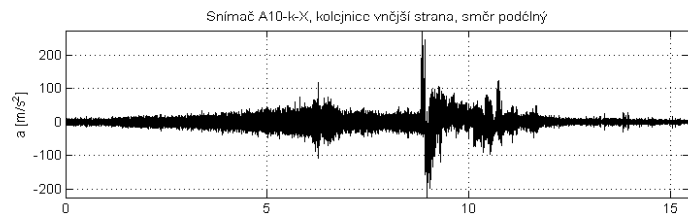
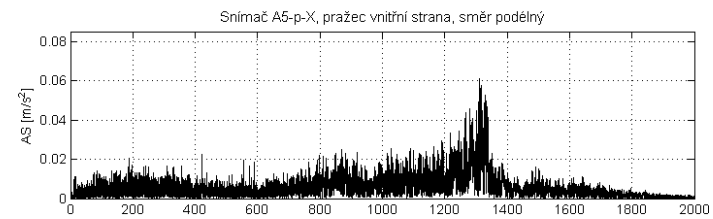
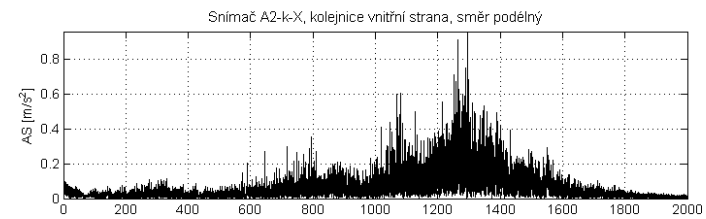
Graf E. 40 R; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



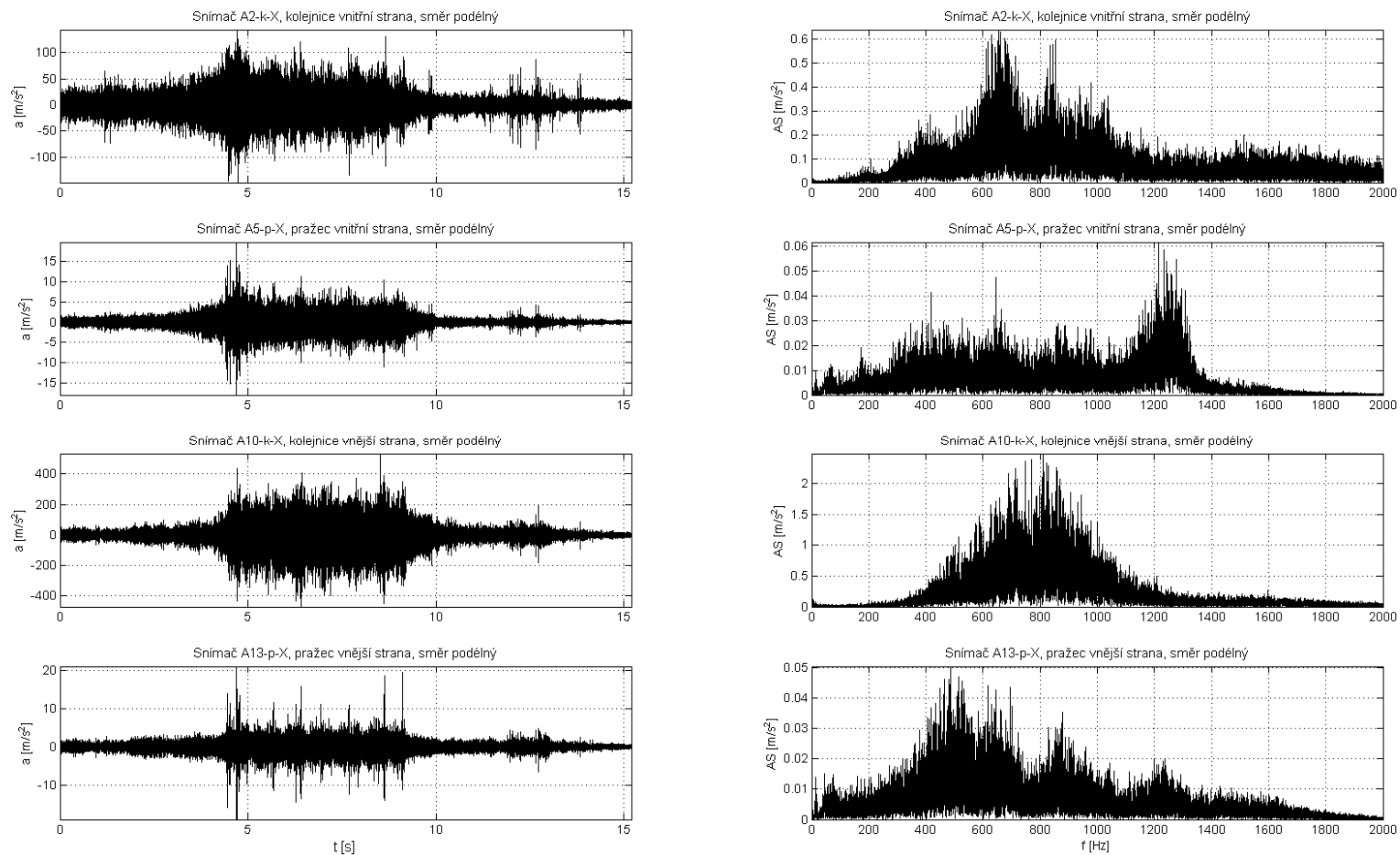
Graf E. 41 R; 110 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



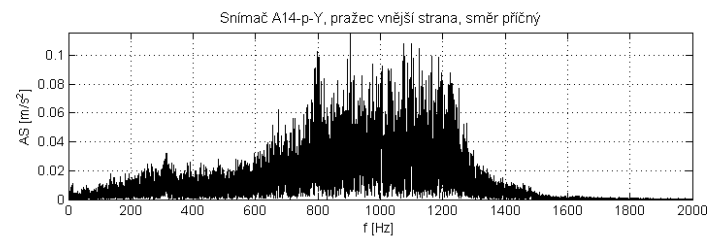
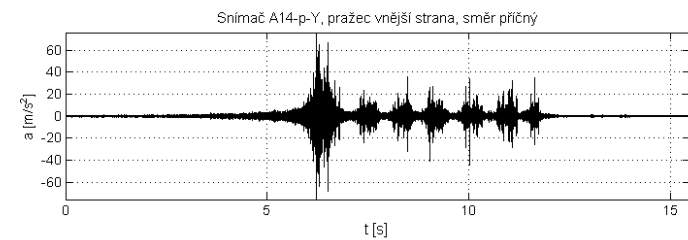
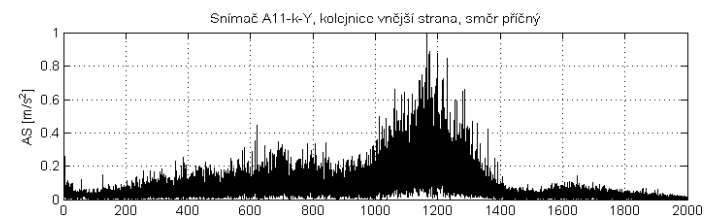
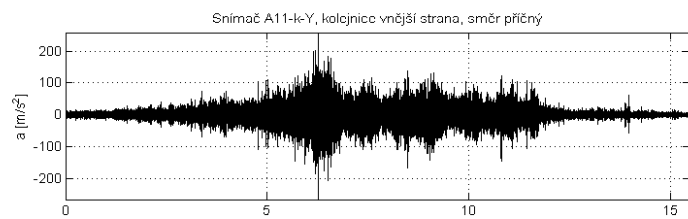
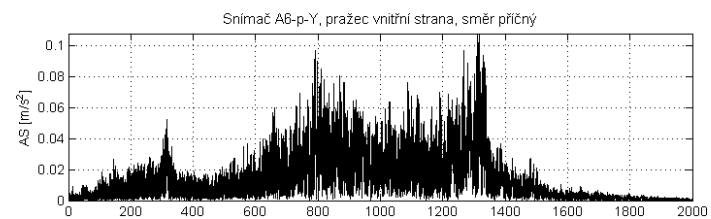
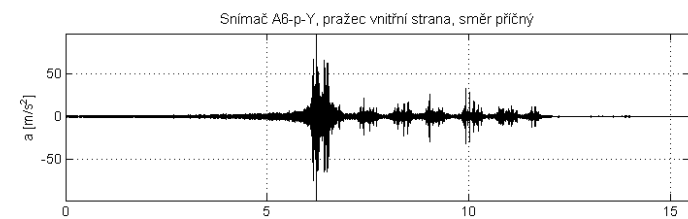
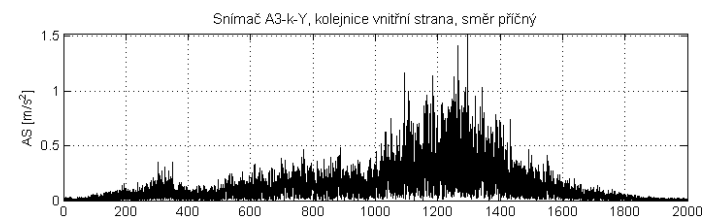
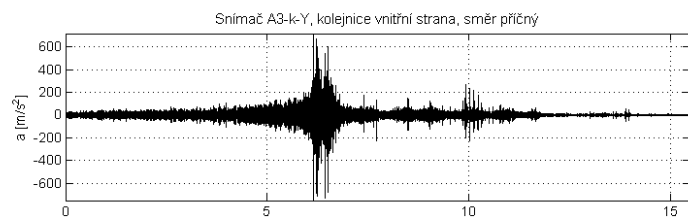
Graf E. 42 R; 110 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



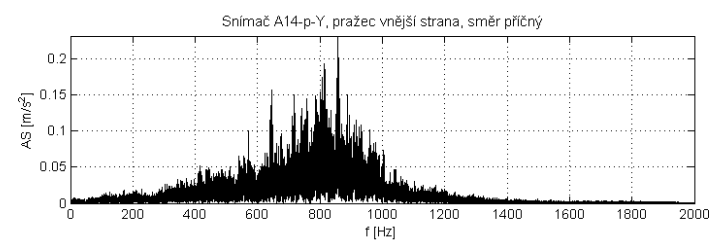
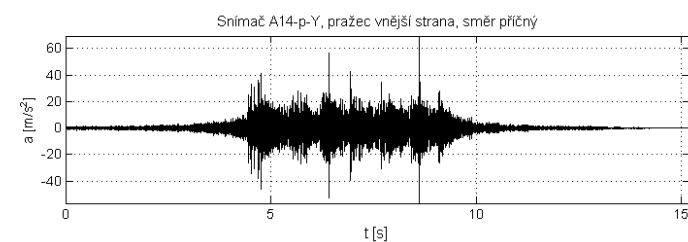
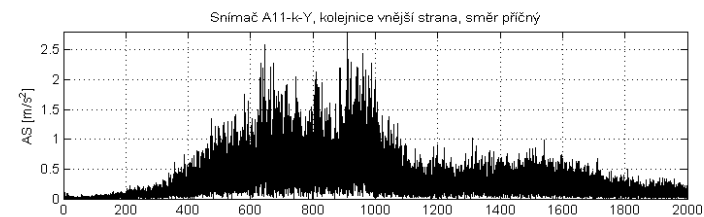
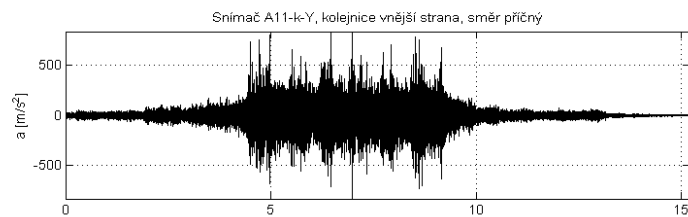
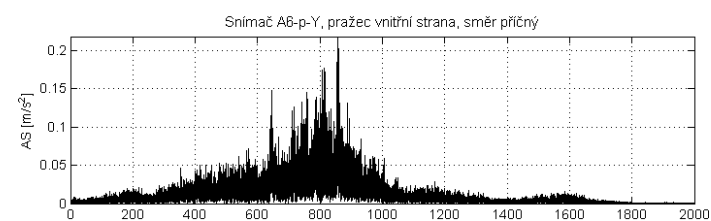
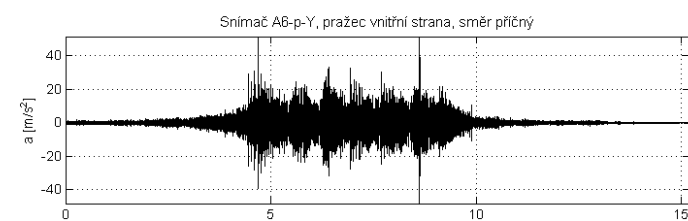
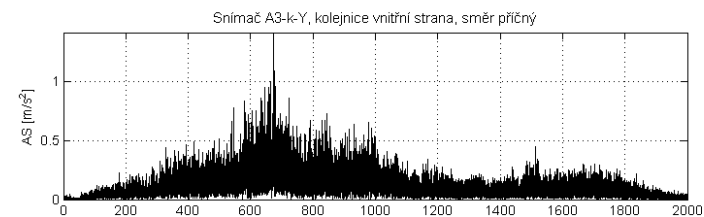
Graf E. 43 EC; 112 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



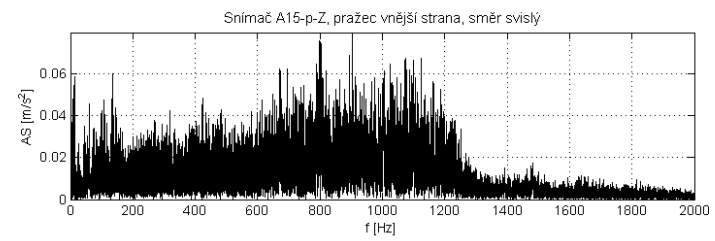
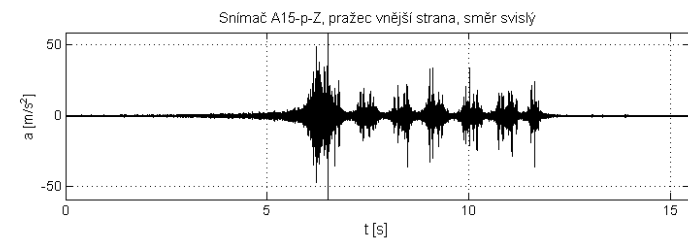
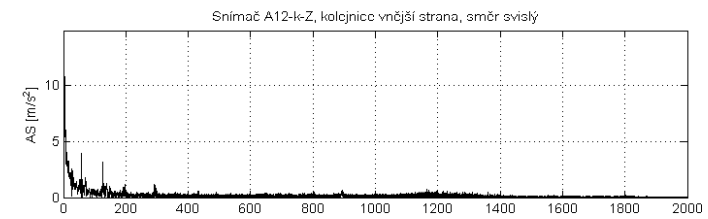
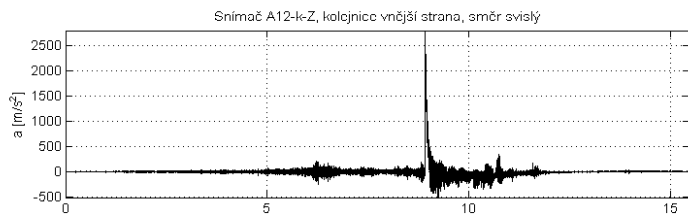
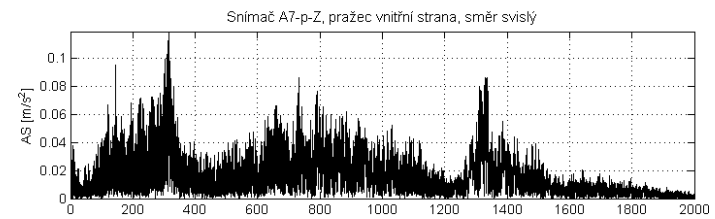
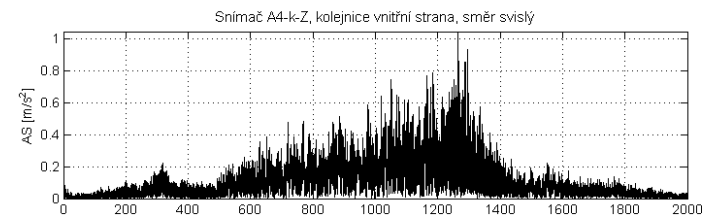
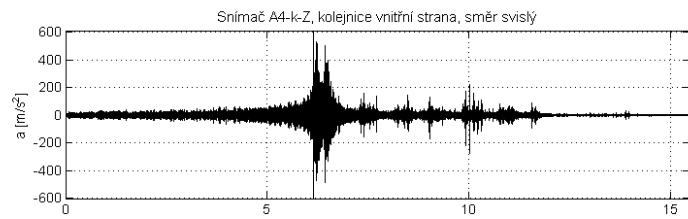
Graf E. 44 EC; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



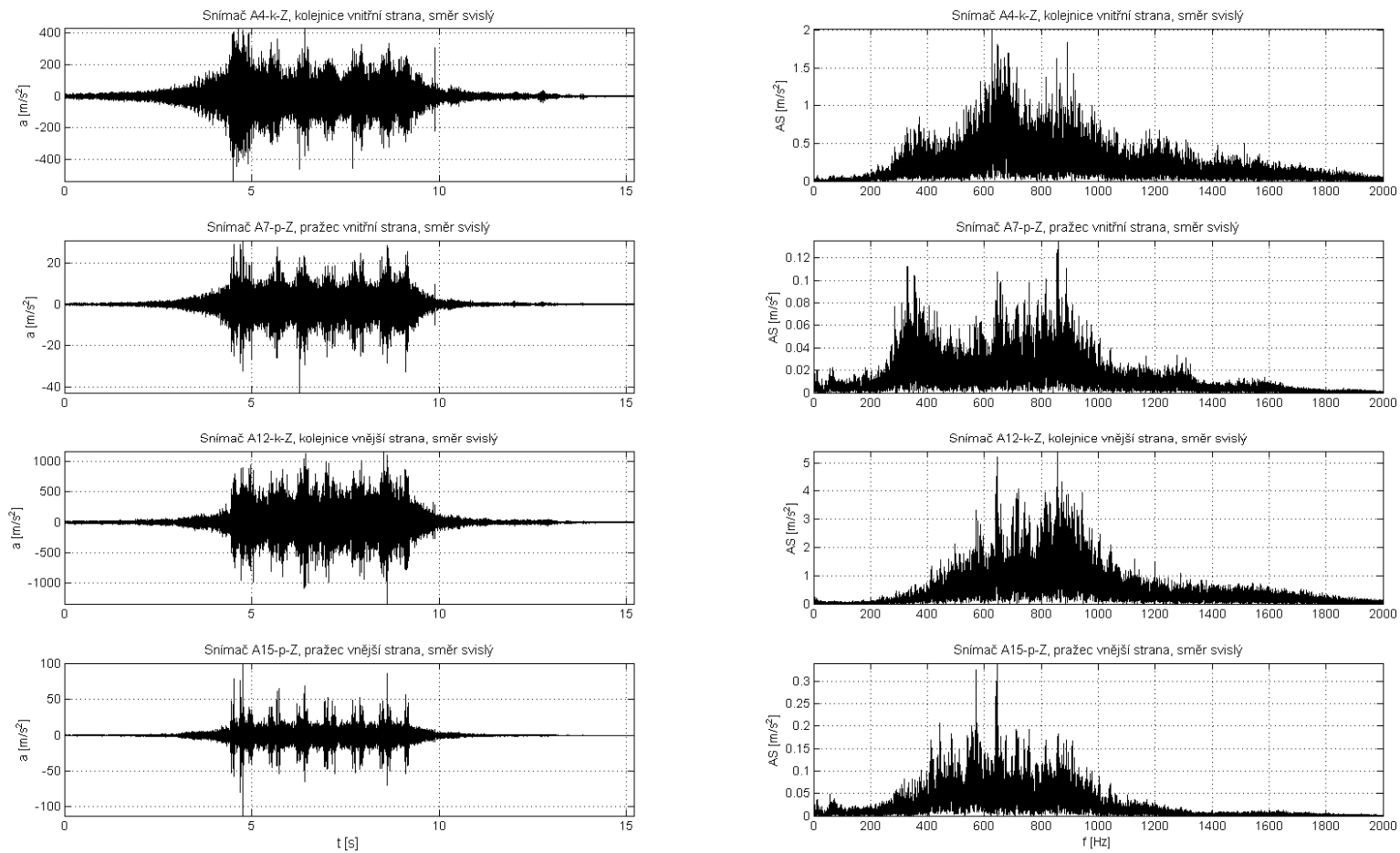
Graf E. 45 EC; 112 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



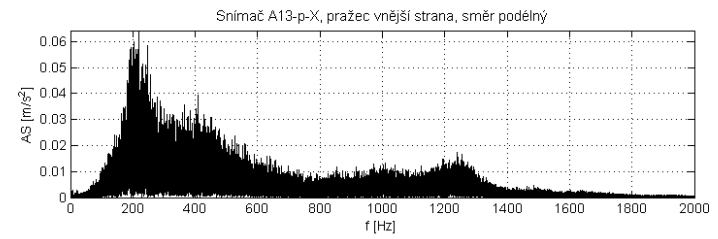
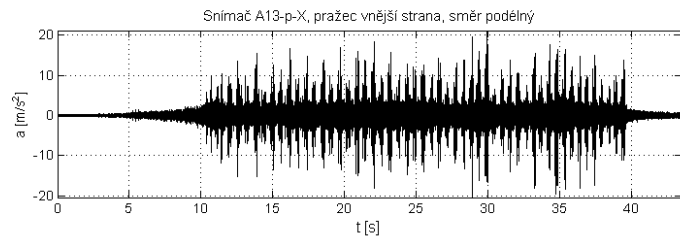
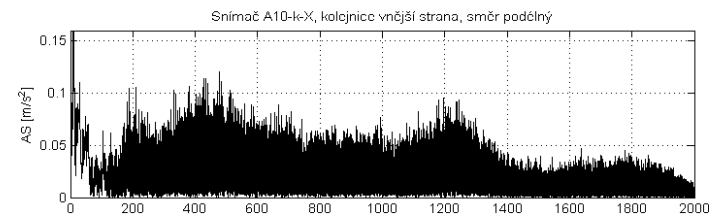
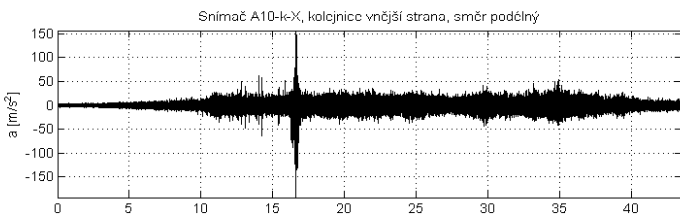
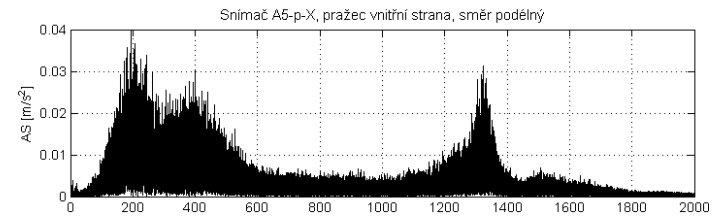
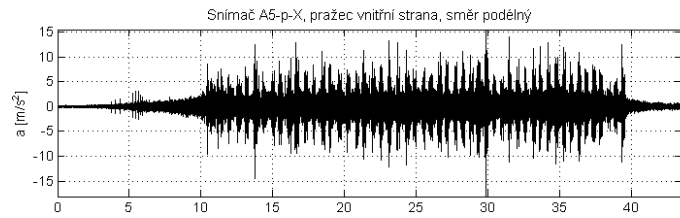
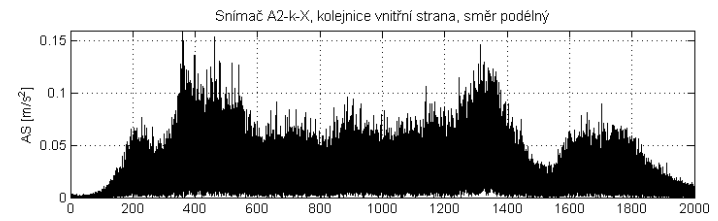
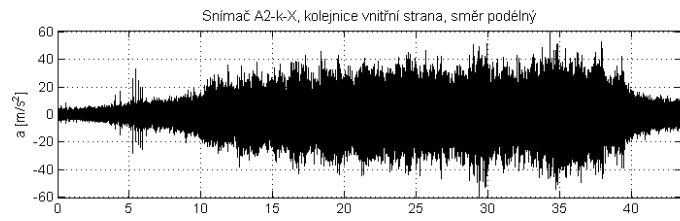
Graf E. 46 EC; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



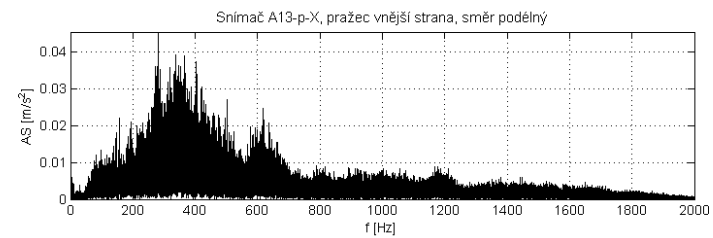
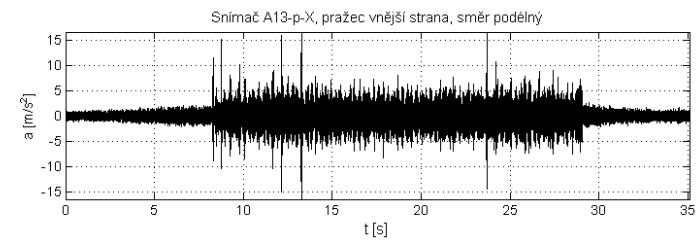
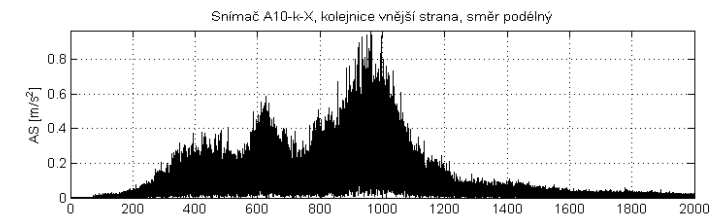
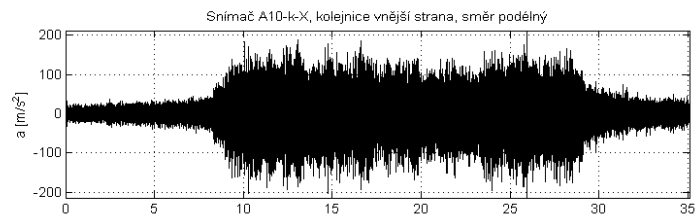
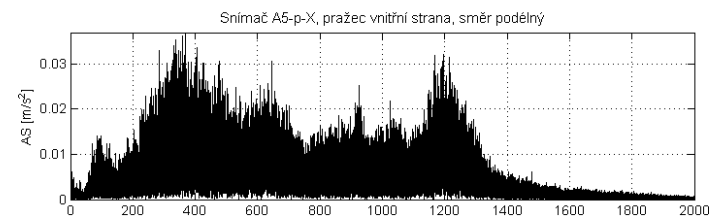
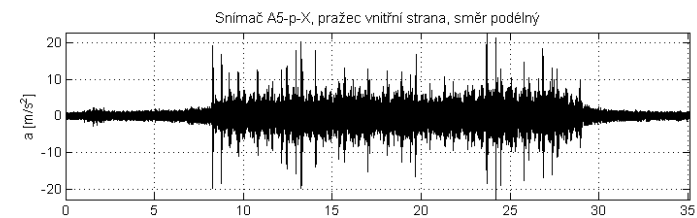
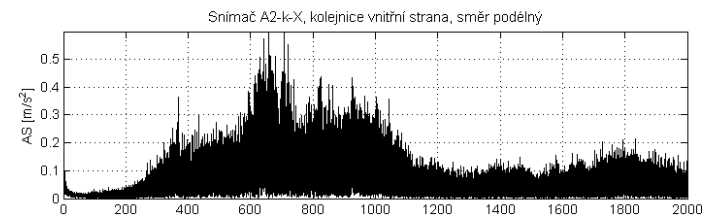
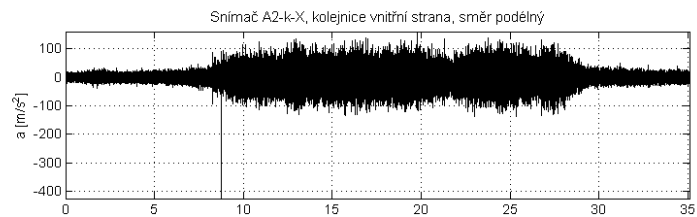
Graf E. 47 EC; 112 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



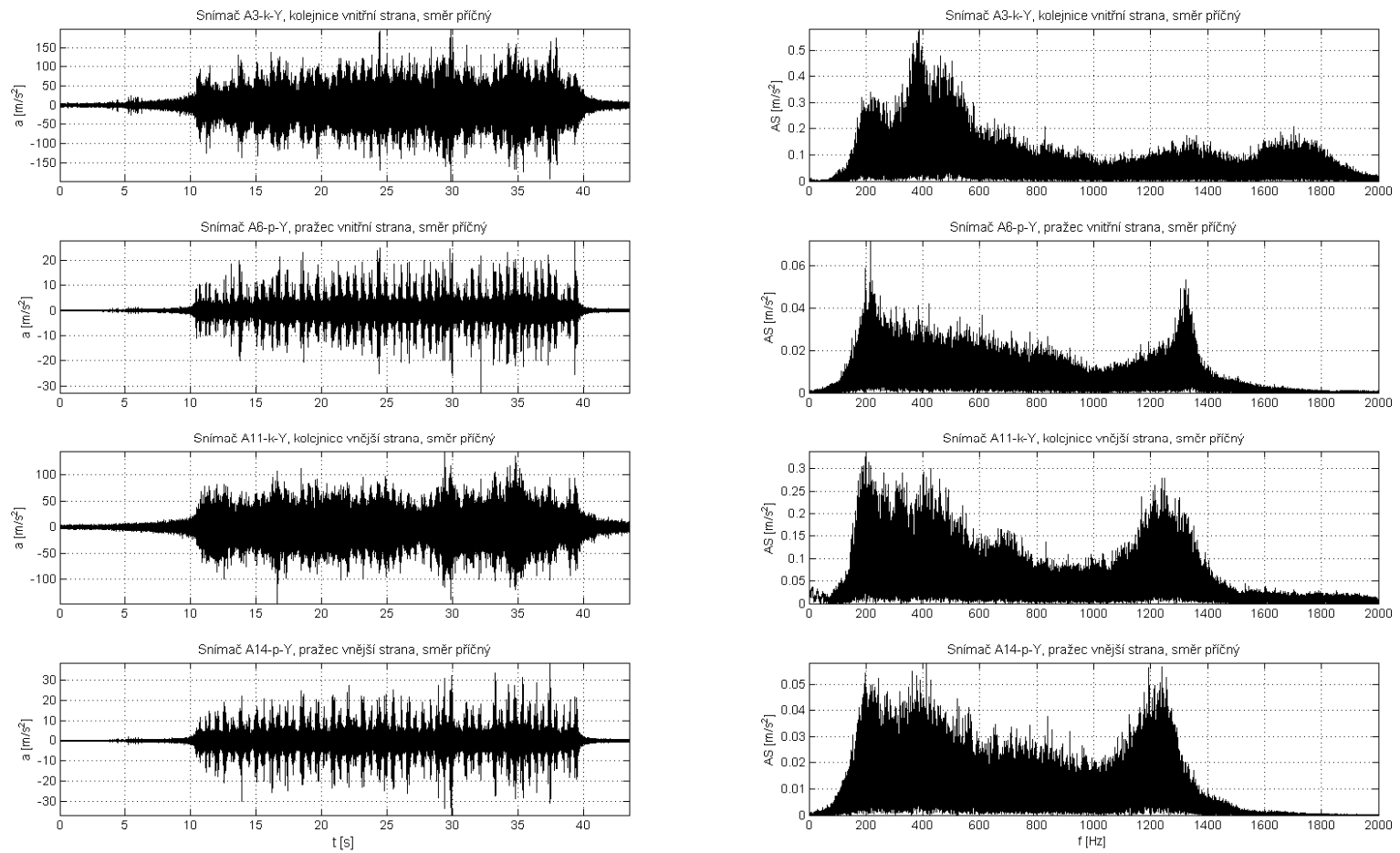
Graf E. 48 EC; 114 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



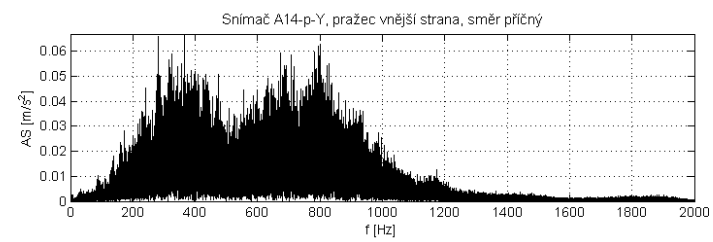
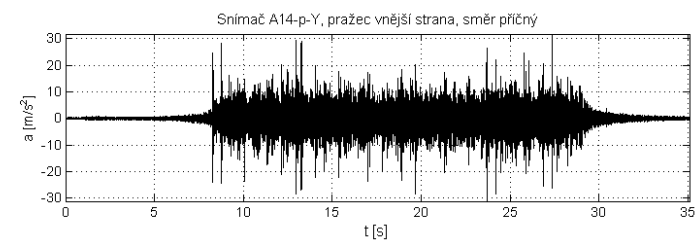
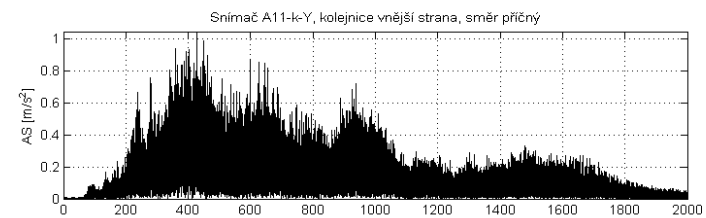
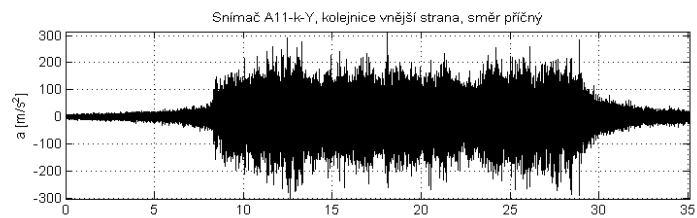
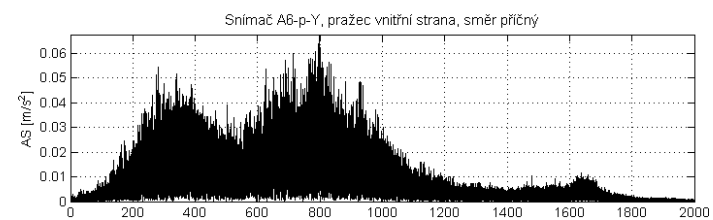
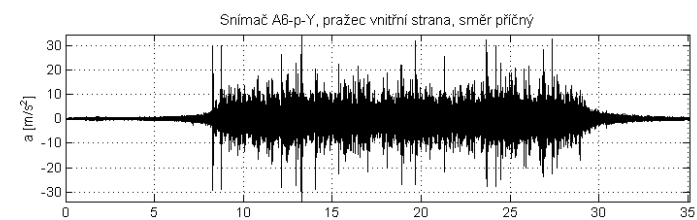
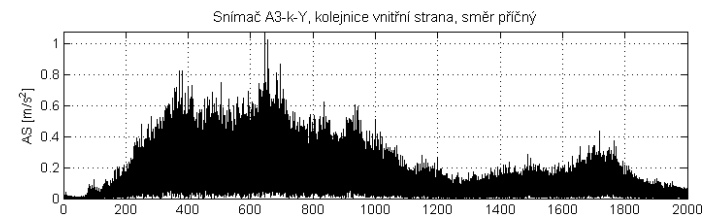
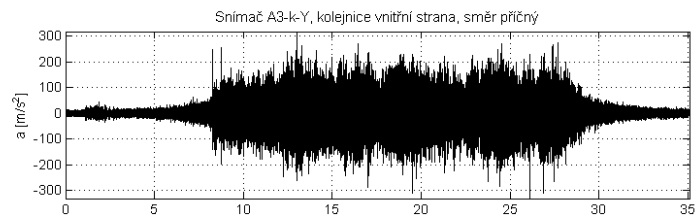
Graf E. 49 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



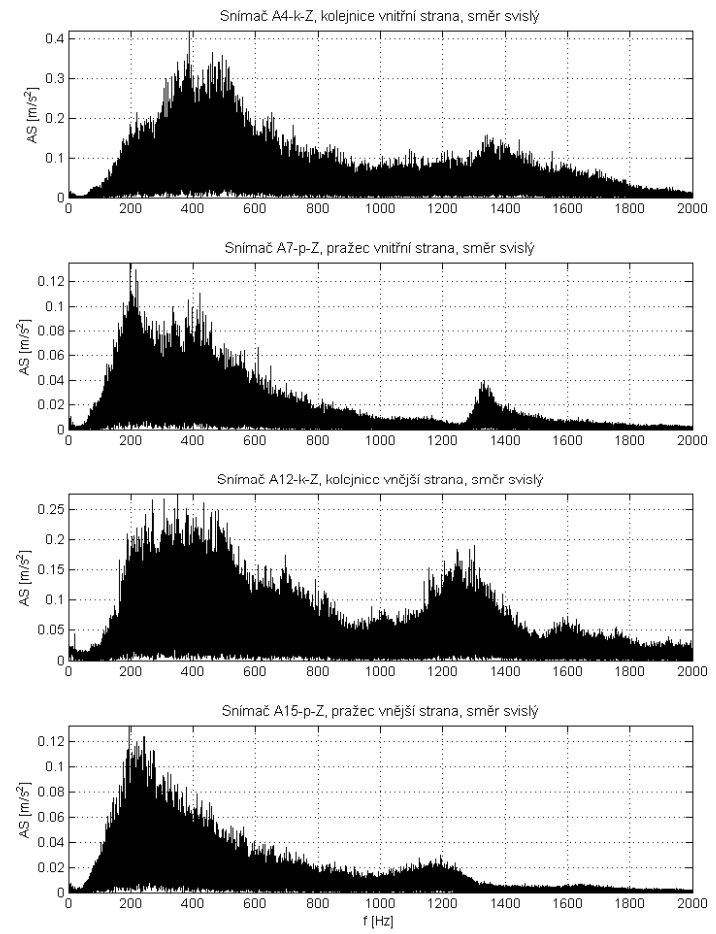
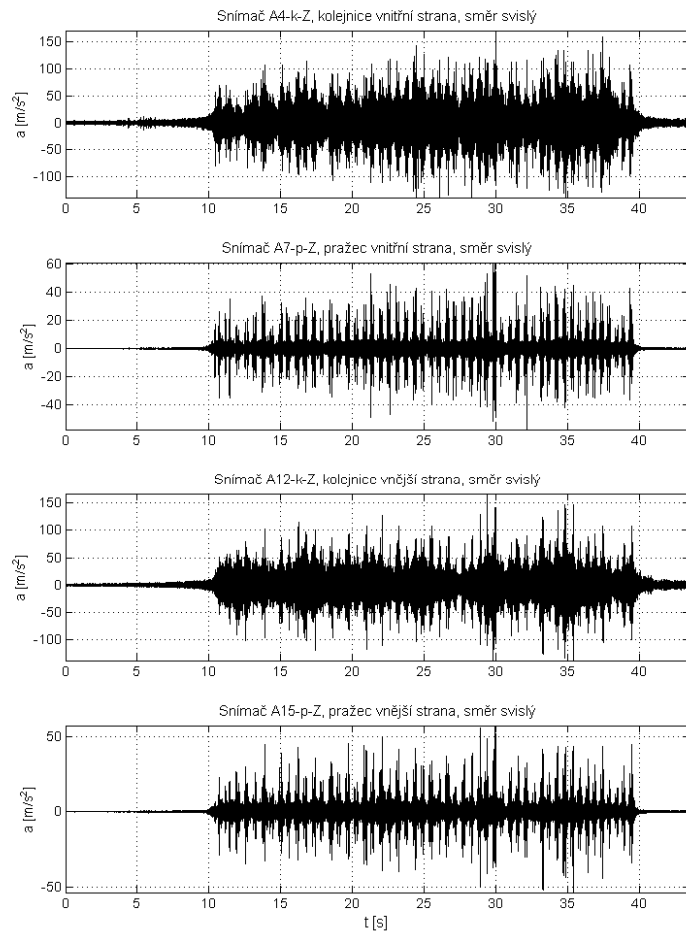
Graf E. 50 Na; 60 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



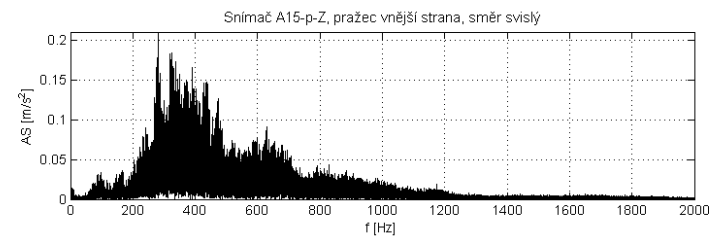
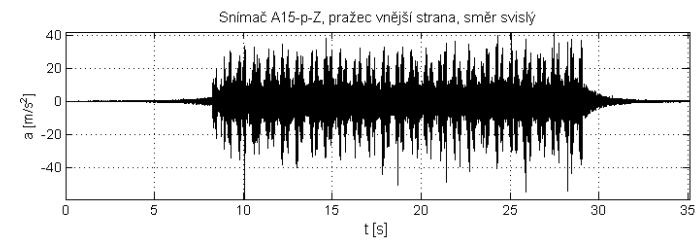
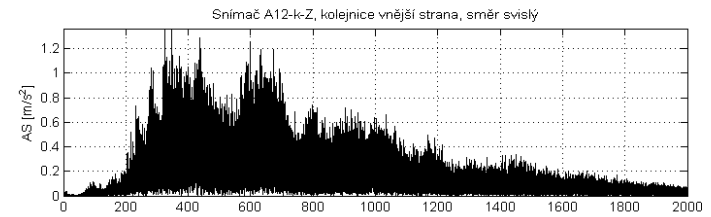
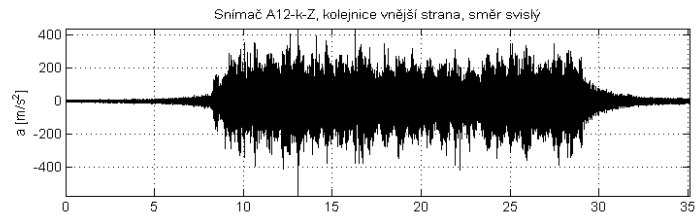
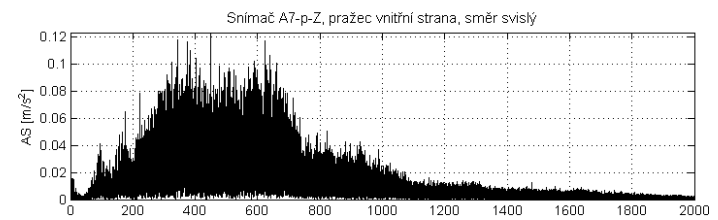
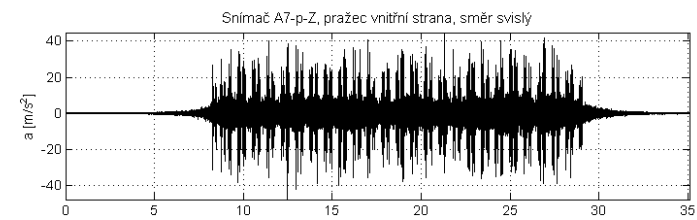
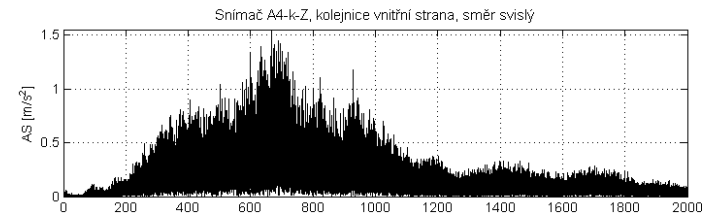
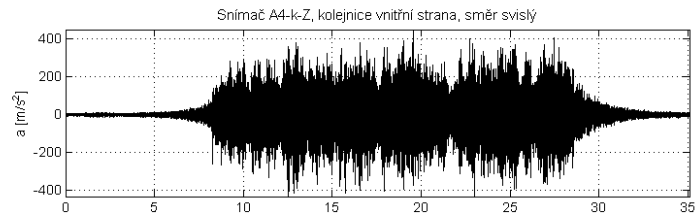
Graf E. 51 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



