

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

Zhotovitel: Společnost pro ZP + PD "Modernizace tr. Brno - Přerov, 2. st. Blažovice - Vyškov



Vedoucí společnosti:
SUDOP BRNO, spol. s r. o.
Kounicova 26, 611 36 Brno
tel.: +420 972 625 804
e-mail: sudop@sudop-brno.cz

Zhotovitel této části dokumentace:



SUDOP BRNO, spol. s r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

OBJEDNAVATEL:	SŽDC, s.o., Dílžďěná 1003/7, 110 00 Praha 1 Stavební správa východ (organizační jednotka)		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz	
PROFESNÍ SKUPINA:	33 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	VEDOUČÍ PROF. SKUPINY Mgr. Gabriela Růžičková	GENERÁLNÍ ŘEDITEL Ing. Kamil Chmela	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Radomír Molák v.r.		ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Mgr. Gabriela Růžičková <i>Růžičková</i>	NAVRHL, VYPRACOVAL Mgr. Gabriela Růžičková <i>Růžičková</i>	
KRAJ: Jihomoravský		POVĚŘENÝ OÚ: Vyškov	KONTROLOVAL Ing. Jana Janská <i>Janská</i>	
Modernizace trati Brno - Přerov 2. stavba Blažovice - Vyškov			STUPEŇ: DÚR	
			ZAK. ČÍSLO 17050-01-1218	ARCH. ČÍSLO 2018340001
			MĚŘITKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM: 11/2018	
			ČÁST DOKUM. B.3.7	
STUDIE VIBRACÍ				

Modernizace trati Brno – Přerov, 2. stavba Blažovice – Vyškov

STUDIE VIBRACÍ

Stupeň projektové dokumentace: dokumentace pro územní řízení

INVESTOR:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Stavební správa východ Nerudova 1 772 58 Olomouc
PROJEKTANT:	SUDOP Brno, s.r.o. Kounicova 26 611 36 Brno
ZPRACOVATEL:	Mgr. Gabriela Růžičková

BRNO říjen 2018

Obsah:

1. Úvod.....	3
2. Přehledná situace.....	4
3. Hygienické limity vibrací	5
4. Měření vibrací.....	5
5. Antivibrační opatření.....	6
6. Závěr	6
7. Přílohy	6

Přílohy

- Protokol o autorizovaném měření vibrací č.: 18/09 (Ecological Consulting a.s., 6/2018)
- Vibrace – přípravná dokumentace (SUDOP BRNO, s.r.o., 11/2009)
- Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu (AQUA ENVIRO s.r.o., 2/2009)

1. Úvod

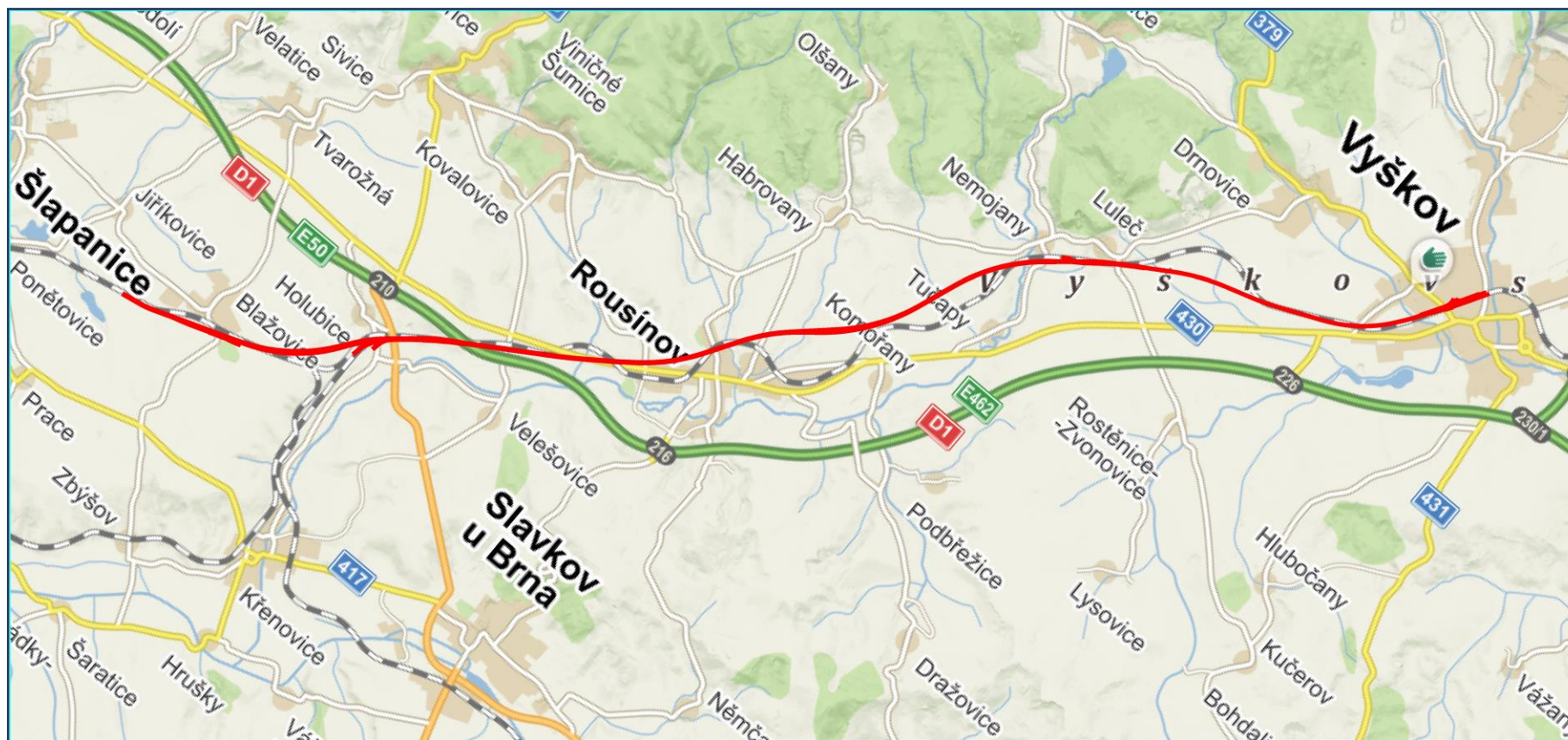
Předkládaná **Studie vibrací** je zpracována jako součást dokumentace pro územní řízení stavby „**Modernizace trati Brno – Přerov, 2. stavba Blažovice – Vyškov**“.

Předkládaná studie vychází z dokumentace zpracované v roce 2009 pro stavbu „*Modernizace trati Brno – Přerov, I. etapa Blažovice – Nezamyslice*“ (SUDOP BRNO, s.r.o., 9/2009).

V roce 2009 bylo provedeno měření vibrací, výpočet šíření vibrací a dle výsledků a platných limitních hladin vibrací byla navržena antivibrační opatření ve formě antivibračních rohoží v železničním svršku pro kritické úseky trati.

Vzhledem k úpravám technického řešení stavby, dle nových provedených měření vibrací a dle platné legislativy (došlo ke změnám hygienických limitů vibrací) proběhlo přehodnocení a nový návrh opatření.

2. PŘEHLEDNÁ SITUACE



3. HYGIENICKÉ LIMITY VIBRACÍ

Podle ustanovení Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., v platném znění, je dán hygienický limit vibrací za dobu jejich působení v chráněných vnitřních prostorech staveb vyjádřený průměrnou váženou hladinou zrychlení vibrací $L_{aw,T} = 75$ dB a korekcí podle přílohy č. 5 pro obytné místnosti. Pro denní dobu je korekce + 6 dB a pro noc + 3 dB.

Protože lze předpokládat, že průjezd vlakových souprav se projevuje stejně v denní i noční době, lze hodnoty průměrných vážených hladin zrychlení vibrací porovnávat s hygienickým limitem:

denní doba: 81 dB

noční doba: 78 dB

Pozn.: V roce 2009 byly limity nižší: den: 77 dB a noc 74 dB.

4. MĚŘENÍ VIBRACÍ

Během přípravy stavby bylo provedeno měření vibrací ve dvou obdobích: rok 2018 a rok 2009 s těmito výsledky (uvedeny nejvyšší naměřené hodnoty, podbarvená pole znamenají překročení limitu):

rok 2018:

bod měření	místo měření	vzdálenost od osy krajní koleje	nejvyšší celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} [dB] včetně přičtené nejistoty měření ± 2 dB			limit [dB]	
			osa X	osa Y	osa Z	den	noc
M1	Holubice 129	8 m	71,5	79,7	73,2	81	78
M2	Čsl. armády 400/56, Rousínov	31 m	67,4	72,2	68,3	81	78

rok 2009:

bod měření	místo měření	vzdálenost od osy krajní koleje	nejvyšší celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} [dB] včetně přičtené nejistoty měření ± 2 dB			limit [dB]	
			osa X	osa Y	osa Z	den	noc
1	Holubice 129	15 m	86,6	80,7	89,4	77	74
2	Holubice 224	39 m	78,6	80,2	81,0	77	74
3	Holubice 151	56 m	74,6	77,0	78,4	77	74
4	Holubice 153	82 m	73,3	73,0	75,1	77	74
5	Čsl. armády 400/56, Rousínov	35 m	72,8	75,3	75,3	77	74

5. ANTIVIBRAČNÍ OPATŘENÍ

Ze závěrů modelových výpočtů (viz přílohy) a srovnáním s návrhy úprav spodní stavby lze odvodit, že pro dodržení normového stavu zátěže vibracemi na přilehlé stávající obytné zástavbě je třeba doplnit pražcové podloží položením antivibračních rohoží pod kolejové lože (např.: Antivibrační rohože AR - BELAR® standardní rozměry: tloušťka 25 mm, šířka 500 mm, délka 1500 mm).

K ochraně obyvatelstva před vibracemi je navrženo jejich položení pod kolejové lože průjezdných kolejí č. 1, 2 v těchto úsecích trati:

Antivibrační opatření – rohože:

obec	nová km	délka
Blažovice	25,60 – 26,20	600
Holubice	28,35 – 28,70	350
Rousínov	33,25 – 33,45	200
	33,65 – 33,75	100
Nemojany	39,30 – 39,40	100
Vyškov	43,70 – 44,05	350
	44,95 – 45,95	1000

6. ZÁVĚR

K ochraně obyvatelstva před vibracemi z provozu dráhy bylo navrženo v několika úsecích, kde je předpoklad překročení hygienických limitů, položit pod šterkové lože antivibrační rohože. Celková délka je cca 2 600 m.

Ve smyslu doporučení ve zprávě „Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu“ (viz přílohy) požadujeme v dalším projektovém stupni realizovat inženýrskogeologický průzkum ke zjištění přesného složení zemních těles a zjištění konkrétních geomechanických charakteristik jednotlivých vrstev železničního svršku a spodku, na jejichž základě bude upřesněn matematický model šíření vibrací.