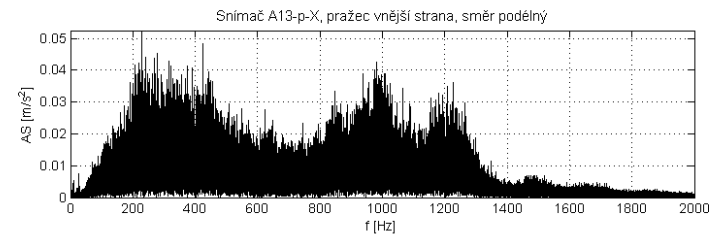
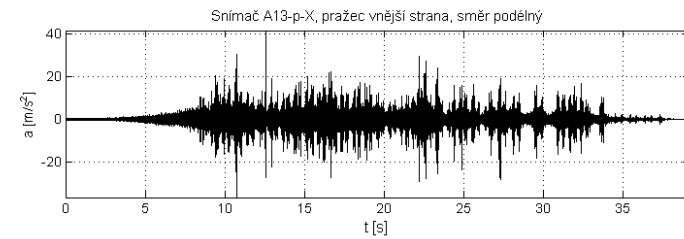
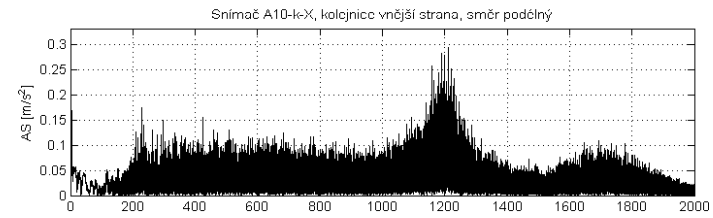
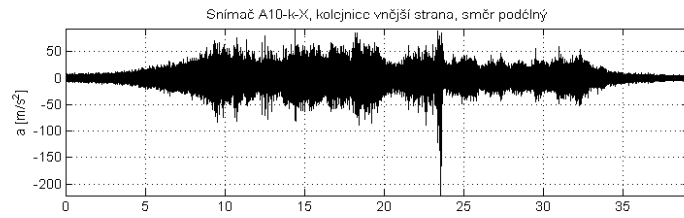
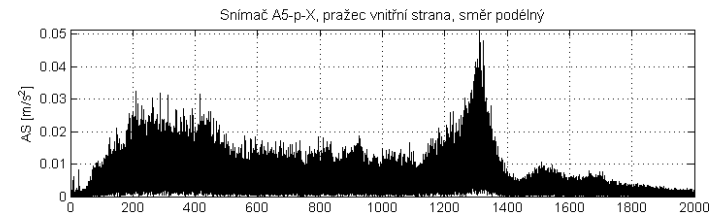
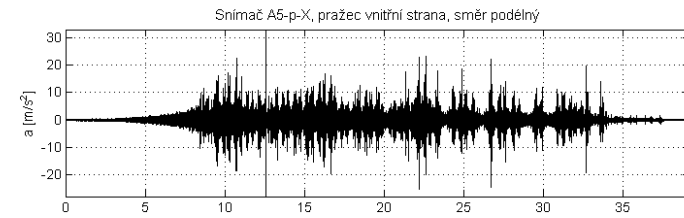
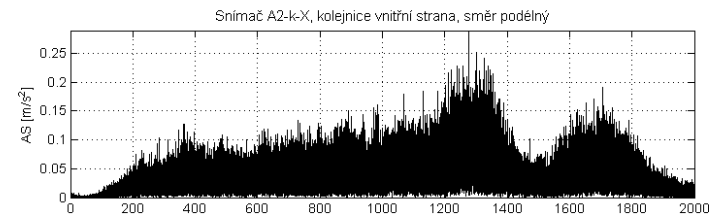
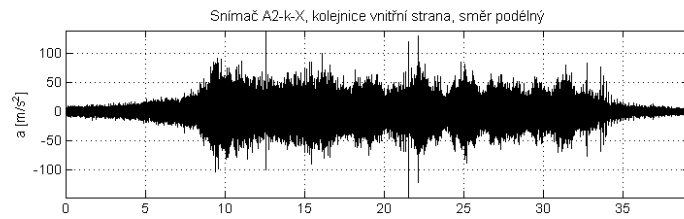
Graf E. 52 Na; 60 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



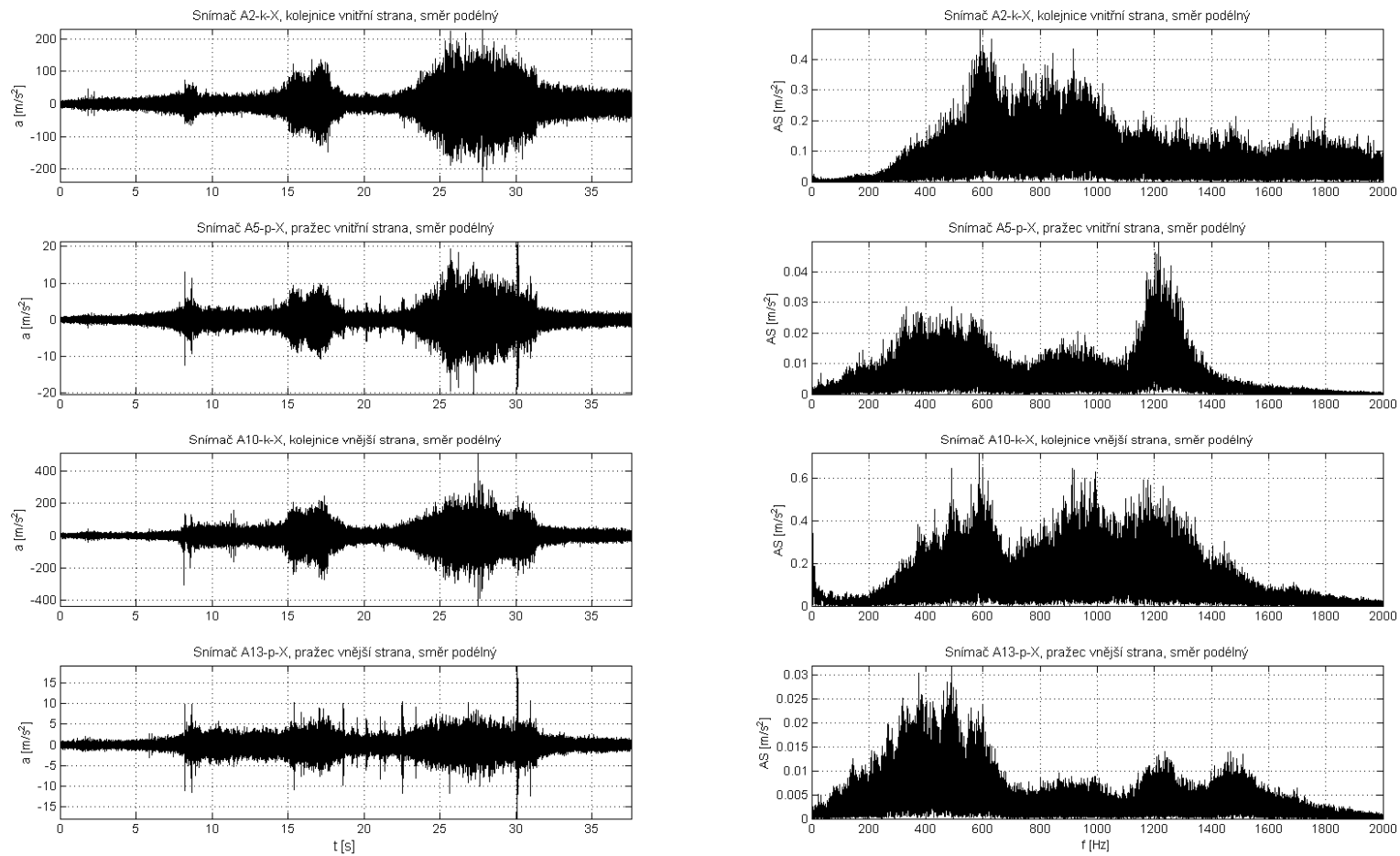
Graf E. 53 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



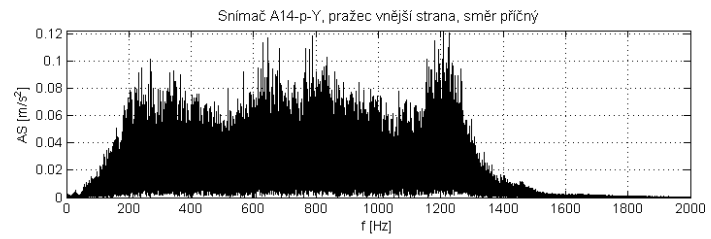
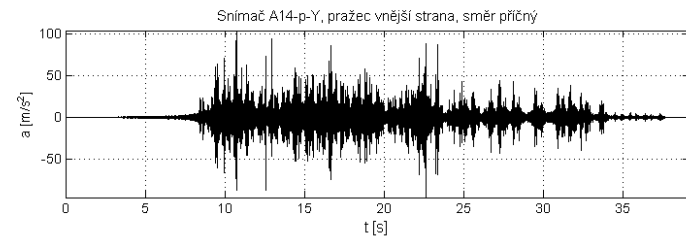
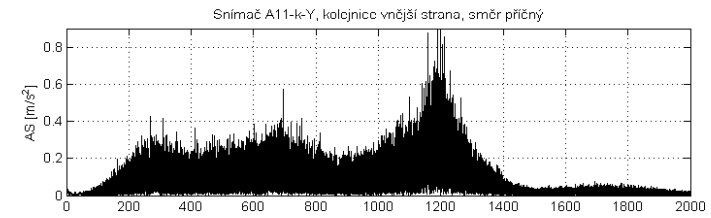
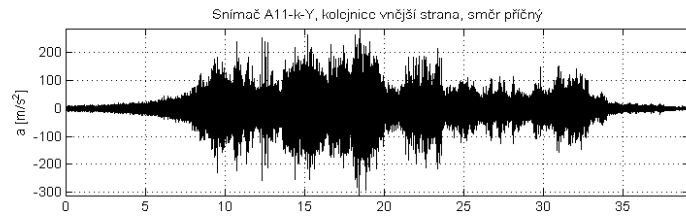
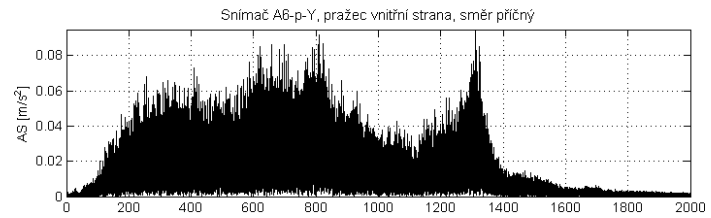
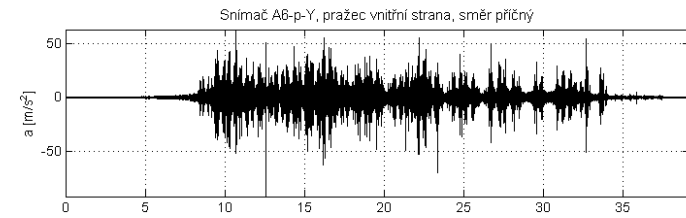
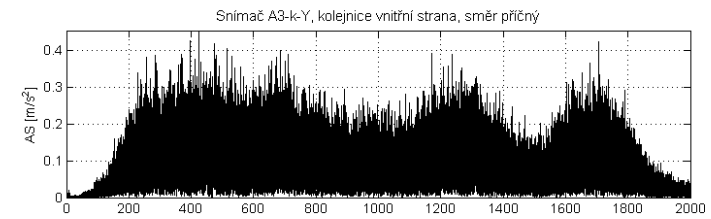
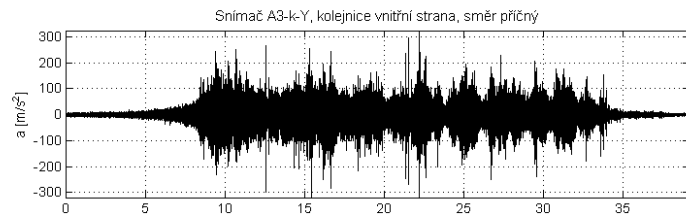
Graf E. 54Na; 60 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



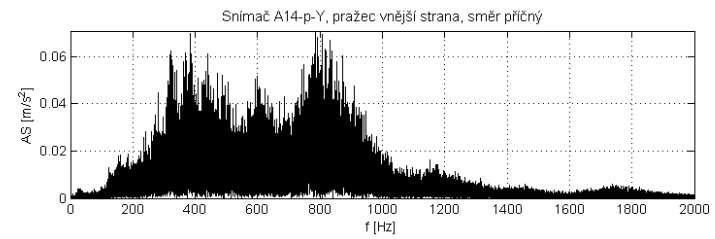
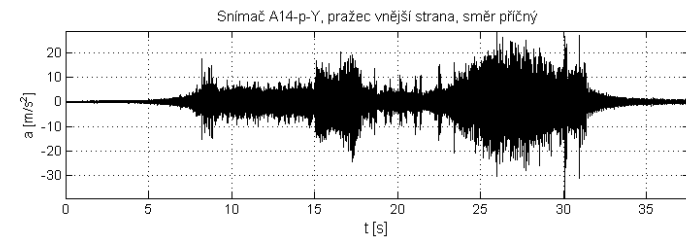
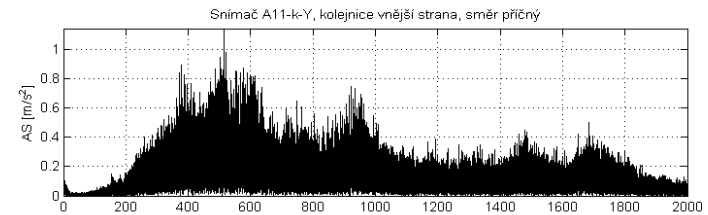
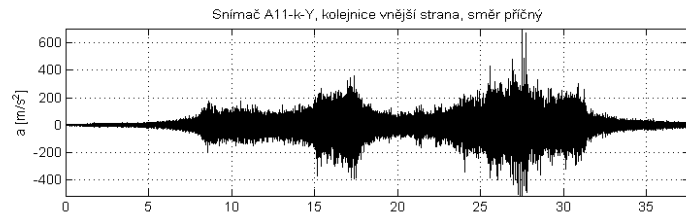
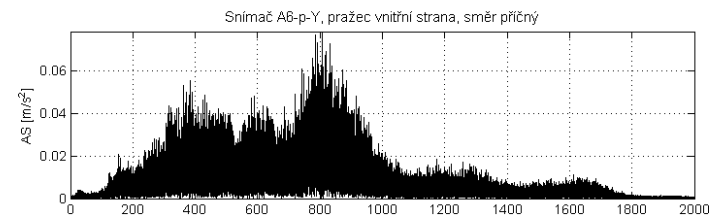
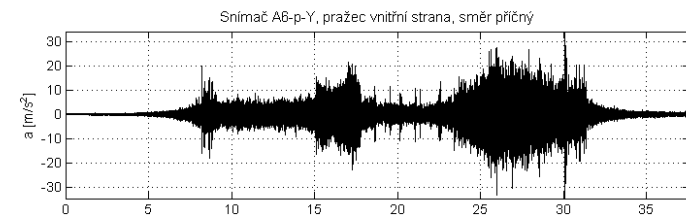
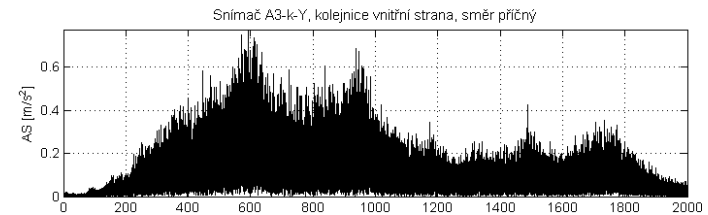
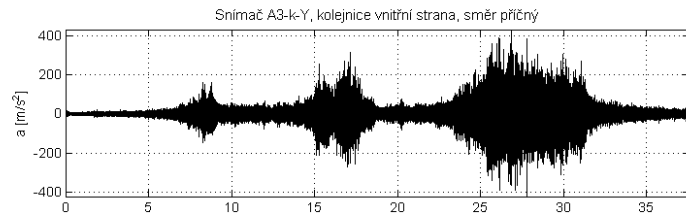
Graf E. 55 Na; 56 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



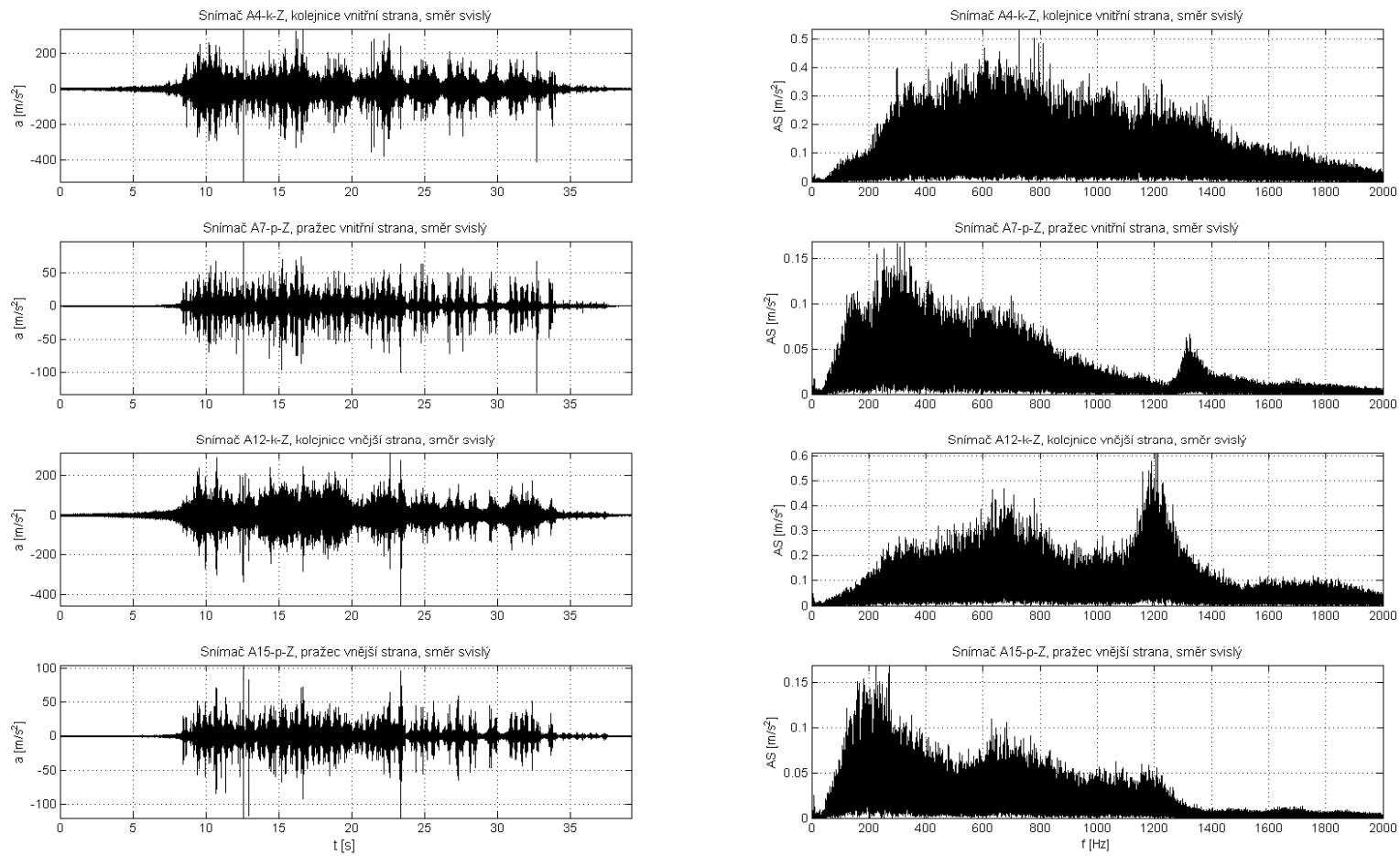
Graf E. 56 Na; 58 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



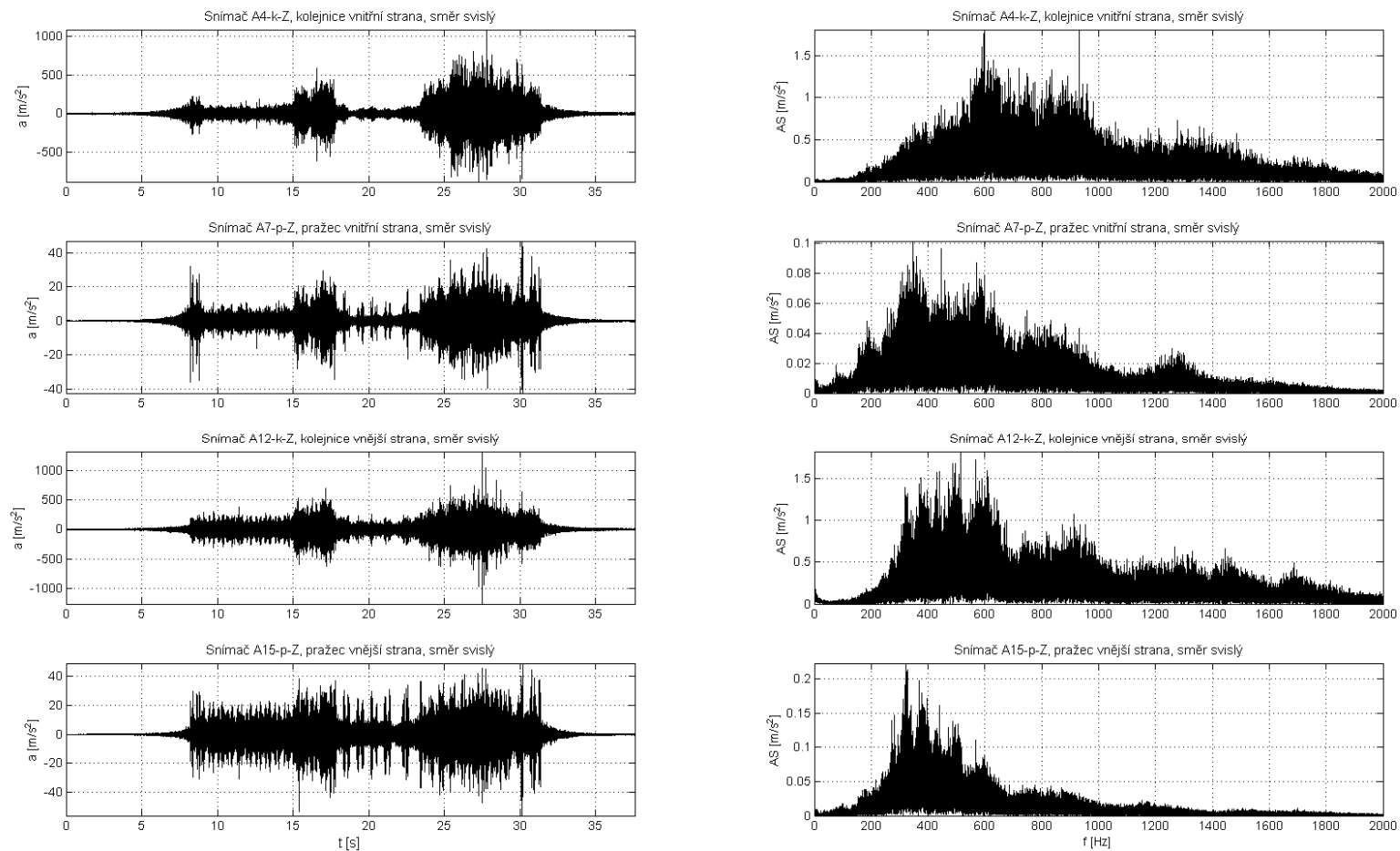
Graf E. 57 Na; 56 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



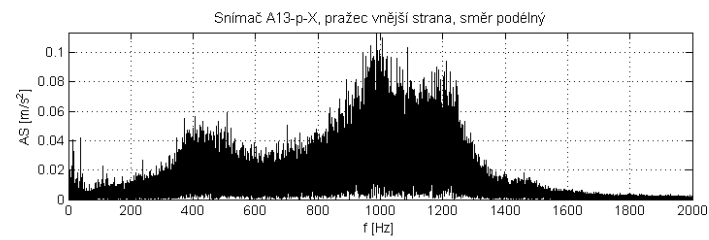
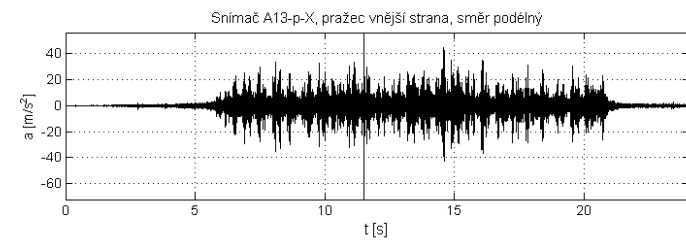
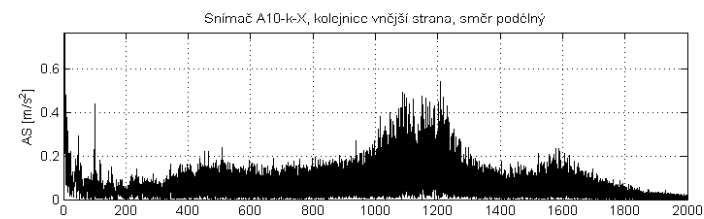
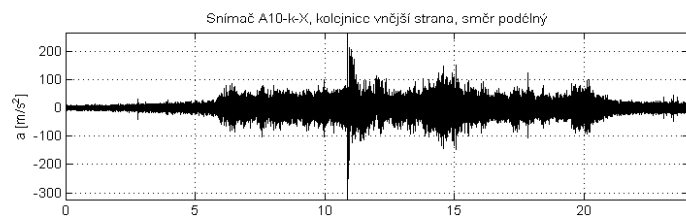
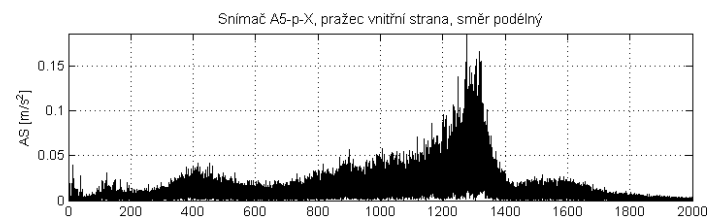
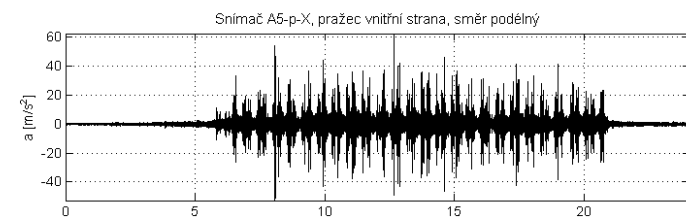
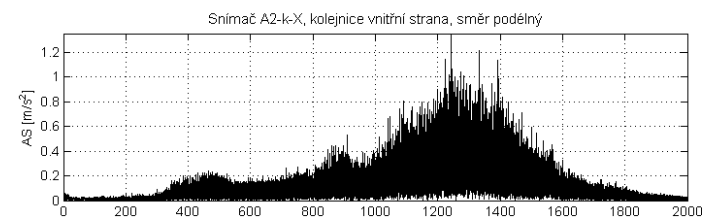
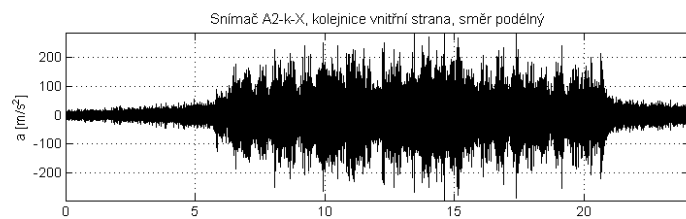
Graf E. 58 Na; 58 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



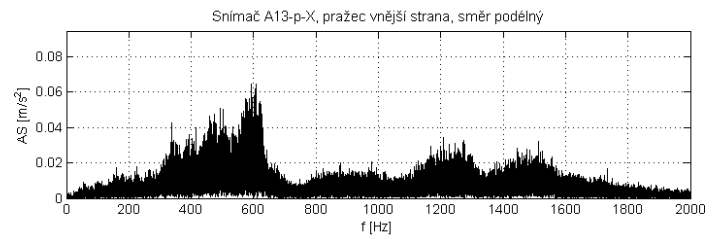
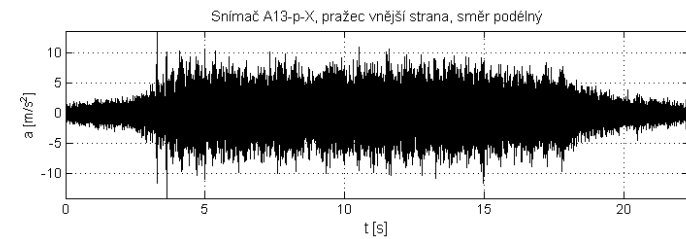
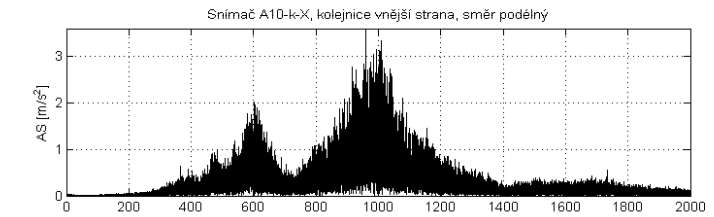
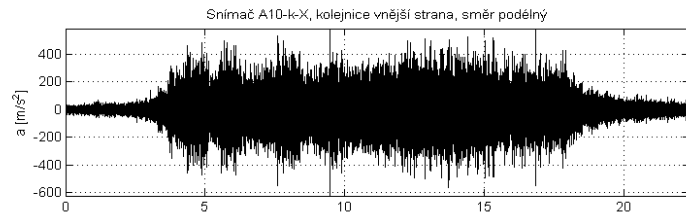
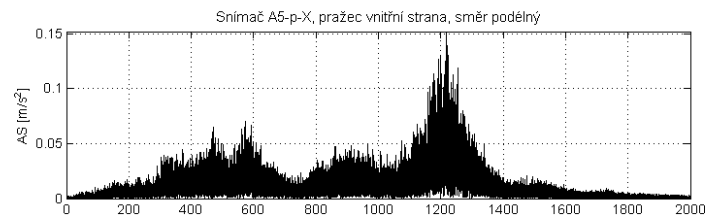
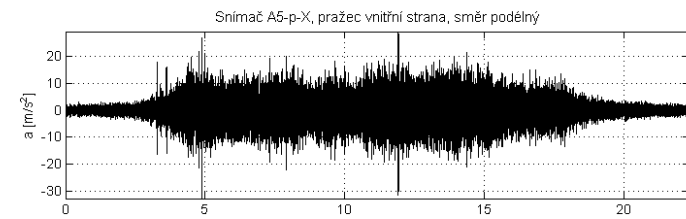
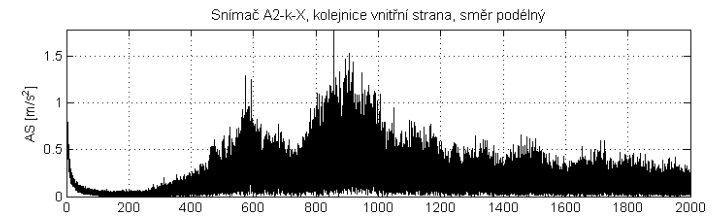
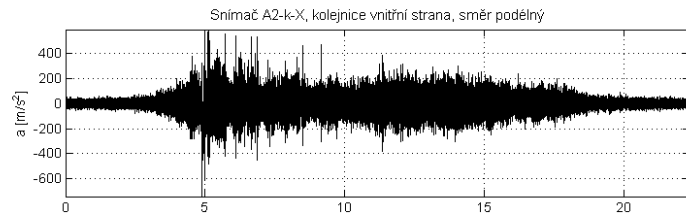
Graf E. 59 Na; 56 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



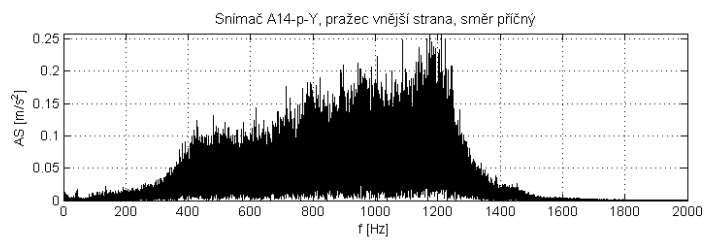
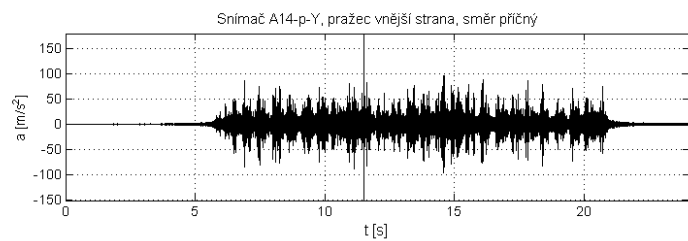
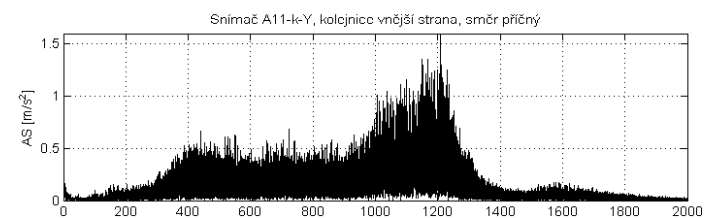
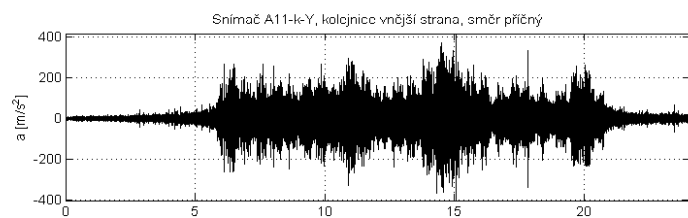
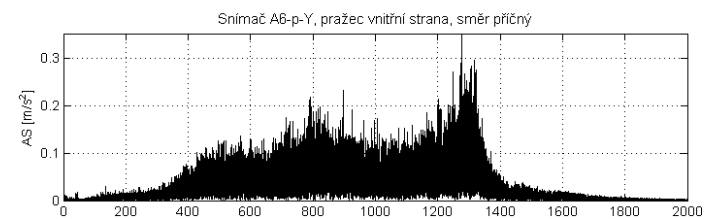
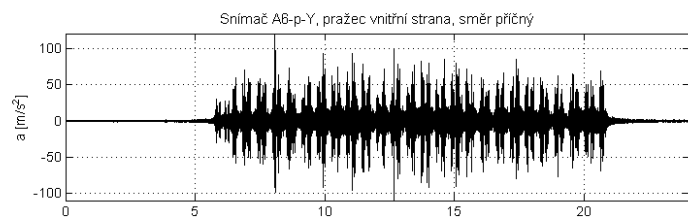
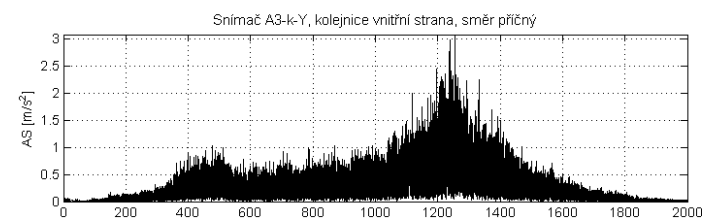
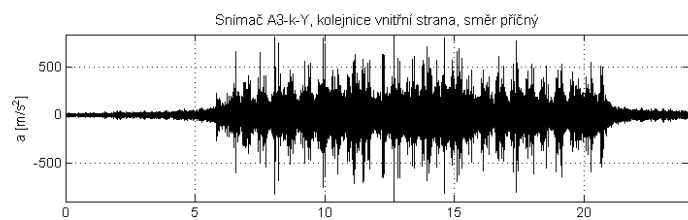
Graf E. 60 Na; 58 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



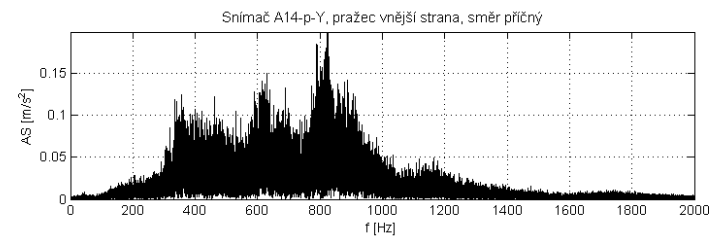
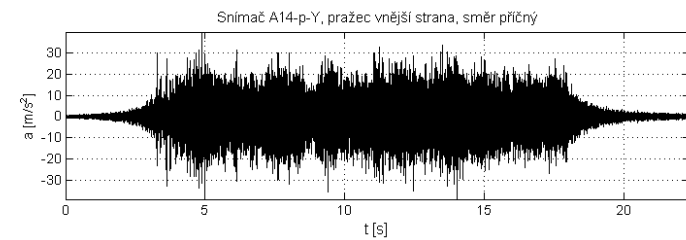
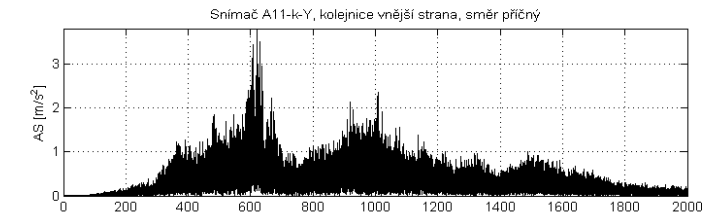
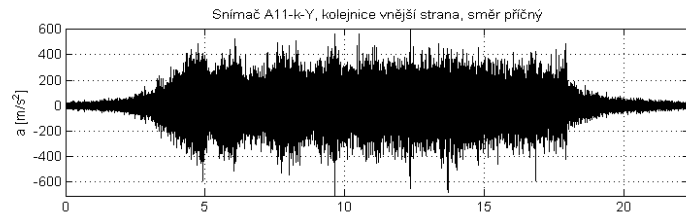
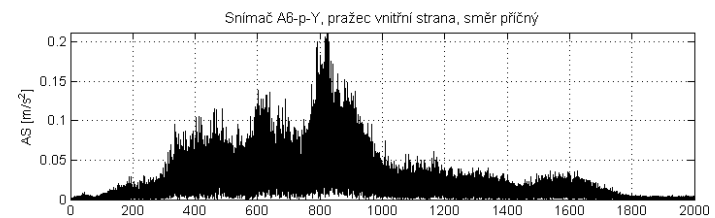
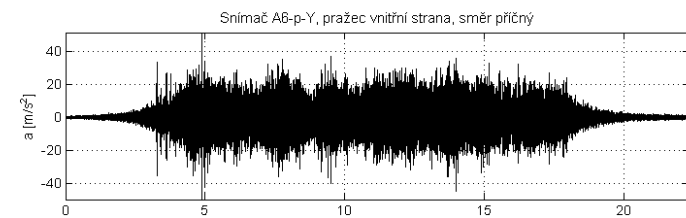
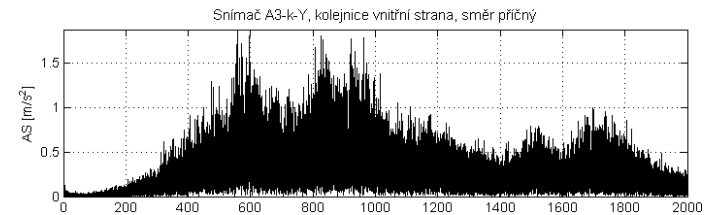
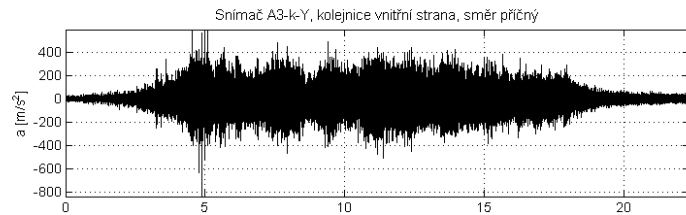
Graf E. 61 Na; 86 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



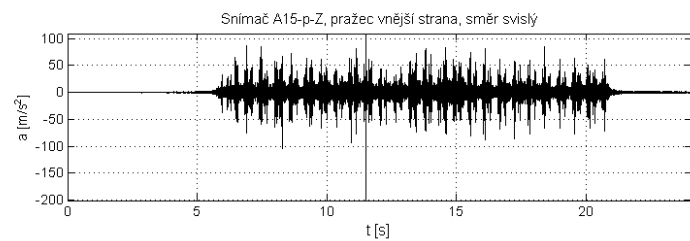
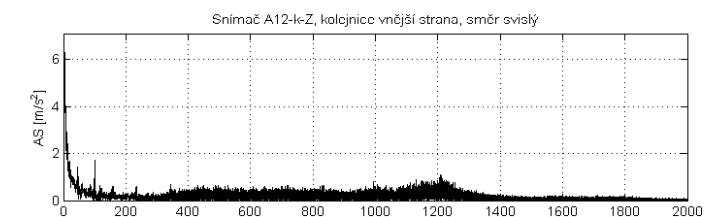
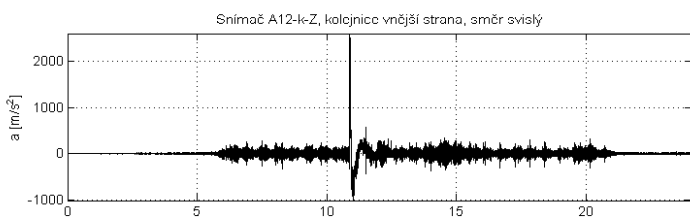
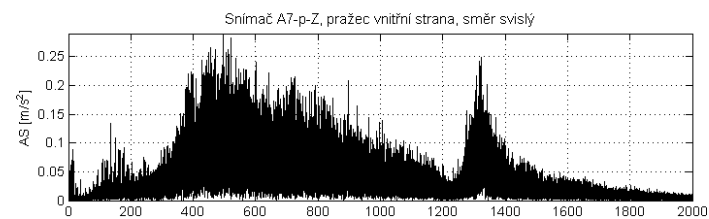
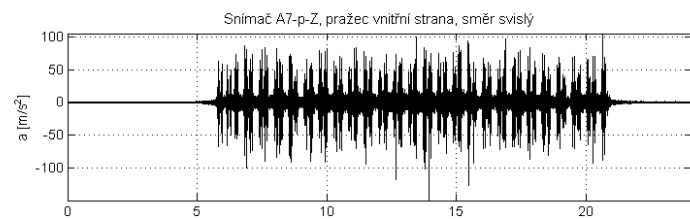
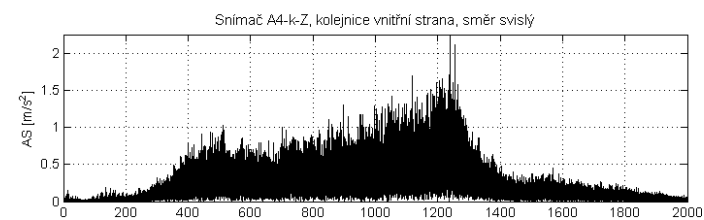
Graf E. 62 Na; 83 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



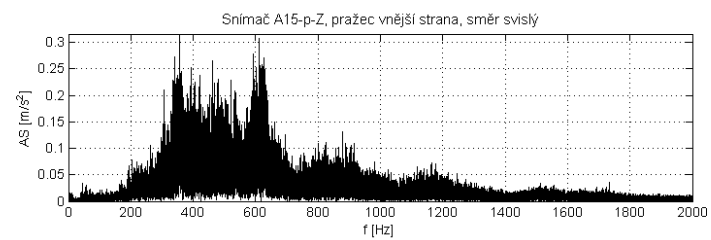
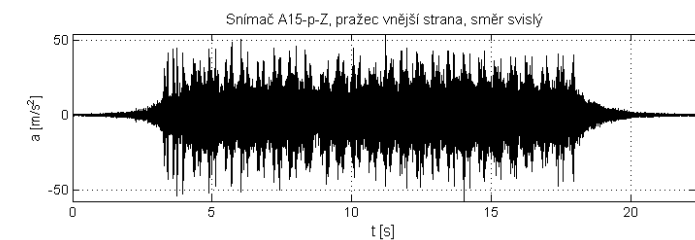
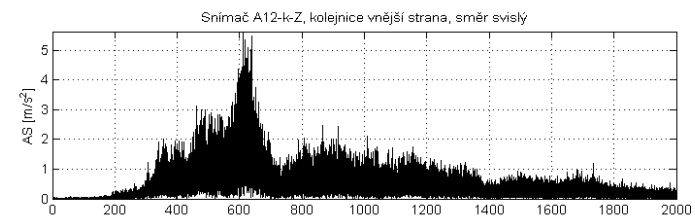
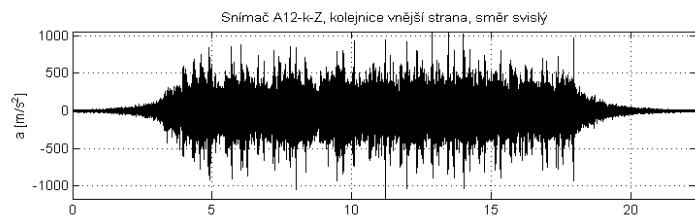
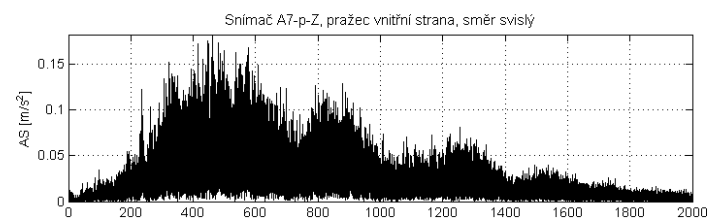
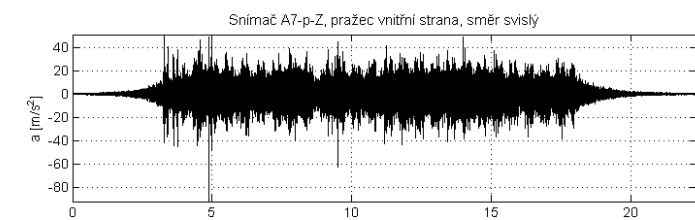
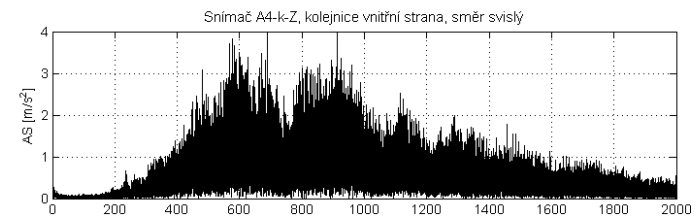
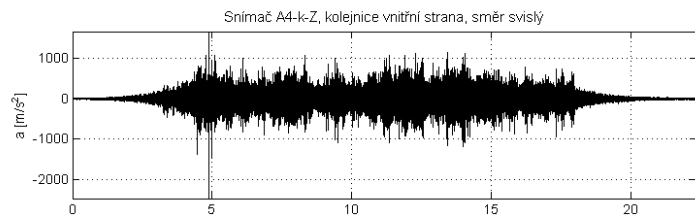
Graf E. 63 Na; 86 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