7. PŘÍLOHY

- Protokol o autorizovaném měření vibrací č.: 18/09 (Ecological Consulting a.s., 6/2018)
- Vibrace – přípravná dokumentace (SUDOP BRNO, s.r.o., 11/2009)
- Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu (AQUA ENVIRO s.r.o., 2/2009)



Ecological Consulting a.s.
Na Střelnici 48
779 00 Olomouc

Akustická laboratoř autorizovaná dle zákona
Č.258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů
Kounicova 271/13
602 00 Brno

tel: 513 034 292, email: zp@ecological.cz

Protokol o autorizovaném měření vibrací
autorizační set G10
Č.: 18/09

Strana č.: 1
Celkový počet stran: 15

Měření vibrací přenášených na člověka

Měření hladin vibrací v budovách
ze železniční dopravy

Objednatel:

SUDOP BRNO, spol. s.r.o.
Kounicova 26
Brno 611 36

Místa měření:

M1 – Holubice 129
M2 - Čsl. Armády 400/56, Rousínov

Datum měření:
22. 5. 2018

Datum vydání dokladu:
14. 6. 2018

Měření provedl: Mgr. Luboš Popelák

.....
protokol vypracoval
Mgr. Luboš Popelák

.....
protokol schválil
Ing. Jaromír Cápál
Vedoucí akustické Laboratoře
Odborný vedoucí setu

Výsledek měření je vázán na dokladem popsané místo a dobu vykonání měření.
Doklad o měření vibrací může být reprodukován jedině celý a s písemným souhlasem jeho
zpracovatele.

Obsah:

1. Situace umístění měřicího místa.....	3
2. Použitá měřicí souprava	4
3. Popis měření.....	4
4. Popis měřicích míst a výsledky měření	5
5. Závěr	15
6. Poznámky a vysvětlivky	15

Obr. 1 Přehledná situace umístění míst měření

2. Použitá měřicí souprava

spektrální modul PULSE B&K typ 3050-A-060, v. č. 100121
notebook Toshiba U400 (včetně softwaru Labshop 12), v. č. 48315510W
akcelerometr B&K 4524 - B, v. č. 32053
etalonový kalibrátor vibrací B&K 4294, v. č. 2624099
tří-kanálový kabel B&K AO 0526 (5m)

Pomocné měřidlo: digitální meteorologická stanice CONRAD FK-WS-444 v.č. WQ1316-002,
měřící pásmo (20m), svinovací metr (5m).

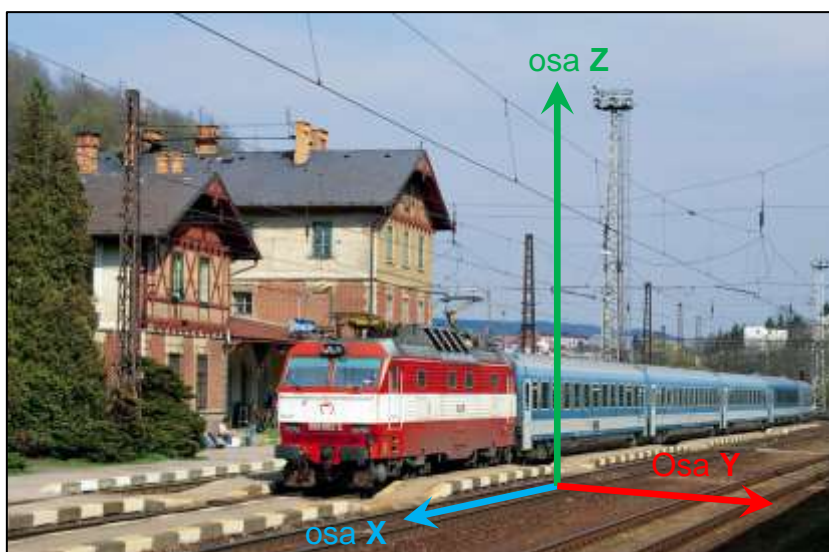
Uvedená měřicí sestava B&K byla ověřena v Českém metrologickém institutu v Praze a má platné ověřovací listy č. 8012-KL-5193-09, 8012-KL-50318-16. Uvedená měřicí aparatura byla před měřením a po měření kontrolována uvedeným kalibrátorem.

3. Popis měření

Měření bylo provedeno za účelem zjištění vlivu šíření vibrací od pojezdů vlakových souprav na obytnou zástavbu na trati Blažovice - Vyškov. Přehledná situace umístění měřícího bodu je na obr. 1. Pro názornost byl uváděn grafický průběh zaznamenaných vibrací na třetinooktávových pásmech u nejvýraznějších vlakových souprav.

Měření a následné vyhodnocení hladin vibrací bylo provedeno v souladu s normou ČSN ISO 2631-2, Část 2: Vibrace v budovách. Byly měřeny jednotlivé průjezdy vlakových souprav. Z naměřených hladin byly vyloučeny vibrace produkované zdroji nesouvisející s dopravou na železničních tratích.

Vibrace byly snímány ve třech osách. Směry jednotlivých os byly zvoleny tak, že osy X a Y ležely v horizontální rovině a osa Z byla kolmá na horizontální osu (vertikální směr). Dále osa X byla rovnoběžná s osou koleje a osa Y byla kolmo na osu posuzované koleje. (viz obr. 2). Tato osová orientace platí pro všechna měření uvedená v tomto protokolu.



Obr. 2 Orientace os měření

4. Popis měřicích míst a výsledky měření

Měřicí místo M1 – Holubice 129

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku
Datum měření: 22. 5. 2018

Vybraný objekt je dvoupodlažní rodinný dům poblíž žst. Holubice. Jedná se o nejzatíženější objekt v okolí žst. Holubice. Měřicí místo se nachází ve vzdálenosti cca 8 m od osy krajní koleje. Před místem měření se na všech kolejích nacházelo tuhé upevnění kolejnic a v bezprostřední blízkosti se také nachází výhybky. Před měřeným místem je také chráněný železniční přejezd. Snímač měřicí aparatury byl umístěn na dlažbě v koupelně, která je orientovaná směrem k železnici, viz obr. 4 - 6.



Obr. 3 Letecký snímek se zákresem měřicího místa M1



Obr. 4



Obr. 5



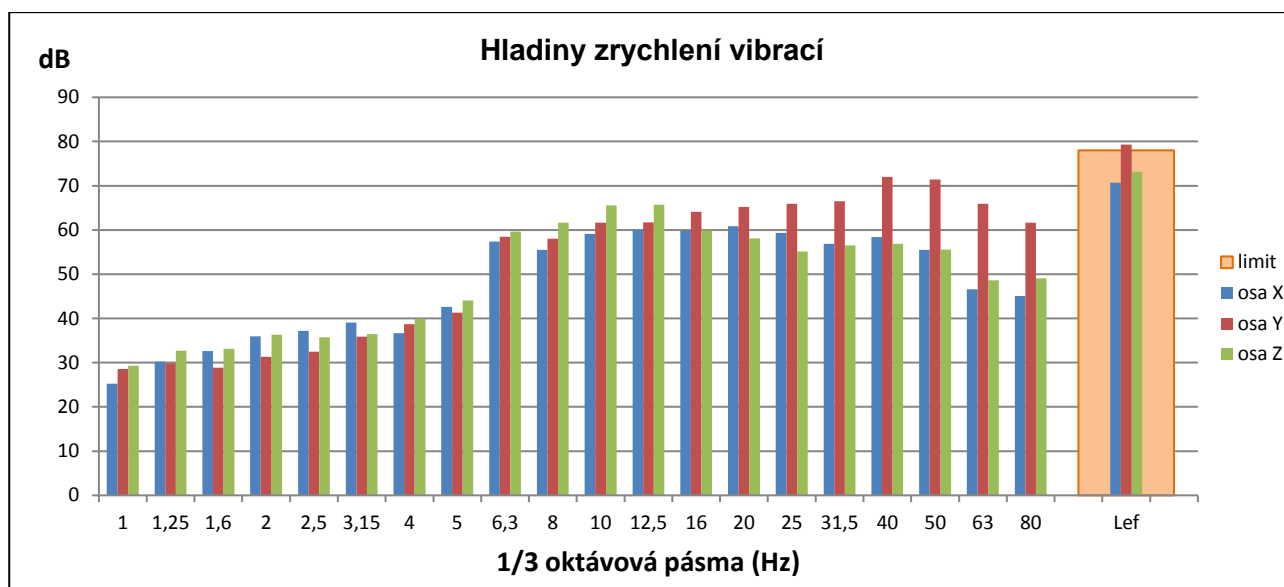
Obr. 6

Přehled zaznamenaných vlakových souprav a grafy hladin zrychlení – M1

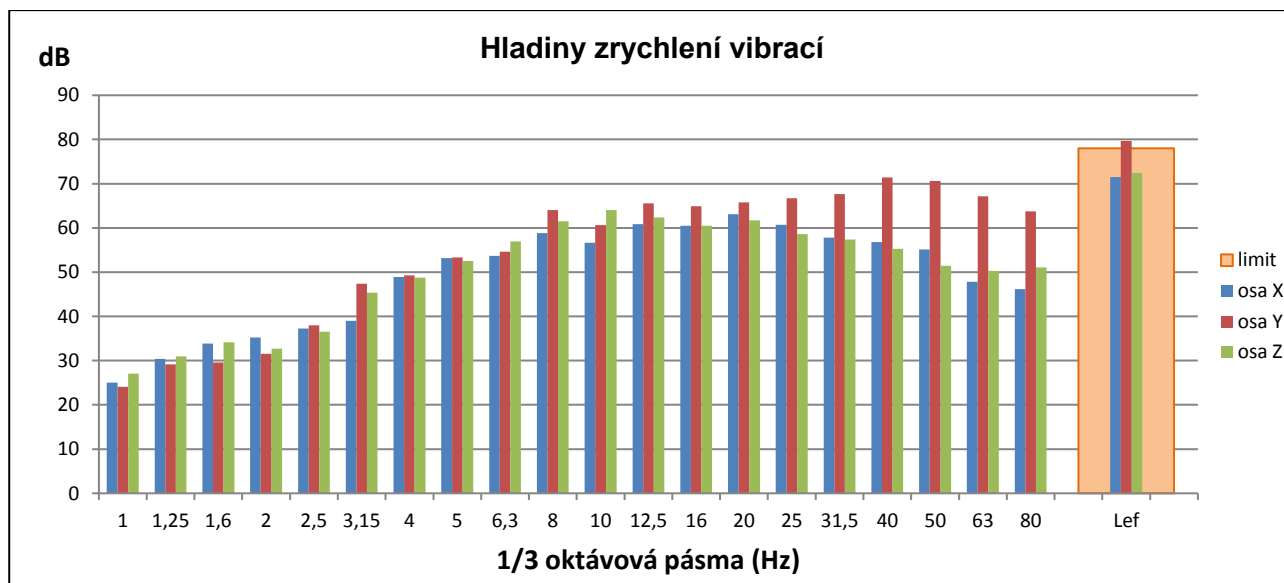
čas	druh vlaku (trakce)	počet vozů	směr	celkové naměřené hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB)			celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB) včetně přičtené nejistoty měření			limit (dB)	
				osa X	osa Y	osa Z	osa X	osa Y	osa Z	den	noc
9:32	R (E)	1+6	Křenovice	68,7	77,3	71,2	70,7	79,3	73,2	81,0	78,0
9:36	R (E)	1+6	Vyškov	65,5	74,2	67,8	67,5	76,2	69,8	81,0	78,0
9:44	R (E)	1+5	Vyškov	66,4	75,5	68,8	68,4	77,5	70,8	81,0	78,0
10:27	R (E)	1+5	Blažovice	65,6	75,0	67,4	67,6	77,0	69,4	81,0	78,0
10:46	R (E)	1+6	Blažovice	64,6	73,8	65,9	66,6	75,8	67,9	81,0	78,0
10:58	Pn (E)	1+11	Vyškov	69,5	77,7	70,4	71,5	79,7	72,4	81,0	78,0
11:41	R (E)	1+7	Vyškov	65,5	74,6	68,0	67,5	76,6	70,0	81,0	78,0
11:47	R (E)	1+5	Vyškov	66,0	74,3	69,1	68,0	76,3	71,1	81,0	78,0
12:17	R (E)	1+5	Blažovice	66,7	75,6	67,9	68,7	77,6	69,9	81,0	78,0
12:27	R (E)	1+6	Vyškov	65,4	74,5	68,4	67,4	76,5	70,4	81,0	78,0
12:36	Pn (E)	1+12	Blažovice	67,4	74,7	69,5	69,4	76,7	71,5	81,0	78,0
12:42	R (E)	1+6	Křenovice	67,8	77,1	70,3	69,8	79,1	72,3	81,0	78,0
13:28	R (E)	1+6	Vyškov	66,3	74,6	67,9	68,3	76,6	69,9	81,0	78,0
13:42	R (E)	1+5	Vyškov	66,3	75,0	69,4	68,3	77,0	71,4	81,0	78,0
13:49	Pn (E)	2+22	Blažovice	66,9	73,0	67,9	68,9	75,0	69,9	81,0	78,0
Zjištěné hladiny zrychlení vibrací pozadí				48,8	43,2	46,2	/	/	/	/	/

Vlak 9:32 R (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	25,3	30,3	32,6	35,9	37,2	39,1	36,7	42,6	57,4	55,5	59,1	60,1	59,9	60,8	59,3	56,9	58,4	55,5	46,6	45,0	70,7	78,0
Y	28,5	29,9	28,9	31,3	32,5	35,9	38,7	41,3	58,4	58,0	61,6	61,7	64,1	65,2	65,9	66,5	72,0	71,4	65,9	61,6	79,3	78,0
Z	29,3	32,7	33,1	36,3	35,8	36,5	40,0	44,1	59,6	61,7	65,5	65,7	59,9	58,1	55,2	56,5	56,9	55,6	48,6	49,1	73,2	78,0

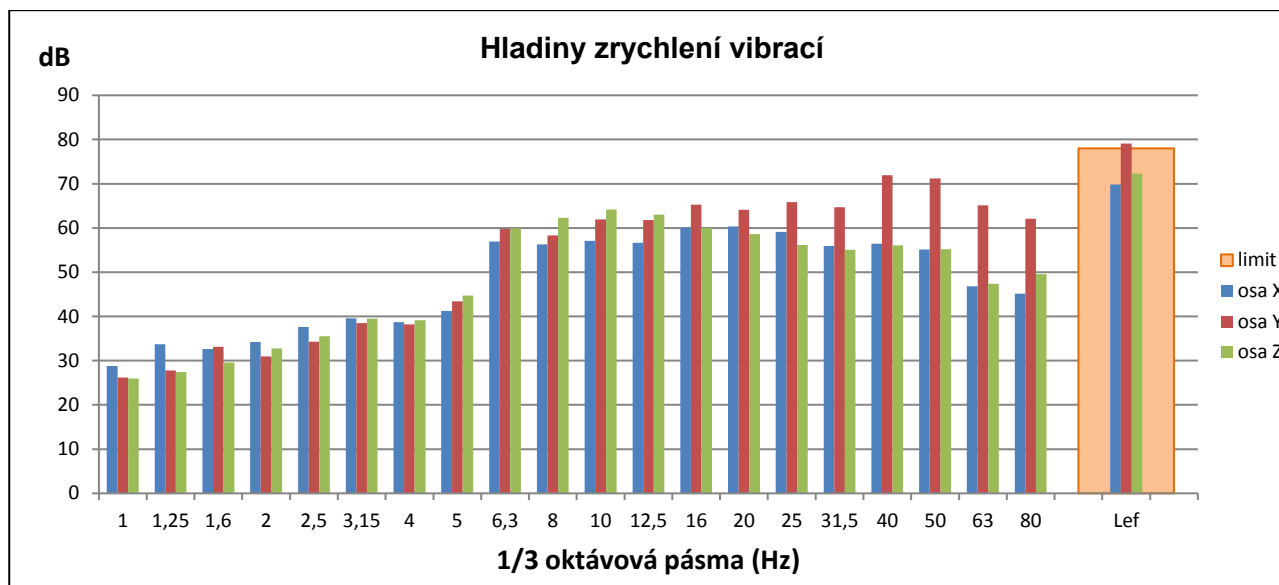
**Vlak 10:58 Pn (E)**

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	25,0	30,4	33,9	35,2	37,3	39,0	48,9	53,2	53,7	58,8	56,7	60,8	60,5	63,1	60,7	57,8	56,8	55,2	47,8	46,1	71,5	78,0
Y	24,1	29,2	29,6	31,6	38,0	47,4	49,2	53,3	54,6	64,1	60,7	65,5	64,9	65,8	66,7	67,7	71,5	70,6	67,2	63,7	79,7	78,0
Z	27,0	31,0	34,1	32,7	36,5	45,3	48,8	52,5	56,9	61,5	64,0	62,4	60,5	61,7	58,6	57,4	55,3	51,5	50,3	51,1	72,4	78,0

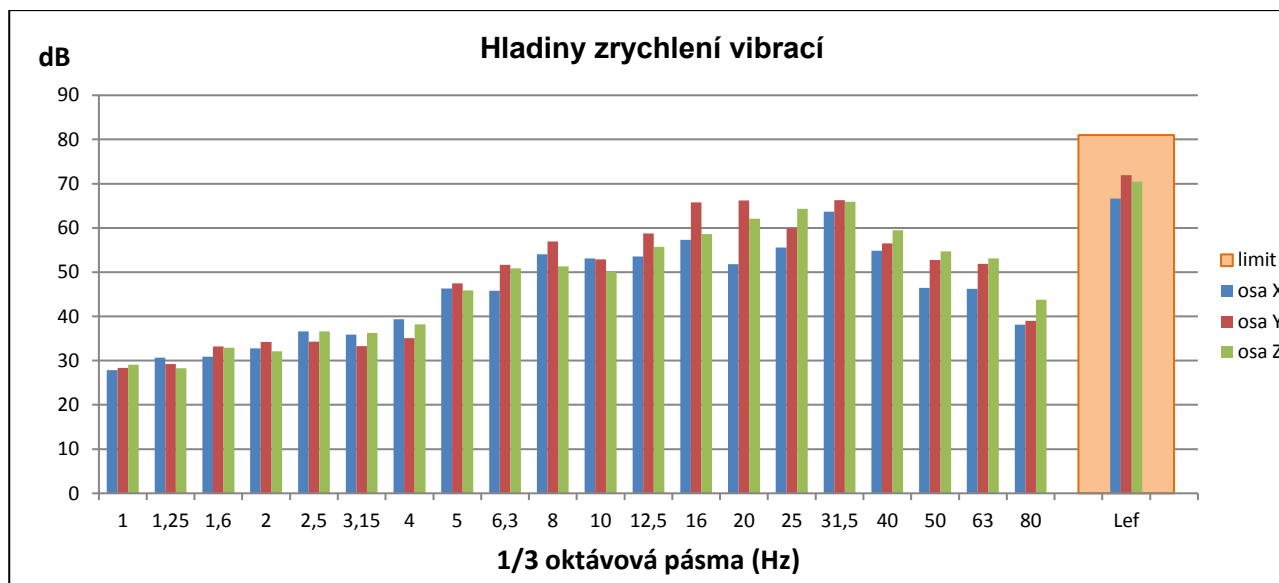


Vlak 12:42 R (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	28,8	33,7	32,6	34,2	37,6	39,5	38,7	41,2	56,9	56,3	57,1	56,7	60,0	60,3	59,2	55,9	56,5	55,1	46,8	45,2	69,8	78,0
Y	26,2	27,8	33,1	31,0	34,3	38,5	38,2	43,4	59,8	58,3	61,9	61,8	65,2	64,1	65,8	64,7	71,9	71,2	65,1	62,1	79,1	78,0
Z	26,0	27,4	29,6	32,8	35,5	39,5	39,1	44,7	59,9	62,3	64,2	63,0	60,0	58,6	56,1	55,0	56,1	55,2	47,4	49,6	72,3	78,0