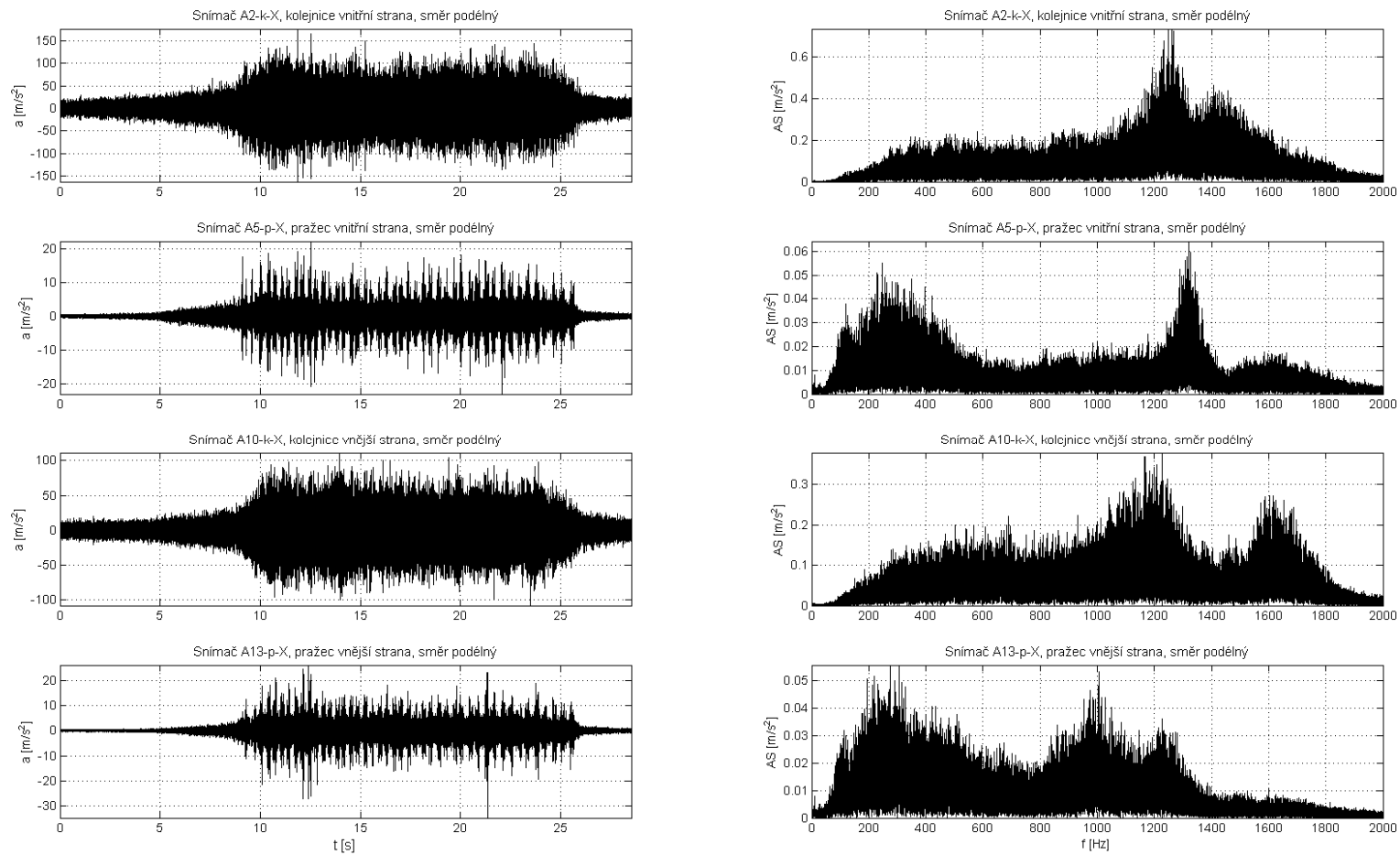
Graf E. 64 Na; 83 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



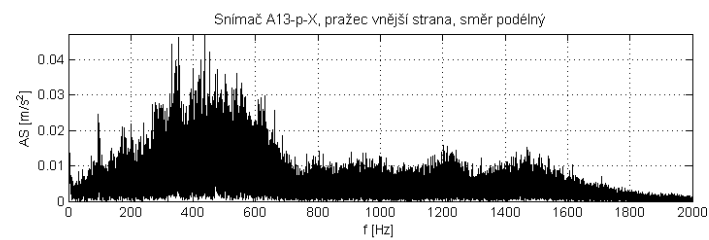
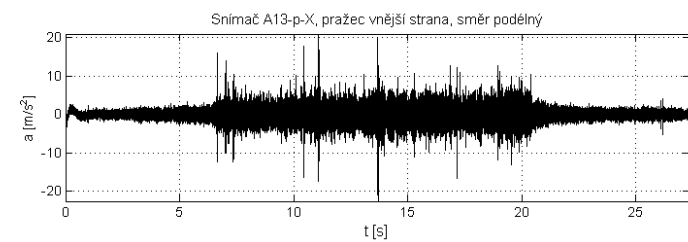
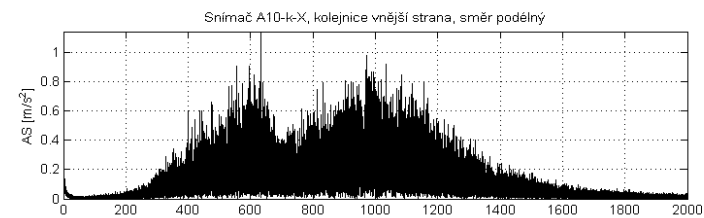
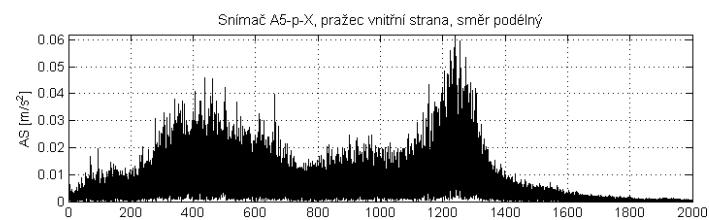
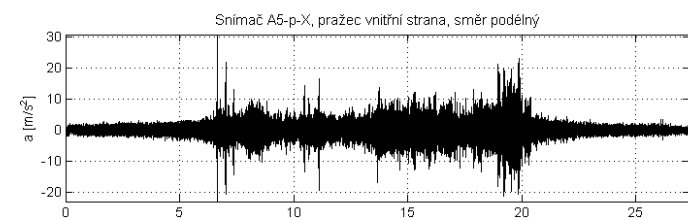
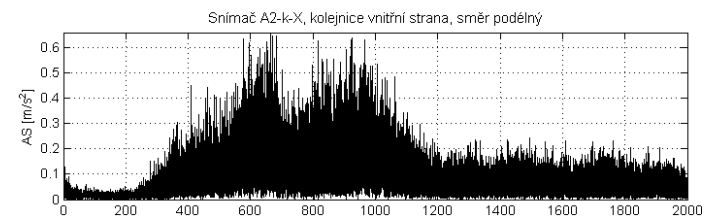
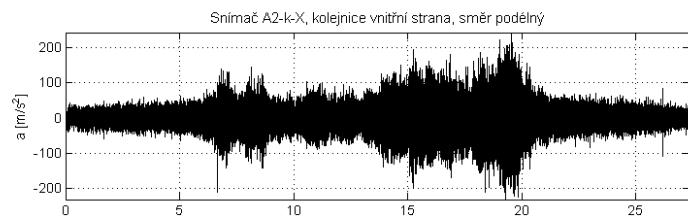
Graf E. 65 Na; 86 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



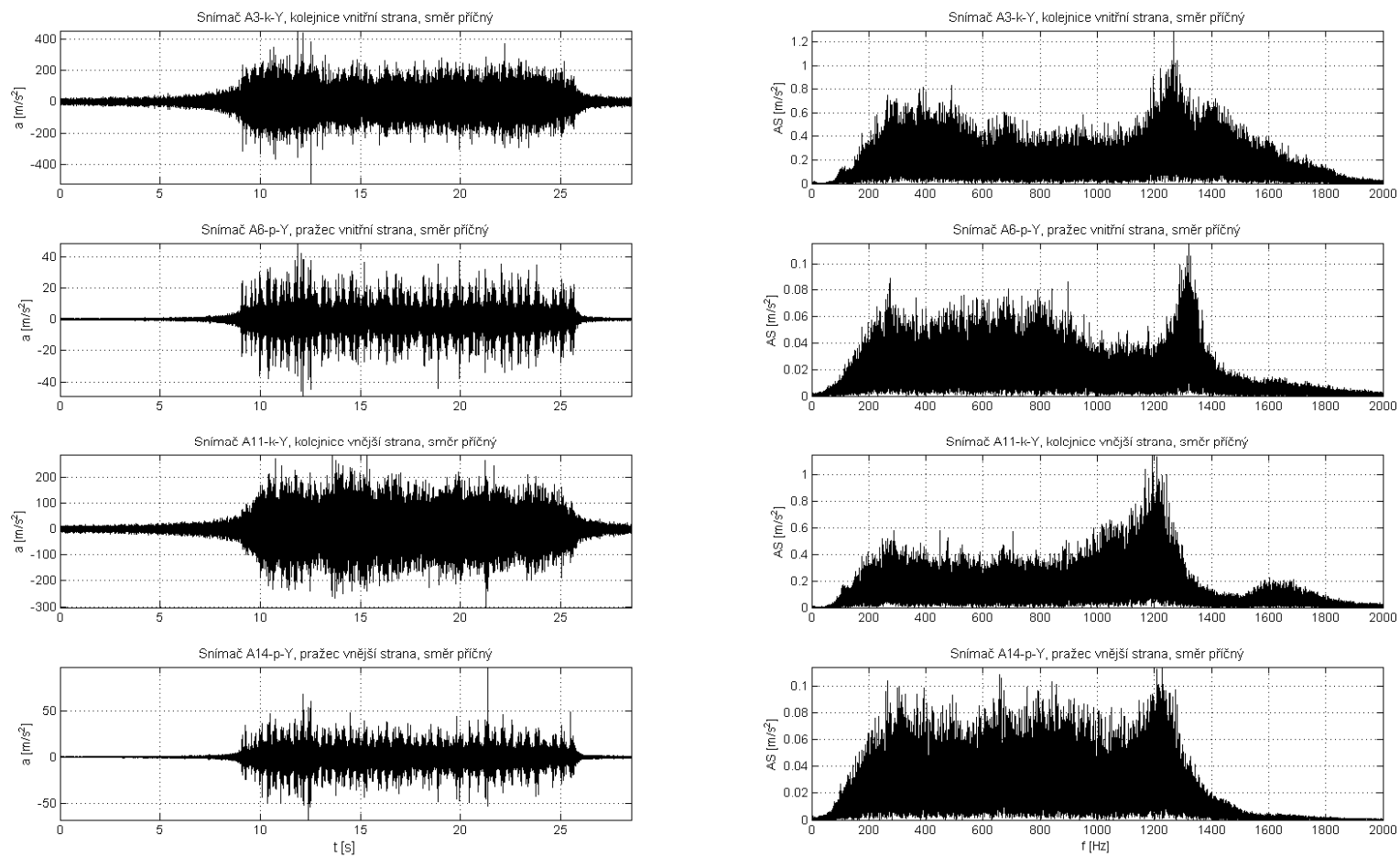
Graf E. 66 Na; 83 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



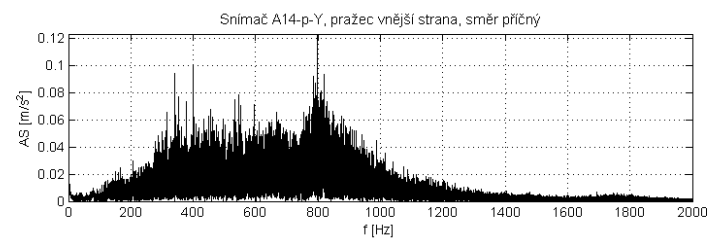
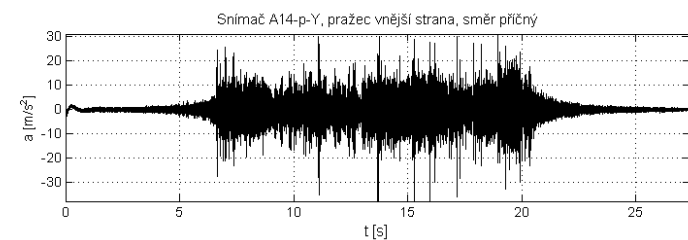
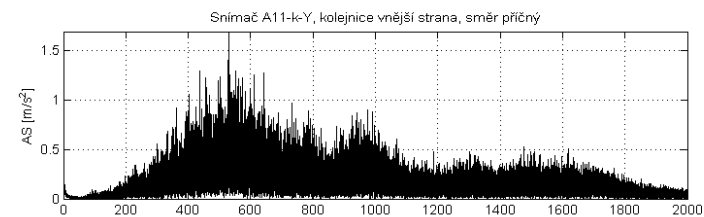
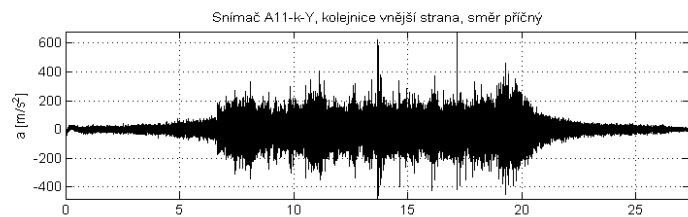
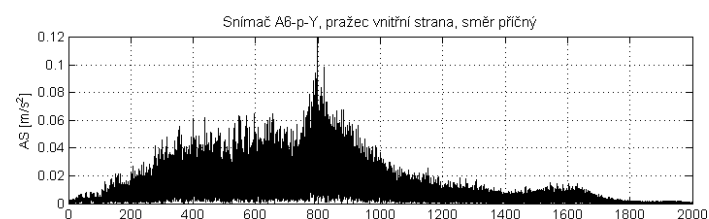
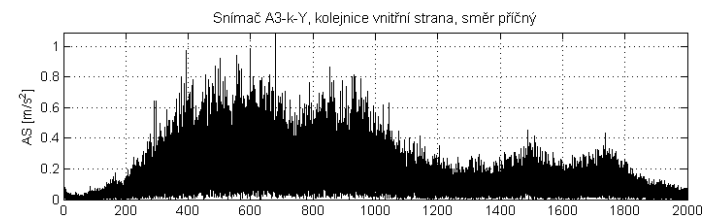
Graf E. 67 Na; 60-50 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



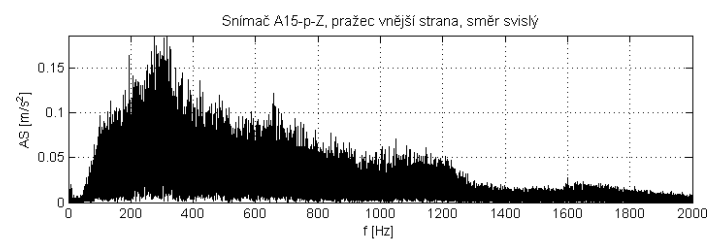
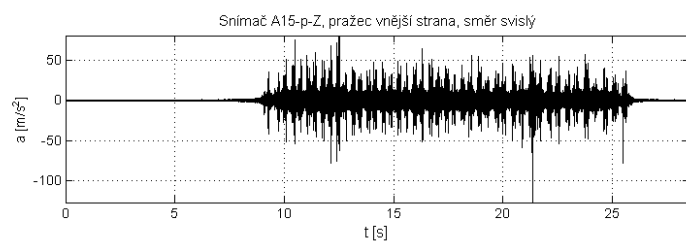
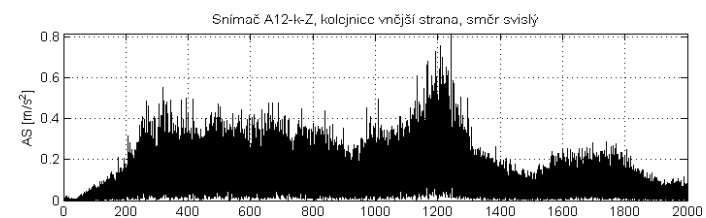
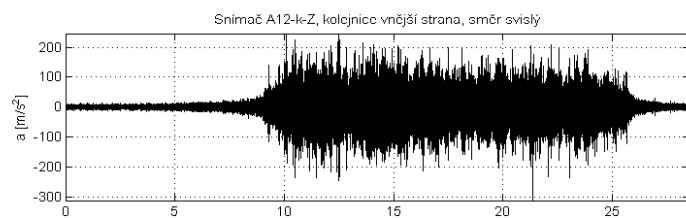
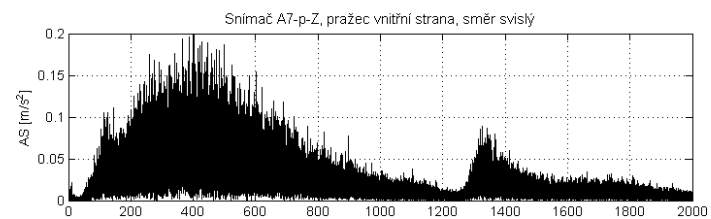
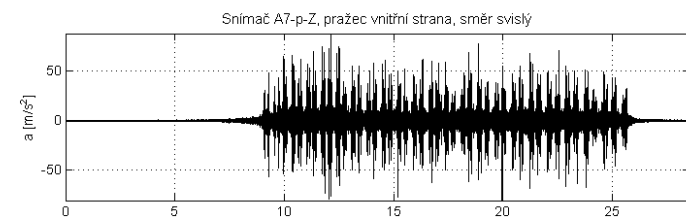
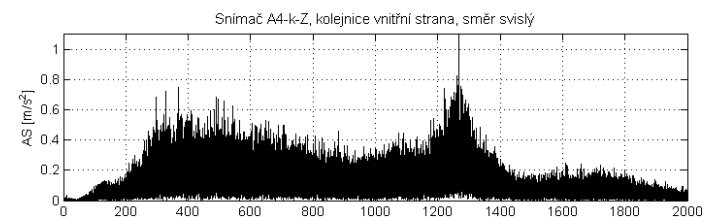
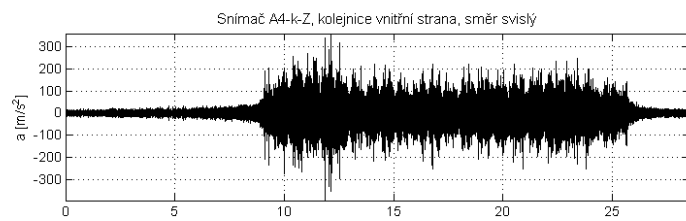
Graf E. 68Na; 65 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



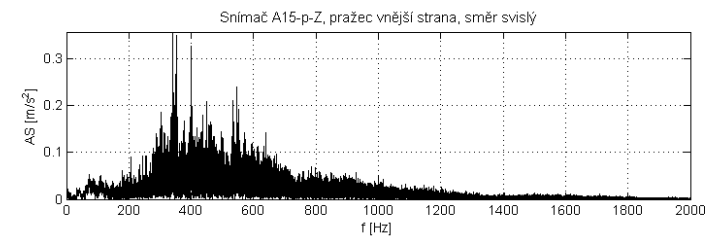
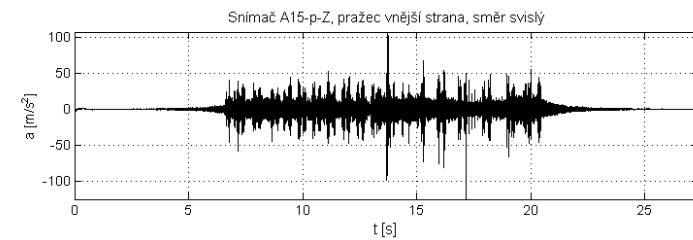
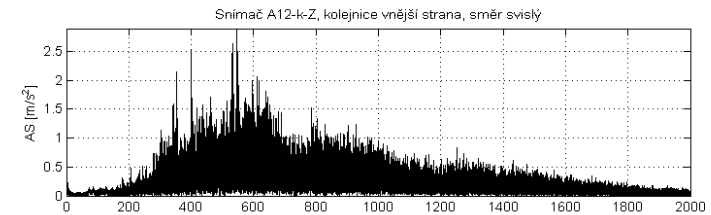
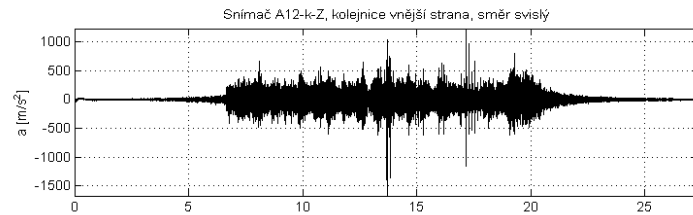
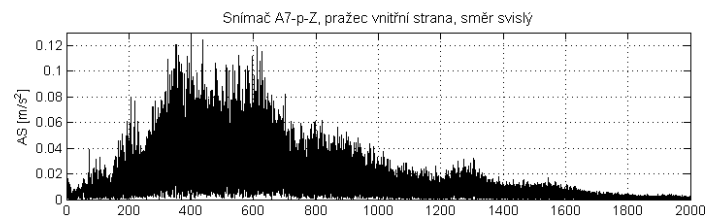
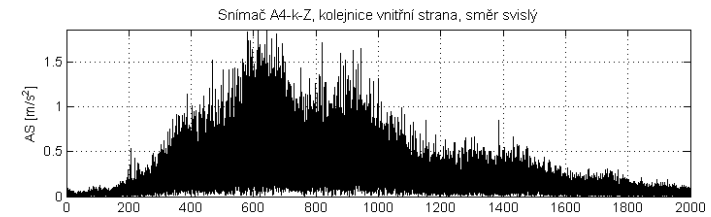
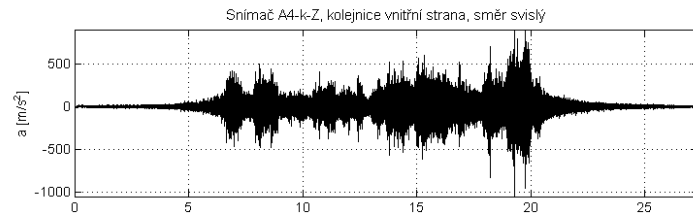
Graf E. 69 Na; 60-50 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



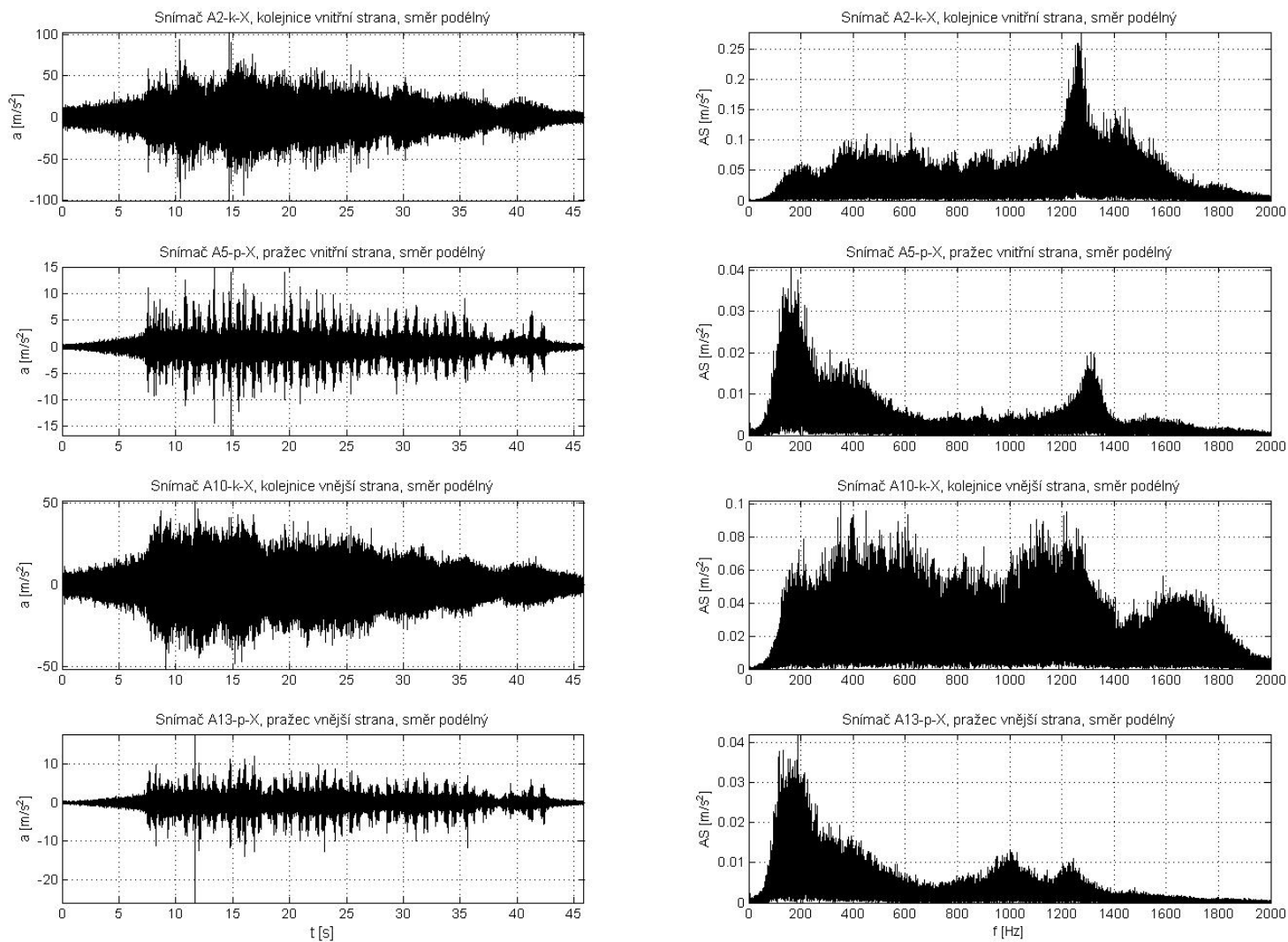
Graf E. 70 Na; 65 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



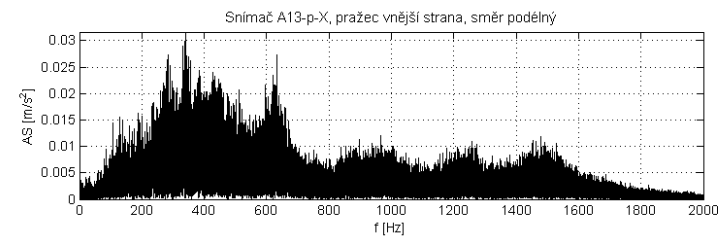
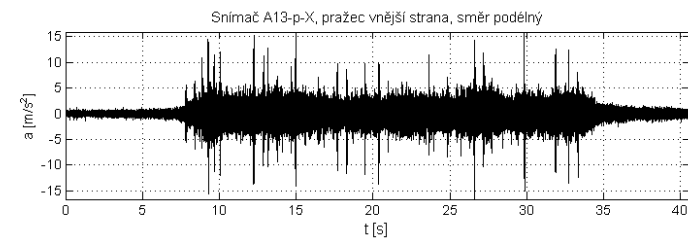
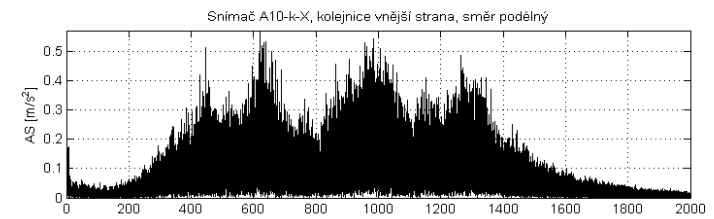
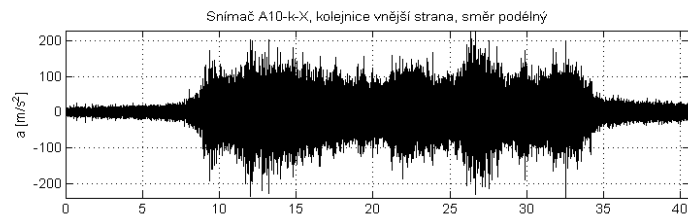
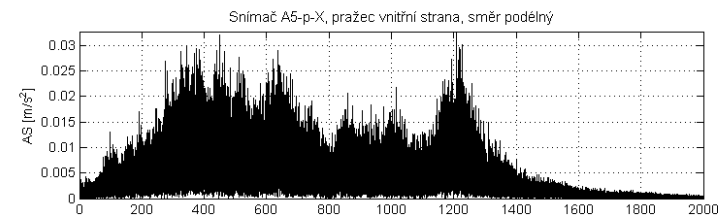
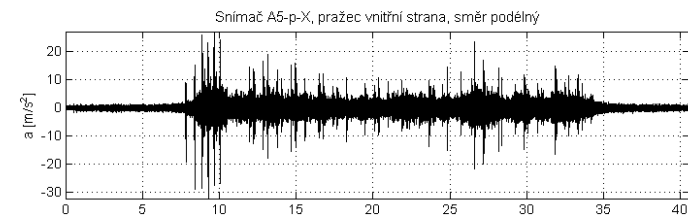
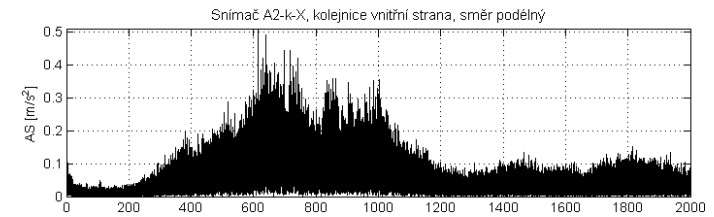
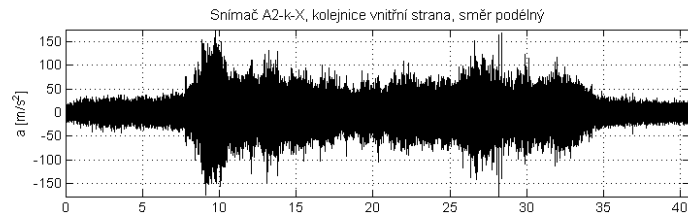
Graf E. 71Na; 60-50 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



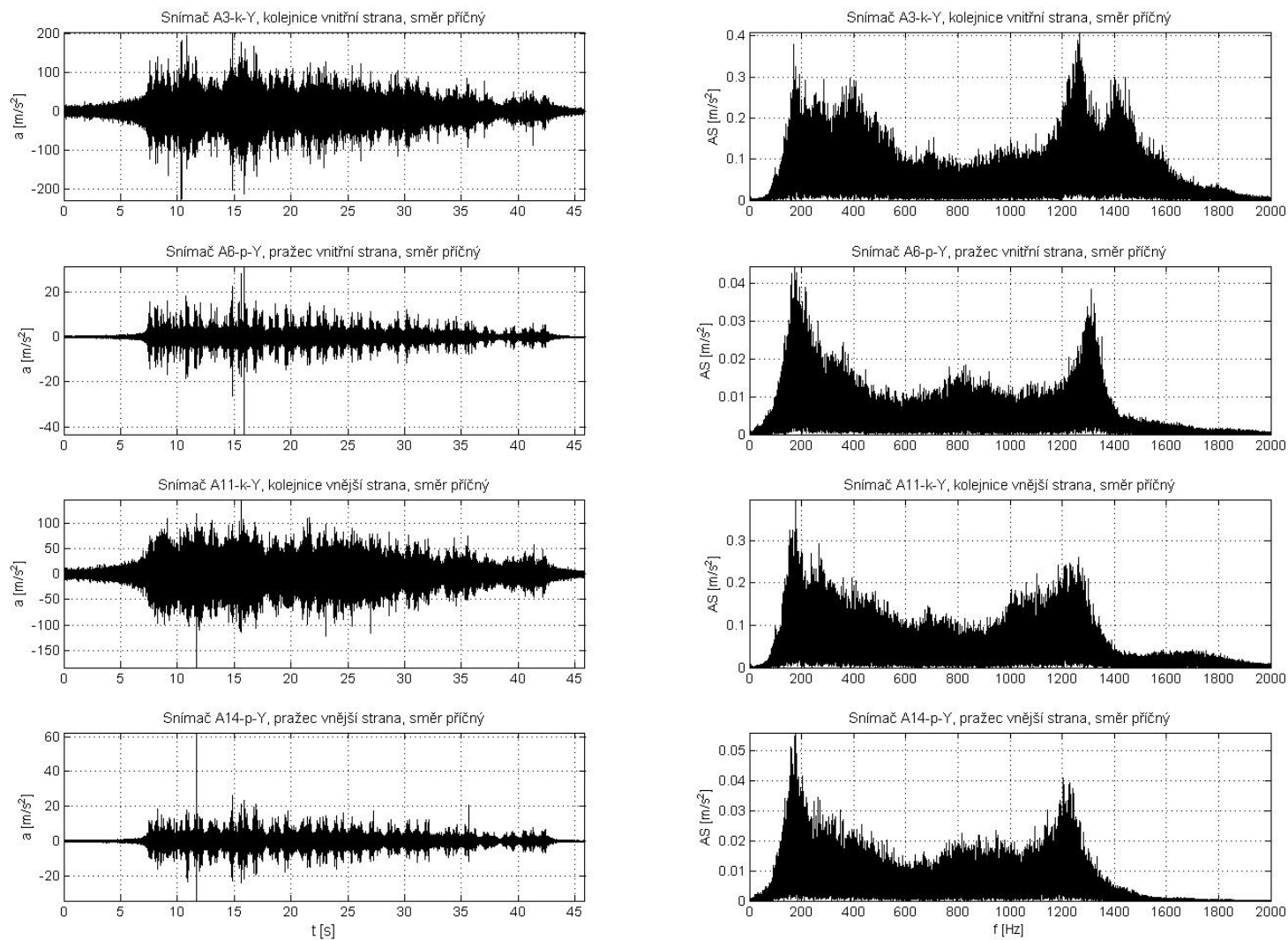
Graf E. 72 Na; 65 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



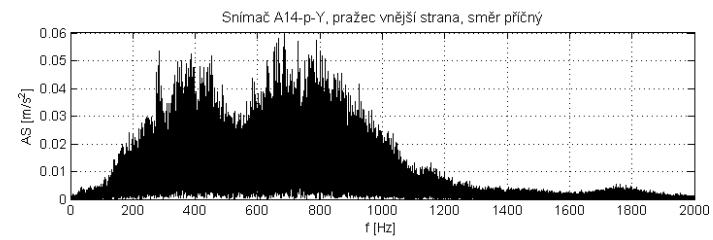
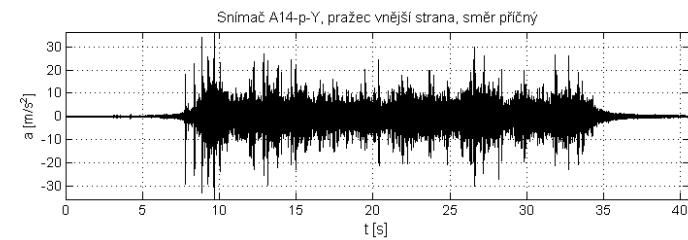
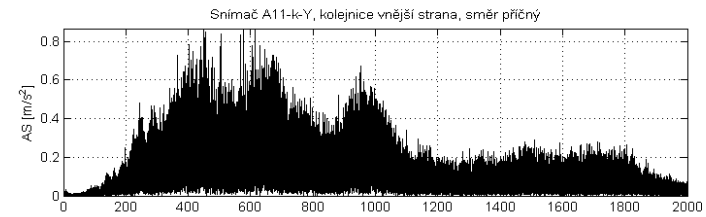
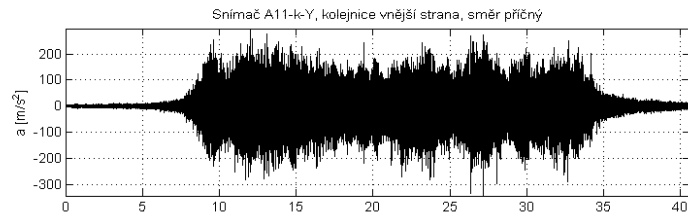
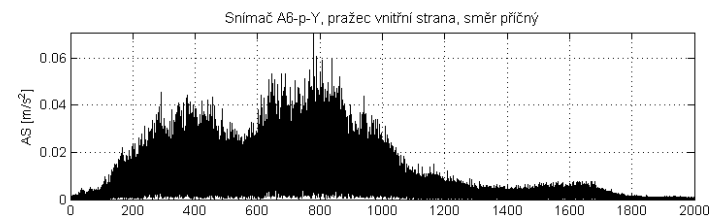
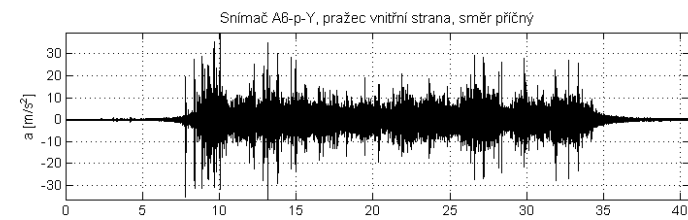
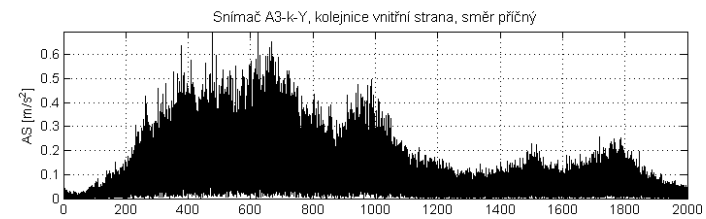
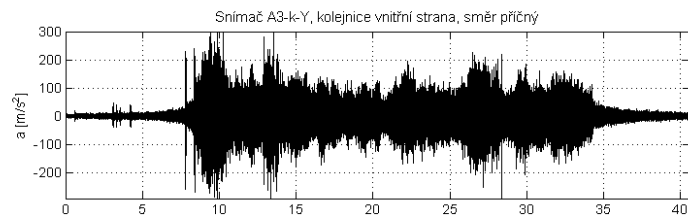
Graf E. 73 Na; 50-28 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



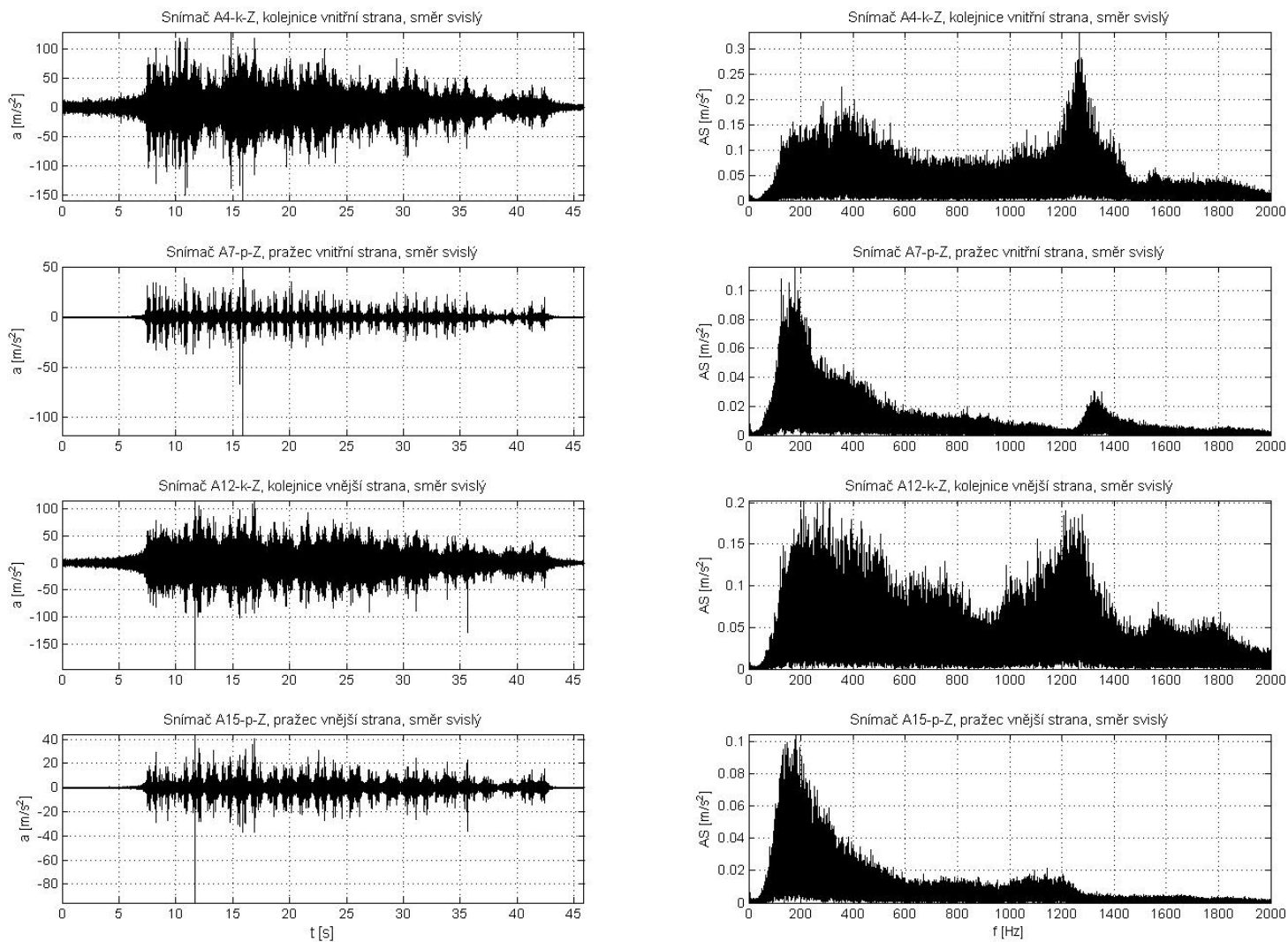
Graf E. 74 Na; 46 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



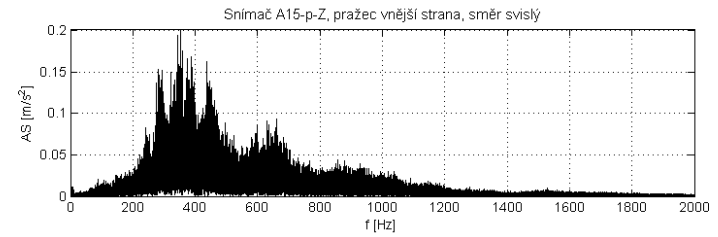
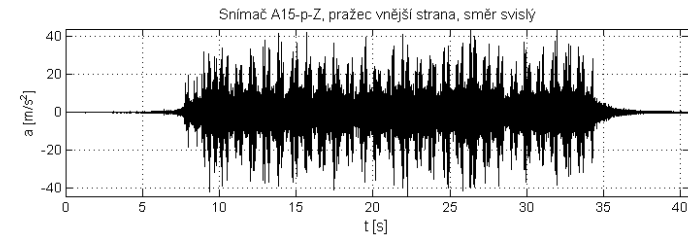
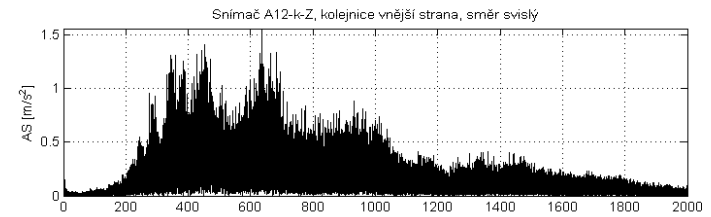
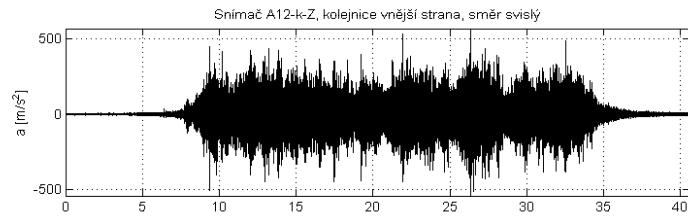
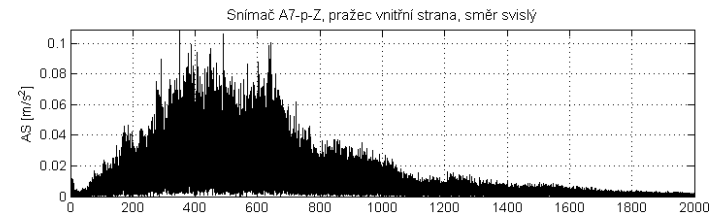
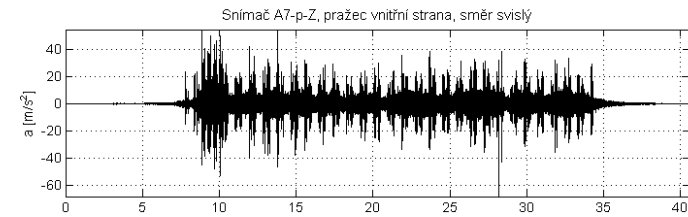
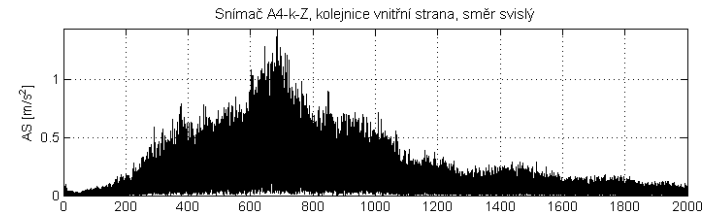
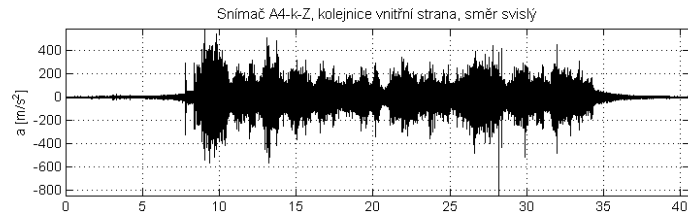
Graf E. 75 Na; 50-28 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