**Vlak 13:49 Pn (E)**

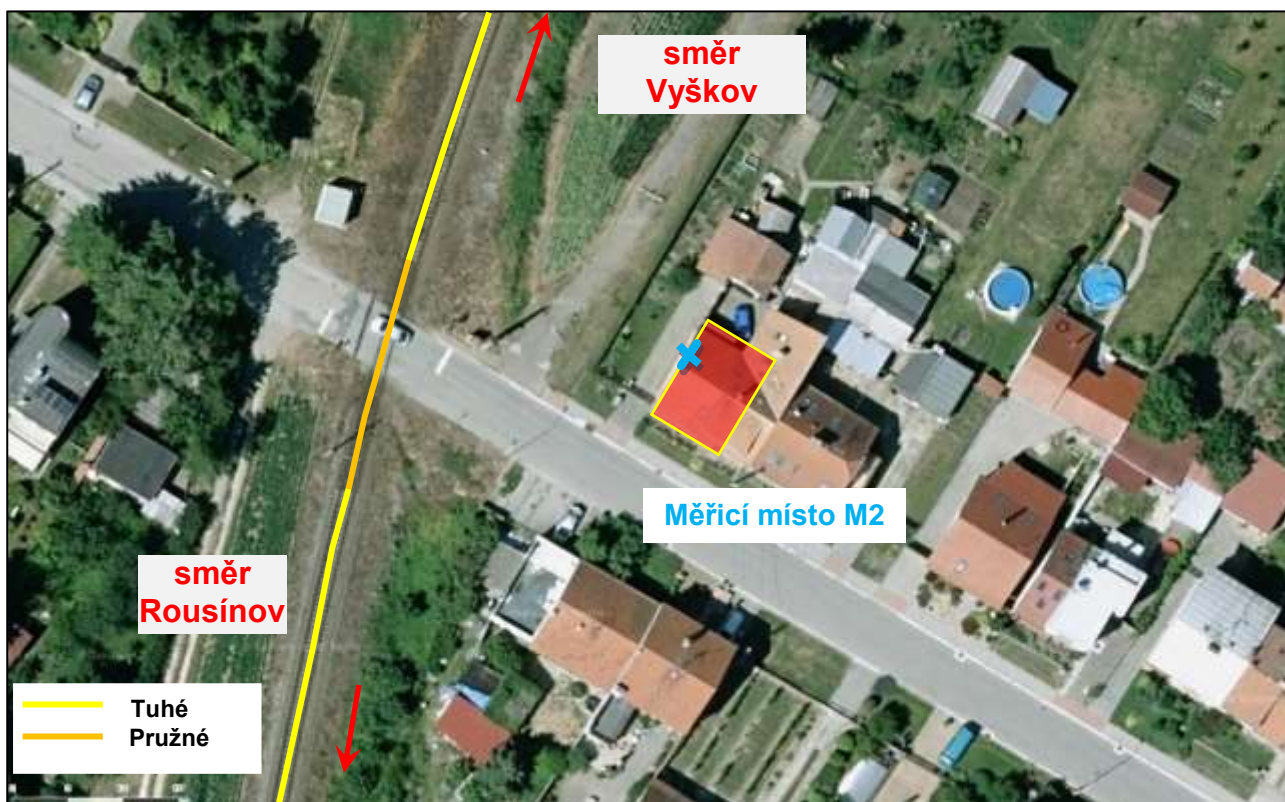
Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	27,2	30,0	35,2	35,5	35,3	39,6	47,1	57,1	61,7	55,9	53,7	56,1	57,9	56,6	53,7	51,3	51,8	49,7	45,7	46,9	68,9	78,0
Y	25,5	27,4	30,7	33,5	35,2	39,7	48,1	58,0	62,6	58,2	55,1	58,3	60,4	60,1	59,8	61,1	63,7	65,6	64,9	63,6	75,0	78,0
Z	28,8	31,7	32,1	33,6	34,2	36,7	45,9	57,2	62,6	59,9	58,6	57,1	55,5	56,7	53,7	52,8	49,4	48,3	47,7	51,2	69,9	78,0



Měřicí místo M2 – Čsl. Armády 400/56, Rousínov

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku
Datum měření: 12. 6. 2018

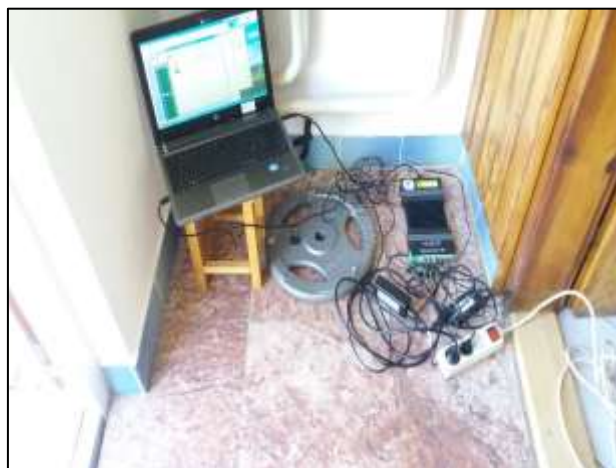
Vybraný objekt je rodinný dům v Rousínově. Měřicí místo se nachází ve vzdálenosti cca 31 m od osy krajní koleje. Před místem měření se na koleji nacházelo částečně tuhé a částečně pružné bezpodkladnicové uchycení kolejnic (viz obr. 7). Před měřeným místem je také chráněný železniční přejezd. Snímač měřicí aparatury byl umístěn na dlažbě v chodbě, která je orientovaná směrem k železnici.



Obr. 7 Letecký snímek se zákresem měřicího místa M2



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10



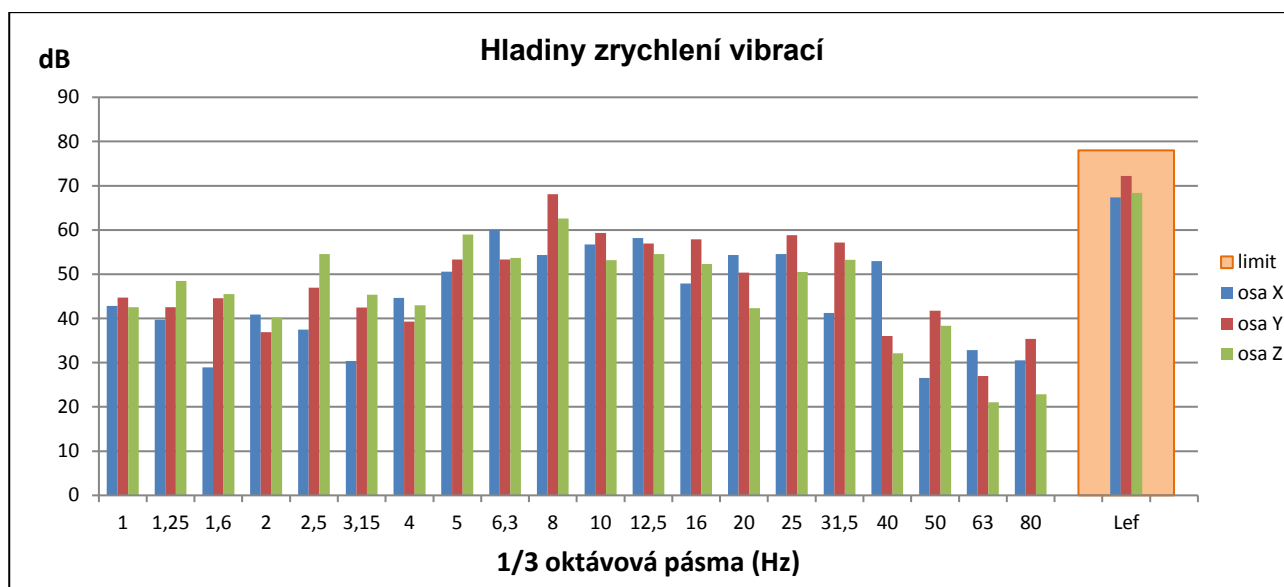
Obr. 11

Přehled zaznamenaných vlakových souprav a grafy hladin zrychlení – M2

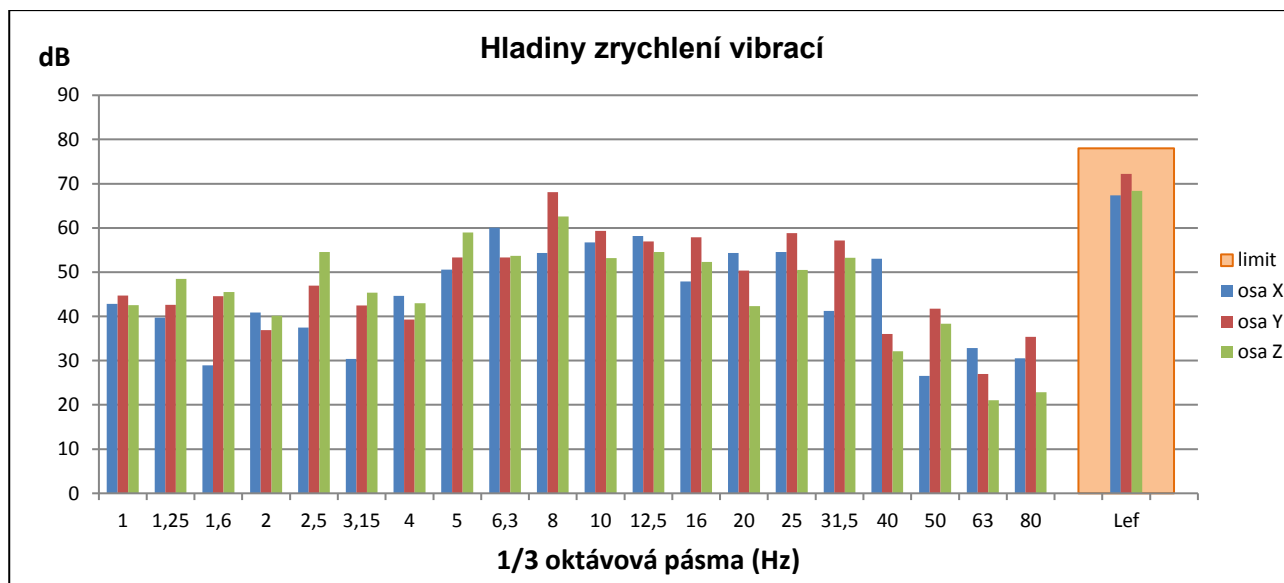
čas	druh vlaku (trakce)	počet vozů	směr	celkové naměřené hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB)			celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB) včetně přičtené nejistoty měření			limit (dB)	
				osa X	osa Y	osa Z	osa X	osa Y	osa Z	den	noc
11:29	R (E)	1+7	Vyškov	61,9	65,6	63,1	63,9	67,6	65,1	81,0	78,0
11:38	R (E)	1+6	Vyškov	64,2	68,6	64,5	66,2	70,6	66,5	81,0	78,0
12:17	Pn (E)	1+22	Rousínov	65,4	70,2	66,3	67,4	72,2	68,3	81,0	78,0
12:27	R (E)	1+5	Vyškov	60,6	64,6	62,2	62,6	66,6	64,2	81,0	78,0
12:35	R (E)	1+5	Rousínov	62,9	66,7	64,1	64,9	68,7	66,1	81,0	78,0
12:40	R (E)	1+6	Rousínov	60,0	63,5	61,1	62,0	65,5	63,1	81,0	78,0
13:28	R (E)	1+16	Vyškov	61,8	65,3	61,7	63,8	67,3	63,7	81,0	78,0
13:44	Pn (E)	2+22	Vyškov	62,3	66,5	63,6	64,3	68,5	65,6	81,0	78,0
13:49	R (E)	1+6	Rousínov	60,0	63,6	62,0	62,0	65,6	64,0	81,0	78,0
14:29	Pn (E)	2+18	Rousínov	61,6	65,5	62,2	63,6	67,5	64,2	81,0	78,0
14:45	R (E)	1+5	Vyškov	61,4	65,9	63,2	63,4	67,9	65,2	81,0	78,0
Zjištěné hladiny zrychlení vibrací pozadí				46,3	44,8	45,5	/	/	/	/	/

Vlak 11:38 R (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	39,8	34,7	40,0	32,9	32,5	33,4	41,6	50,6	59,0	49,3	48,7	60,2	44,9	42,3	44,5	55,3	44,0	38,5	31,8	23,5	66,2	78,0
Y	44,7	39,6	39,5	47,9	39,0	37,4	42,3	50,3	53,4	67,1	54,4	48,9	59,9	47,4	46,9	47,1	50,1	32,7	39,0	34,4	70,6	78,0
Z	42,6	45,5	40,5	51,2	46,6	40,3	46,0	56,0	53,7	61,6	48,2	46,6	54,3	39,4	38,5	43,2	46,1	29,3	33,1	21,8	66,5	78,0

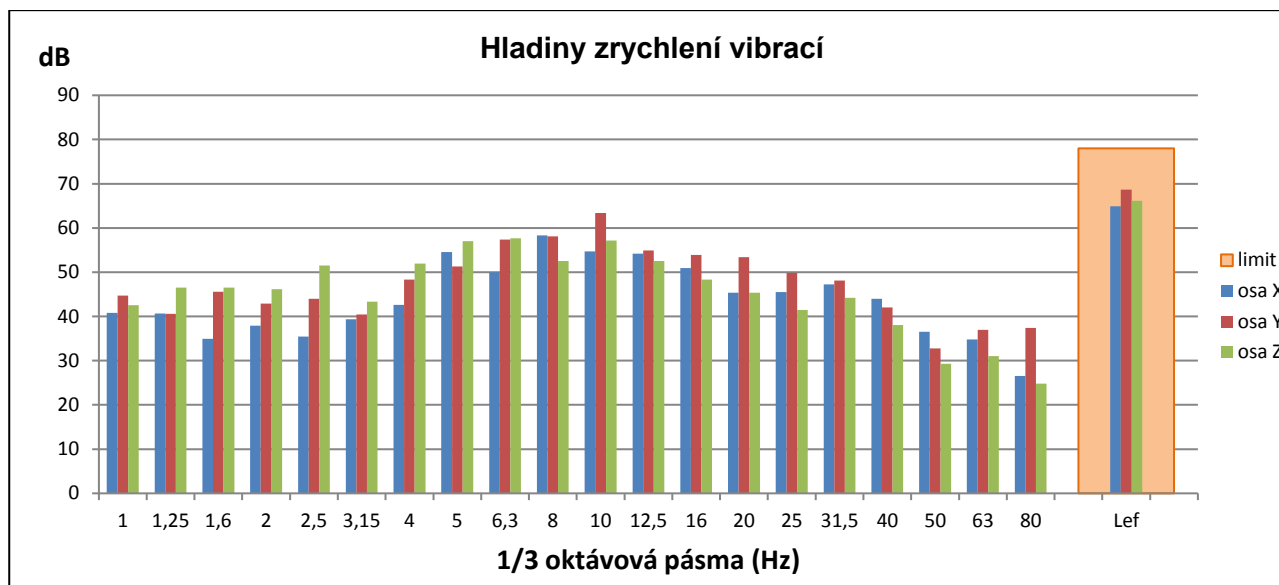
**Vlak 12:17 Pn (E)**

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	42,8	39,7	29,0	40,9	37,5	30,4	44,6	50,6	60,0	54,3	56,7	58,2	47,9	54,3	54,5	41,3	53,0	26,5	32,8	30,5	67,4	78,0
Y	44,7	42,6	44,5	36,9	47,0	42,4	39,3	53,3	53,4	68,1	59,4	56,9	57,9	50,4	58,9	57,1	36,1	41,7	27,0	35,4	72,2	78,0
Z	42,6	48,5	45,5	40,2	54,6	45,3	43,0	59,0	53,7	62,6	53,2	54,6	52,3	42,4	50,5	53,2	32,1	38,3	21,1	22,8	68,3	78,0

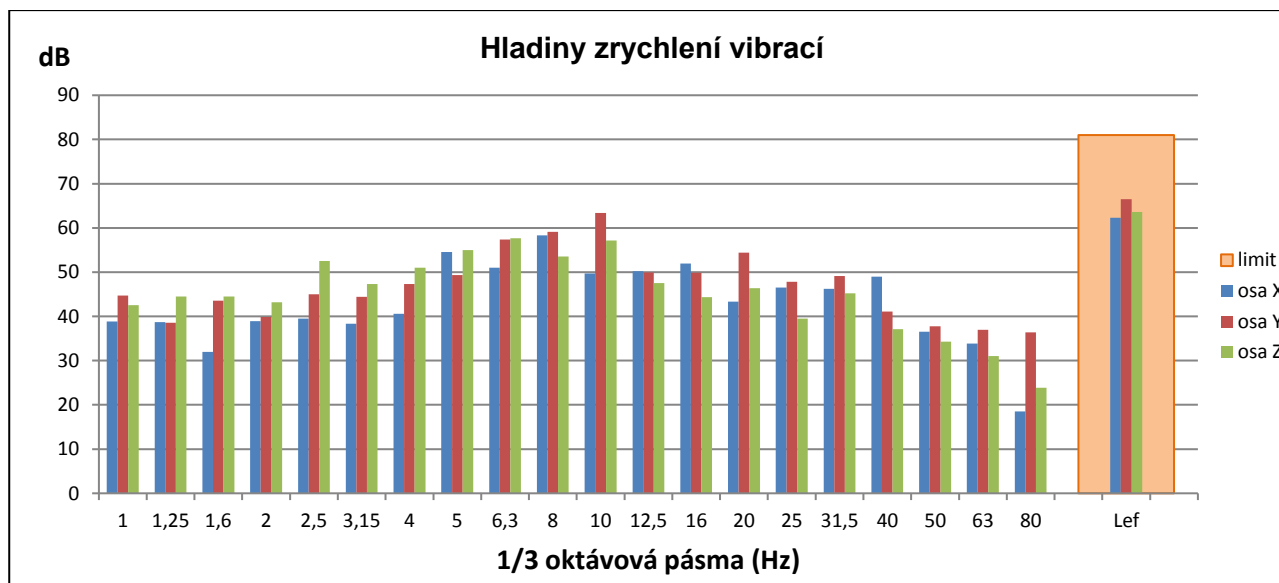


Vlak 12:35 R (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	40,8	40,7	35,0	37,9	35,5	39,4	42,6	54,6	50,0	58,3	54,7	54,2	50,9	45,3	45,5	47,3	44,0	36,5	34,8	26,5	64,9	78,0
Y	44,7	40,6	45,5	42,9	44,0	40,4	48,3	51,3	57,4	58,1	63,4	54,9	53,9	53,4	49,9	48,1	42,1	32,7	37,0	37,4	68,7	78,0
Z	42,6	46,5	46,5	46,2	51,6	43,3	52,0	57,0	57,7	52,6	57,2	52,6	48,3	45,4	41,5	44,2	38,1	29,3	31,1	24,8	66,1	78,0

**Vlak 13:44 Pn (E)**

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	38,8	38,7	32,0	38,9	39,5	38,4	40,6	54,6	51,0	58,3	49,7	50,2	51,9	43,3	46,5	46,3	49,0	36,5	33,8	18,5	62,3	78,0
Y	44,7	38,6	43,5	39,9	45,0	44,4	47,3	49,3	57,4	59,1	63,4	49,9	49,9	54,4	47,9	49,1	41,1	37,7	37,0	36,4	66,5	78,0
Z	42,6	44,5	44,5	43,2	52,6	47,3	51,0	55,0	57,7	53,6	57,2	47,6	44,3	46,4	39,5	45,2	37,1	34,3	31,1	23,8	63,6	78,0



5. Závěr

Dle Nařízení vlády č. 272/2011 § 18 je dán hygienický limit vibrací za dobu jejich působení v chráněných vnitřních prostorech staveb vyjádřený průměrnou váženou hladinou zrychlení vibrací $L_{aw,T} = 75$ dB a korekcí podle přílohy č. 5 pro obytné místnosti. Pro denní dobu je korekce + 6 dB a pro noc + 3 dB.

Protože lze předpokládat, že průjezd vlakových souprav se projevuje stejně v denní i noční době, lze naměřené hodnoty porovnávat s hygienickým limitem platným pro denní dobu (81 dB), tak i limitem pro noční dobu (78 dB).

Nejistota měření pro zjištěné hladiny vibrací byla stanovena $\pm 2,0$ dB.

Měřicí místo M1 – Holubice 129

Výsledné hodnoty některých průjezdů vlakových souprav prokazatelně nesplňují hygienický limit pro noční dobu. Jedná se především o rychle jedoucí rychlíky ve směru na Křenovice (soupravy dosahují rychlosti přes 90 km/h) a nákladní vlak o rychlosti cca 75 km/h.

Měřicí místo M2 – Čsl. Armády 400/56, Rousínov

Výsledné hodnoty prokazatelně splňují hygienický limit pro denní i noční dobu.

6. Poznámky a vysvětlivky

Označení druhů vlaků :

<i>Os</i>	<i>osobní vlak (klasická souprava tvořená lokomotivou a přívěsnými vozy)</i>
<i>R</i>	<i>rychlík (klasická souprava tvořená lokomotivou a přívěsnými vozy)</i>
<i>MOs</i>	<i>osobní vlak (souprava je tvořena ucelenou jednotkou s čelními motorovými a řídícími vozy a vloženými přívěsnými vozy)</i>
<i>Pn</i>	<i>průběžný nákladní vlak</i>
<i>Mn</i>	<i>manipulační vlak</i>
<i>Lv</i>	<i>lokomotivní vlak (vlak tvořený pouze jednou či více lokomotivami)</i>
<i>Prac</i>	<i>souprava pracovního vlaku (lokomotiva se speciálními vozy)</i>

J.3

V i b r a c e

Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice

přípravná dokumentace

INVESTOR:

SŽDC, s.o.
Stavební správa Praha
Sokolovská 278/1955
100 00 Praha 1

PROJEKTANT:

SUDOP Brno, s.r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

PROFESNÍ GARANT STUDIE:

Ing. Irena Bártová

listopad 2009

Zpracovatelé studie:

Ing. Irena Bártová – odborný garant
Ing. Petr Vrána – měření vibrací, výpočtová část
Aqua Enviro s.r.o., - výpočtová část Ivanovice na Hané

Obsah:

1. Úvod	3
2. Přehledná situace	4
3. Geologie a popis území	5
4. Vstupní údaje	7
5. Hygienické limity	8
6. Výpis z protokolu o měření	8
7. Stanovení kritické vzdálenosti	9
8. Vyhodnocení a návrh opatření	10
9. Obecné a technické požadavky na AVR	12
10. Vliv procesu výstavby	14
11. Shrnutí a závěr	15

Samostané přílohy:

Protokol o měření vibrací
Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu - Ivanovice na Hané

1. Úvod

Předkládaná studie **Vibrace** je zpracována jako součást přípravné dokumentace akce **Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice**

Předmětem řešení je úsek trati č. 300 Brno-Přerov, č. 300 a 340 v úsecích **nžkm 23,795 – 61,100**. Celková délka pojednávaného úseku je cca 37 km. Kabelové výběhy bez vibračních účinků zasahují za uvedené hranice stavby: směrem z Nezamyslic do Pivína a Němčic a směrem z Holubic do Křenovic horního nádraží a do Slavkova.