Graf E. 76 Na; 46 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



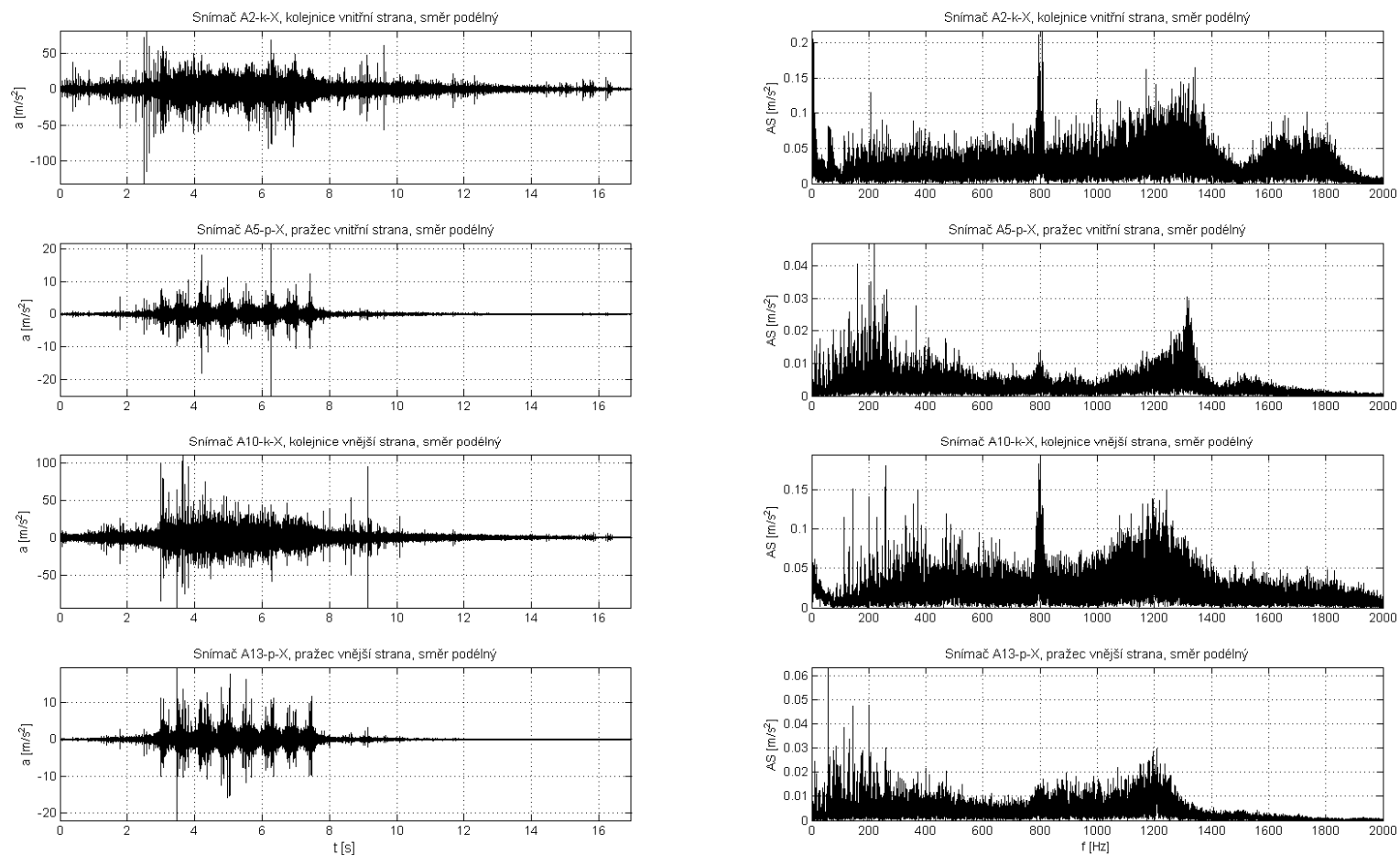
Graf E. 77 Na; 50-28 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



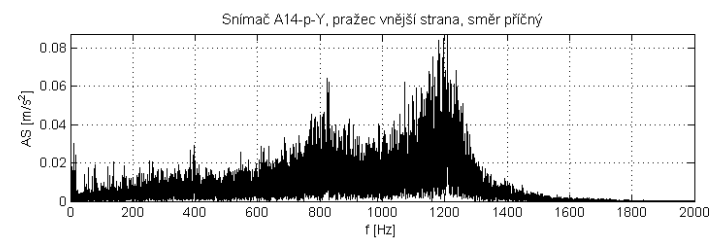
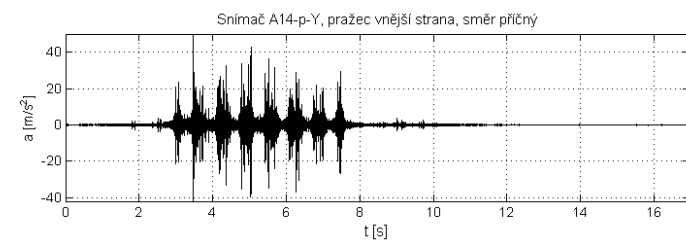
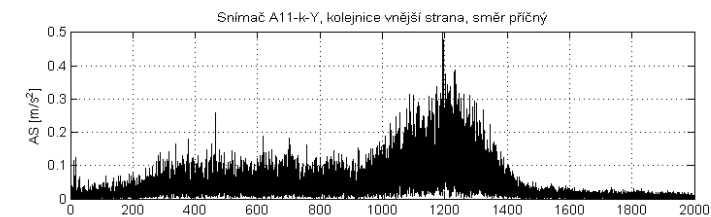
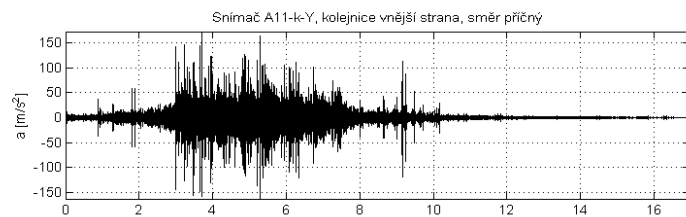
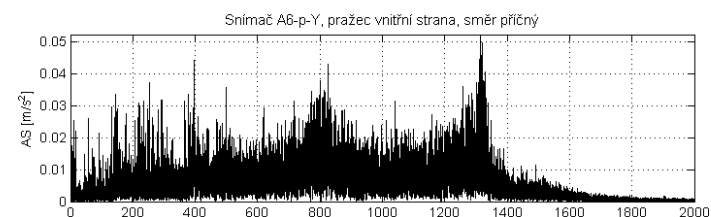
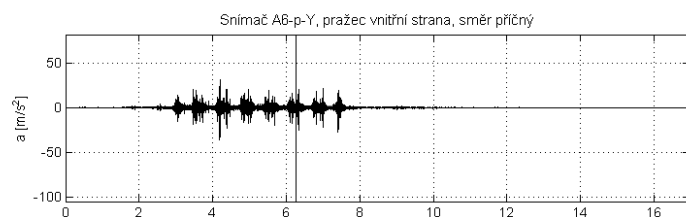
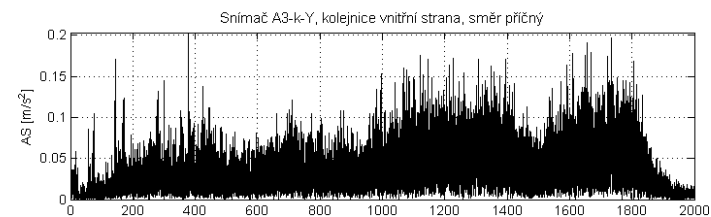
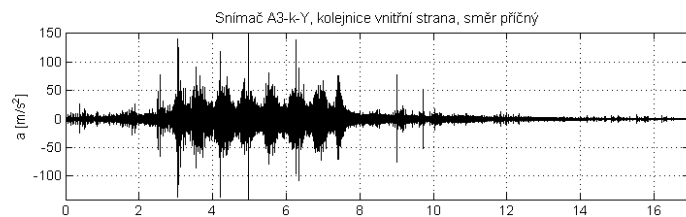
Graf E. 78 Na; 46 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr

OSTATNÍ VLAKY – HRANICE NA MORAVĚ

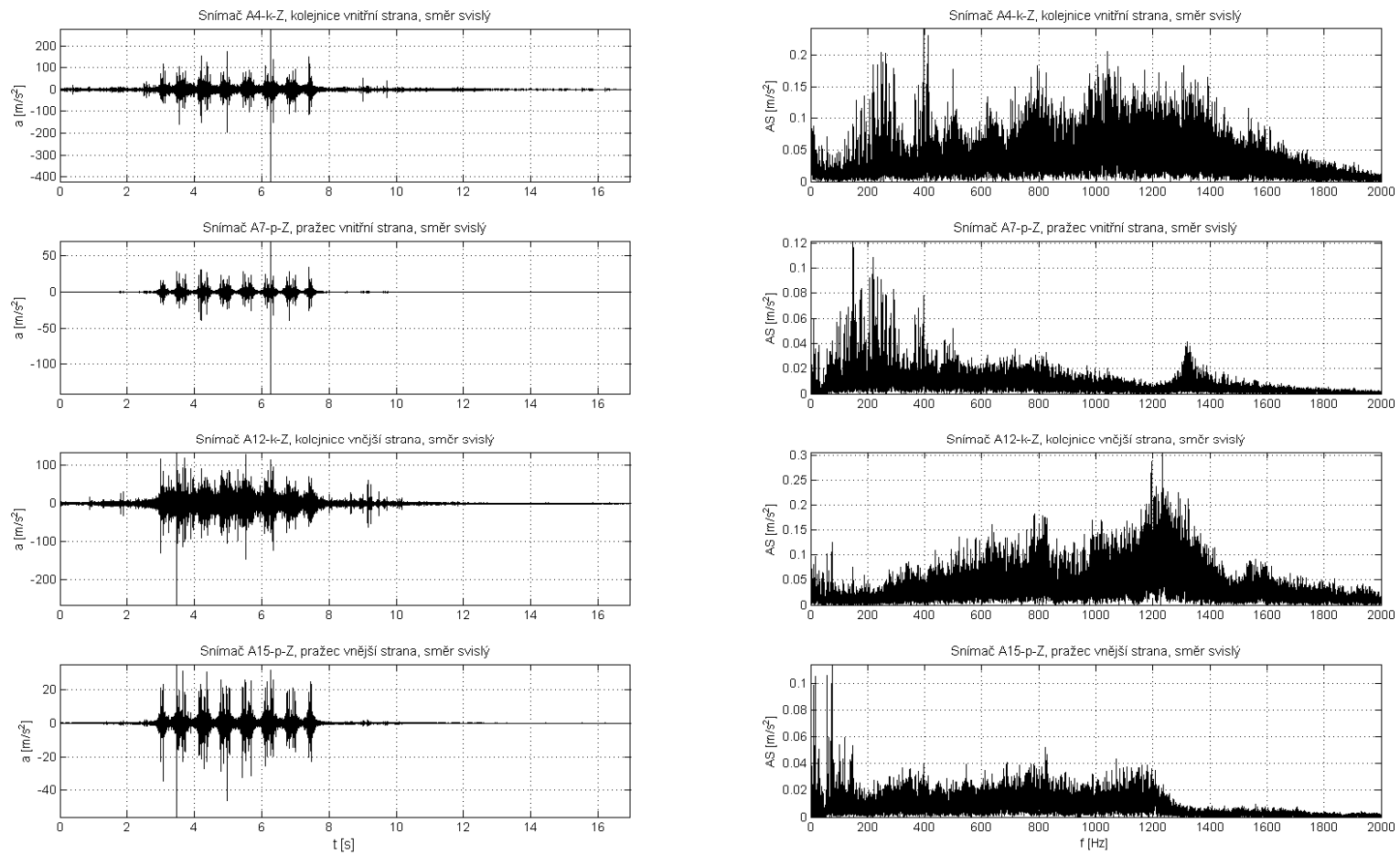
150



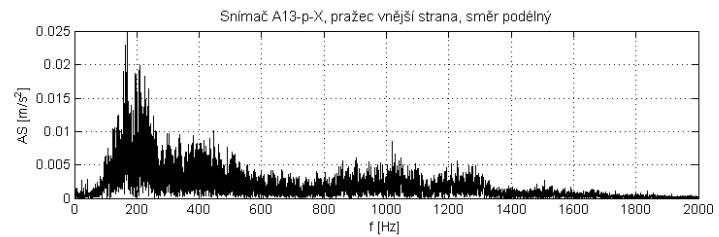
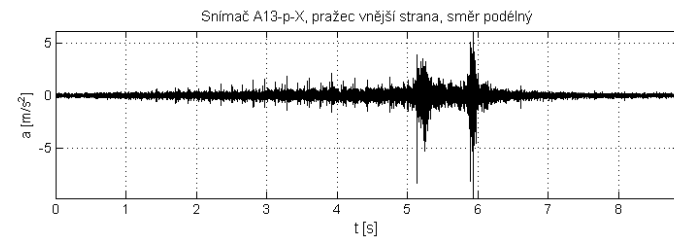
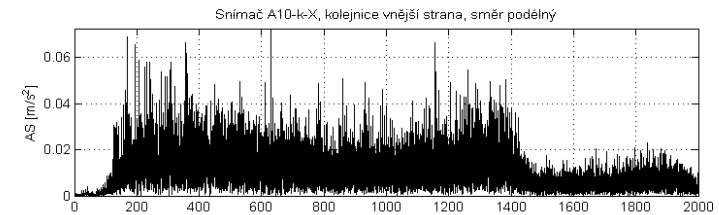
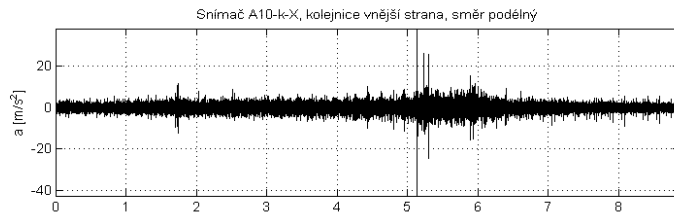
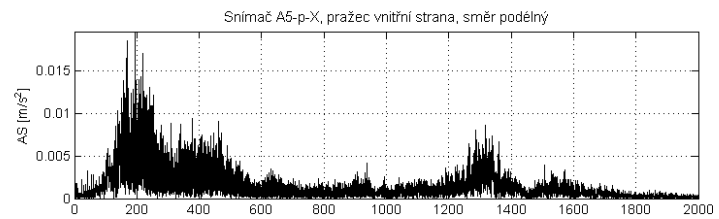
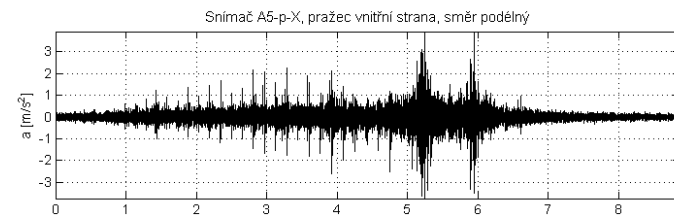
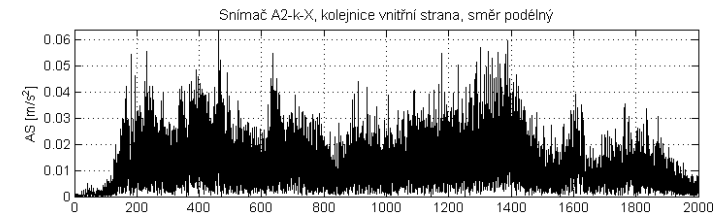
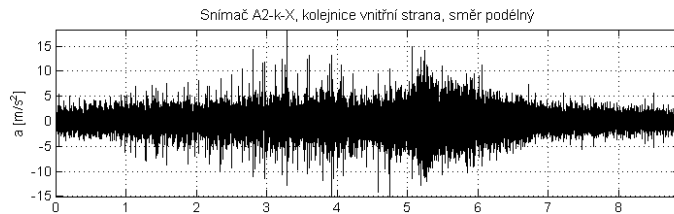
Graf E. 79 SC Pendolino; 144 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



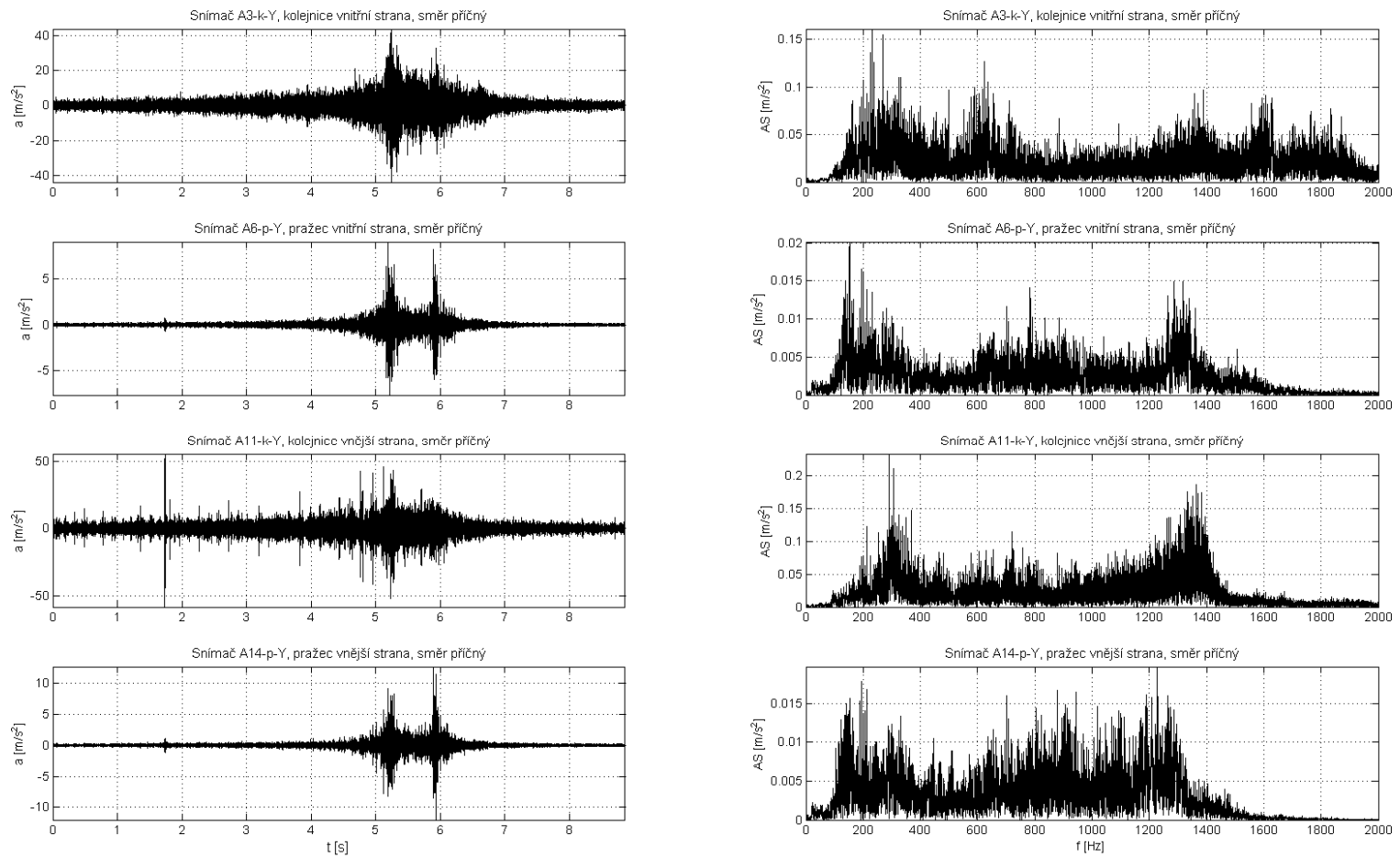
Graf E. 80 SC Pendolino; 144 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



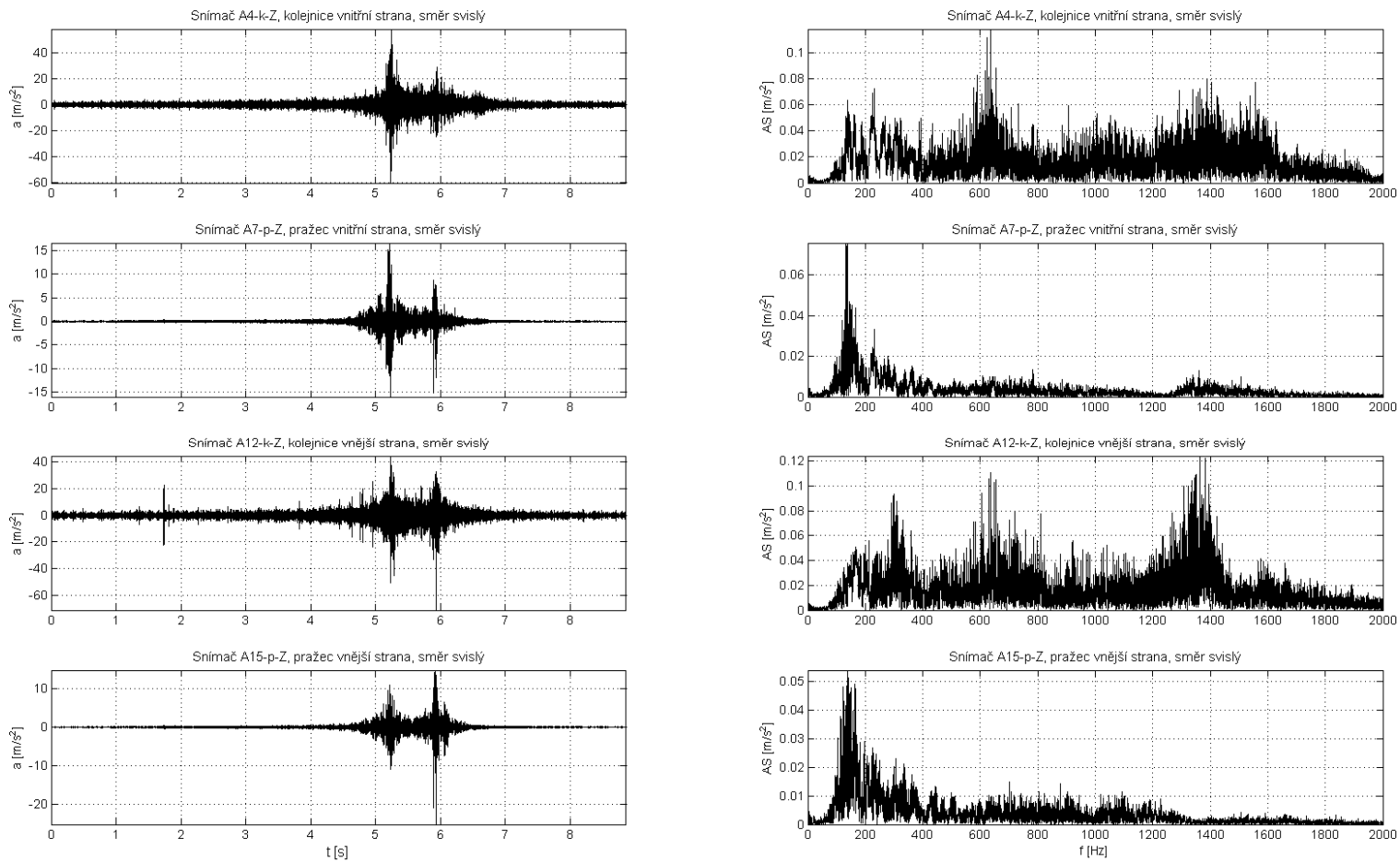
Graf E. 81 SC Pendolino; 144 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



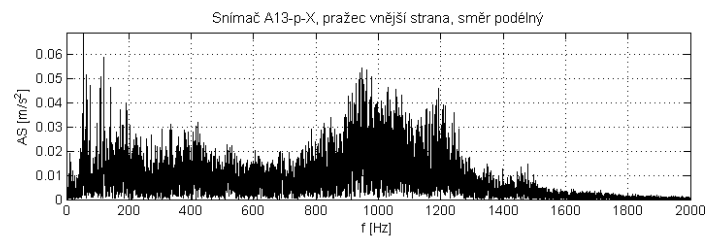
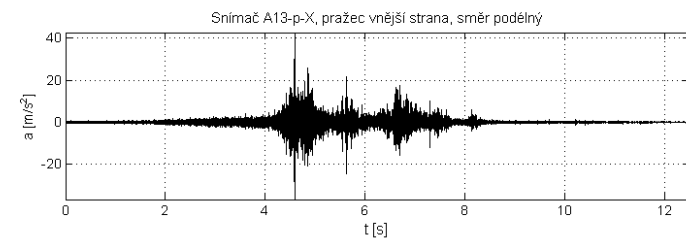
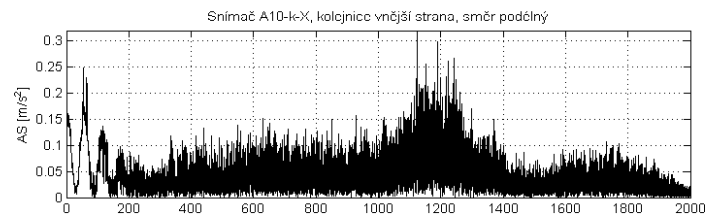
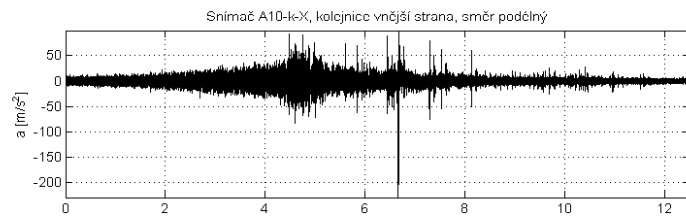
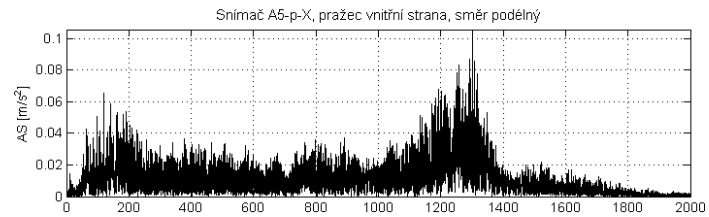
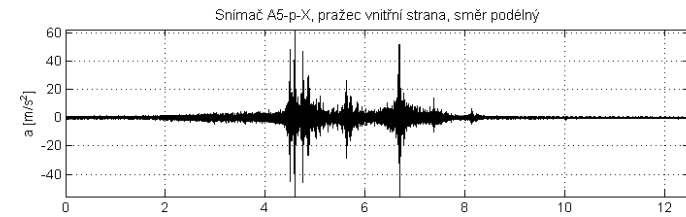
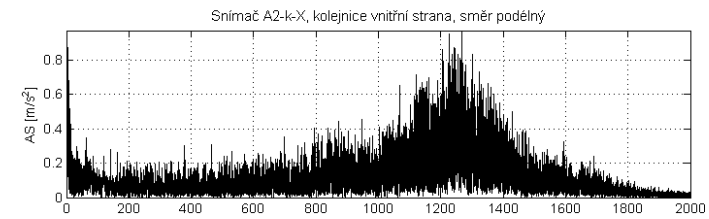
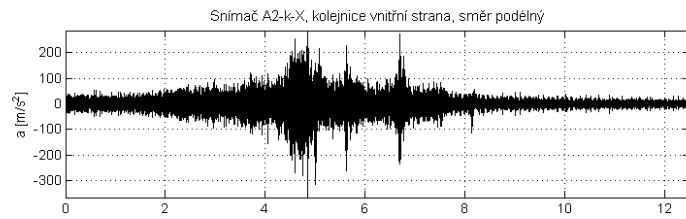
Graf E. 82 Pv; 56-44 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



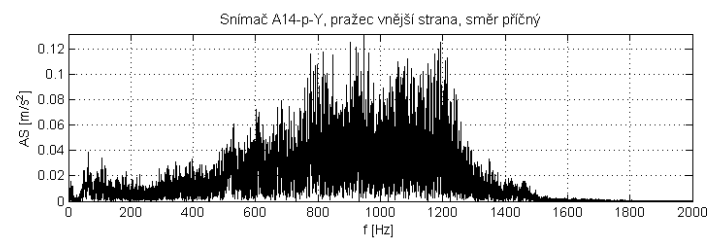
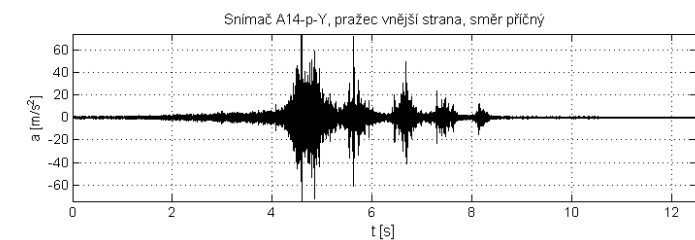
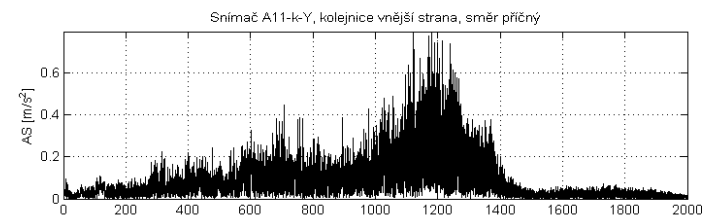
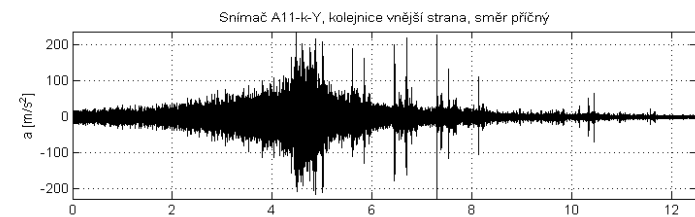
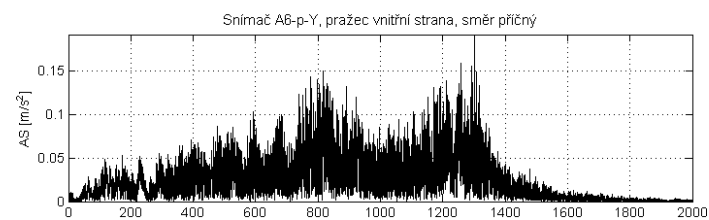
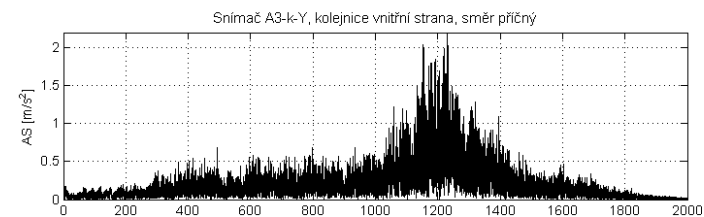
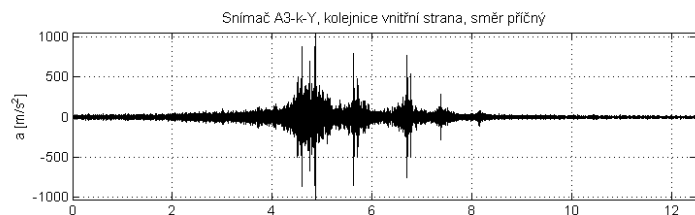
Graf E. 83 Pv; 56-44 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



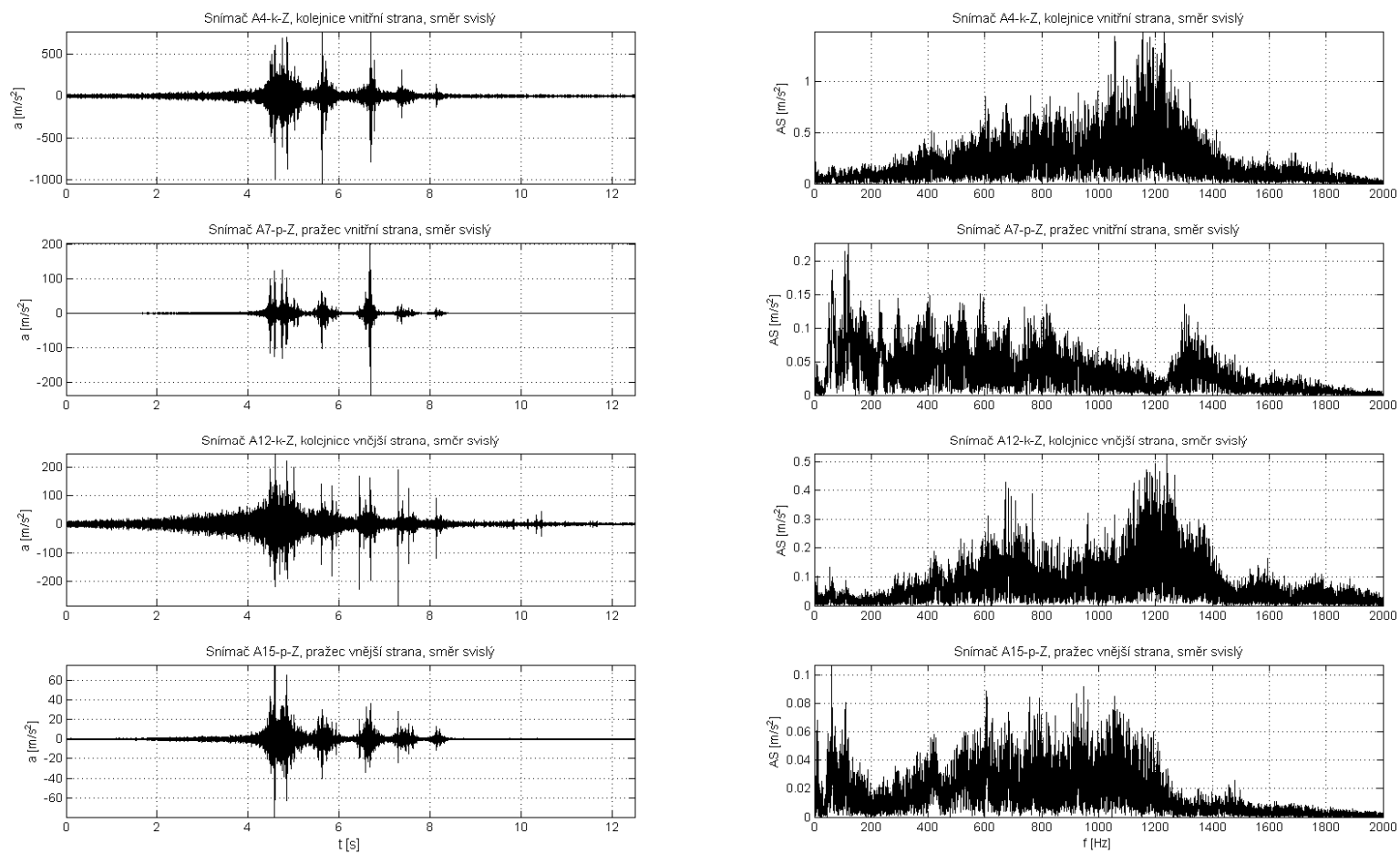
Graf E. 84 P_v; 56-44 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



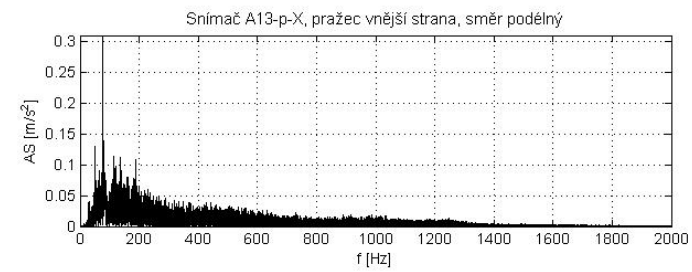
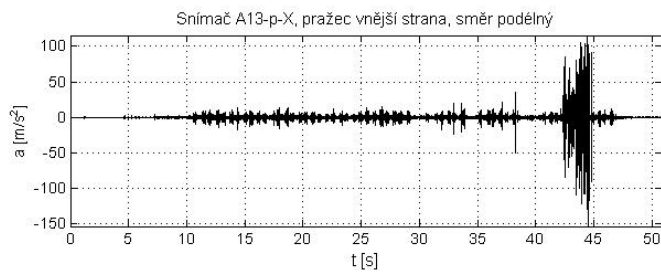
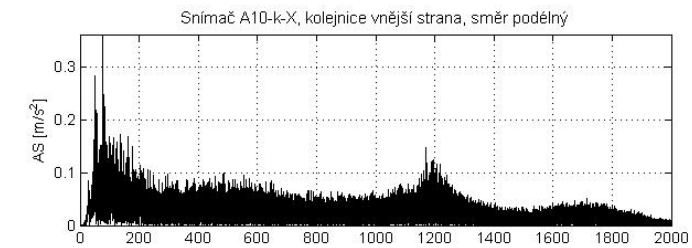
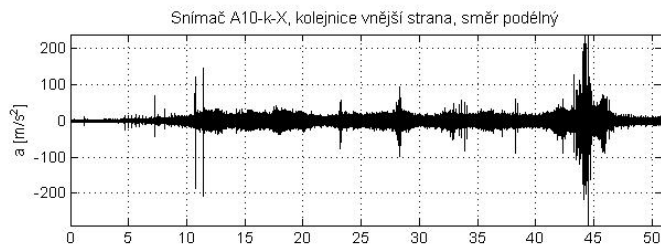
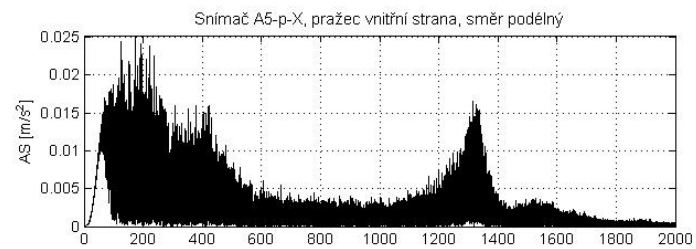
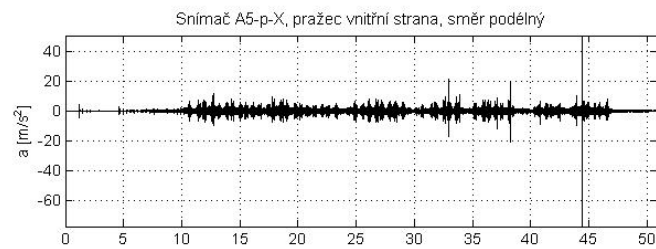
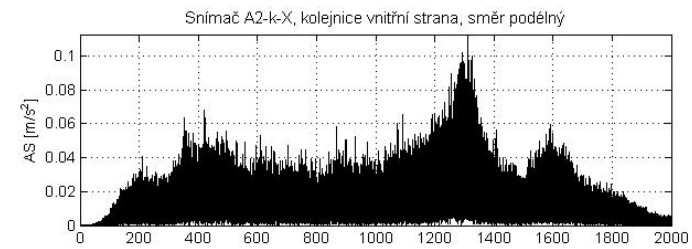
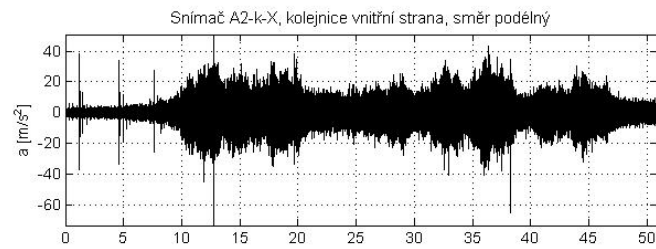
Graf E. 85 IC RegioJet; 116 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



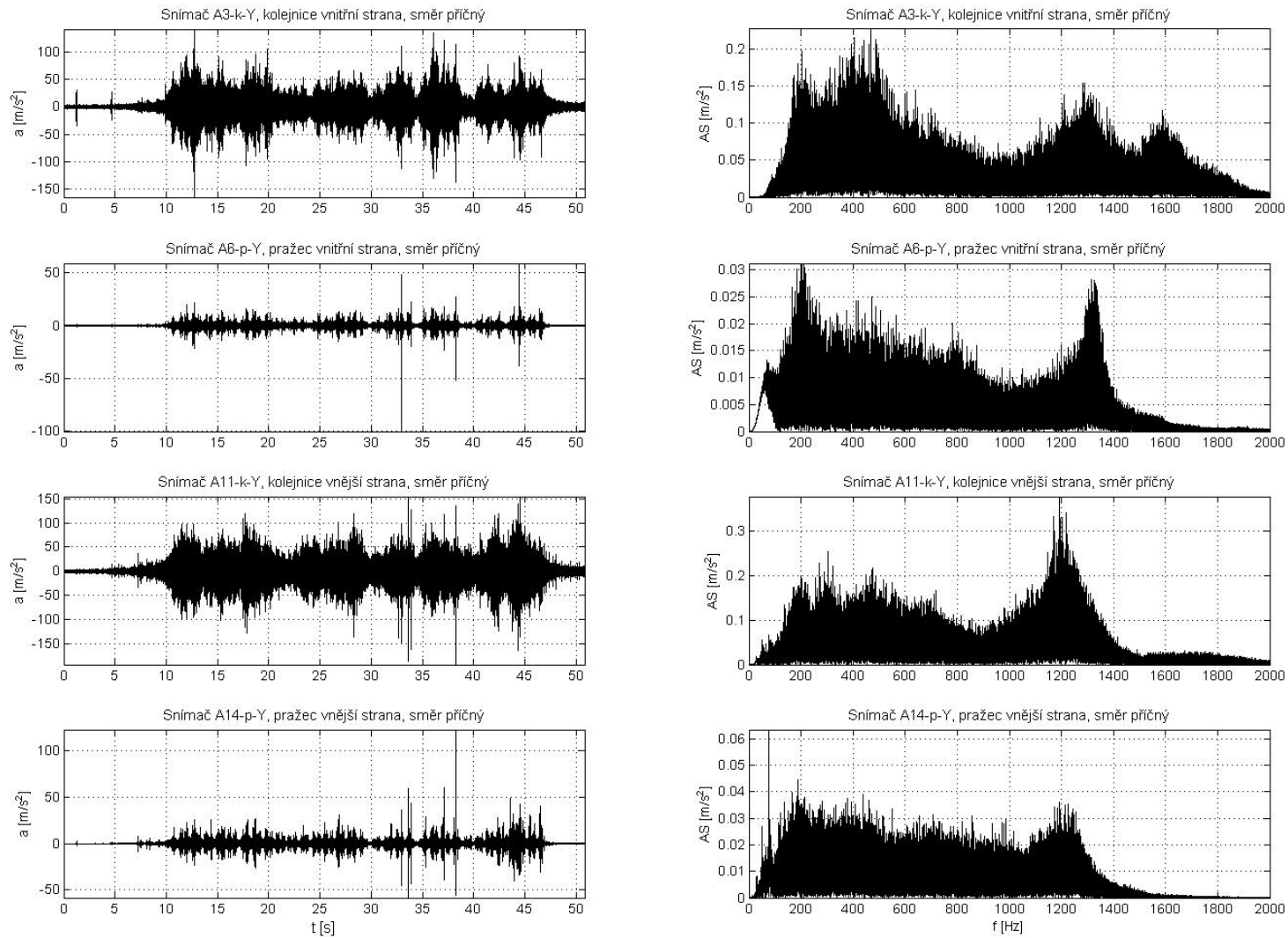
Graf E. 86 IC RegioJet; 116 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