Účelem studie je návrh omezení vlivu vibrací z provozu železnice na přilehlou obytnou zástavbu.

Sílící tlaky veřejnosti na ochranu životního prostředí způsobují, že se do popředí pozornosti dostávají všechny dopady, které životní prostředí ovlivňují. Součástí těchto celkových dopadů jsou i vibrace šířící se zemí jako součást znečištění životního prostředí. Šíření vibrací je výslednicí působení jednak zdroje, jednak skladby prostředí ve kterém se vibrace šíří, a vibrace šířící se zemí ze železničního provozu nejsou mnohdy zanedbatelné, i když tento druh dopravy je všeobecně považován za šetrný k životnímu prostředí.

Vibrace vznikají jako mechanické chvění způsobené průjezdem vlaku po koleji a přenášejí se podložím do obytné zástavby. Na průběh šíření vibrací má zásadní vliv geotechnická charakteristika podloží, parametry zdroje (typ, hmotnost, rychlost vlakové soupravy), technický stav železniční trati, stav obytného objektu (typ konstrukce, stáří).

Zejména vliv na obyvatele žijící v těsné blízkosti trati je klíčový a je nezbytné normalizovat efektivní postupy pro aplikaci příslušných antivibračních opatření. Spolu se změnou skladby v navrhovaném provozu je možno uvažovat i s postupnou modernizací vozového parku, zvláště u dopravy nákladní. Zde je předpoklad nejen nasazení podvozků s lepším odpružením, ale i s lepším technickým stavem vozového parku.

Pro ověření stávajícího stavu vibračních účinků provozu po železniční trati byla provedena ověřovací měření vibrací v Holubicích, Rousínově, Vyškově a Nezamyslicích, která prokázala překročení limitních hodnot na většině měřených objektů. Protokoly o měření jsou doloženy separátní přílohou.

Samostatnou kapitolu předkládané práce tvoří problematika nadlimitní expozice vibracemi obytné zástavby v Ivanovicích na Hané. Na základě stížností obyvatel byla opakovaným měřením potvrzena nadlimitní expozice vibracemi na nejbližší skupině rod. domů při trati a následně byly v příslušném úseku trati provedeny stavební úpravy. I přes částečné snížení vibrační zátěže se nepodařilo dosáhnout splnění limitních hodnot, a je předmětem řešení předkládané práce navrhnout potřebná opatření k dosažení normového stavu.

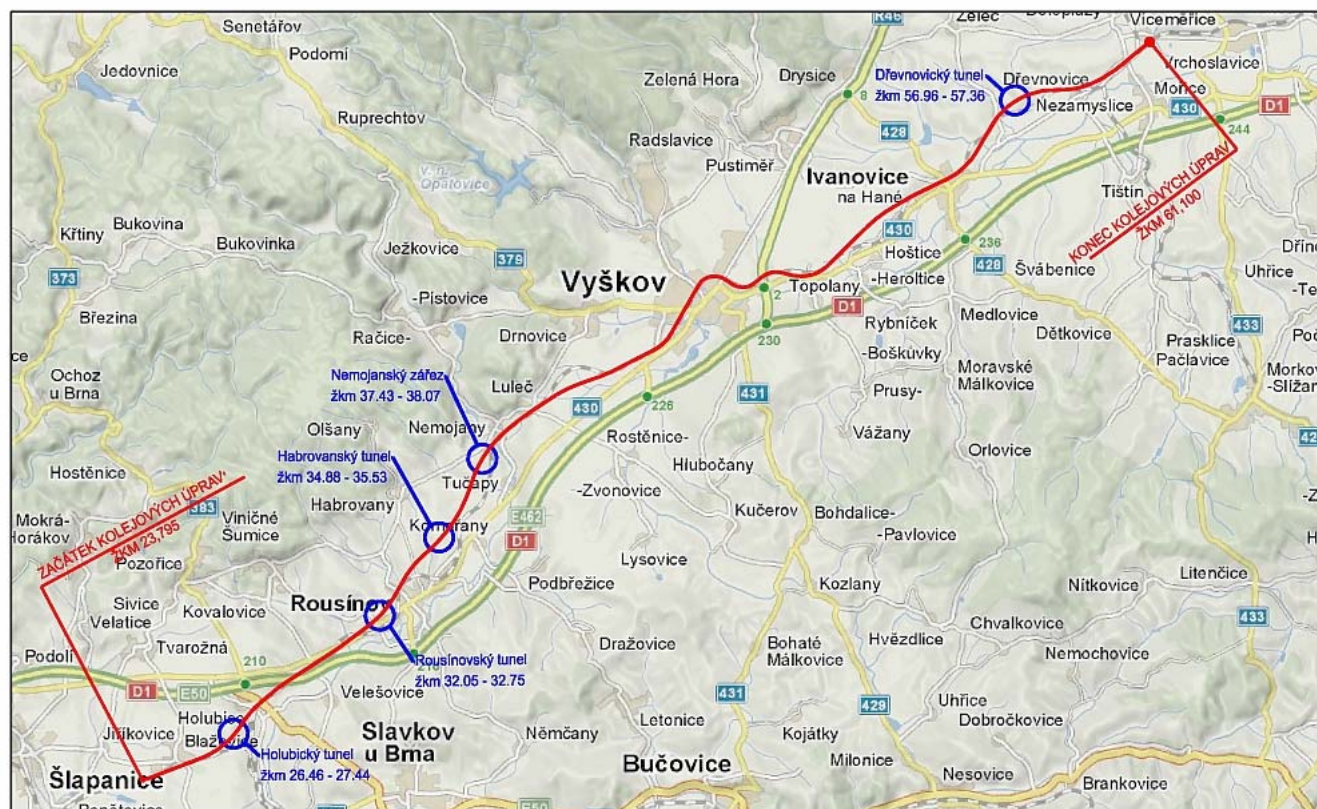
Opatření jsou navrhována a dimenzována na příspěvek, který souvisí s provozem po železniční trati.

2. Přehledná situace

Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice

Přehledná situace

M 1:150 000



3.Geologie a popis území

Geomorfologie

Podle orografického členění (internetový portál gov.cz) náleží zájmové území k celkům Dyjsko-svrateckého úvalu, Vyškovské brány a Litenčické pahorkatiny, konkrétně k podcelkům Bučovické pahorkatiny, Ivanovické pahorkatiny Pracké pahorkatiny a Rousínovské brány. Trasa probíhá v nadmořské výšce 450 – 305 m.n.m.

Geologické poměry

Geologické poměry se v předmětném území navzájem příliš neliší: předkvartérní půdní podklad tvoří neogenní, mořské sedimentární horniny. Novými vrtnými pracemi i archivními sondami byly zastíženy pouze jílovité sedimenty – pevné jíly, místy prachovité, ojediněle slabě jemně písčité. Z hlediska regionální geologie jsou výše uvedené horniny součástí terciéru karparské předhlubně – konkrétně se jedná o vápnité jíly spodnobádenského stáří šedé až šedohnědé barvy, svrchu místy tuhé až pevné konzistence, které směrem do hloubky nabývají konzistence pevné až tvrdé. Při vyšším obsahu vápnité složky v nich bývají vápnité konkrece a povlaky, svrchní polohy místy obsahují drobné černé manganové konkrece milimetrových rozměrů. Ojediněle pak mohou být v souvrství zastíženy i jemnozrnné až středně zrnité písky s hojnou prachovitou, jemně vápnitou příměsí. Písky v souvrství jílu vytváří nepravidelná, plošně nevýznamná tělesa malých rozměrů a mocností.

Kvartérní pokryv je tvořen převážně eolickodeluviálními, eolickými a fluviálními sedimenty, v menší míře jsou zastoupeny i antropogenní sedimenty – navážky. Celková mocnost kvartérního pokryvu se pohybuje v trase navrhované přeložky v rozmezí od cca 2,9 až více než 10 m.

Fluviální sedimenty vyplňují erozní rýhy místních vodotečí a pramenné mísy. Jsou zastoupeny převážně jíly, jílovitými hlínami, písčitými hlínami a písčitými jíly, často s příměsí organických látek.

Eolické sedimenty jsou zastoupeny převážně jílovitoprachovými (F6/CL, CI, F5/MI až F4/CS), vápnitými zeminami tuhé až pevné konzistence. Jedná se o zeminový materiál transportovaný a na příhodných místech ukládaný větrem.

Eolickodeluviální sedimenty jsou reprezentovány převážně jílovitoprachovitými zeminami (F6/CL, CI, F7/MH, MV) až jíly (F8/CH, CV, ojediněle i CE). Původně se jedná o spraše které byly částečně redeponovány vodním ronem, pomalými svahovými pohyby a případně pohyby i rychlejšími. Při bázi mohou tyto sedimenty obsahovat i hojnou drobnou příměs úlomků okolních podložních hornin, případně příměs písčitou. Jedním z vrtů byla zastížena ulehlejší až pevnější jílovitý písek mocná cca 0,6m.

Fluviální sedimenty holocénního stáří se v zájmovém území vyskytují v nejbližším okolí stávajících vodních toků i toků občasných. Zpravidla se jedná o jemnozrnné hlinitopísčité, jílovitopísčité a hlinitojílovité sedimenty, lokálně s občasnou štěrkovitou příměsí, místy s příměsí organických zbytků. Zeminy jsou převážně tuhé, v blízkosti toků až měkké konzistence. Podle ČSN 73 1001 je lze zařadit do tříd F3/MS – hlína písčitá, F4/CS – jíl písčitý, F5/ML,MI až F6/CL,CI - hlína s nízkou/ střední plasticitou až jíl s nízkou/ střední plasticitou. Ojediněle mohou být tyto zeminy (při vyšším podílu štěrkovité frakce) klasifikovány jako hlinité G4/GM až jílovité G5/GC štěrky.

Navážky o různém složení a mocnosti se vyskytují v tělesech místních komunikací, zejména v železničním tělese a v zásypech stáv. inženýrských sítí. Jedná se převážně o písčité a štěrkovitý materiál, překopané místní zeminy, stavební odpad a živici.

Ivanovice na Hané

Předkvartérní podloží v zájmovém úseku v km 54.125 – 54.478 nového staničení (km 55.800-56.200 ev.km) je tvořeno neogenními vápnitými jíly s občasnými vložkami písků spodního tortonu.

Vrtem M54.125 (realizovaným u mostu v km 54.125 nového staničení) byly od úrovně 3.6 m p.t. (224.8 m n.m.) ověřeny neogenní vápnité jíly s vysokou plasticitou, od hloubky 10.0 m p.t. (218.4 m n.m.) pak jíly s velmi vysokou plasticitou pevné konzistence. Vrtem P54.478 (realizovaným u propustku v km 54.478 nového staničení) byly od úrovně 7.6 m p.t. (224.8 m n.m.) ověřeny rovněž neogenní vápnité jíly s vysokou plasticitou pevné konzistence.

Kvartérní sedimenty tvoří (odshora):

- jíly s nízkou plasticitou (sprášení), (F6 CL), tmavě žluté, tuhé konzistence, ověřené vrtem P54.478 do úrovně 4.2 m p.t. (228.2 m n.m.)
- jíly se střední plasticitou, (sprášení až sprašovými hlínami) (F6 CI), tmavě žluté, tuhé konzistence, ověřené vrtem M54.125 v úrovni 226.6 – 224.8 m n.m. a vrtem P54.478 v úrovni 228.2 – 224.8 m n.m.

Hladina podzemní vody byla naražena vrtem M54.125 v hloubce 9.0 m. p.t., tj. na úrovni 219.4 m n.m. Hladina podzemní vody je zde vázána na ojedinělé polohy písků v neogenních jílech. Vrtem P54.478 nebyla hladina podzemní vody ověřena.

Fyzikálně-mechanické vlastnosti základových půd (jednotlivých geotechnických typů) jsou uvedeny níže v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín

Zemina (GT – typ)	Typ I jíly s nízkou plasticitou, tuhé	Typ II jíly se střední plasticitou, tuhé	Typ III jíly s vysokou plasticitou, pevné	Typ IV jíly s velmi vysokou plasticitou, pevné
ČSN 731001	F6CL	F6 CI	F8 CH	F8 CV
Index plasticity I_p (%)	12.0	11.0 - 15.0	41.8	45.9
Stupeň konzistence I_c	0.90	0.77 – 0.95	1.10	1.10
Relativní hutnost I_d ()	-	-	-	-
Objemová tíha γ (kN.m ⁻³)	21.0	21.0	20.5	20.5
Efekt.úhel vnitřního tření ϕ_{ef} (°)	19	19	15	15
Efekt. soudržnost c_{ef} (kPa)	12	12	10	10
Totální úhel vnitřního tření ϕ_u (°)	0	0	0	0
Totální soudržnost c_u (kPa)	50	50	80	80
Modul přetvárnosti E_{def} (MPa)	5	5	5	5
Poissonovo číslo ν ()	0.40	0.40	0.42	0.42
R_{dt} (kPa)	100	100	160	160

Pozn.: V tabulce jsou uvedeny směrné charakteristiky dle ČSN 73 1001, s ohledem na výsledky rozborů zemín. Zvýrazněny jsou průkazné hodnoty laboratorních zkoušek

provedených na tomto objektu. Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} platí pro soudržné zeminy (jíly) pro hloubku založení 0.8 -1.5 m a pro šířku základu ≤ 3.0 m.

V zájmovém úseku bylo realizováno šest penetračních sond, a to jak v tělese násypu cca 3 až 4 m od osy, tak i u jeho paty. Výsledky odpovídají dokumentaci inženýrsko-geologických vrtů M54.125 a P54.478. Lze konstatovat že těleso násypu a jeho podloží je zde tvořeno sprášenými sprašovými hlínami, které dle ČSN 73 1001 spadají do třídy F6 CI, popřípadě F6 CL, jíly se střední (nízkou) plasticitou tuhé konzistence. Jedna ze sond vykazuje pravděpodobný přechod k miocénním jílům, které mají pevnou konzistenci.

Hodnoty počtu úderů a měrného dynamického odporu jsou obsaženy v protokolech doložených v části projektu J – průzkumy, pod kap. J.1 – Geotechnický a stavebně-technický průzkum

4. Vstupní údaje

Výhledová doprava je převzata z části příslušného projektu Dopravní technologie v následující skladbě:

Výhledová doprava - počet vlaků za 24 hodin (pracovní den)

Traťové úseky	Směr	HST	R	S p	Os	Rn Vn Pn	Mn	Celkem	
Prostějov – Nezamyslice	Z-K		17		20		2	39	78
	K-Z		17		20		2	39	
Kojetín – Nezamyslice	Z-K	17	29		20	16		82	164
	K-Z	17	29		20	16		82	
Nezamyslice – Vyškov n.M.	Z-K	17	46		15	16	2	96	192
	K-Z	17	46		15	16	2	96	
Vyškov n.M. – Blažovice	Z-K	17	46		27	16	1	107	214
	K-Z	17	46		27	16	1	107	
Slavkov u Brna - Blažovice	Z-K			15	24	1	1	41	82
	K-Z			15	24	1	1	41	
Blažovice – Odb.B.Černovice	Z-K	17	46	15	51	19	4	152	304
	K-Z	17	46	15	51	19	4	152	
Odb.B.-Černovice - Brno hl.n.	Z-K	17	46	15	51			129	258
	K-Z	17	46	15	51			129	

Z-K směr od začátku trati ke konci, K-Z směr od konce trati k začátku. Začátek trati je v Přerově, konec trati je v Nezamyslicích. Úsek Holubice - Křenovice h.n. je bez pravidelné drážní dopravy.
HST - vysokorychlostní vlak

Veškeré spoje jsou vedeny pod trakcí elektrickou s výjimkou tů Blažovice, kde dochází k souběhu předmětné trati s tratí Brno-Veselí n.Mor., kde jsou vedeny nákladní vlaky pod trakcí nezávislou.

Spolu se změnou skladby v navrhovaném provozu je možno uvažovat i s postupnou modernizací vozového parku, zvláště u dopravy nákladní. Zde je předpoklad nejen nasazení podvozků s lepším odpružením, ale i s lepším technickým stavem vozového parku.

5. Hygienické limity

Ochranu obyvatelstva před účinky vibrací upravuje zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., které stanoví hygienické limity vibrací.

Podle tohoto Nařízení vlády je základní hygienický limit vibrací za dobu jejich působení T pro chráněné vnitřní prostory vyjádřený průměrnou váženou hladinou zrychlení vibrací $L_{aw,T} = 71 \text{ dB}$. Tento limit se vztahuje na horizontální a vertikální vibrace v místě pobytu osob a na dobu působení zdroje. V závislosti na denní době a typu chráněného prostoru se přičítají korekce:

obytná místnost, den: + 6 dB

obytná místnost, noc: + 3 dB

Pak platí následující hygienický limit:

den: $L_{aw,T} = 77 \text{ dB}$

noc: $L_{aw,T} = 74 \text{ dB}$

6. Výpis z protokolů o měření vibrací

Měření byla provedena na obytné zástavbě situované v OPD v obcích Holubice, Rousínov, Vyškov a Nezamyslice, a prokázalo překročení limitních hodnot na všech měřicích místech. V Holubicích byly obytné objekty čp. 129, čp. 224, č.p.151, č.p. 153 voleny tak, aby bylo možno sledovat pokles hladiny zrychlení vibrací v závislosti na vzdálenosti od trati.

Měřeno zde bylo vždy 20 průjezdů, z toho překročení limitu bylo zjištěno

Bod měř	Lokalizace zástavby	Vzdál koleje	Počet překročení
1	Holubice 129	15m	1 R, 1 N, 1 Lv
2	Holubice 224	39m	1 R
3	Holubice 151	56m	5 R, 1 Lv
4	Holubice 153	82m	1 R

zdrojem nadlimitních vibrací byly jednoznačně rychlíky, výjimečně nákladní vlak.

Přehled maximálních naměřených hodnot L_{ef} /dB/

Bod měř	Lokalizace zástavby	Vzdál koleje	X	Y	Z	Vysvětlivky
1	Holubice 129	15m	84,6	78,7	87,4	Nejistota měření $\pm 2 \text{ dB}$
2	Holubice 224	39m	76,6	78,2	79	XX,X – hodnota > noční limit, nebo je v pásmu nejistoty měření
3	Holubice 151	56m	72,6	75	76,4	
4	Holubice 153	82m	71,3	71	73,1	
5	Rousínov ČSL. Armády 56	35m	70,8	73,3	73,3	
6	Vyškov, Hrnčířská 33/197	37m	73,2	72,8	74,8	
7	Nezamyslice, Nádražní 117	17m	78,6	75,2	82,2	

7. Stanovení kritické vzdálenosti

Následující stanovení kritické vzdálenosti vychází z předpokladu zachování spodní stavby v úsecích průchodu obcemi, tzn. tam kde nová trať sleduje stávající stopu. Předpokládá se zde položení nového kolejového svršku s pružným upevněním na obvyklém kolejovém loži z hutněného štěrku na hutněné minerální směsi. V širé trati v nové stopě bude třeba vybudovat spodek nový s rozdílnými geomechanickými vlastnostmi a jinými zákonitostmi šíření vibrací, zde však obytná zástavba nemá být situována.

Prověření stávajícího stavu vibrací šířených z dopravy bylo provedeno měřením v lokalitě Holubice. Měření byla provedena na chráněných objektech za účelem určení závislosti poklesu hladin zrychlení na vzdálenosti od zdroje, měřicí body byly zvoleny v téže kilometrůžce ve vzdálenostech 15m, 39m, 56m a 82m od koleje.

Následně byla výpočtově stanovena zóna nadlimitních vibrací v měřeném profilu, vyhledána kritická vzdálenost z průběhu šíření vibrací a pak stanovena zóna nadlimitních vibrací. Nejvyšší hodnoty zrychlení vibrací byly zjištěny vertikální, tj. ve směru osy Z, proto do výpočtů byly zahrnuty výsledky měření pro tuto osu.

Pro kritickou vzdálenost byla limitní hladina $L_{aw,T} = 71 + 3 = 74$ dB pro noc korigována nejistotou měření ± 2 dB a o předpokládané zlepšení vlivem rekonstrukce + 5 dB

Graf poklesu vážené hladiny zrychlení vibrací a poloha limitní hladiny vůči zdroje vymezuje kritickou vzdálenost 42 m od průjezdných kolejí 1a 2.

Nejvyšší hodnoty zrychlení vibrací byly zjištěny nejčastěji vertikální, tj. ve směru osy Z, proto byly promítnuty do výpočtů výsledky měření pro tuto osu.