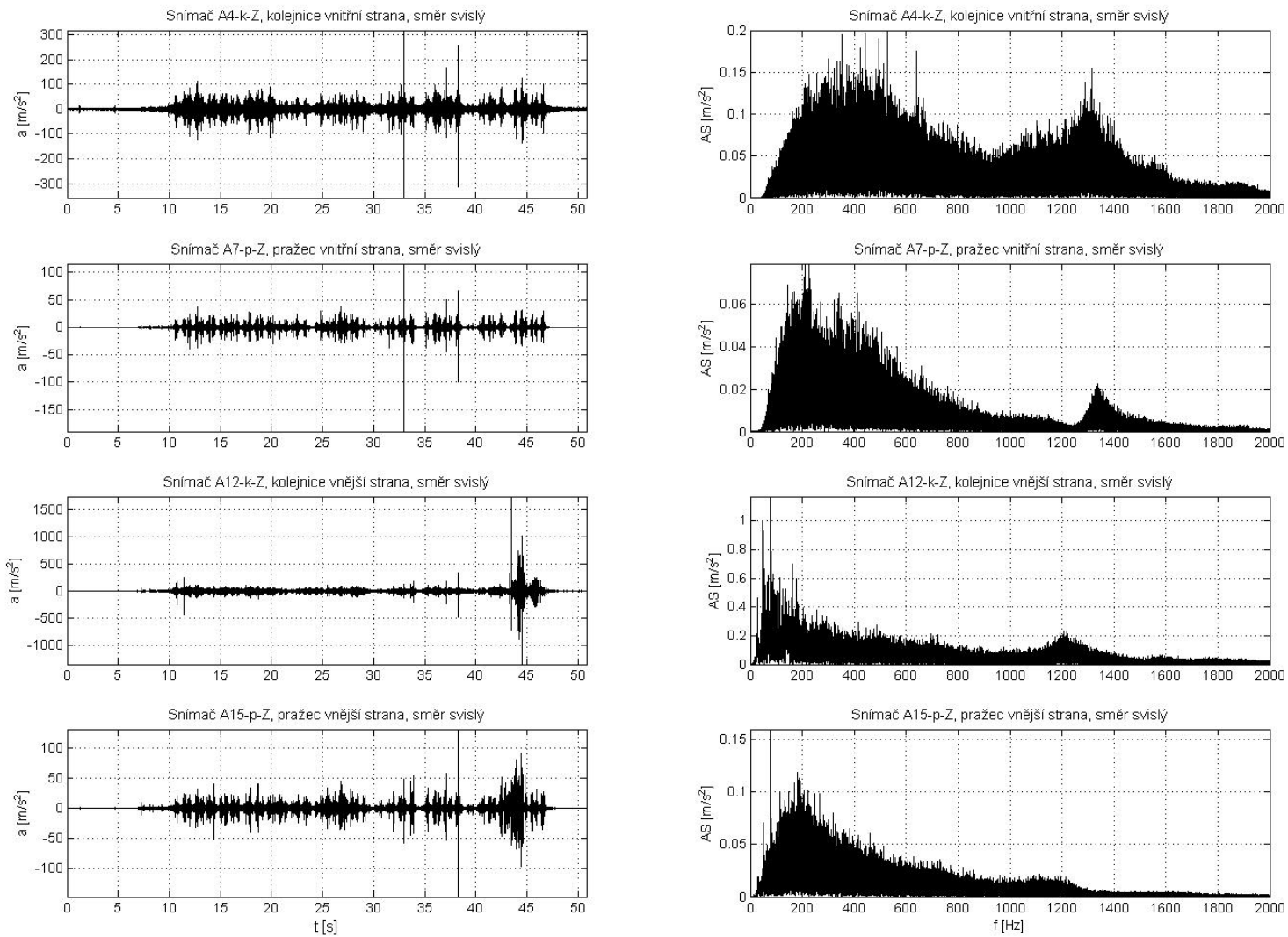
Graf E. 87 IC RegioJet; 116 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



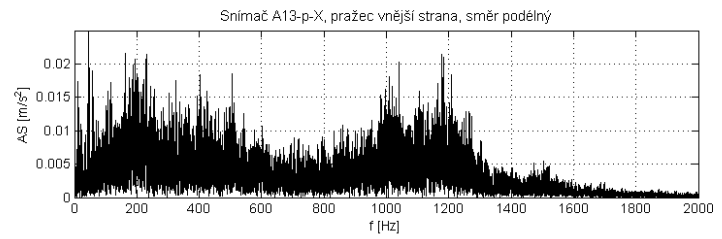
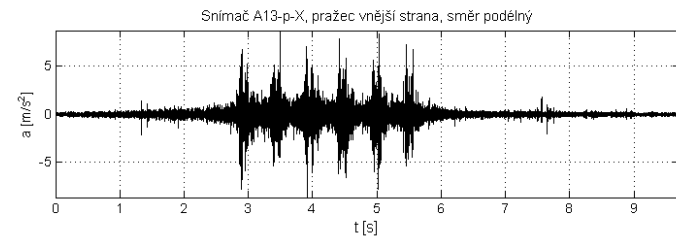
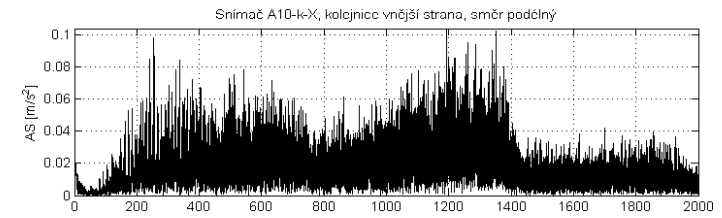
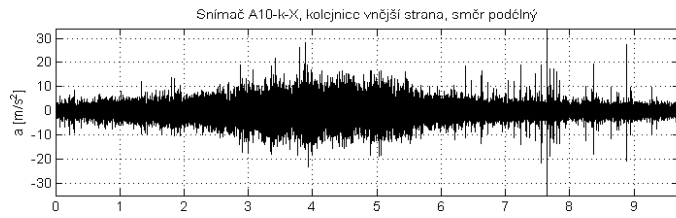
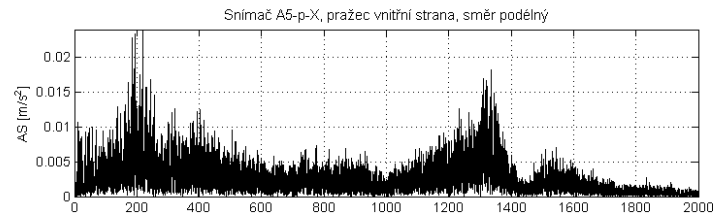
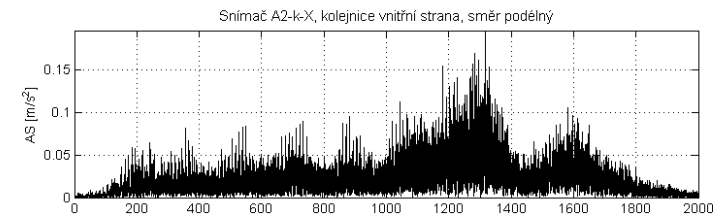
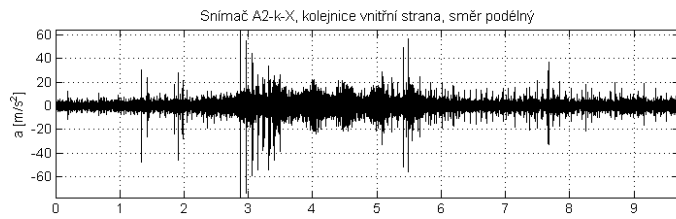
Graf E. 88 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



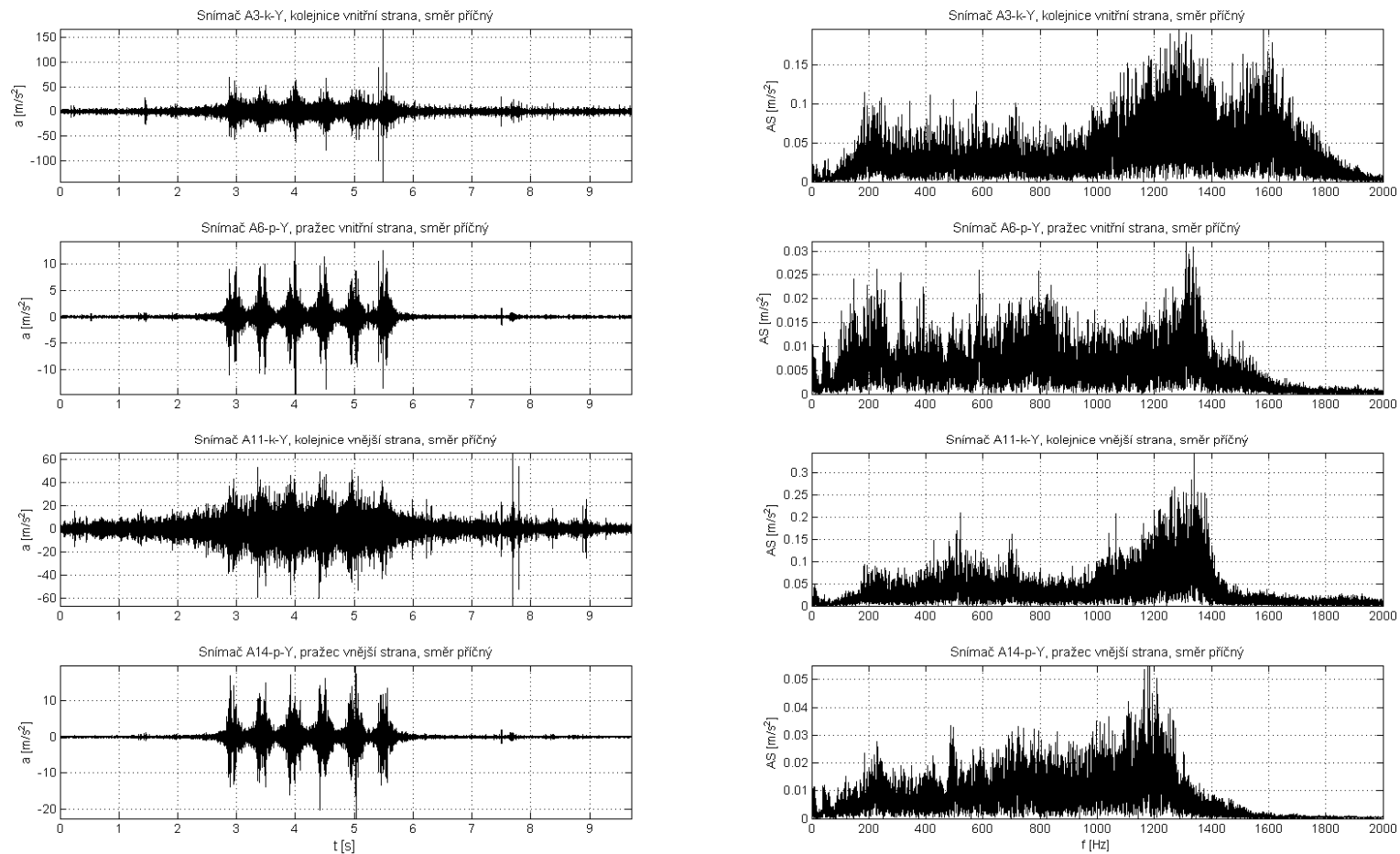
Graf E. 89 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



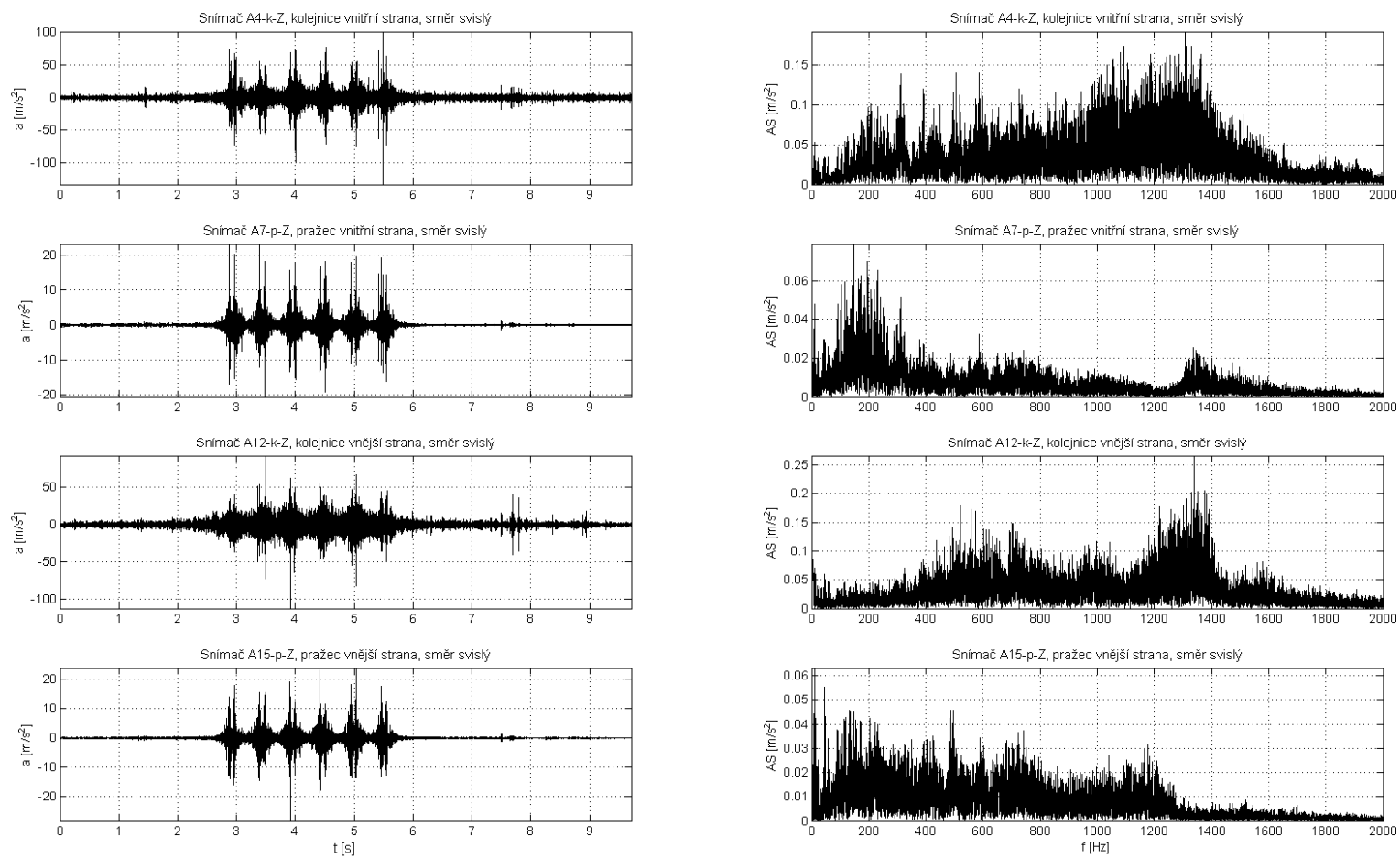
Graf E. 90 Na; 40-45 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



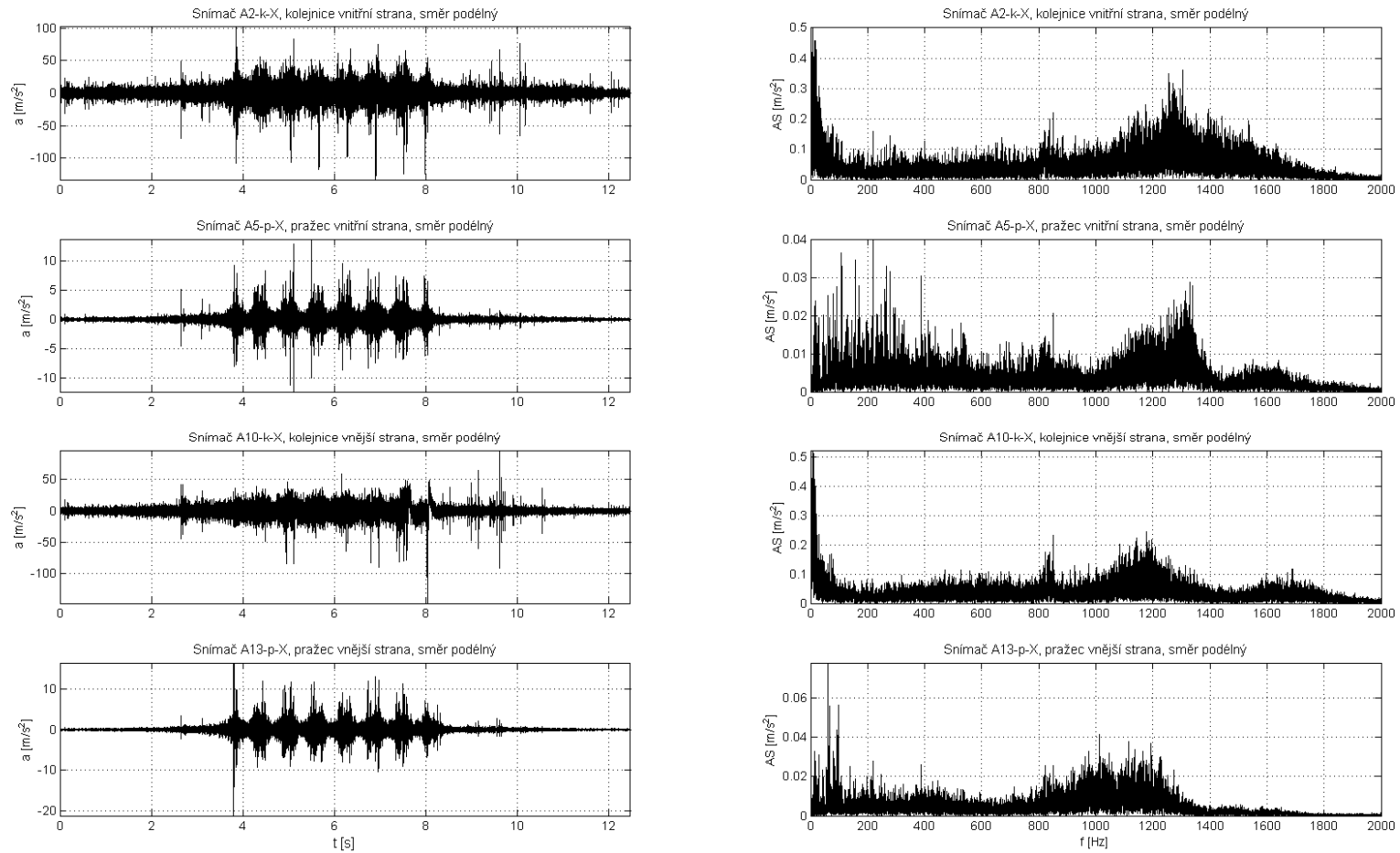
Graf E. 91 Leo Express; 92 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



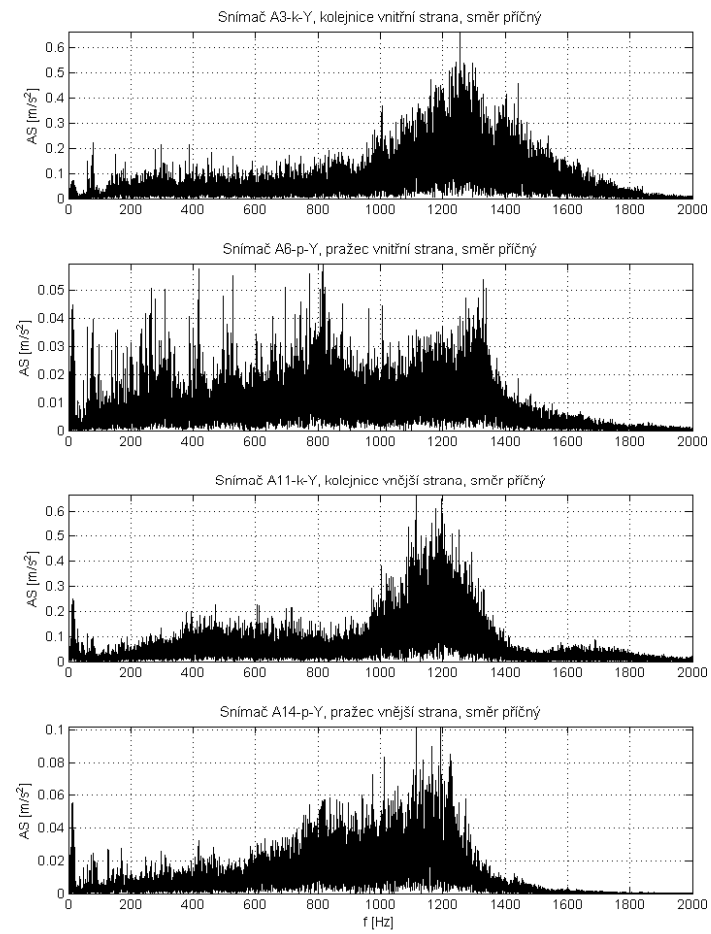
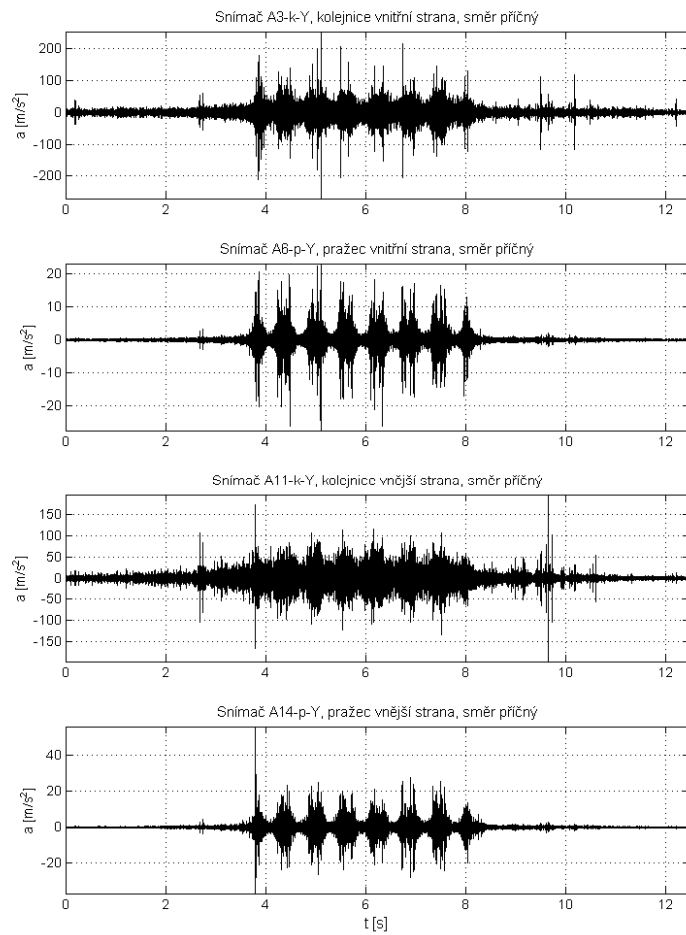
Graf E. 92 Leo Express; 92 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



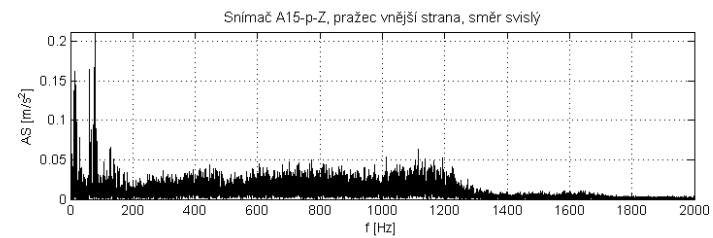
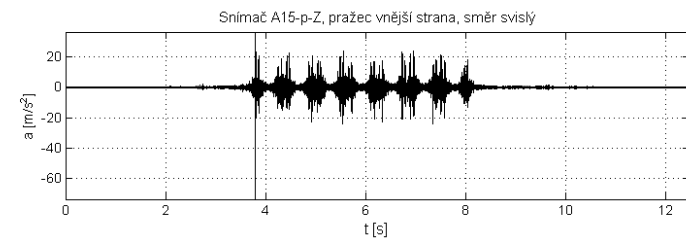
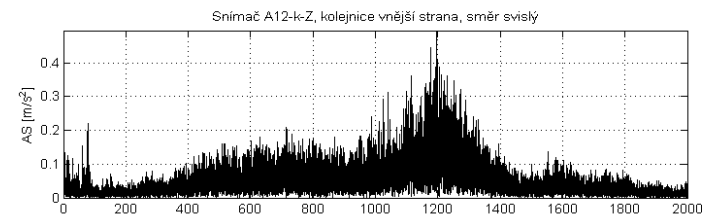
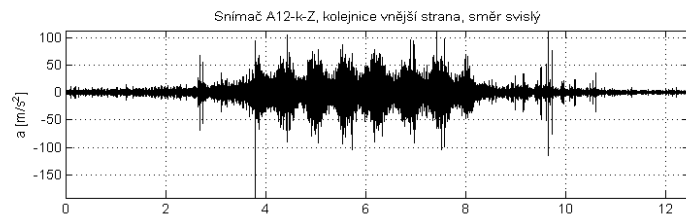
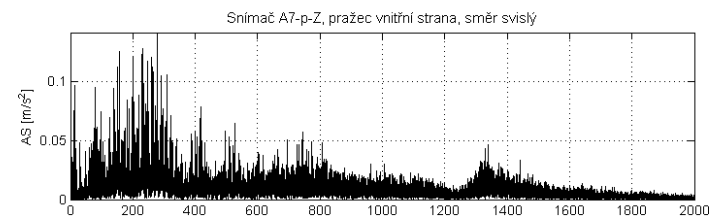
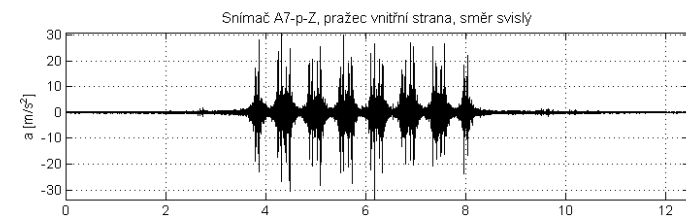
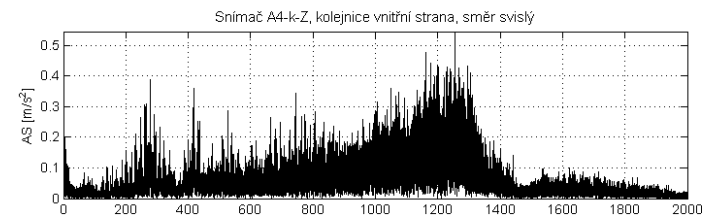
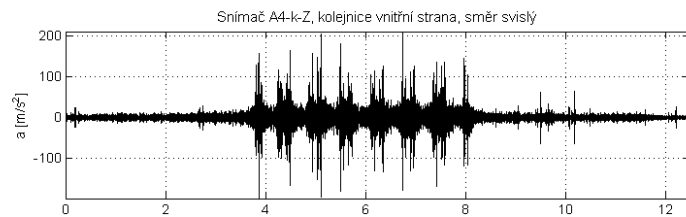
Graf E. 93 Leo Express; 92 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



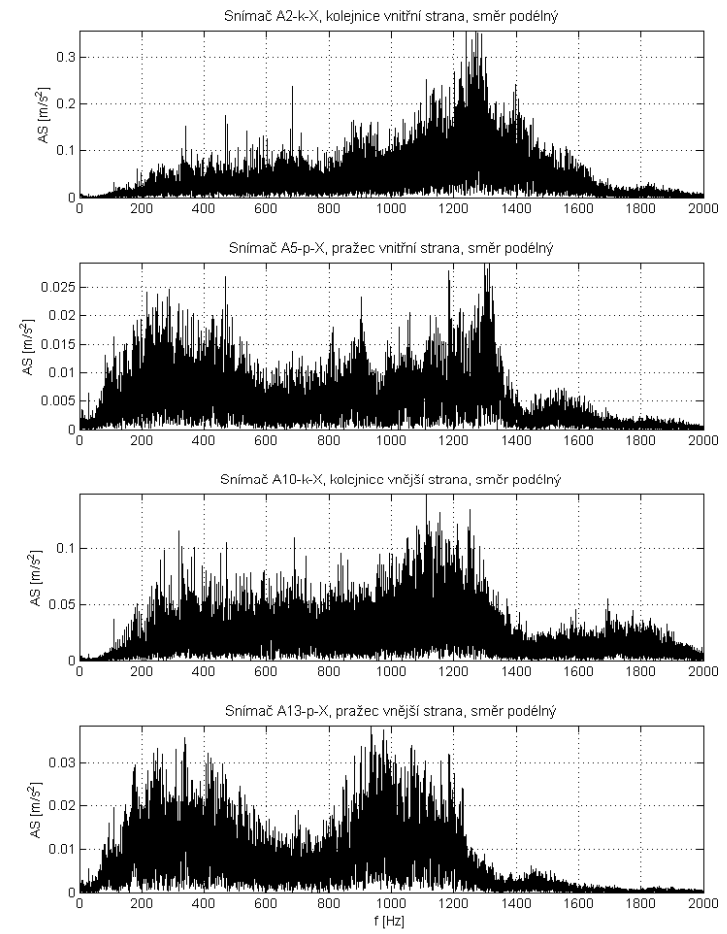
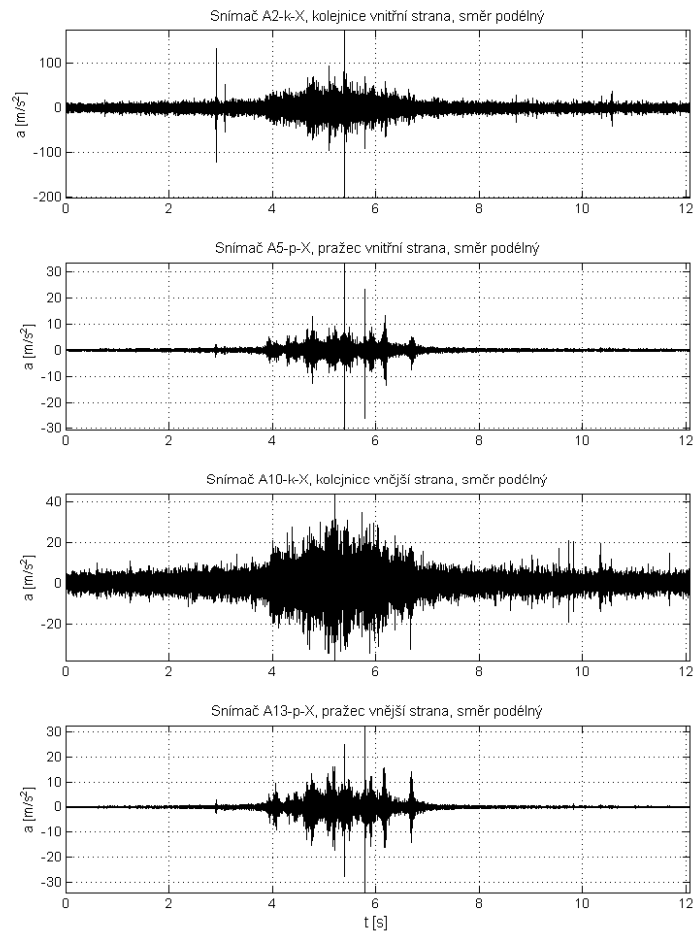
Graf E. 94 SC Pendolino; 150 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



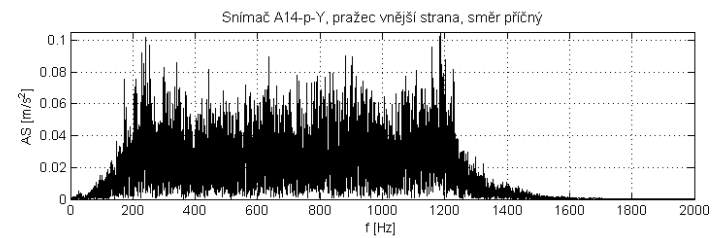
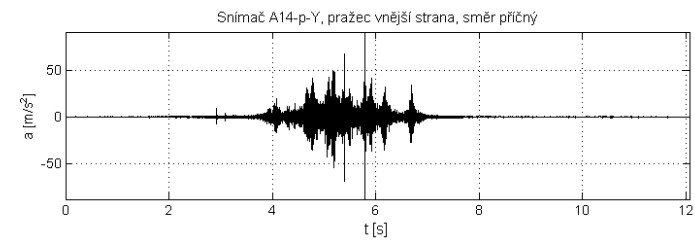
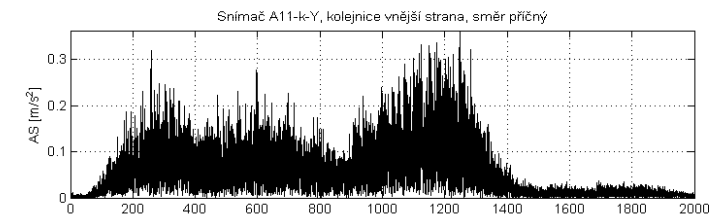
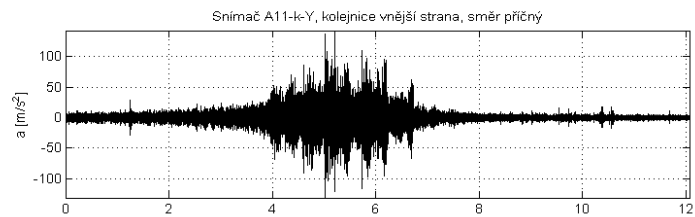
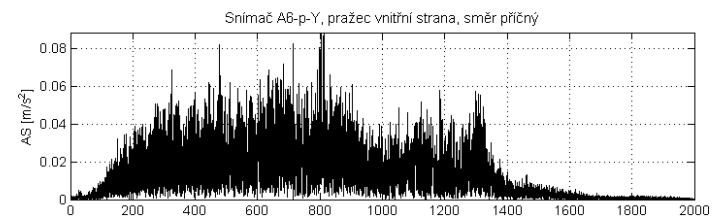
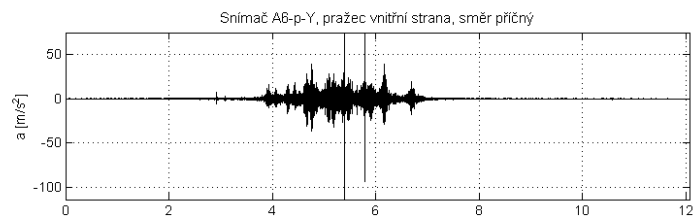
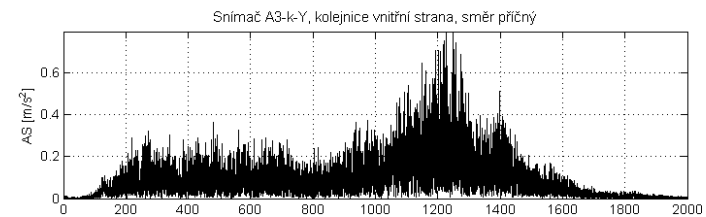
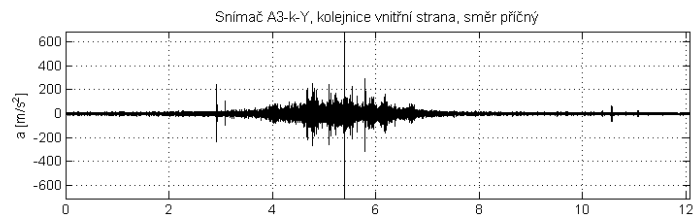
Graf E. 95 SC Pendolino; 150 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



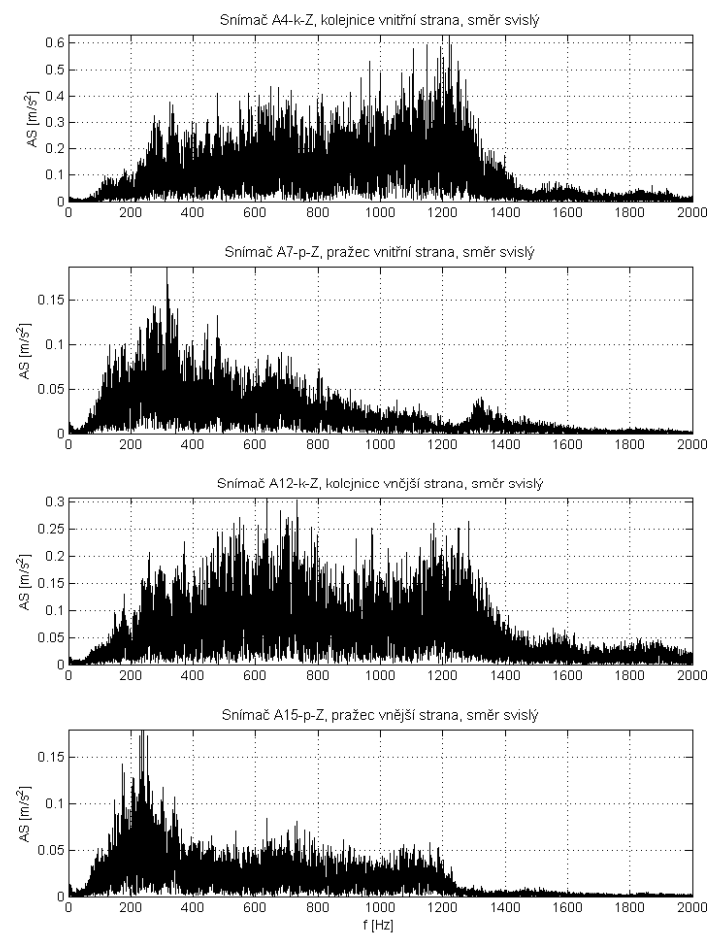
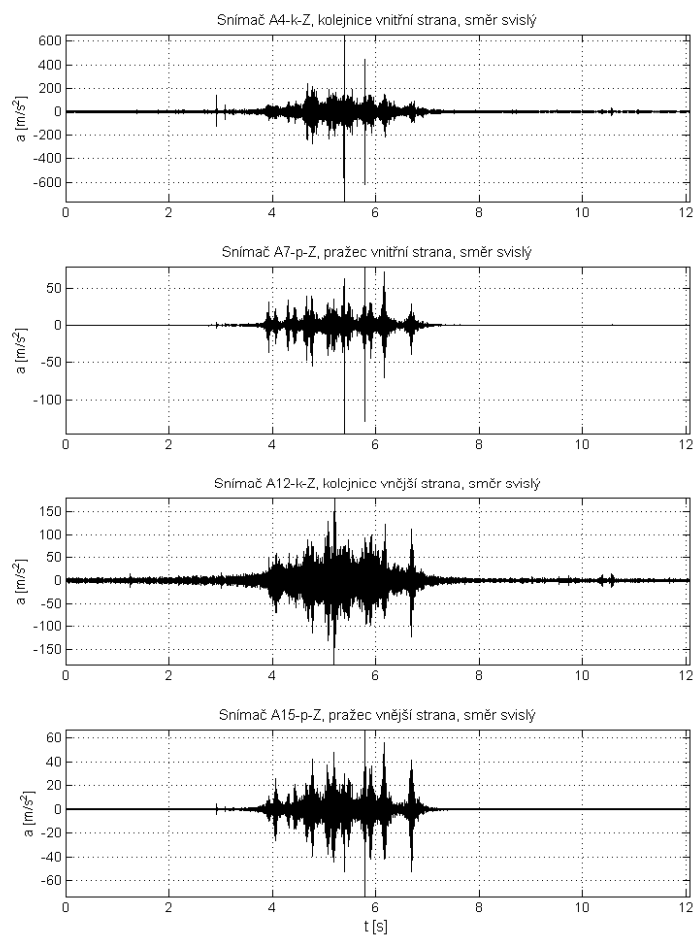
Graf E. 96 SC Pendolino; 150 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



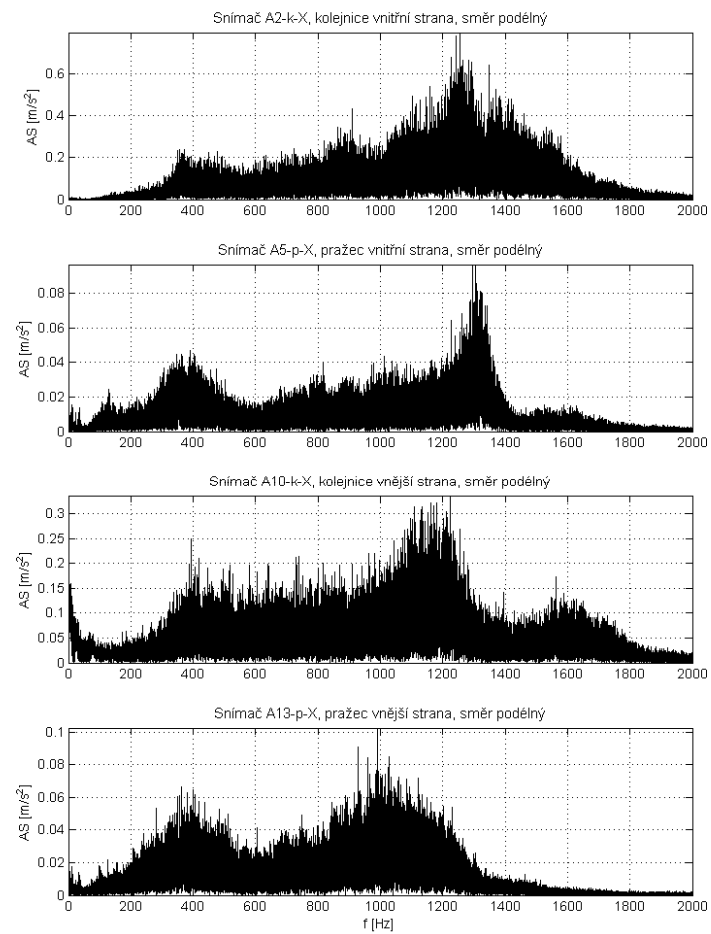
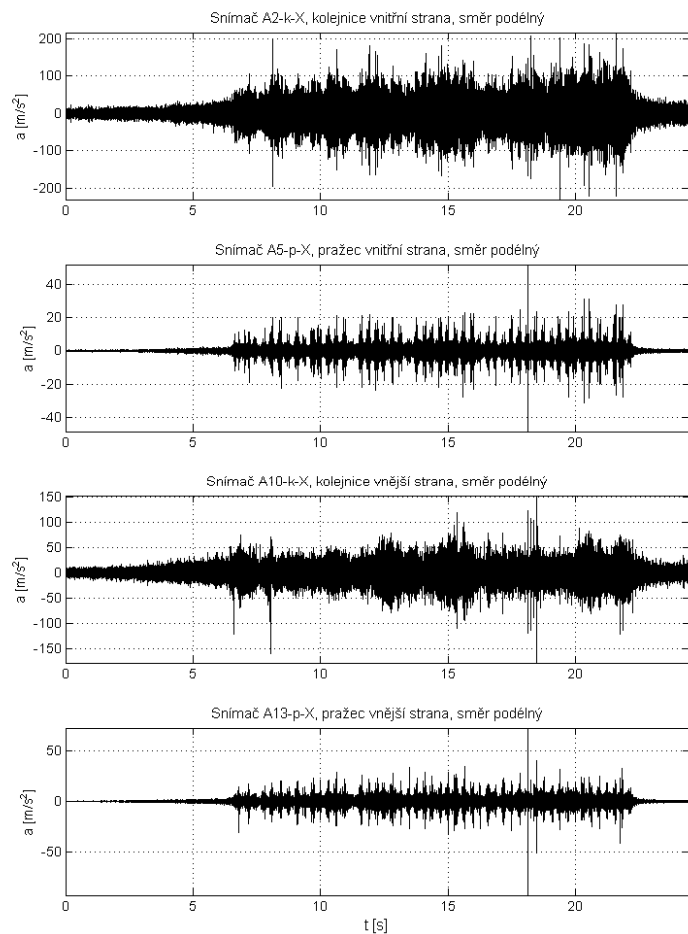
Graf E. 97 Na; 64 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



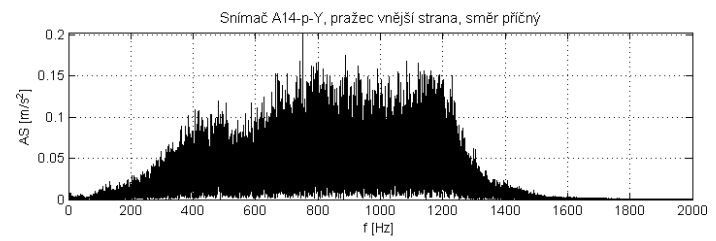
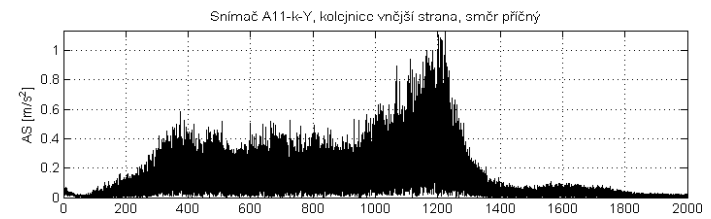
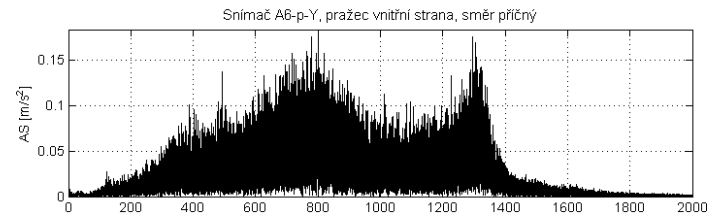
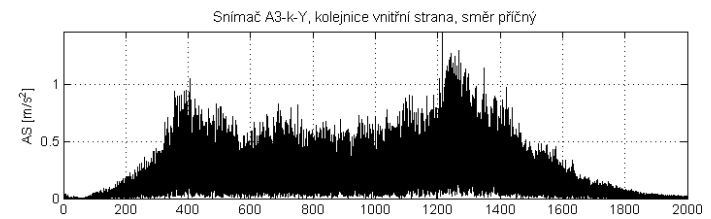
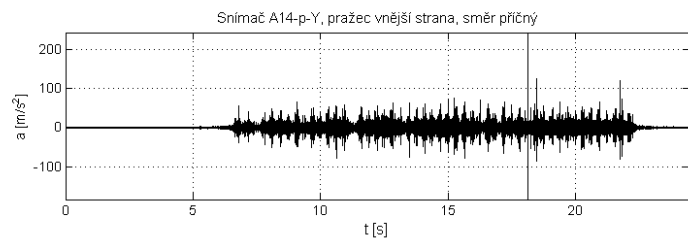
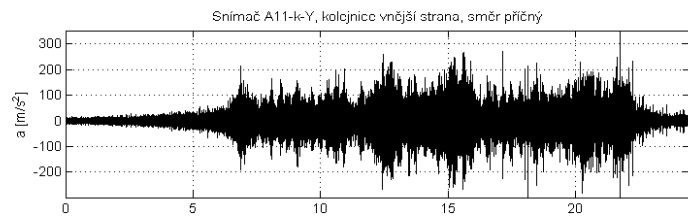
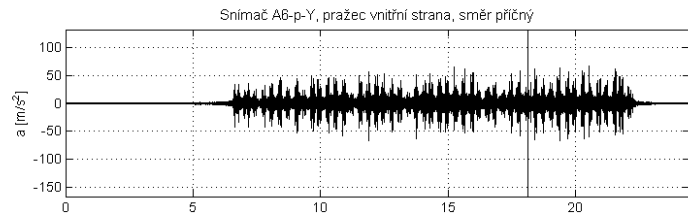
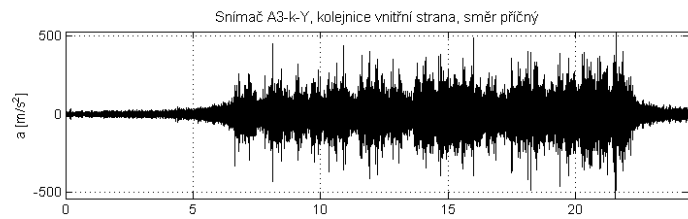
Graf E. 98 Na; 64 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



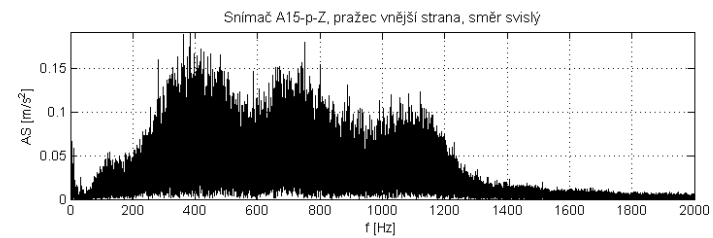
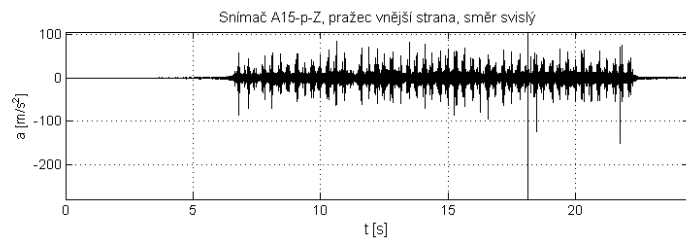
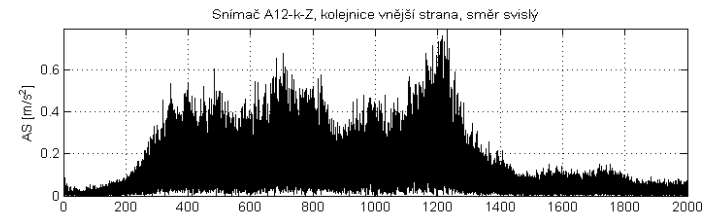
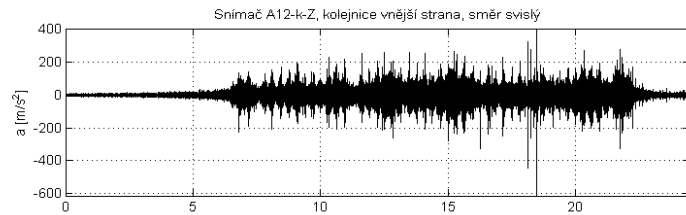
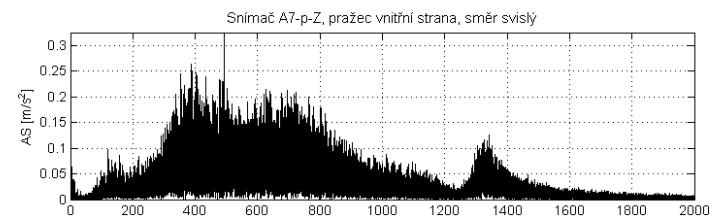
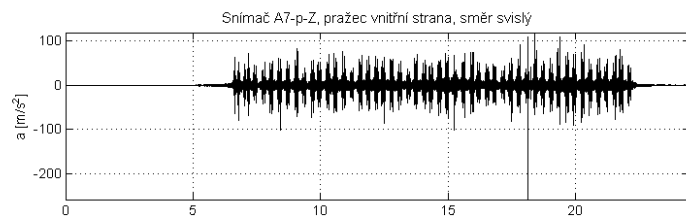
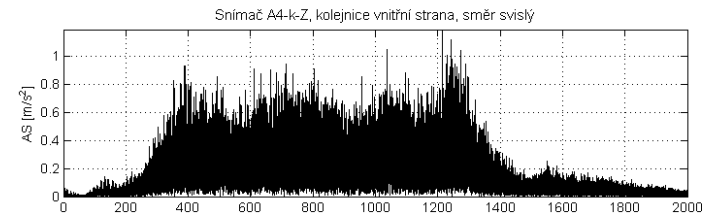
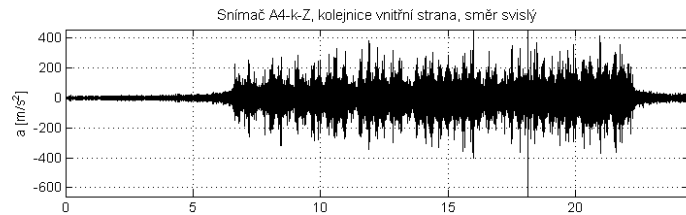
Graf E. 99 Na; 64 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



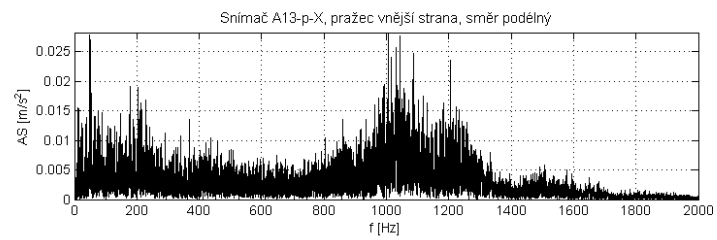
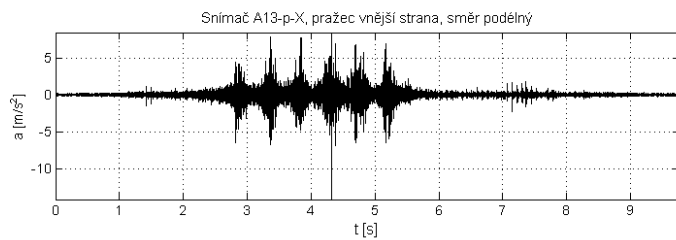
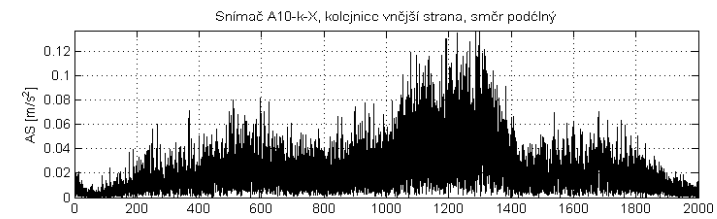
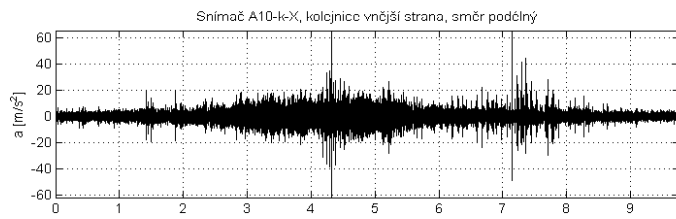
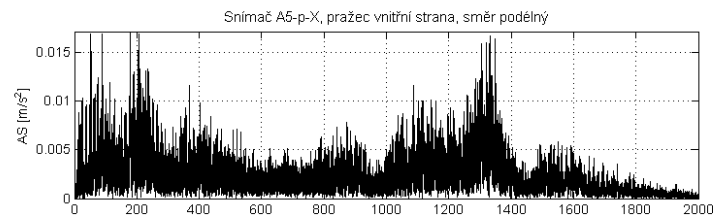
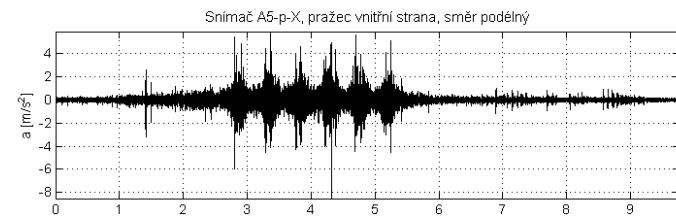
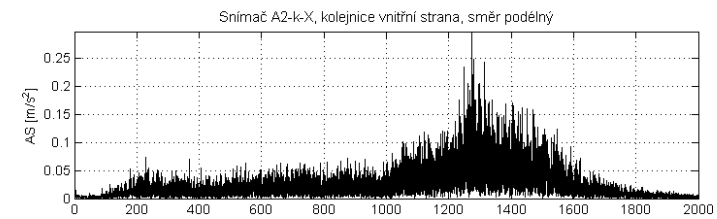
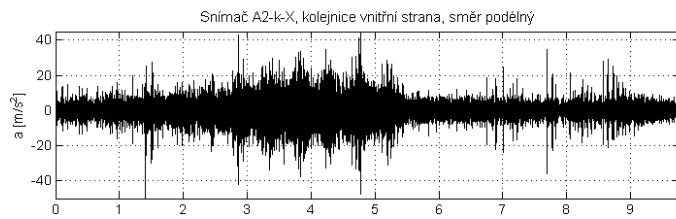
Graf E. 100 Na; 77 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



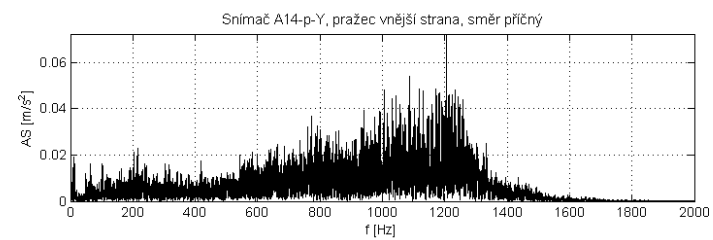
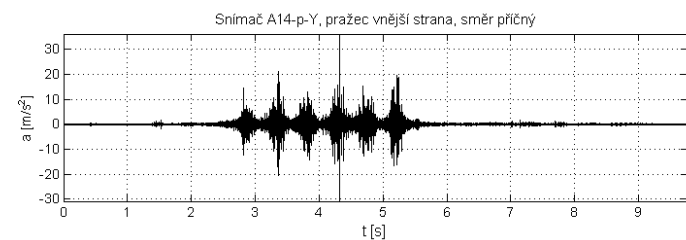
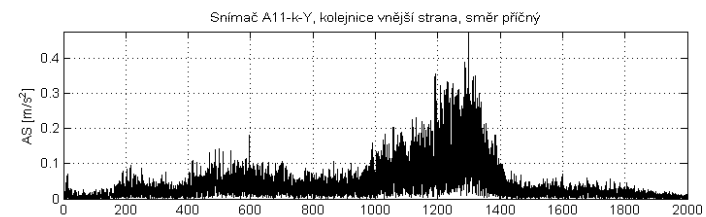
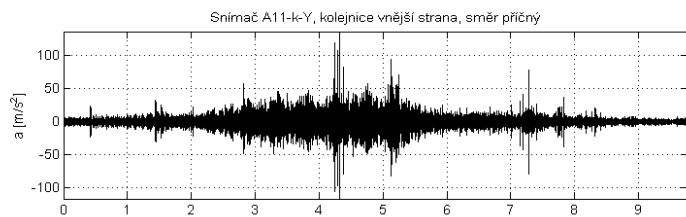
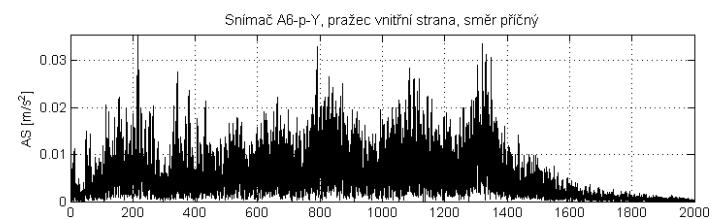
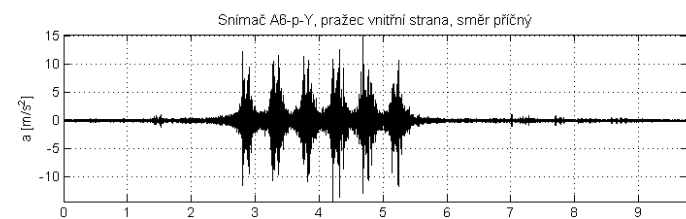
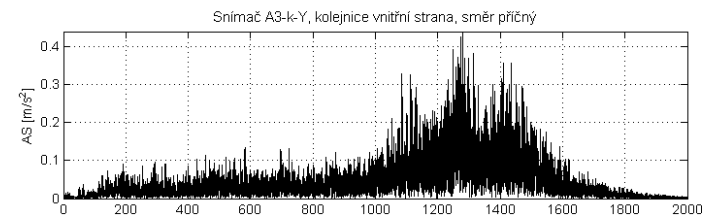
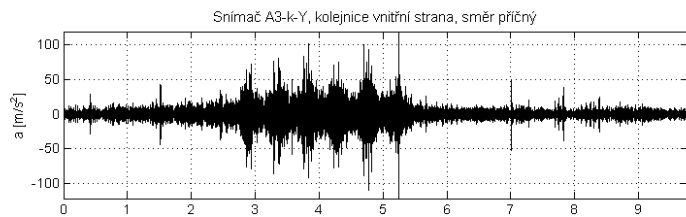
Graf E. 101 Na; 77 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



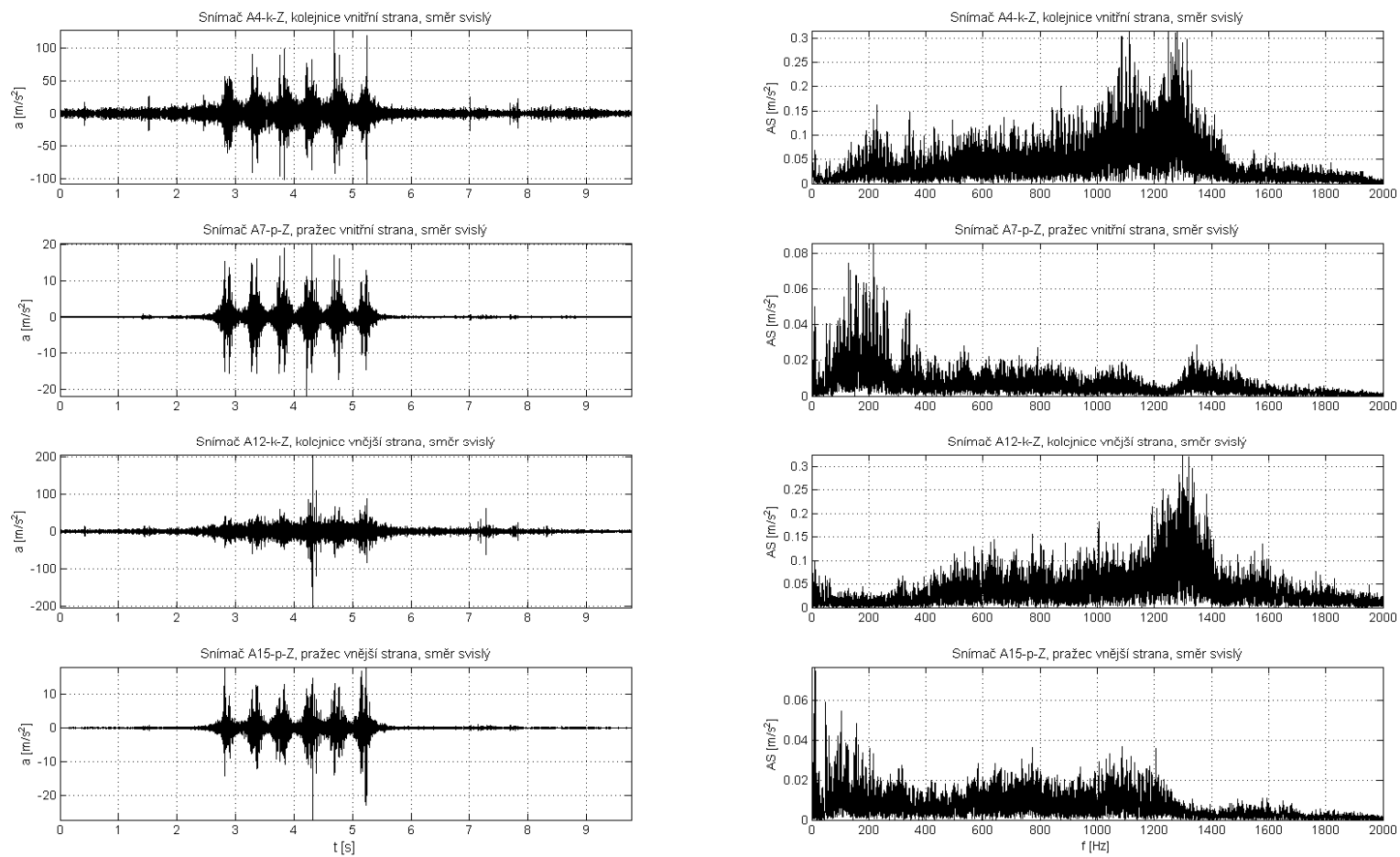
Graf E. 102 Na; 77 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



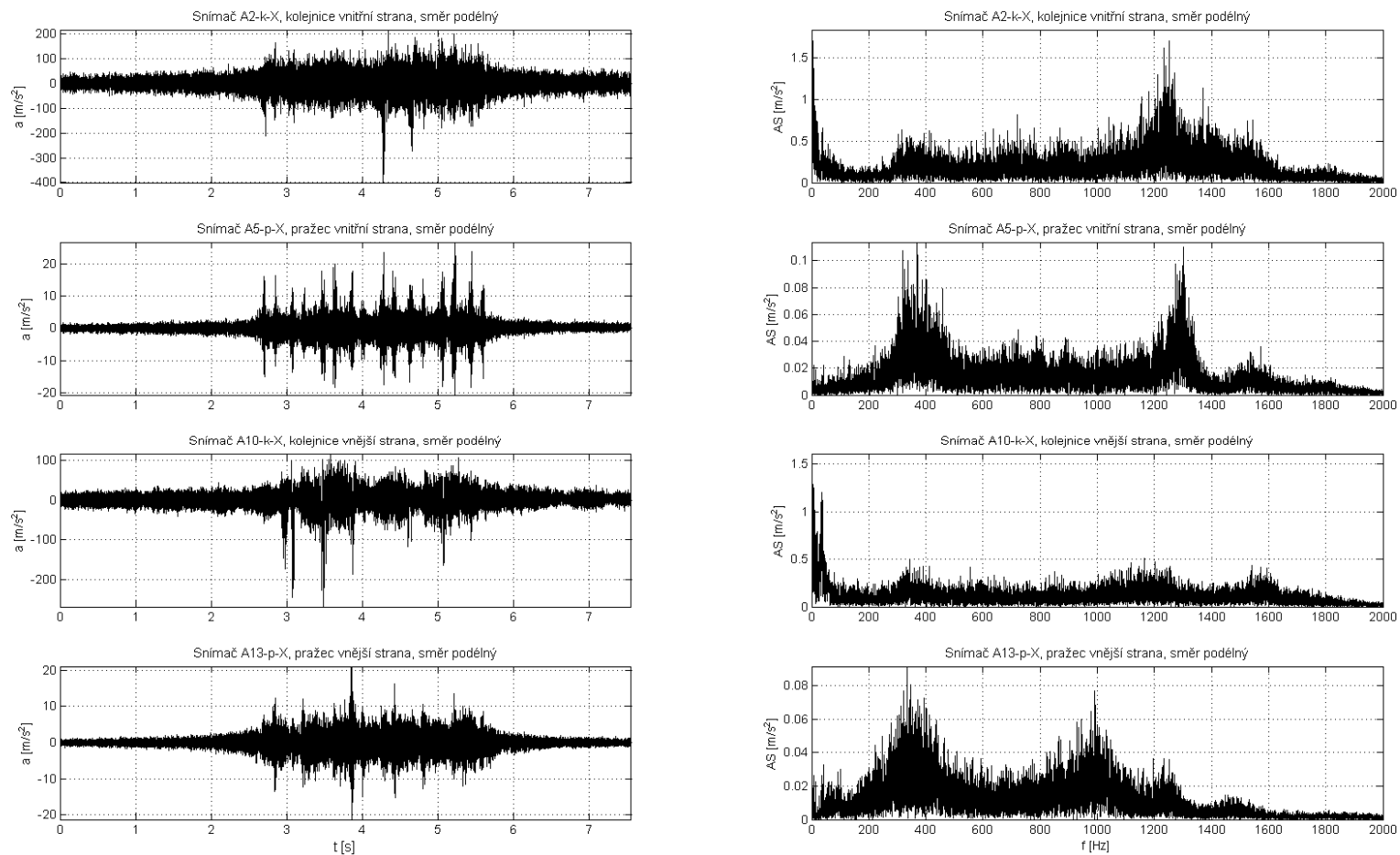
Graf E. 103 Leo Express; 128 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



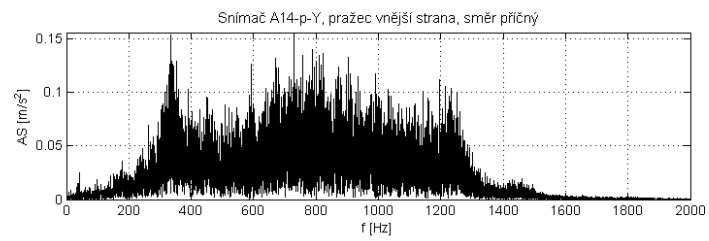
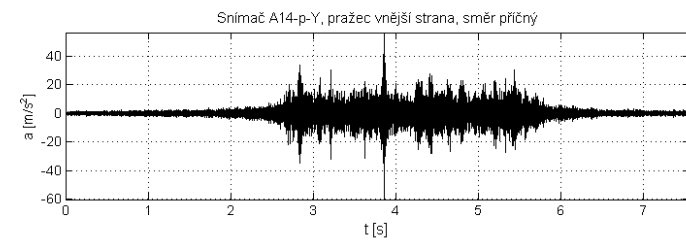
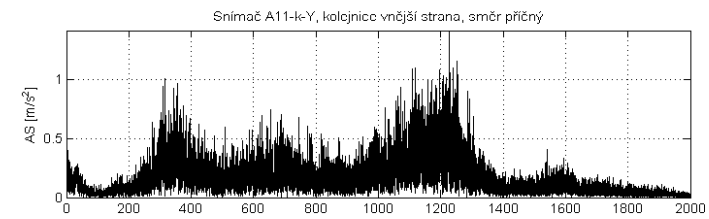
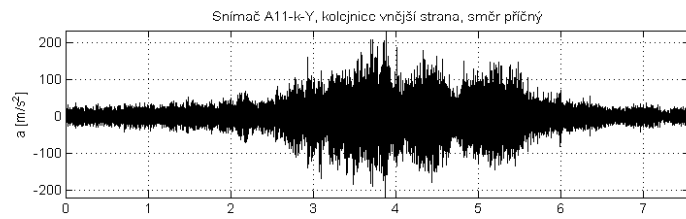
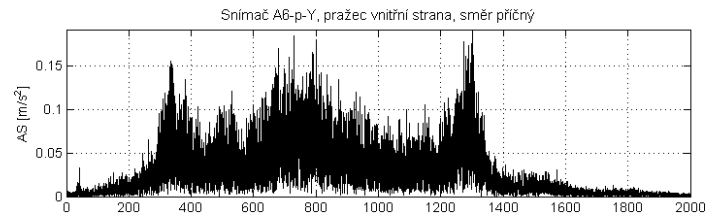
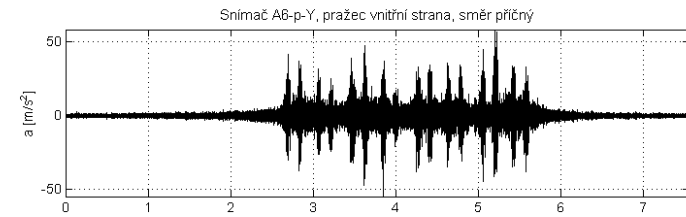
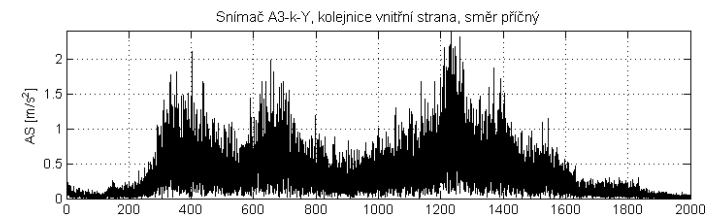
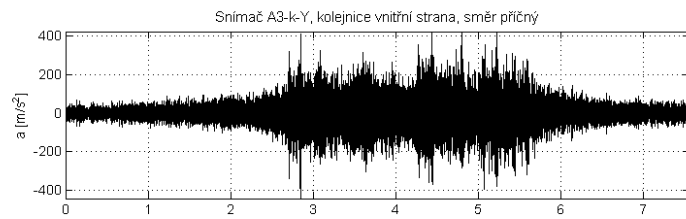
Graf E. 104 Leo Express; 128 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



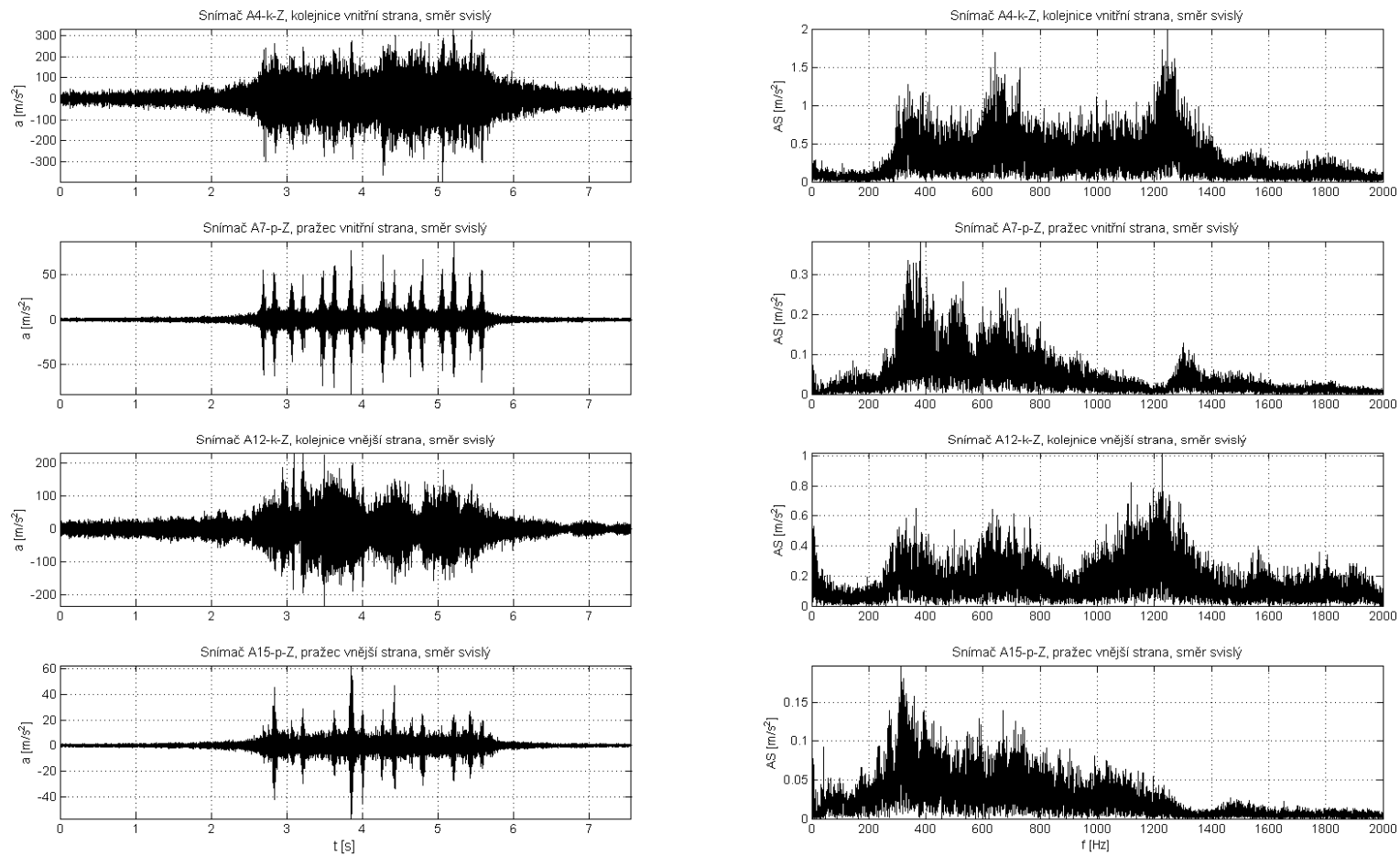
Graf E. 105 Leo Express; 128 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



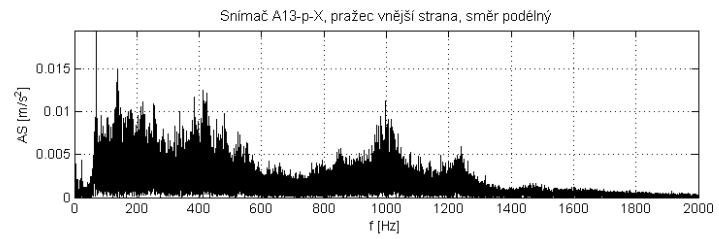
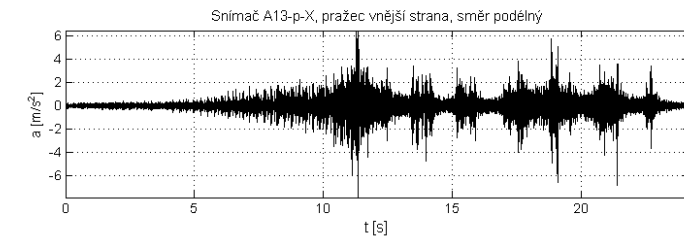
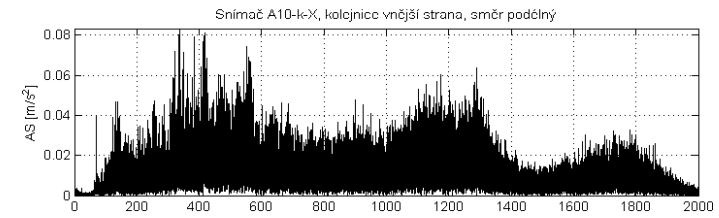
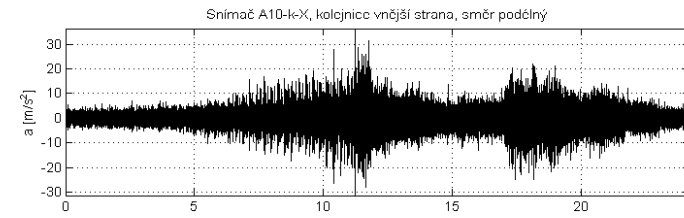
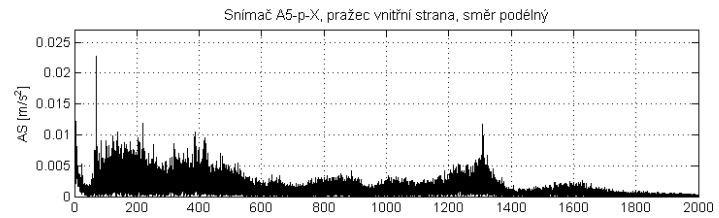
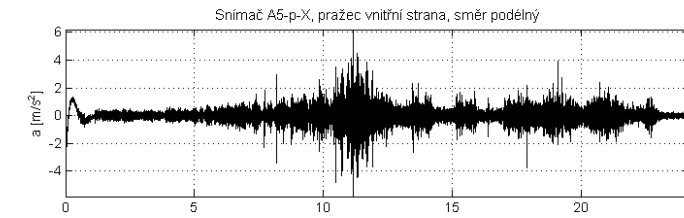
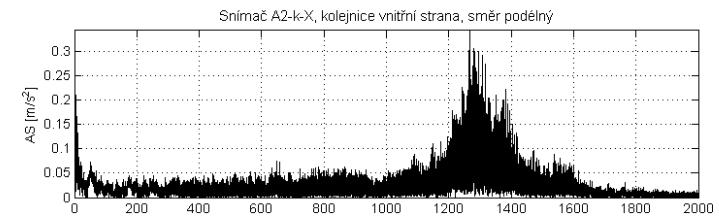
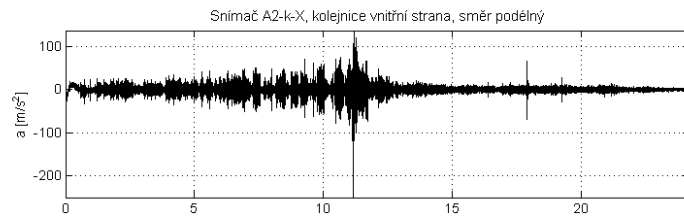
Graf E. 106 Lv; 79 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr



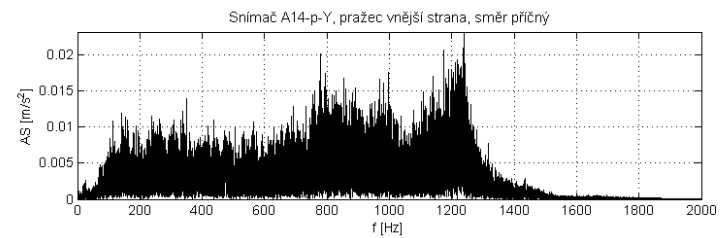
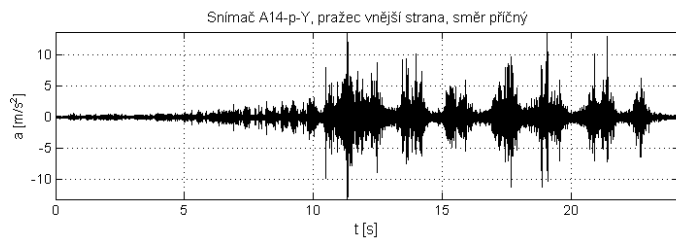
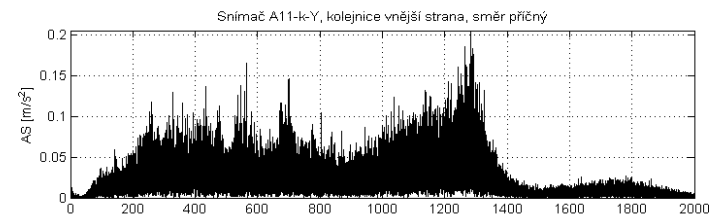
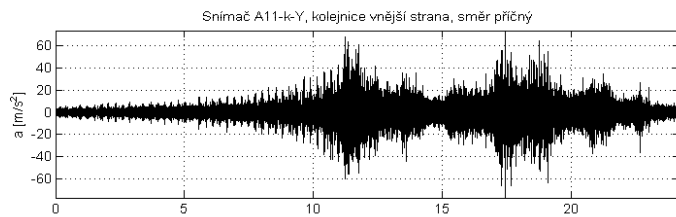
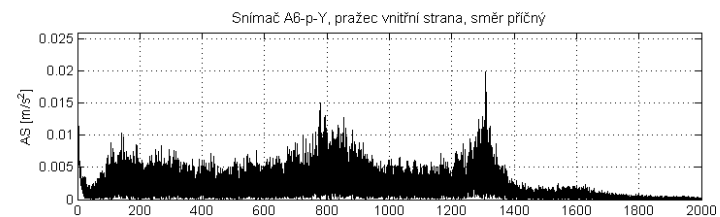
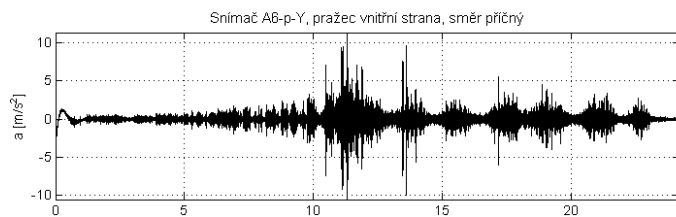
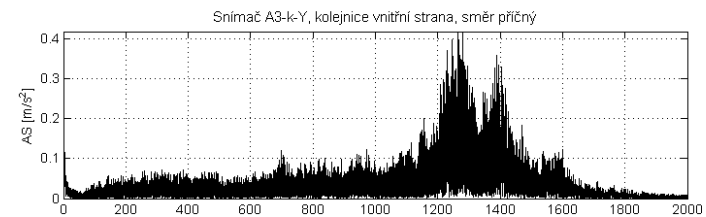
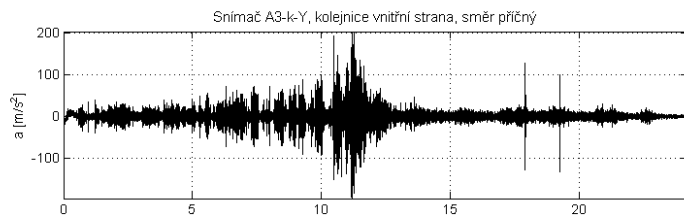
Graf E. 107 Lv; 79 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr



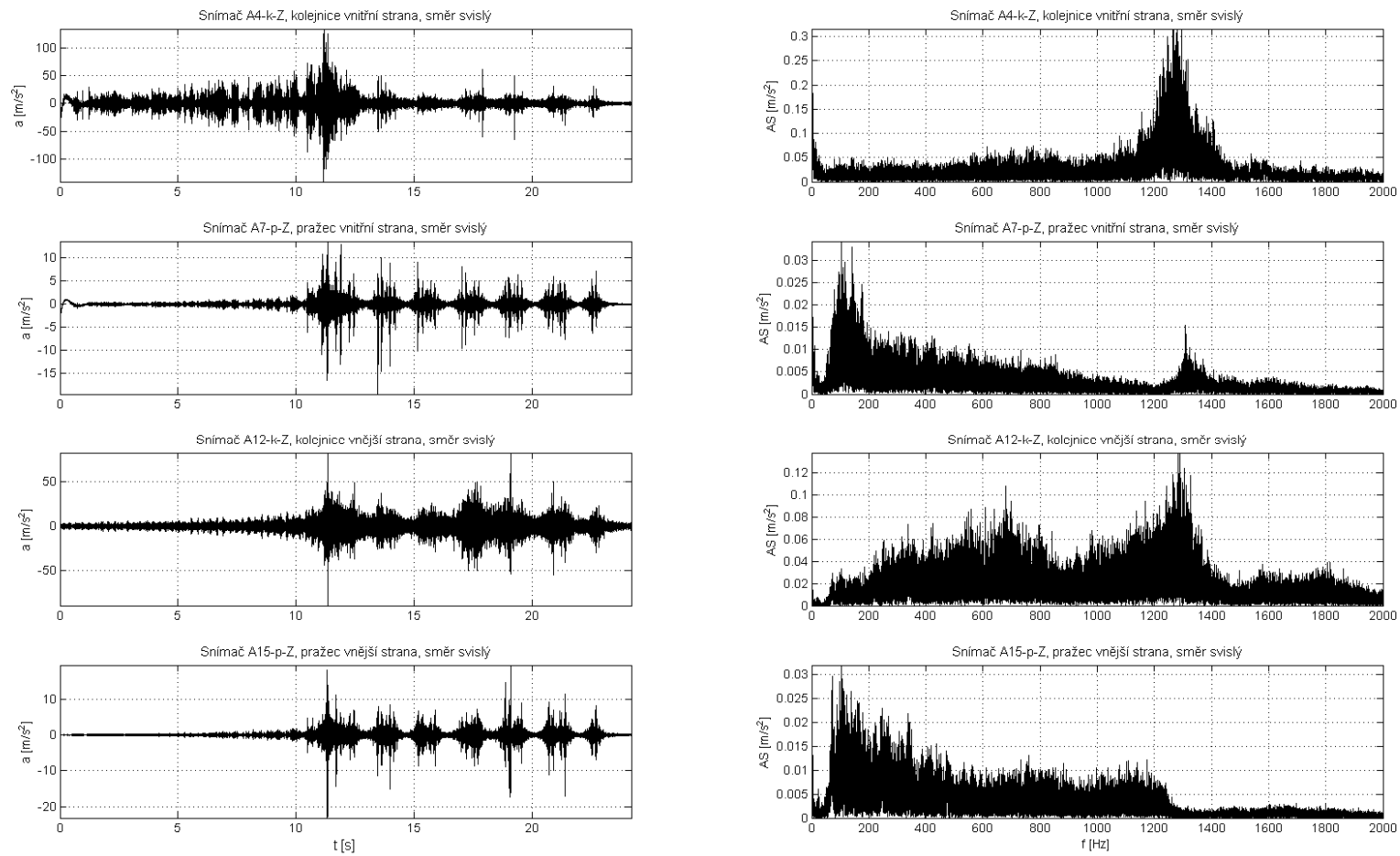
Graf E. 108 Lv; 79 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr



Graf E. 109 R; 53 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; podélný směr

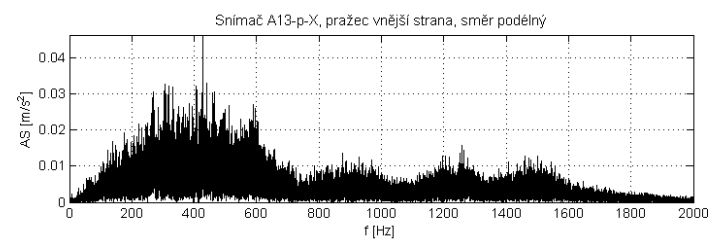
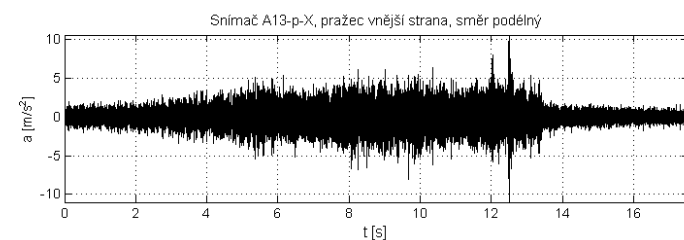
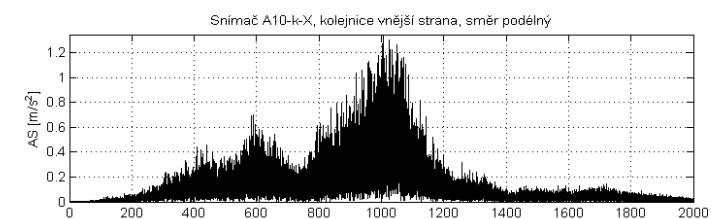
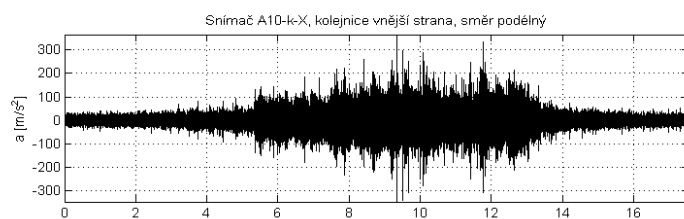
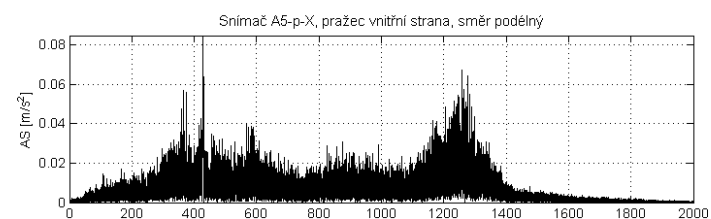
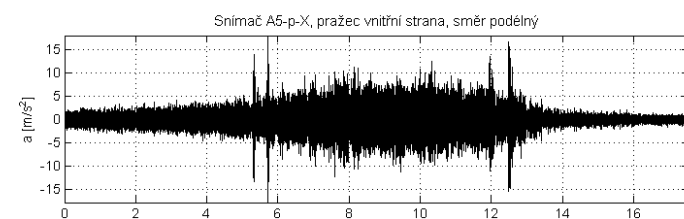
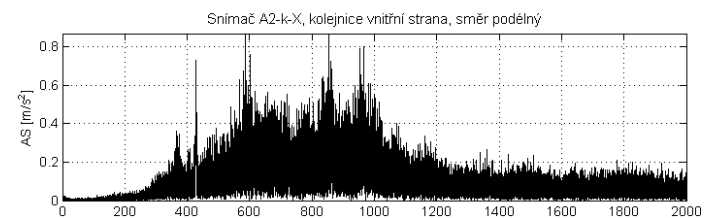
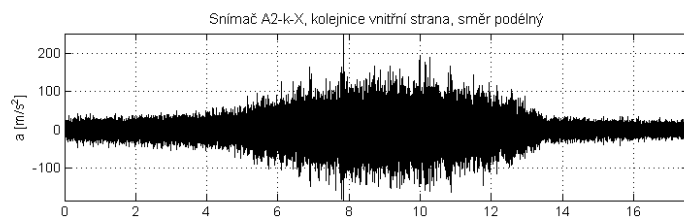


Graf E. 110 R; 53 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; příčný směr

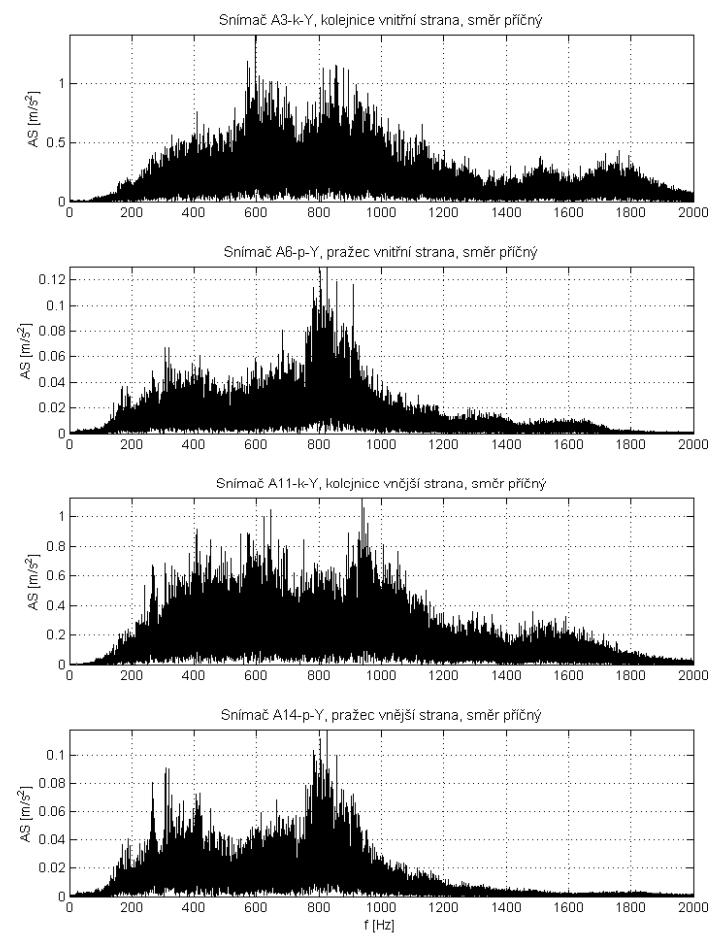
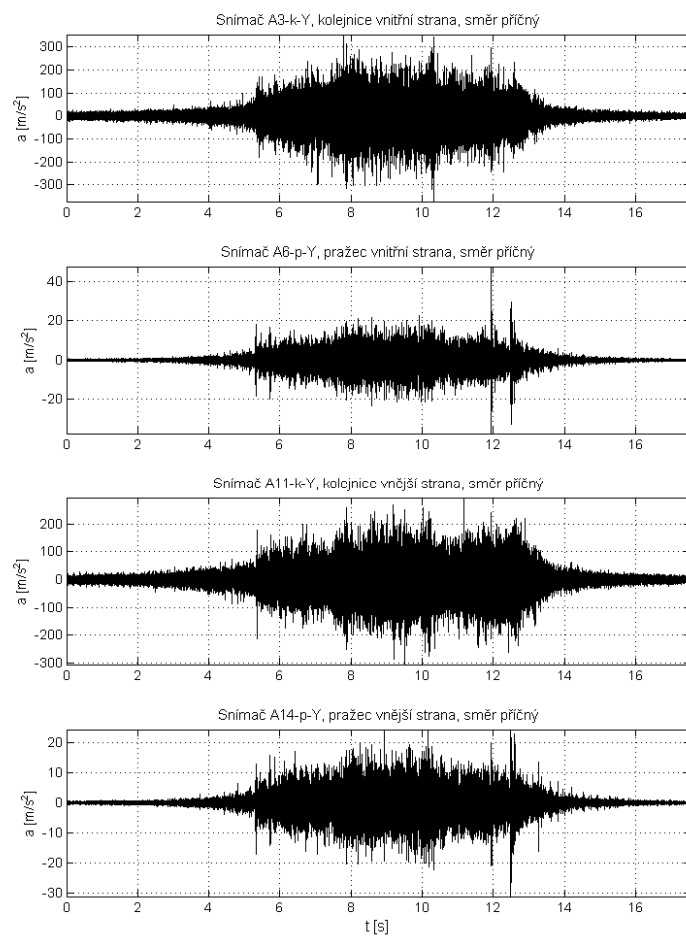


Graf E. 111 R; 53 km/h; Hranice na Moravě; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 704, D 113, Vossloh W14; svislý směr

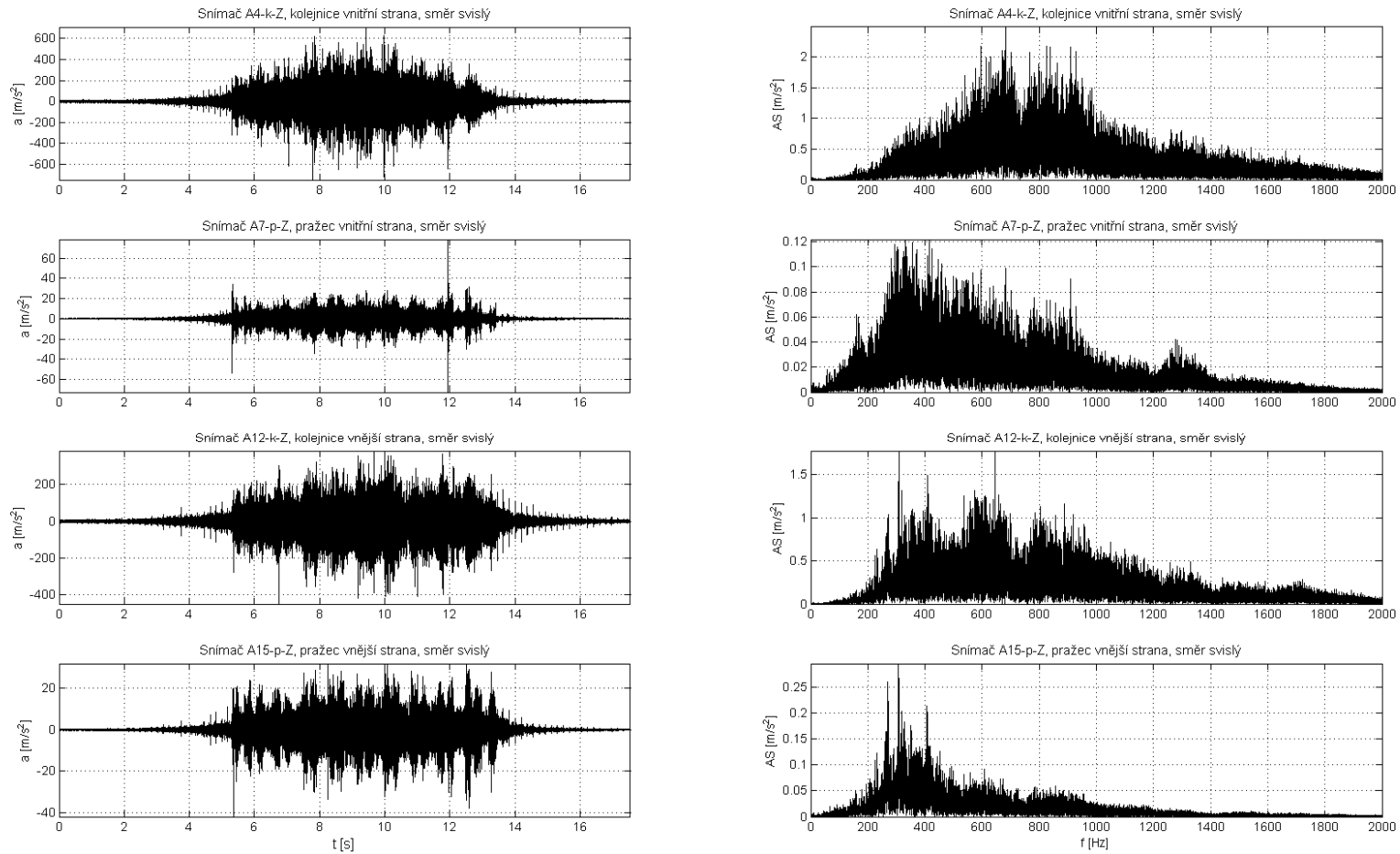
OSTATNÍ VLAKY – NAPAJEDLA



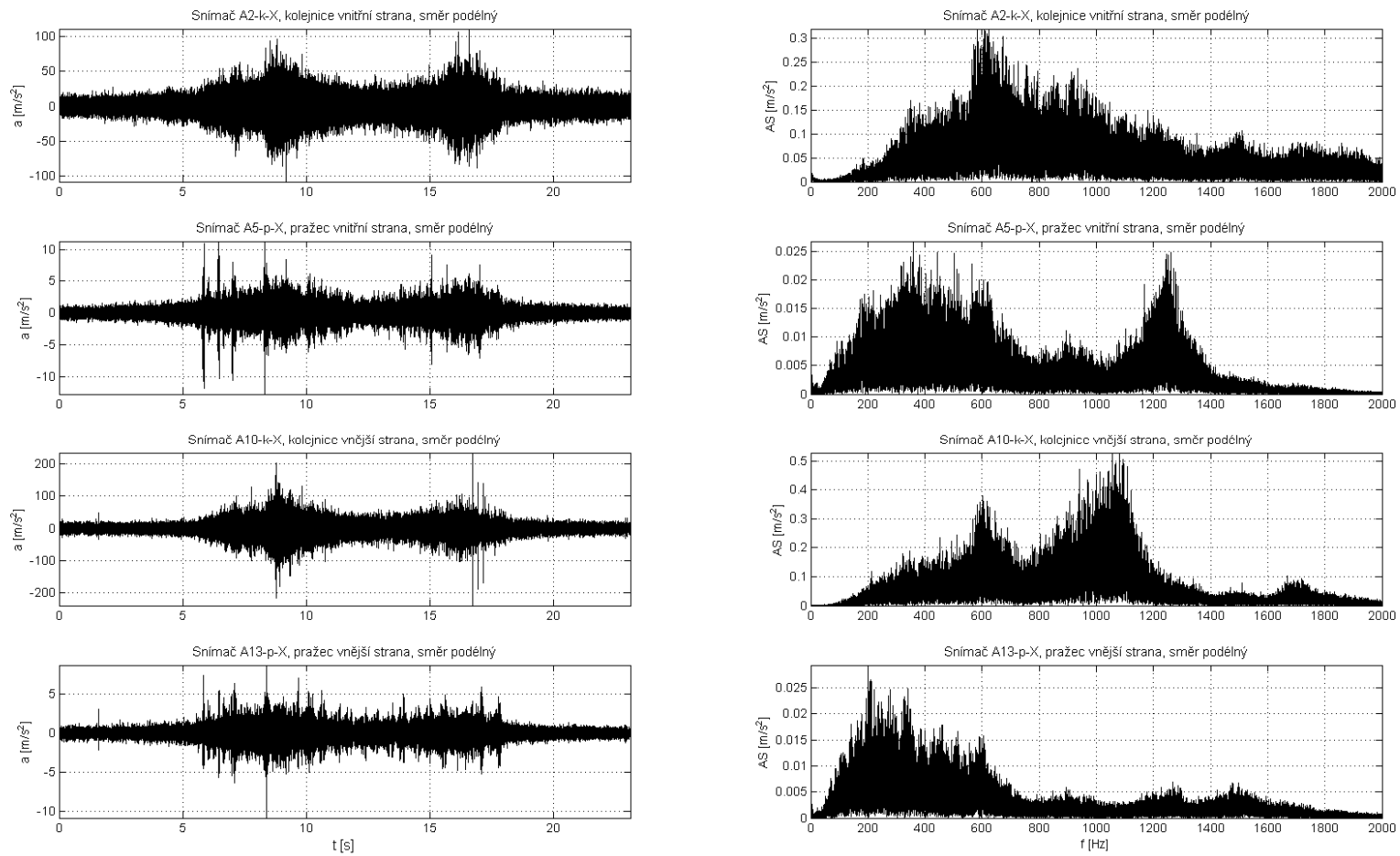
Graf E. 112 Na; 54-59 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



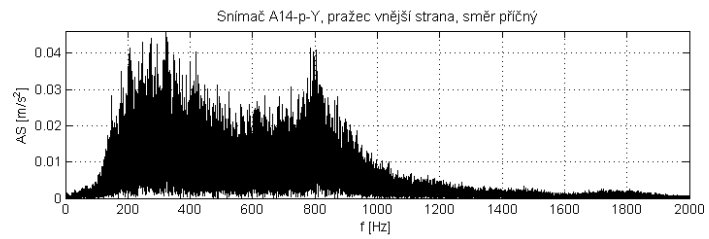
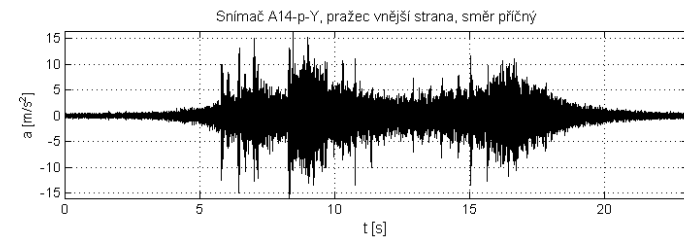
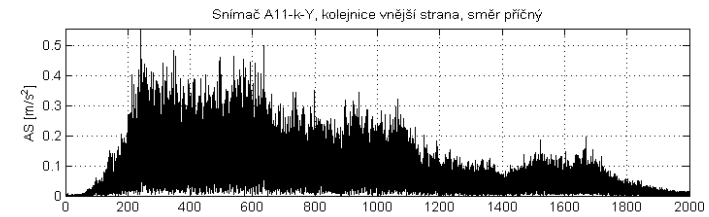
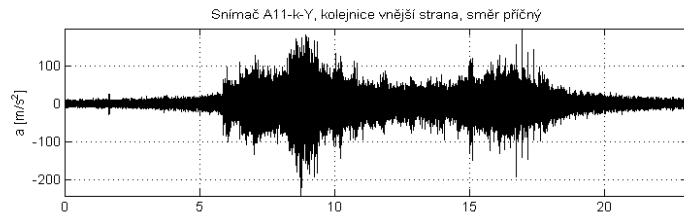
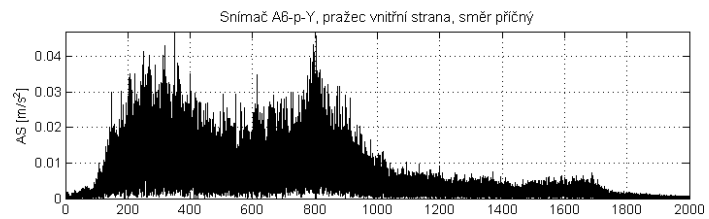
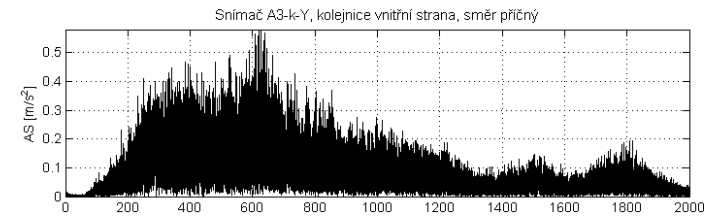
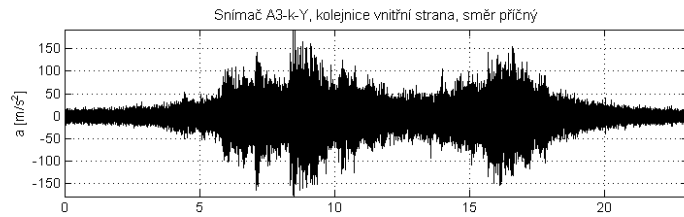
Graf E. 113 Na; 54-59 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



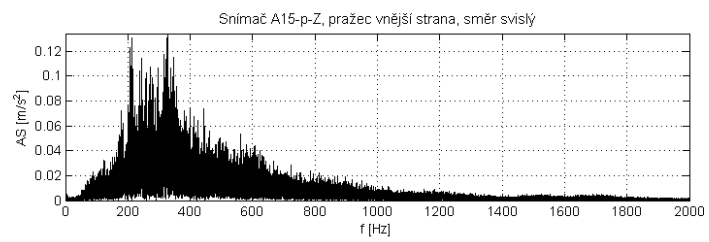
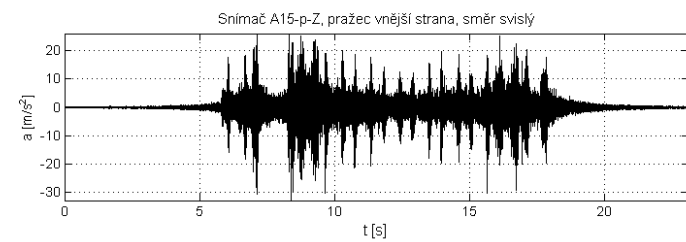
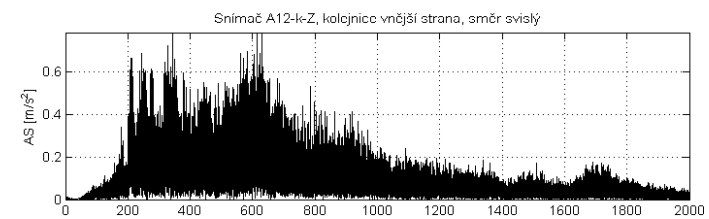
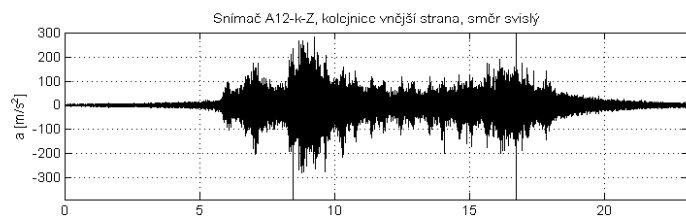
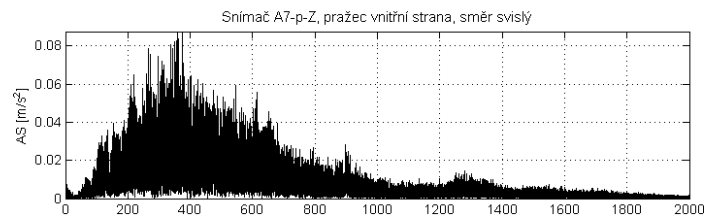
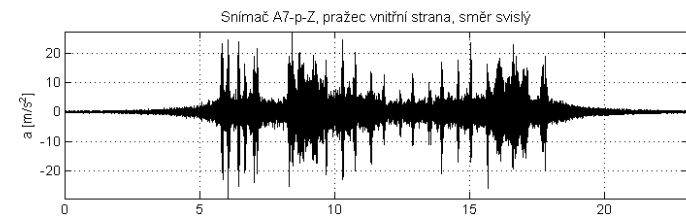
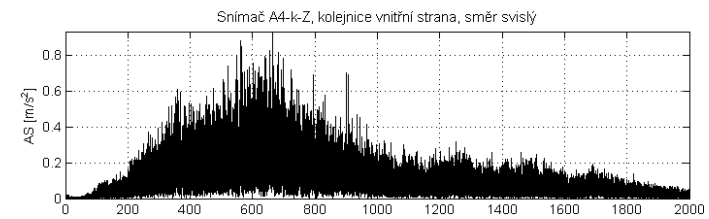
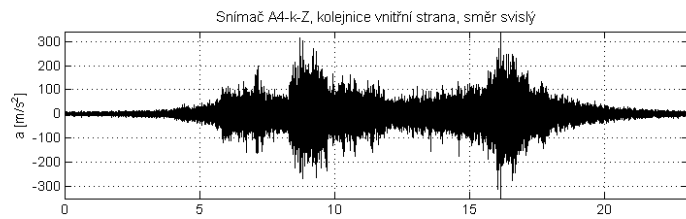
Graf E. 114 Na; 54-59 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



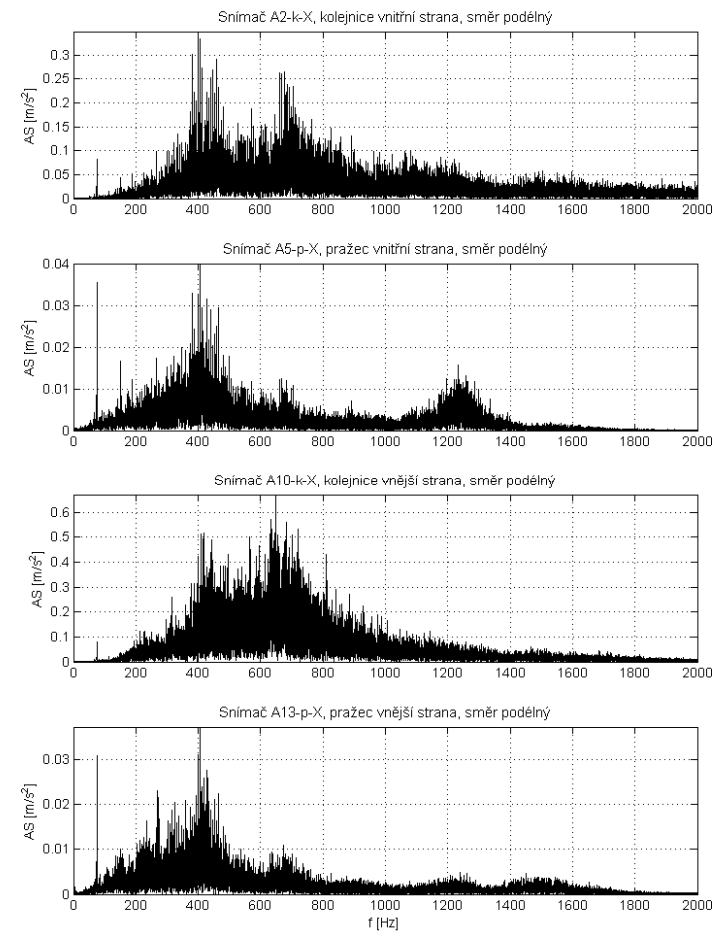
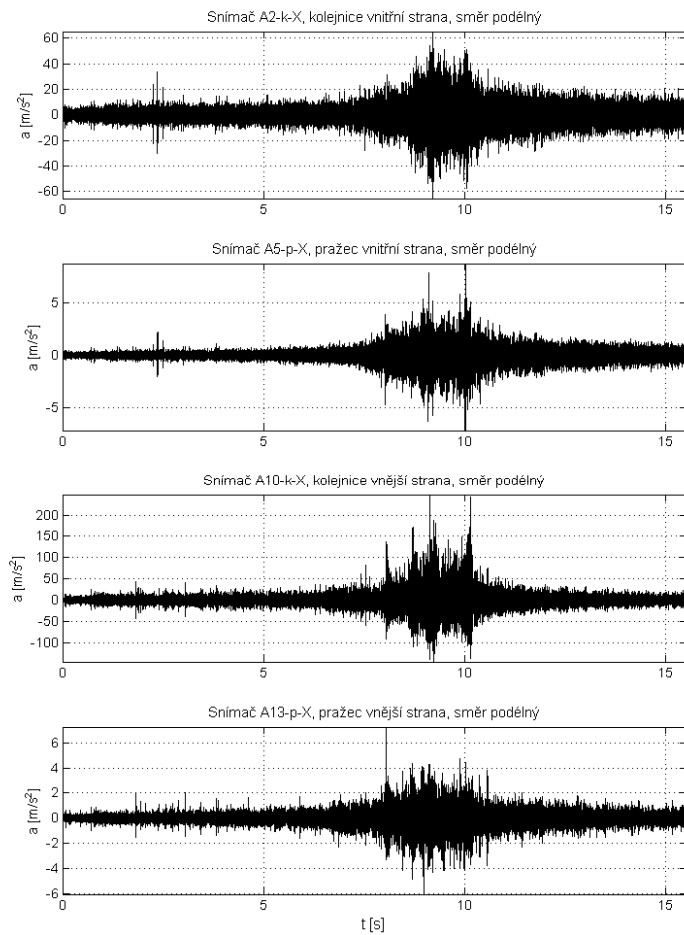
Graf E. 115 Na; 45 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



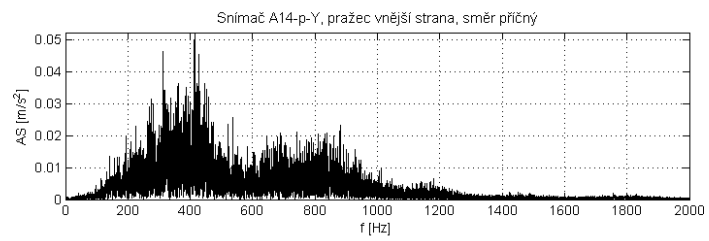
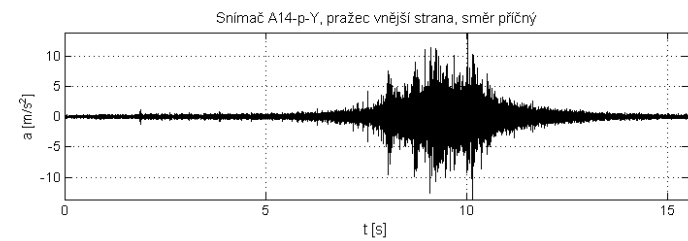
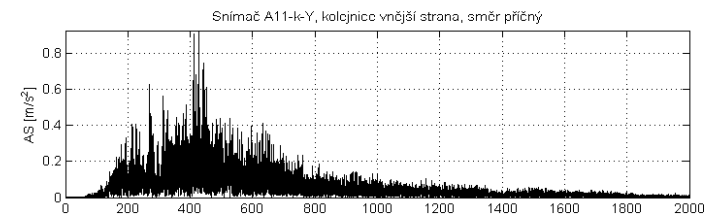
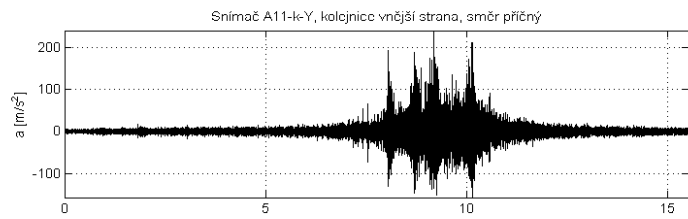
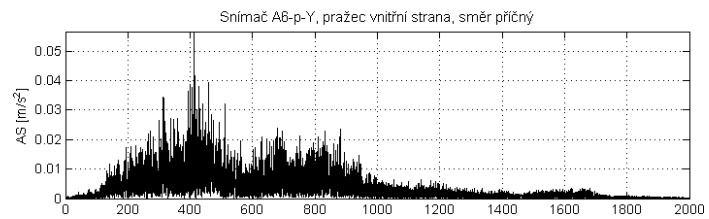
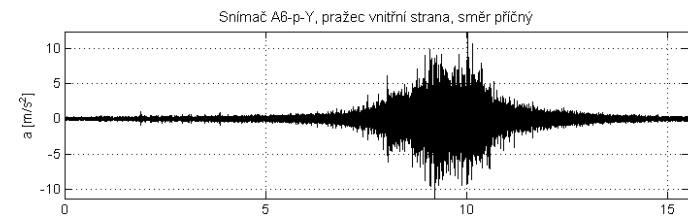
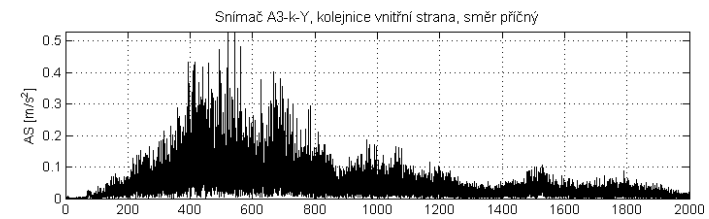
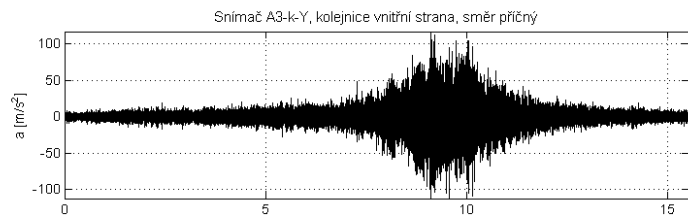
Graf E. 116 Na; 45 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



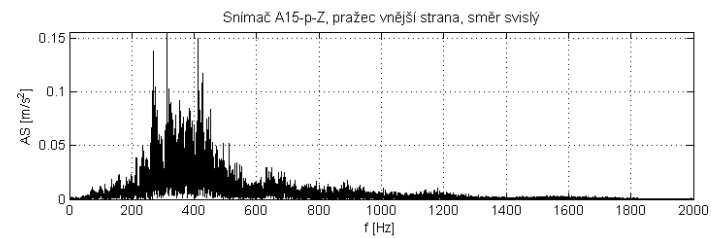
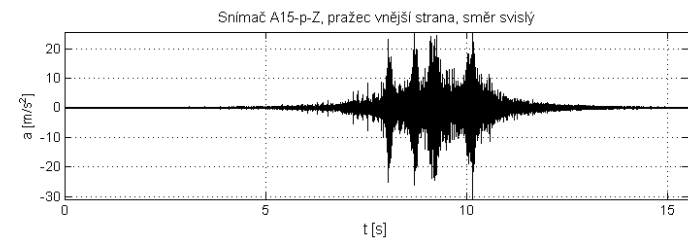
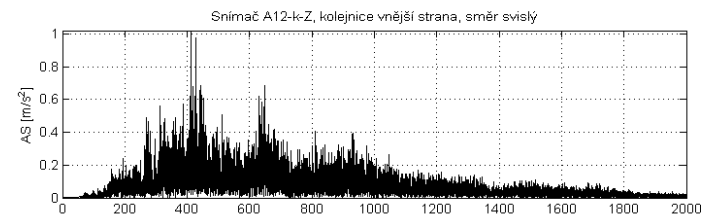
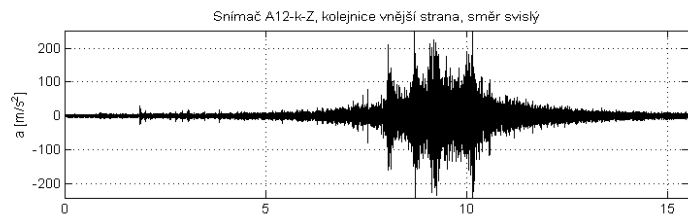
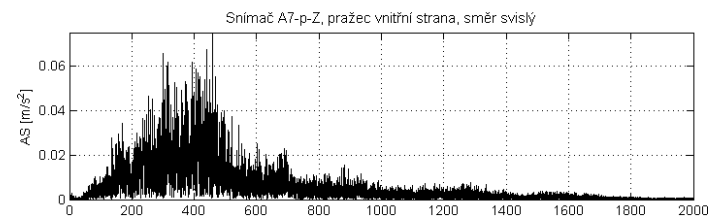
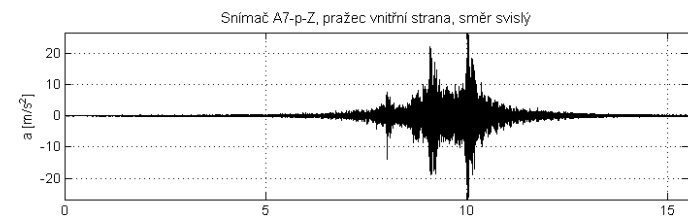
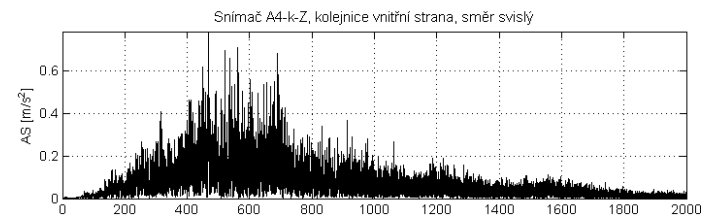
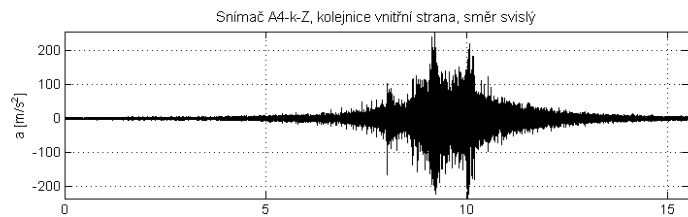
Graf E. 117 Na; 45 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



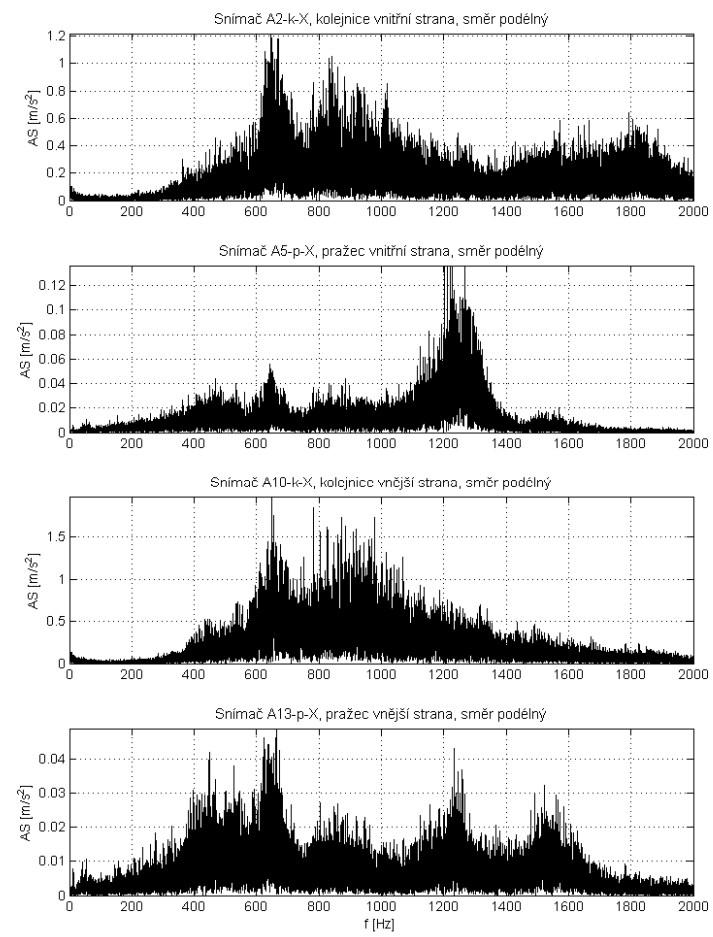
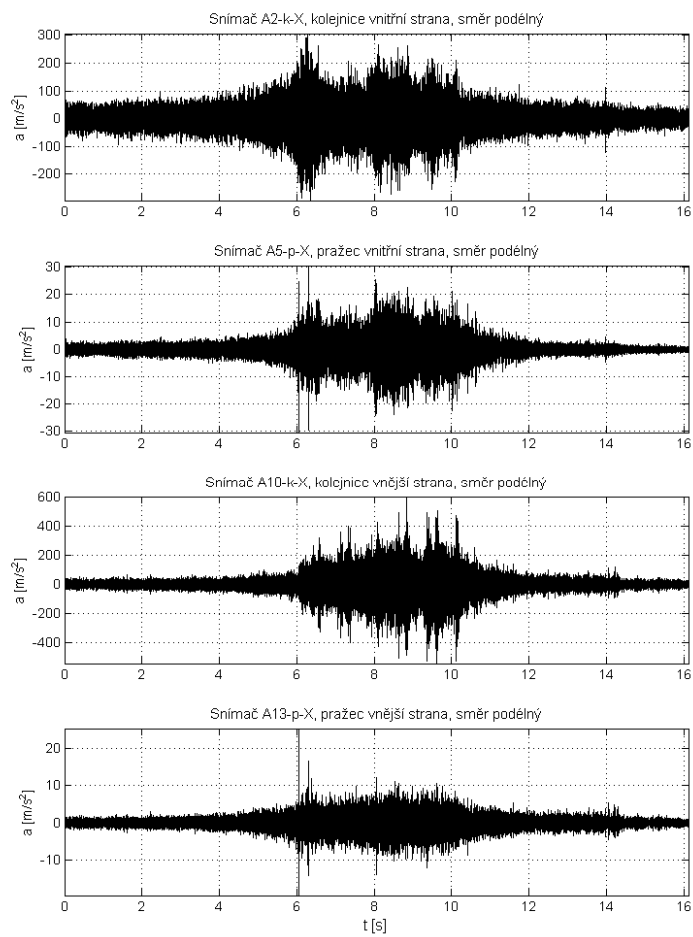
Graf E. 118 Lv; 55 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



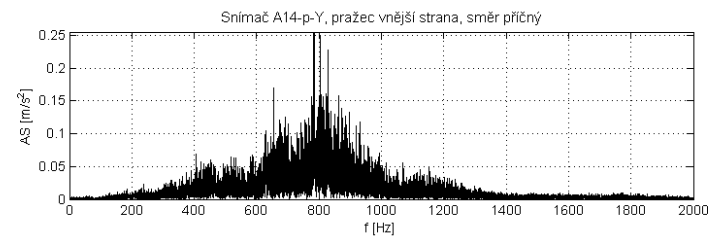
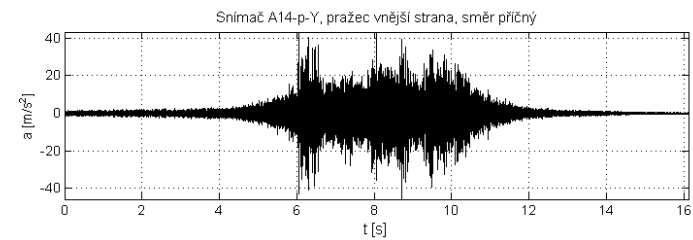
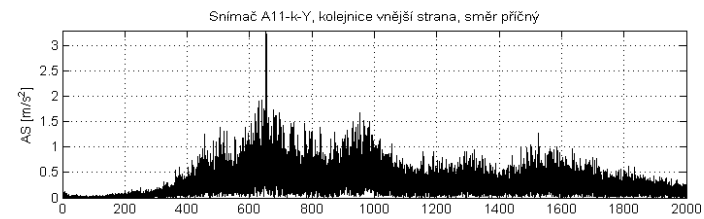
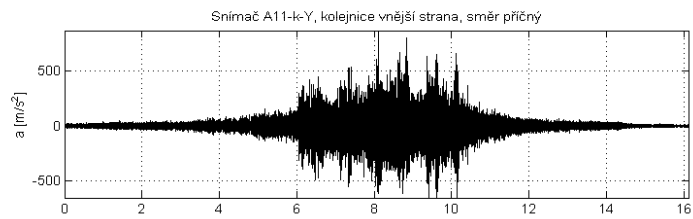
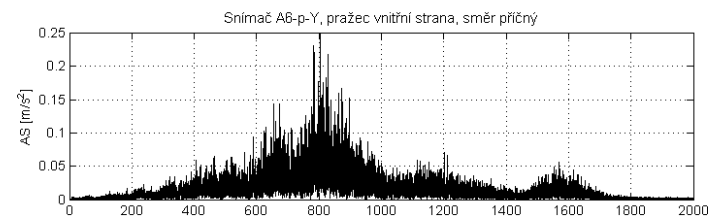
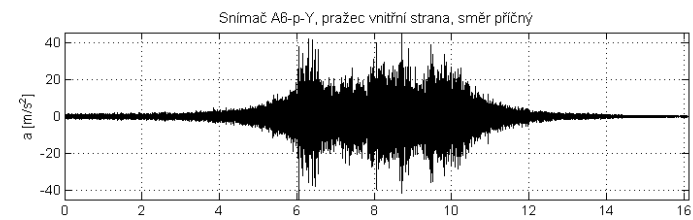
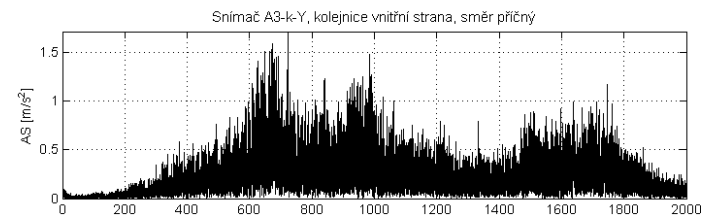
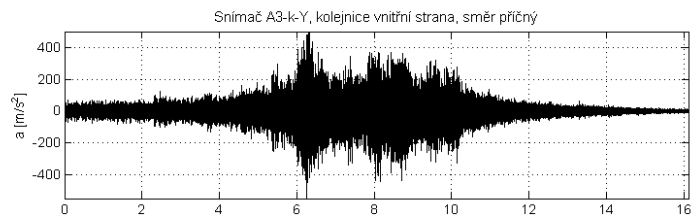
Graf E. 119 Lv; 55 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



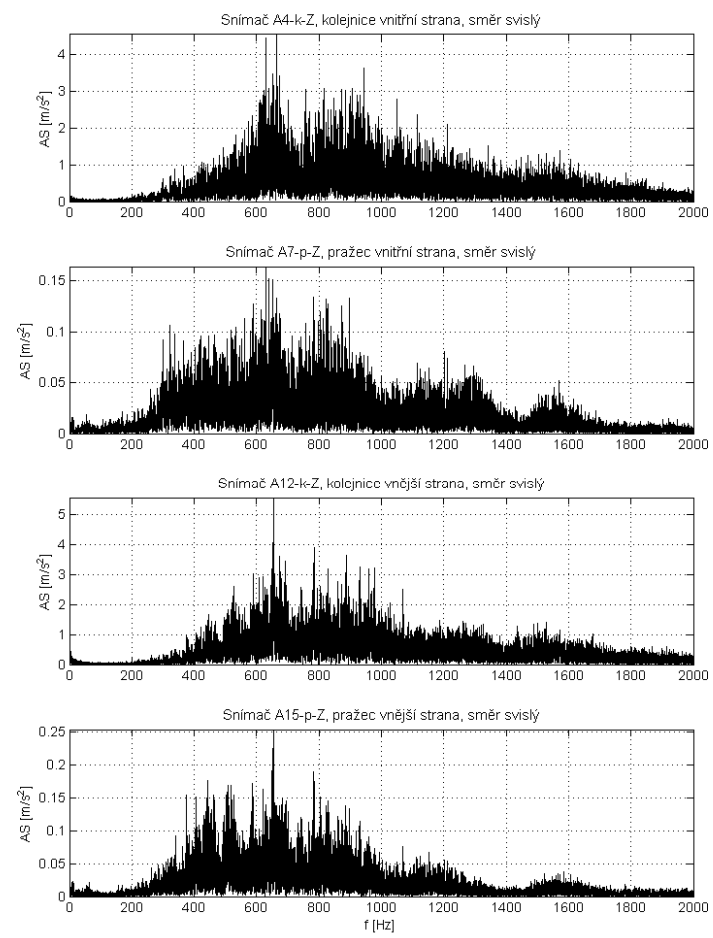
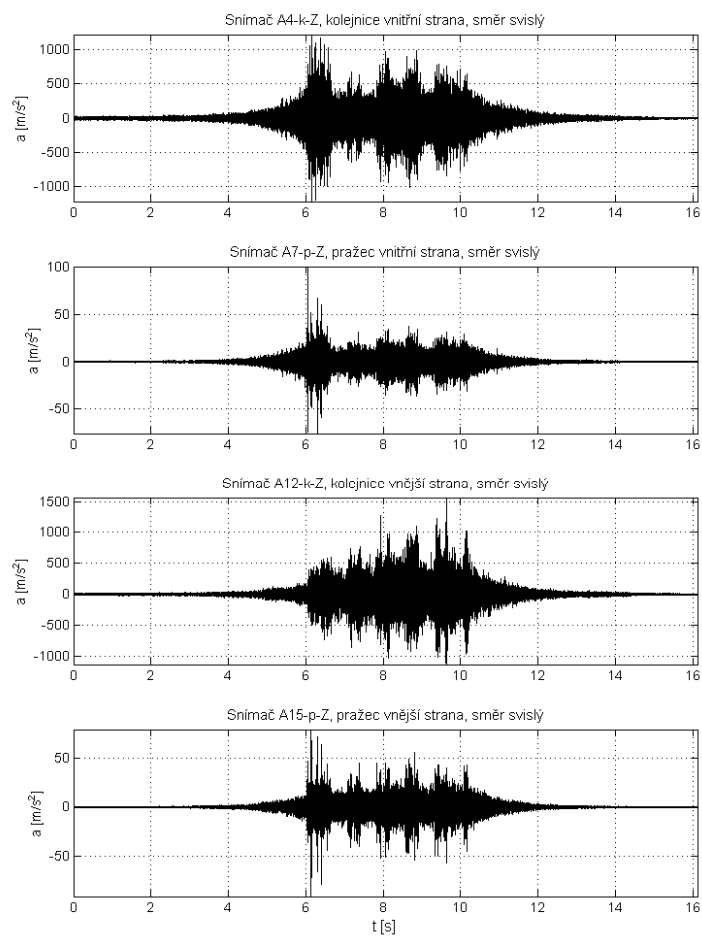
Graf E. 120 Lv; 55 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



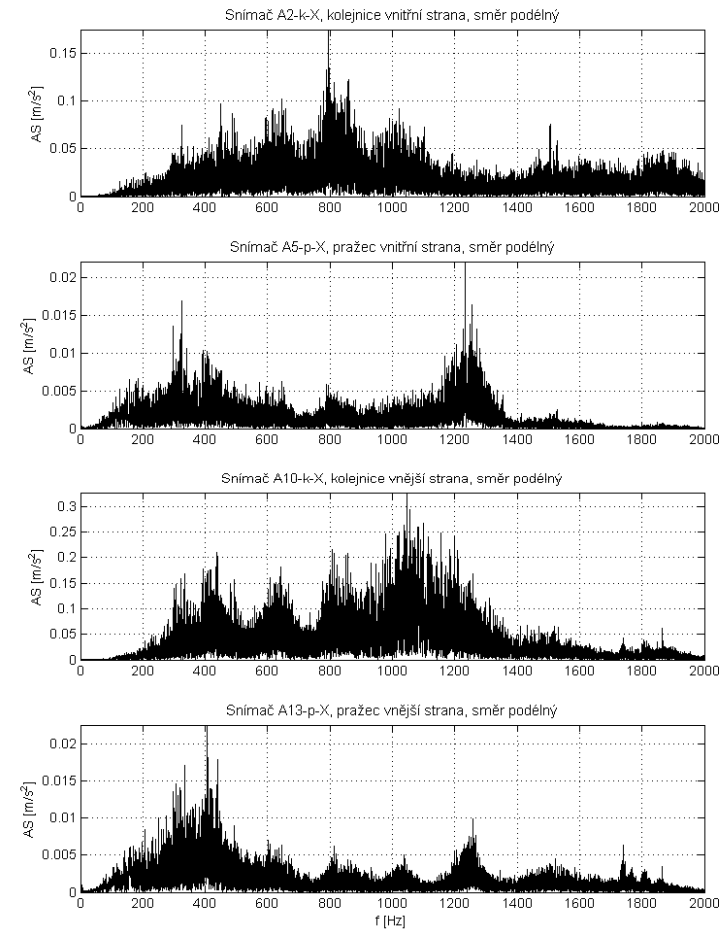
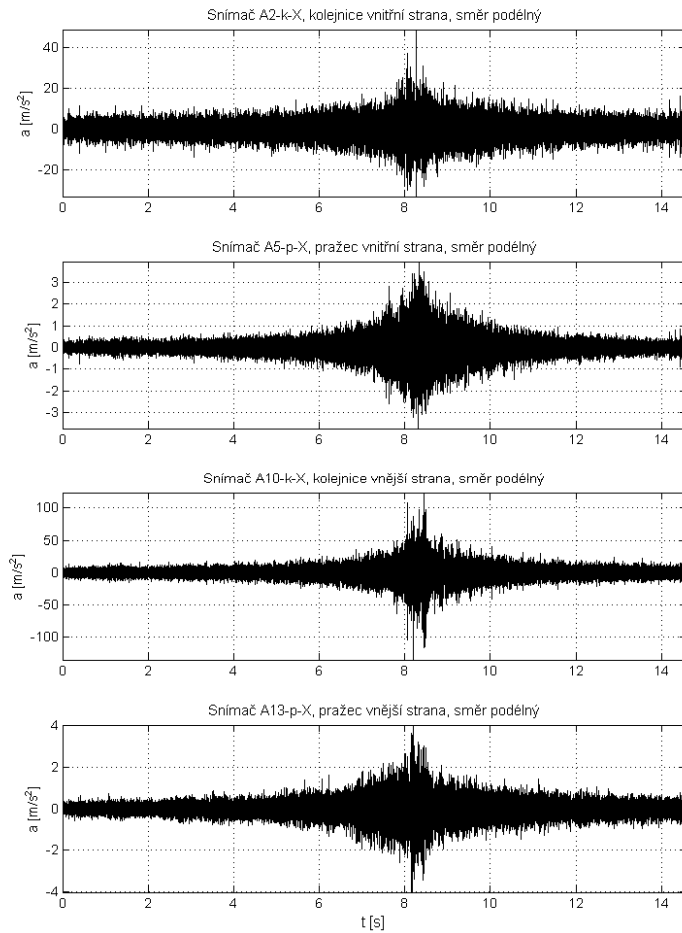
Graf E. 121 R; 96 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



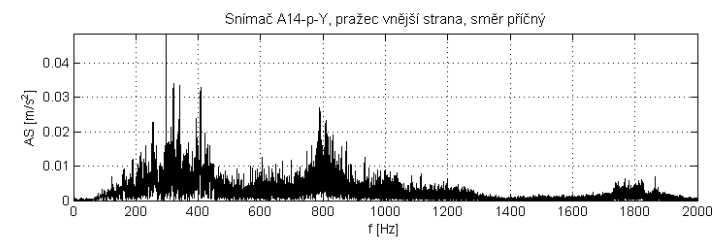
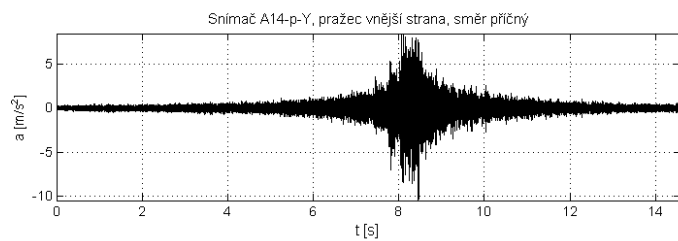
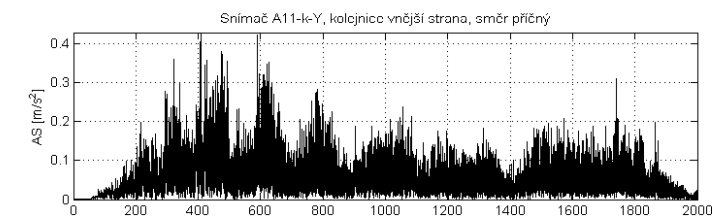
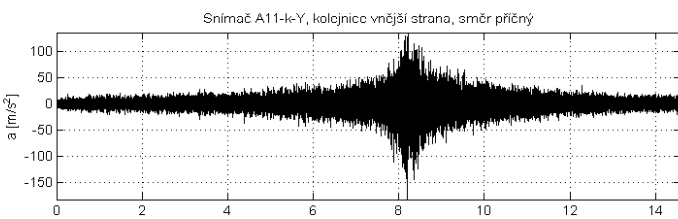
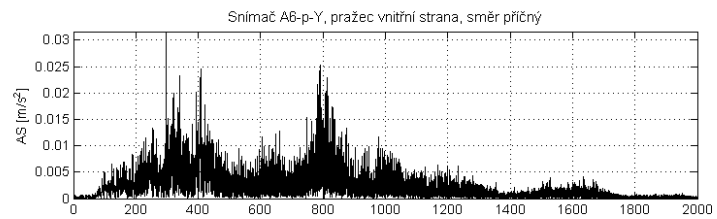
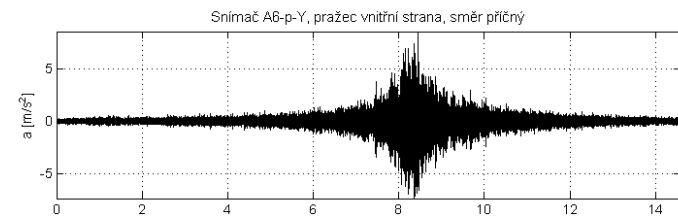
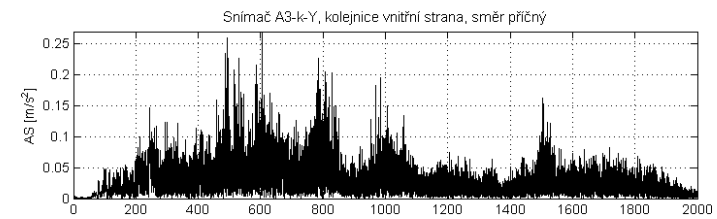
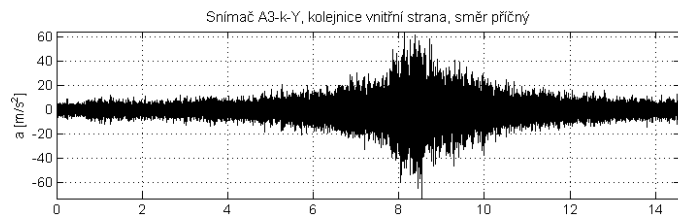
Graf E. 122 R; 96 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



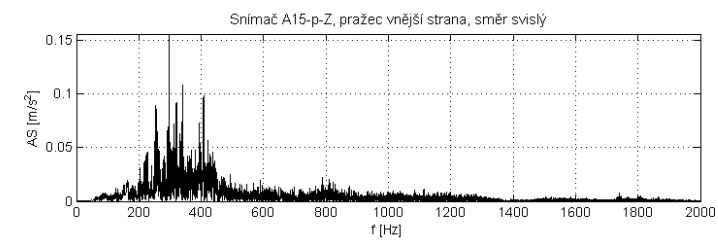
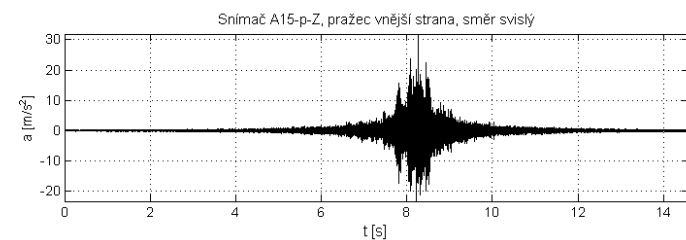
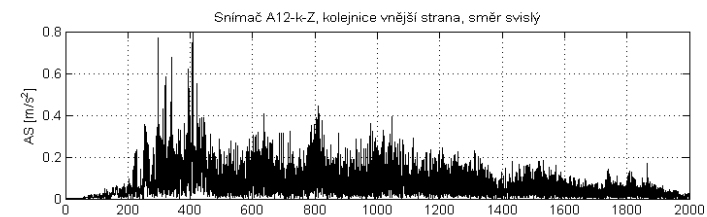
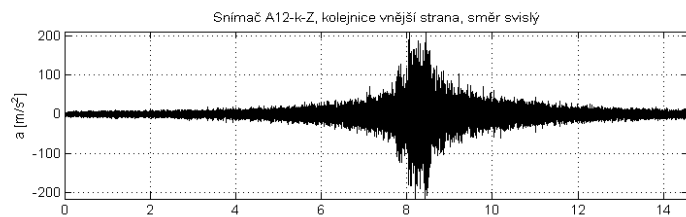
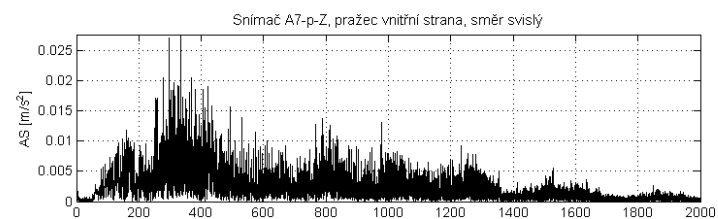
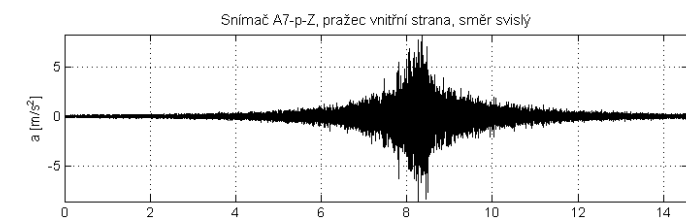
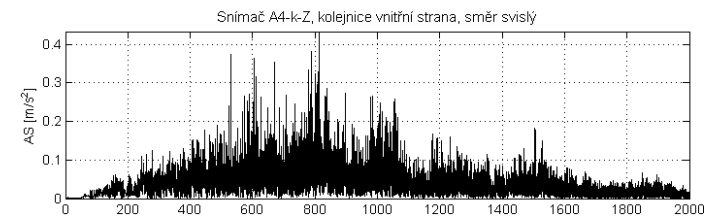
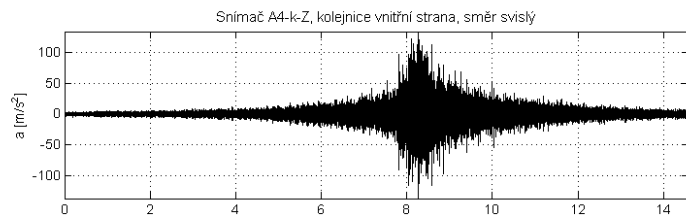
Graf E. 123 R; 96 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



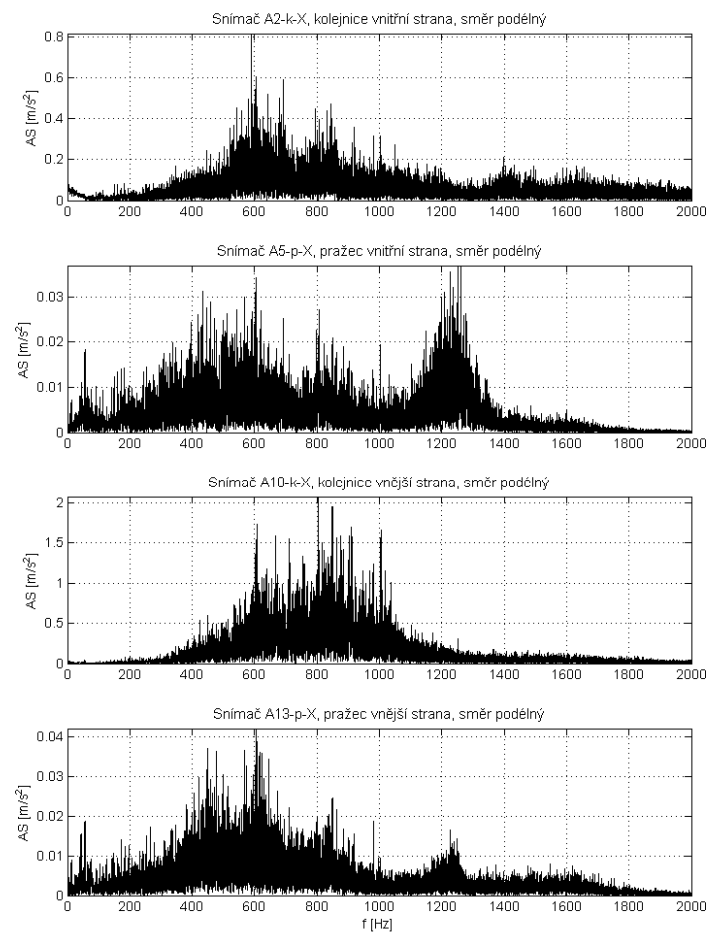
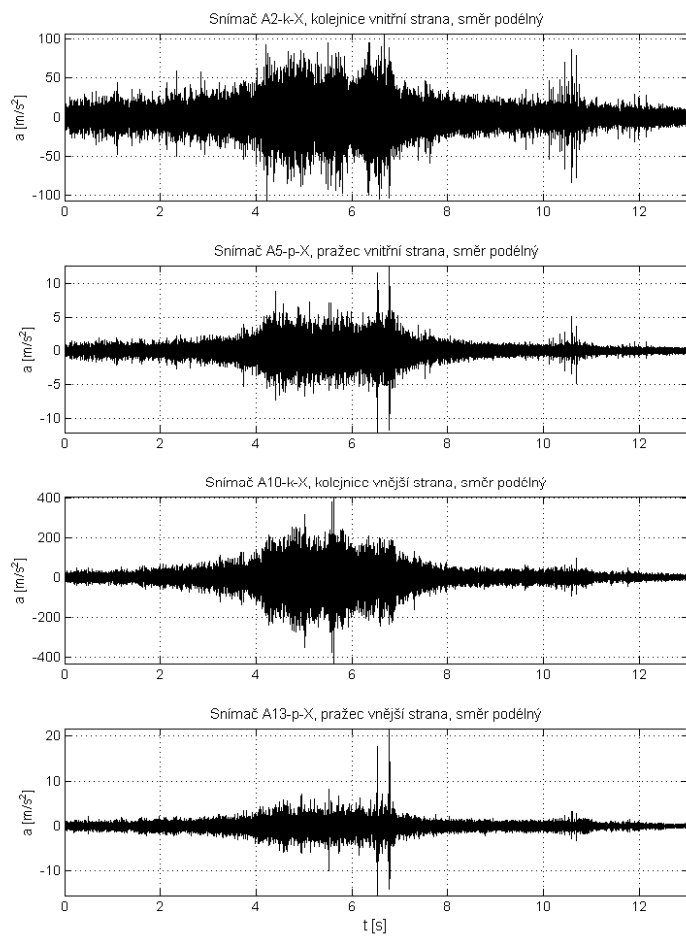
Graf E. 124 Pv; 57 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



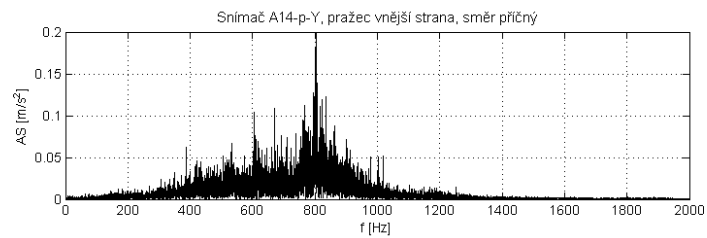
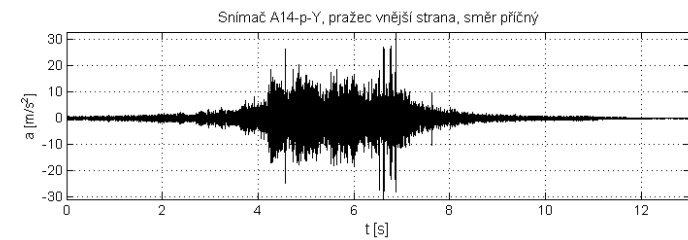
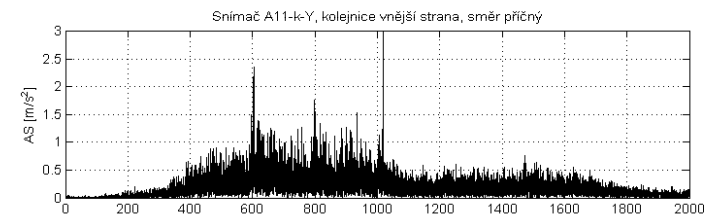
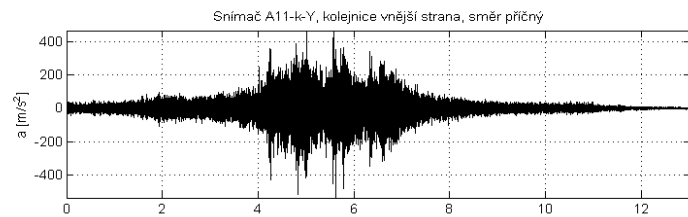
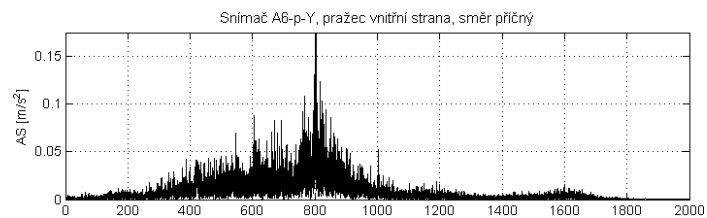
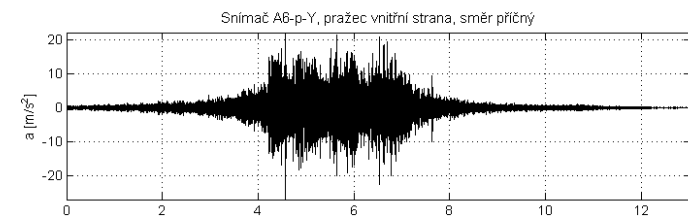
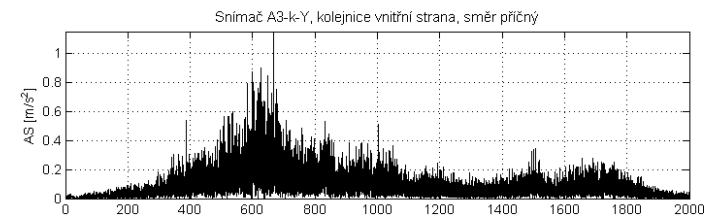
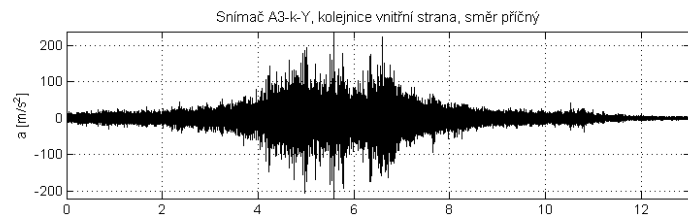
Graf E. 125 Pv; 57 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



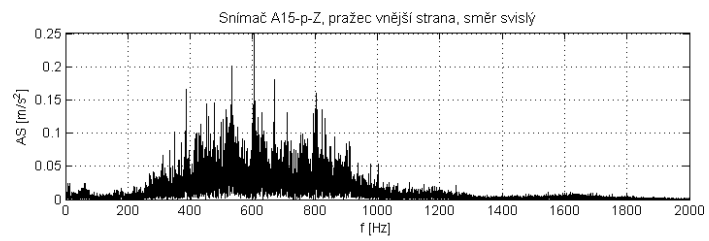
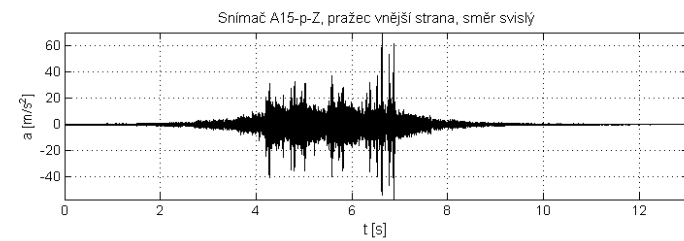
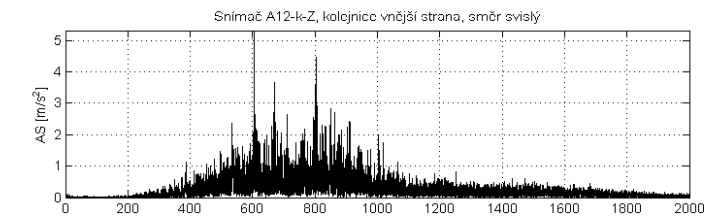
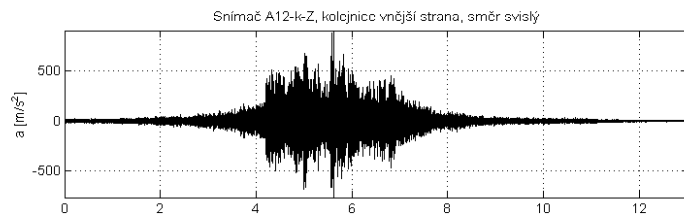
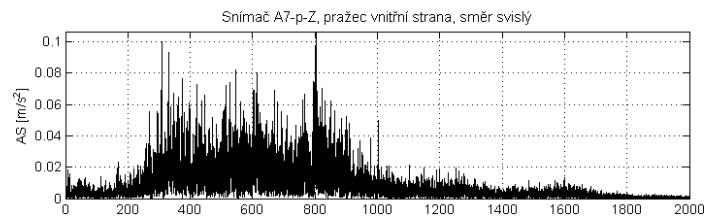
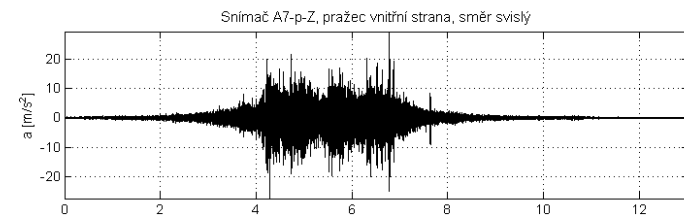
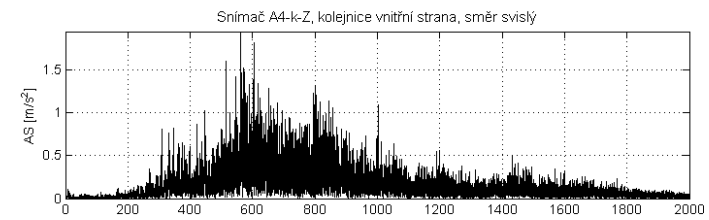
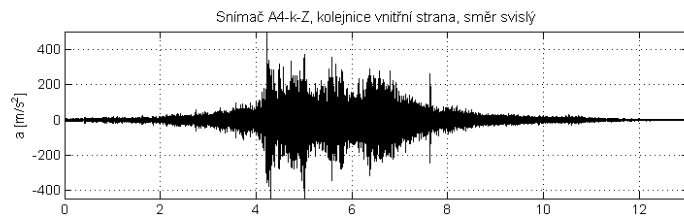
Graf E. 126 Pv; 57 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



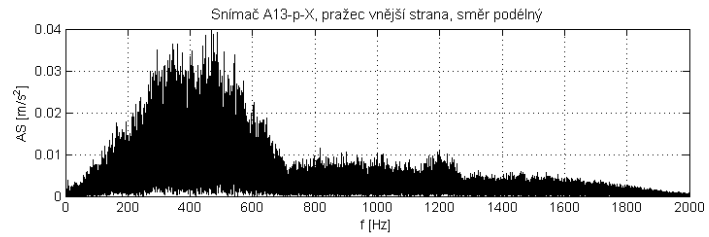
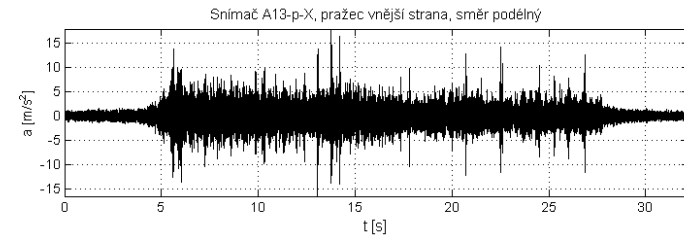
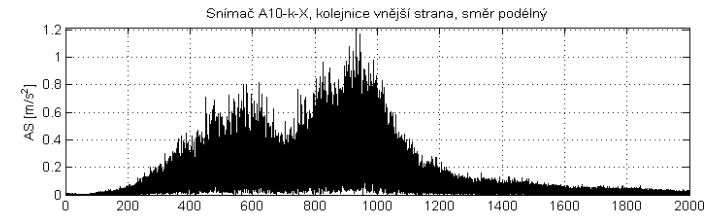
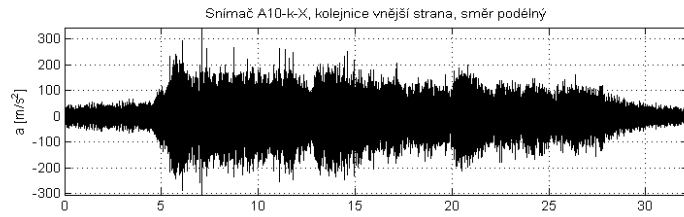
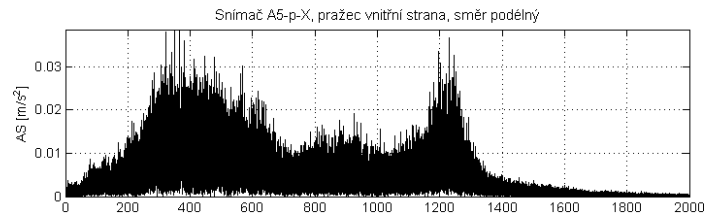
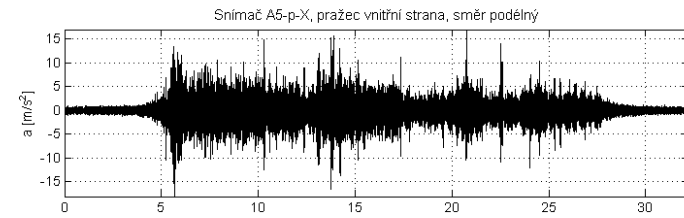
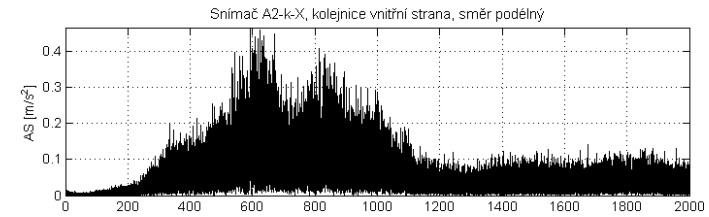
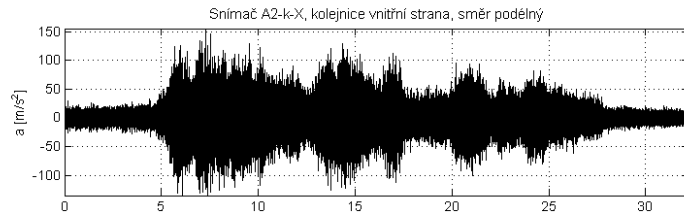
Graf E. 127 Os; 101 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



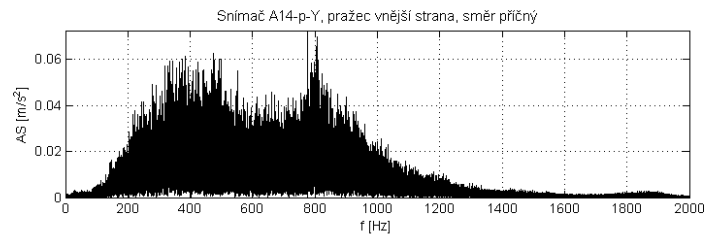
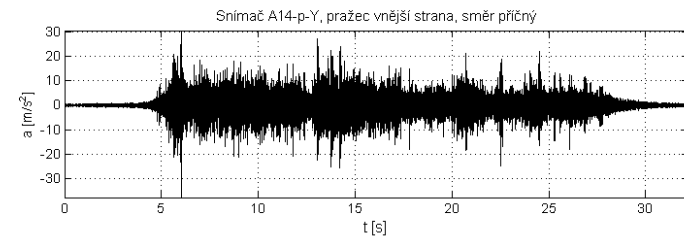
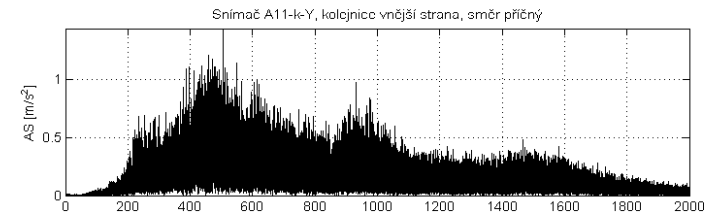
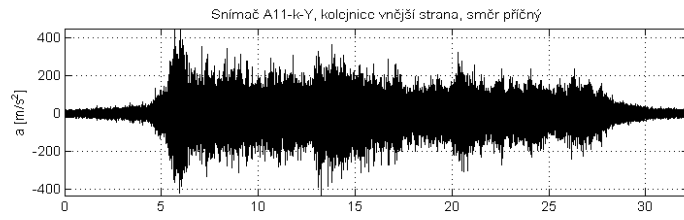
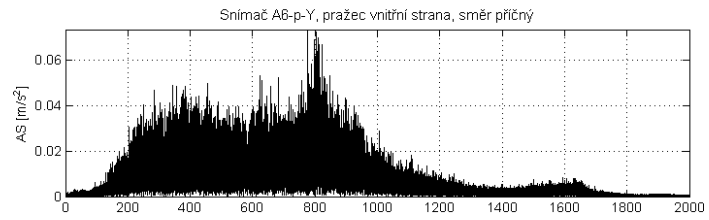
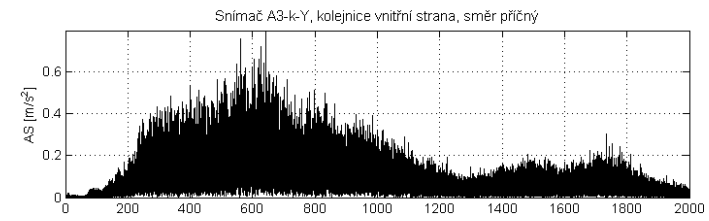
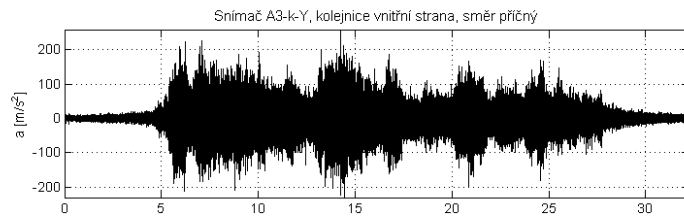
Graf E. 128 Os; 101 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



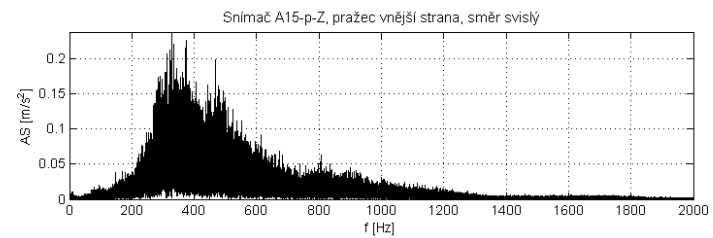
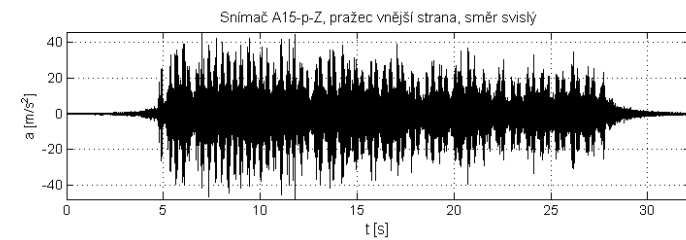
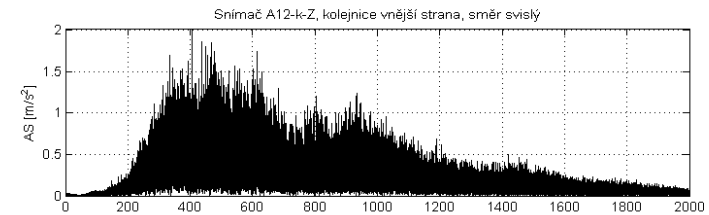
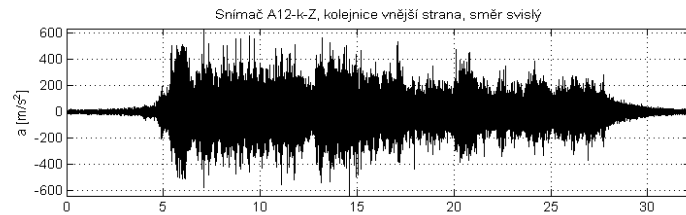
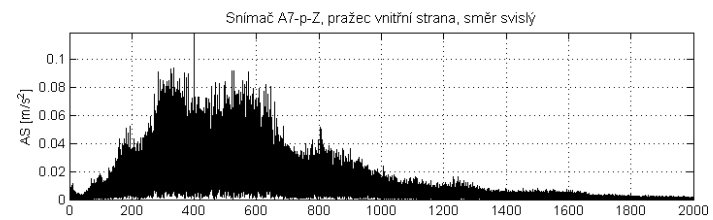
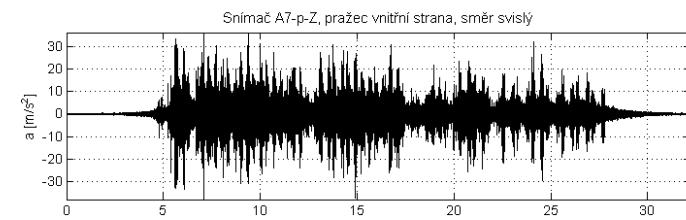
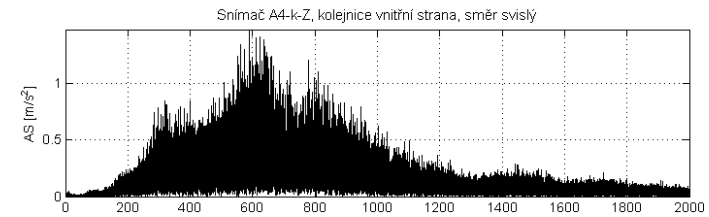
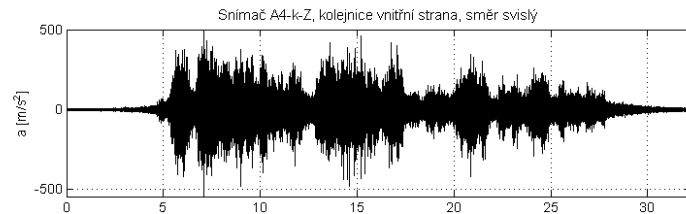
Graf E. 129 Os; 101 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr



Graf E. 130 Na; 79-50 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; podélný směr



Graf E. 131 Na; 79-50 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; příčný směr



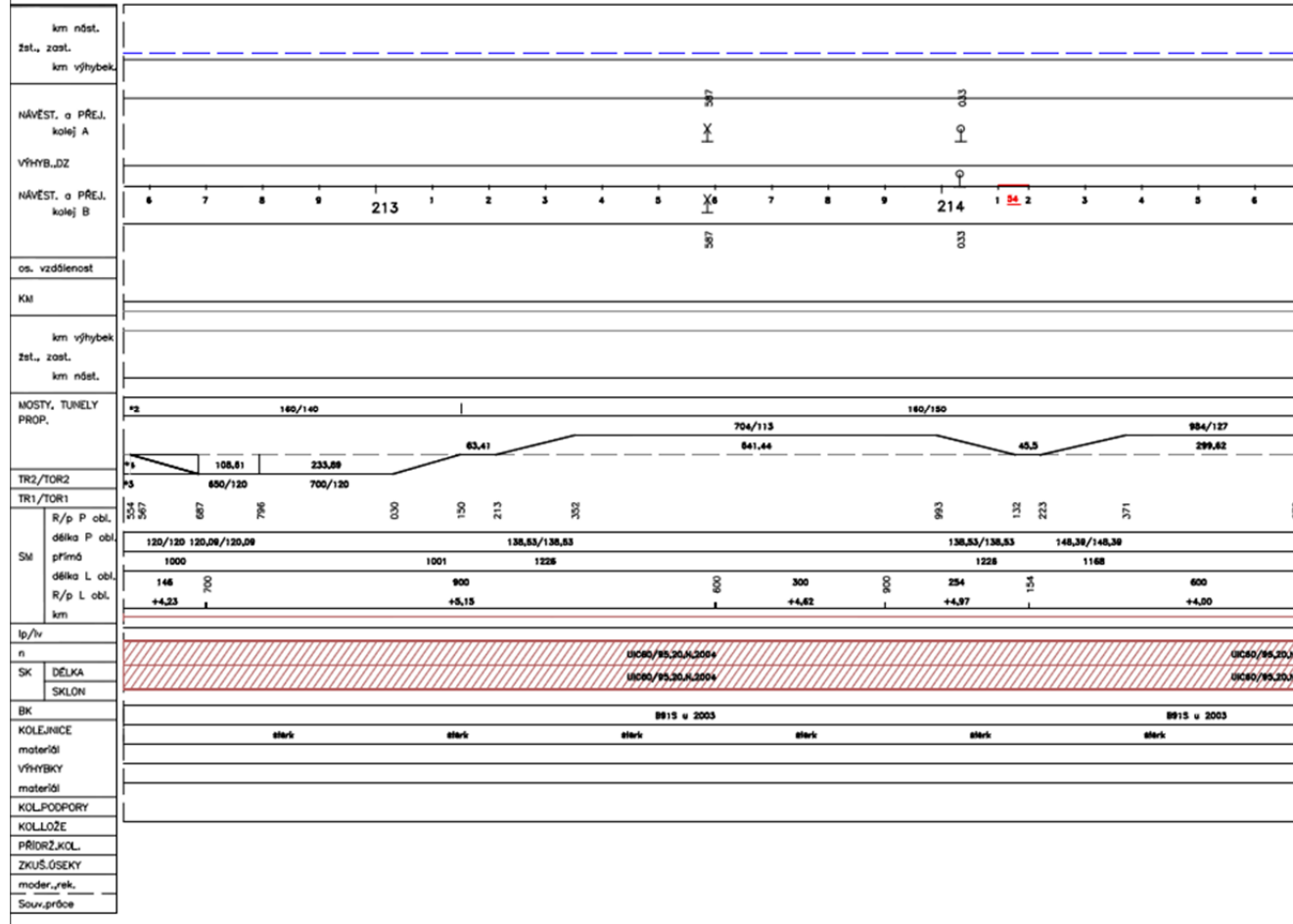
Graf E. 132 Na; 79-50 km/h; Napajedla; UIC 60, pražec B91 S/1, oblouk R 761, D 133, Pandrol FCI; svislý směr

PŘÍLOHA F
ZÁZNAM Z MĚŘICÍHO VOZU

Nákresný přehled

Záložka č. 1
(km 212,554 – 216,400)

TDNÚ: CLS009 – Bohumín–předn. Přerov
Úsek: Hranice na Morave – Bohumín–Vrbice

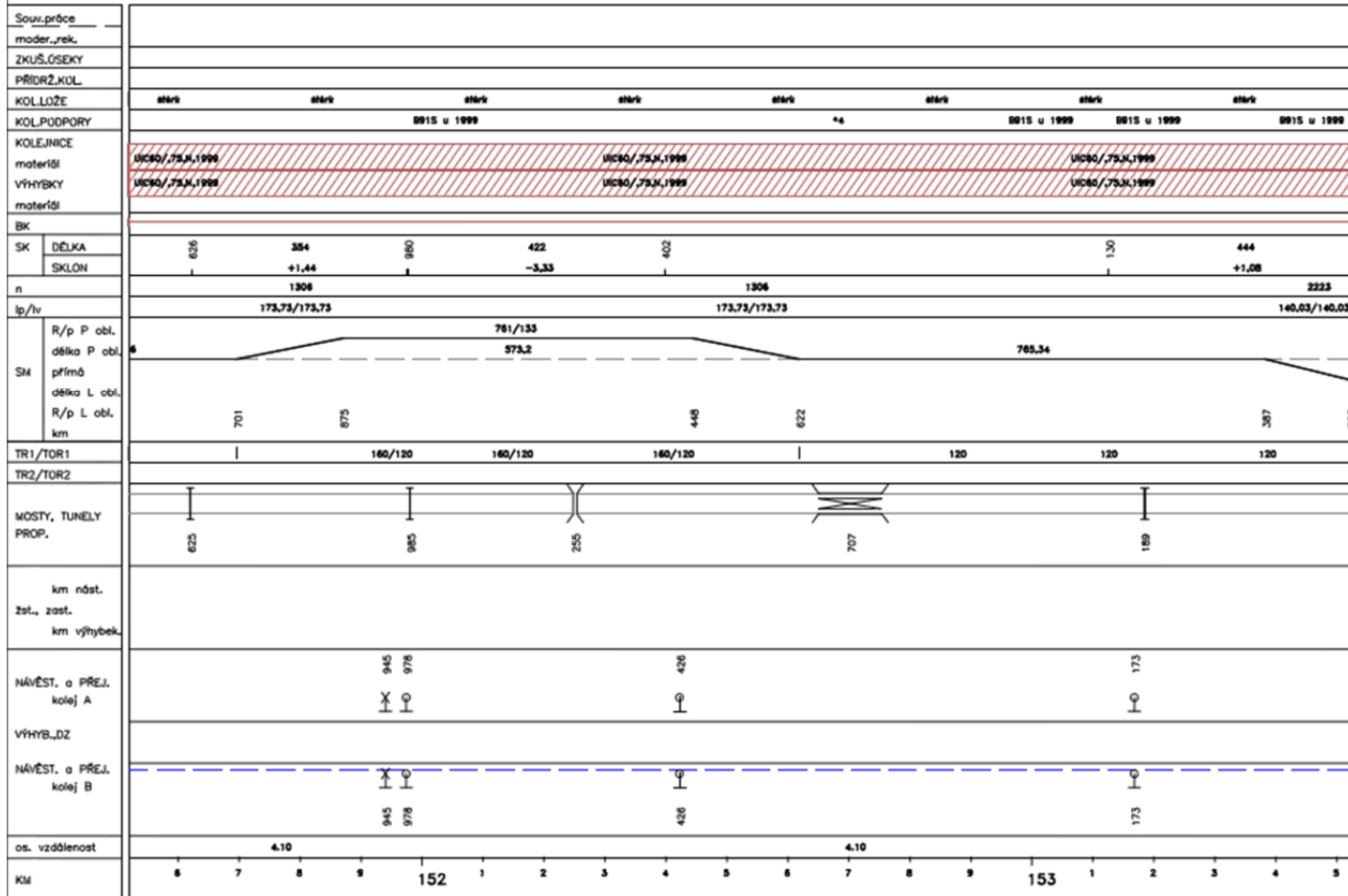


Obr. F. 1 Výstup měřicího vozu – Hranice na Moravě

Nákresný přehled

Záložka č. 6
(km 149,838 – 153,638)

TDNÚ: CLS030 – Přerov Břeclav
Úsek: zst. Nedakonice–25kV – Přerov



Obr. F. 2 Výstup měřicího vozu – Napajedla



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.

Autor práce Bc. Adam Podolník

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav železničních konstrukcí a staveb

Studijní obor 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program N3607 Stavební inženýrství

Název práce Experimentální analýza dynamických parametrů kolejového roštu

Název práce v anglickém jazyce The analysis of dynamic parameters of the track skeleton

Typ práce Diplomová práce

Přidělovaný titul Ing.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze PDF

Anotace práce Z hlediska rozhodování o užití vhodné sestavy železničního svršku hrají významnou úlohu jak doporučení vyplývající z teoretické analýzy (modelování), tak i doporučení získaná na základě statického a dynamického zkoušení hotového výrobku. Takové zkoušky je pak možné aplikovat v laboratoři nebo přímo v terénu. Diplomová práce bude věnována provoznímu testování vybraných konstrukcí kolejového roštu in situ. Pro účely měření budou vybrána vhodná měřicí stanoviště a bude navržena odpovídající metodika měření. Z pohledu geometrie koleje budou zvoleny úseky ve směrovém oblouku. Na základě provedených zkoušek budou stanoveny dynamické parametry konstrukcí. K jejich vyhodnocení bude zvolen vhodný matematický aparát. Předpokládá se využití matematických metod v časové a frekvenční oblasti. Součástí práce bude rovněž srovnání parametrů testovaných konstrukcí a doporučení pro praxi.

Anotace práce v anglickém jazyce In terms of deciding on the appropriate use of the railway superstructure assemblies in both the recommendations arising from the theoretical analysis (modeling), as well as recommendations obtained under static and dynamic testing of the finished product play an important role. Such tests can then be applied in the laboratory or in the field. The thesis will be devoted to operational testing of selected track grid structures in situ. For measurement purposes an appropriate measuring point will be chosen and the methodology of measurement will be proposed. In terms of track geometry sections in curves will be selected. On the basis of tests carried out dynamic parameters of structures will be determined. To their evaluation suitable mathematical system will be chosen. It assumes the use of mathematical methods in time and frequency areas. In the thesis there will also be a comparison of the parameters of the tested structures. Based on the measurements it will be a source of recommendations for the practice.

Klíčová slova železniční svršek, kolejový rošt, pružné upevnění, Vossloh, Pandrol, dynamické parametry, posun, vibrace

Klíčová slova v anglickém jazyce railway superstructure, track skeleton, elastic fastening, Vossloh, Pandrol, dynamic parameters, displacement, vibration

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Adam Podolník