Predikce polohy kritické vzdálenosti byla odvozena z původního vztahu dle Nakamichi 2003

$$L = L_0 - 20 \log (x/x_0)^A - 8,7 * B * (x - x_0)$$

tento vztah je upraven na základě zkušeností z předchozích železničních staveb:

$$L = A + B * \ln(X)$$

kde

L..... průměrná vážená hladina zrychlení vibrací v ose Z

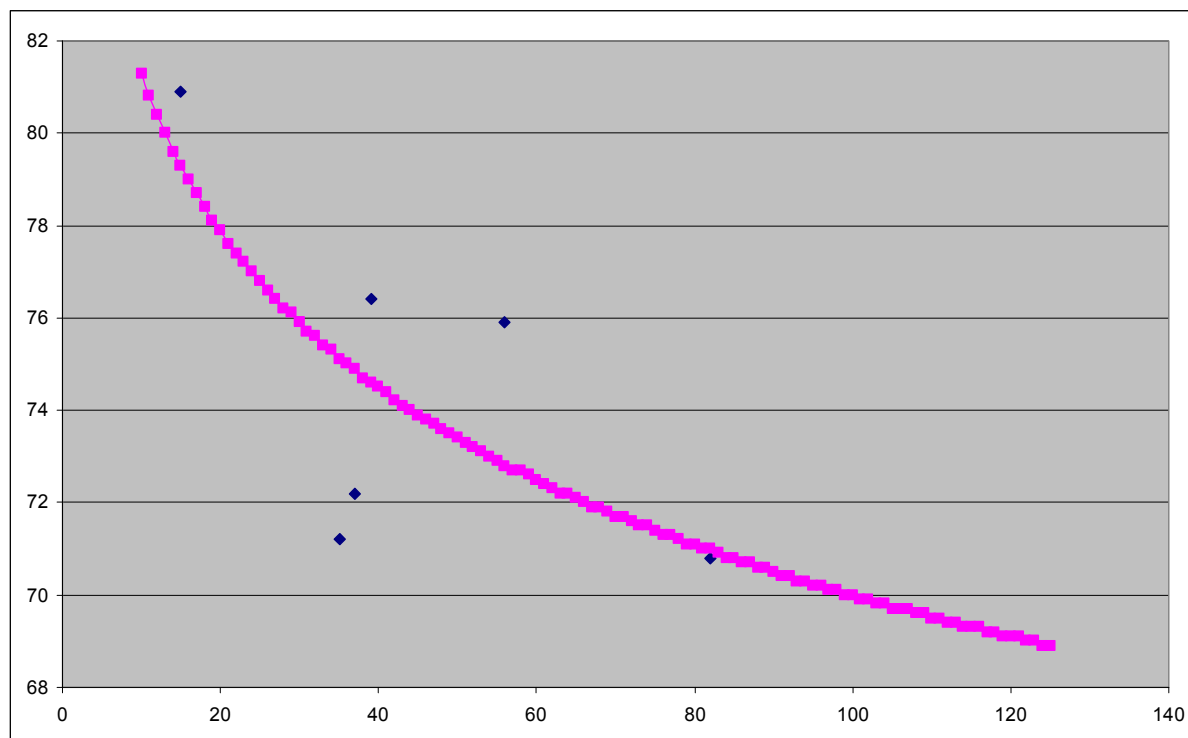
x.....vzdálenost bodu od osy krajní koleje

A.....konstanta vlivu zdroje vibrací odvozená $A = 92,58$

B.....konstanta útlumu vlivem podloží pro daný profil $B = 4,96$

K určení kritické vzdálenosti je limitní hladina $L_{aw,T} = 71 + 3 = 74$ dB noc korigována nejistotou měření ± 2 dB a o předpokládané zlepšení vlivem rekonstrukce + 5 dB

Pokles vážené hladiny zrychlení vibrací a vzdálenost limitní hladiny od zdroje



pokles vážené hladiny zrychlení vibrací a vzdálenost limitní hladiny od zdroje

8. Vyhodnocení a návrh opatření

V oblasti vymezené kritickou vzdáleností 42m od kolejiště nestačí nové kolejové lože a svršek utlumit šíření vibrací, bez dalších úprav by na objektech v těsné blízkosti kolejiště byly limitní hodnoty vážené hladiny zrychlení vibrací překročeny. Zde je na místě zvážit vliv úprav spodní stavby, které jsou nutné z hlediska zlepšení únosnosti málo stabilního podloží, tvořeného většinou sprašemi a jílovitými zeminami.

Z dostupného stupně rozpracovanosti návrhu sanace spodní stavby je dále doloženo srovnání zastavěných ploch + ploch k zástavbě určených a navrhovaných úprav, které mohou ovlivnit šíření vibrací podložím. Závěry geotechnických průzkumů prováděných pro účely tvorby spodní stavby potvrzují v celém průběhu trati shodné podloží. Závěry práce posuzující lokalitu blízko trati v Ivanovicích na Hané *Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu, Aquaenviro 2/2009*, lze tedy aplikovat k predikci průběhu šíření vibrací i v dalších traťových úsecích, kde s ohledem na časové vazby podání Dokumentace EIA a rozpracování přípravné dokumentace bylo nutno pracovat s předpoklady a pravděpodobností.

Pro *Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu* byly přednostně k dispozici údaje o skladbě pražcového podloží včetně všech potřebných geotechnických charakteristik. Tento postup projektové přípravy je dán místní situací v Ivanovicích, kde na základě stížností obyvatel byla opakovaným měřením potvrzena nadlimitní expozice vibracemi na nejbližší skupině rod. domů při trati a následně byly v příslušném úseku trati provedeny stavební úpravy. I přes částečné snížení vibrační zátěže se nepodařilo dosáhnout splnění limitních hodnot a SŽDC požádala o časově omezené povolení k provozování zdroje hluku a vibrací.

Výpis lokalit situovaných v rizikové zóně a návrh úprav pražcového podloží

Obec	Stáv.zást./km	Úz.rezerva/km	Návrh úpravy pražcového podloží v km	
Blažovice	25,6 – 26,2	25,7 – 26,0	0.35šl+0.50ms+0.50dk+g40	25,6 -26,4
Holubice	28,35 – 28,7		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+g40	28,3
Rousínov	33,25 + 33,7		0.35 šl+0.30 ms + 0.50 zzvcc	32,9
Nemojany	39,3 VB		0.35 šl+0.30 ms + 0.50 zzvcc	39,4
Luleč	39,8 – 39,9		0.35 šl+0.50 ms+0.50 dk+g40	39,8
	42,25 dr.domek			
Vyškov	43,75 – 44,3	43,7 – 44,5	0.35 šl+0.20 ms+0.20 dk+g40	43,6
	45,1 – 45,9		0.35 šl+0.30 ms+0.30 dk+g40	45,2
	46,3 – 46,9	47,0 – 47,4	0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	46,3-47,0
Ivanovice	53,8 – 53,95		0.35 šl+0.50 ms+0.50 zzvcc,	
	54,05 – 54,4		0.35 šl+0.50 ms+0.50 zzvcc – viz samost.příloha	
Chvalkovice	55,6 – 56,0		0.35 šl + 0.50 ms + 0.50 dk + g40	55,6
			0.35 šl + 0.30 ms + 0.50 zzvcc	56
	56,2		0.35 šl + 0.50 ms + 0.50 dk + g40	56,2
Dřevnovice	58,5 – 58,6		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	58,63-88
Nezamyslice	59,69 – 59,75		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	
	60,35 – 60,45		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	60,4

Vysvětlivky: šl - šterkové lože, ms - minerální směs, dk – drcené kamenivo, g - geomříž
zzvcc - zemina zpevněná vápnem a cementem z centra

Ze závěrů uvedených modelových výpočtů a srovnáním s návrhy úprav spodní stavby lze pak odvodit, že pro dodržení normového stavu zátěže vibracemi na přilehlé stávající obytné zástavbě je třeba doplnit pražcové podloží o antivibrační rohože (např. typu Belar) s atestem pro použití na stavbách železnice. K ochraně obyvatelstva před vibracemi je navrženo jejich položení pod kolejové lože průjezdných kolejí č. 1, 2, v dále uvedených úsecích trati.

Instalace antivibračních rohoží pod koleje č.1 2 se navrhuje

Obec	Žkm
Blažovice	25,6 – 26,2
Holubice	28,35 – 28,7
Rousínov	33,30 – 33,40 + 33,63 – 33,72
Nemojany	39,25 – 39,35 výpravní budova žst. Luleč
Vyškov	43,75 – 44,3 45,1 – 45,9 46,3 – 46,9
Ivanovice	54,05 – 54,20 54,25 – 54,50
Chvalkovice	56,20 – 56,50
Dřevnovice	58,65 – 58,75
Nezamyslice	59,80 – 60,10 60,65 – 60,75

Zde je na místě upozornit že na objektech situovaných v bezprostřední blízkosti kolejiště (staré drážní domky) je dosažení normového stavu velmi obtížné a nákladově neúměrné výsledku.

Lokality zakotvené v územních plánech jako rezervy pro bydlení je nutno přehodnotit a odsunout mimo ochranné pásmo dráhy. Objekty býv. drážních domků se doporučuje posoudit z hlediska nutnosti jejich užívání jako obytné budovy vzhledem k možnosti dosažení normového stavu vibrační (i hlukové) zátěže a případně je vyjmout z bytového fondu nebo nechat na dožití bez opatření.

9. Obecné a technické požadavky na AVR

Antivibrační rohože patří do skupiny výrobků, u kterých SŽDC požaduje - z důvodů zajištění provozuschopnosti železniční dopravní cesty - ověřování jakosti uživatelem pověřeným orgánem. Zahájení dodávek výrobku předchází vstupní audit, při kterém se ověřuje a posuzuje splnění dohodnutých podmínek, postupů, měření a výsledků, dokumentace, způsobilosti a stability procesů, jakosti výstupů, skladování a expedice.

Uživatelem pověřený orgán ověřuje vlastnosti a jakost výrobku v rozsahu OTP SŽDC čj. 1168/2009. Nesplňují-li antivibrační rohože požadavky předepsané v příslušných TPD, nesmí být výrobky vloženy do železničních drah ČR.

Při všech dodávkách AVR pro železničních dráhy ČR je třeba dodržet ustanovení OTP SŽDC čj. 1168/2009 bez ohledu na to, je-li přímým odběratelem SŽDC, provozovatel dráhy, zhotovitelé staveb nebo jiné organizace spravující, zhotovující nebo udržující železniční dráhy ČR.

Ověření jakosti uživatelem pověřeným kontrolorem jakosti nezbavuje dodavatele odpovědnosti za kvalitní plnění dodávek a poskytnuté záruky. Toto ověření rovněž nenahrazuje přejímku odběratelem.

Podle umístění mohou být AVR použity ve třech variantách:

- AVR podšťerkové – pokládají se na zemní pláň, případně na konstrukční vrstvu nebo na stavbu spodku, a jejich horní povrch je v přímém kontaktu s kamenivem kolej. lože
- AVR do konstrukčních vrstev – leží na zemní pláni a jejich horní povrch je v přímém kontaktu s kamenivem kolej. lože
- AVR pro systém odpružené hmoty – vkládají se mezi dva tuhé betonové prvky

Materiál AVR musí být nezávadný pro životní prostředí a odolný vůči vlivům:

- mechanickým (doprava, působení zatížení, manipulace, ukládání)
- klimatickým (teplota, vlhkost, sluneční záření, ozón ap.)
- biologickým (plísně, bakterie, hlodavci, hniloba)

Požárně-technické vlastnosti materiálů AVR musí charakterizovány třídou reakce na oheň podle ČSN EN 13501-1.

Životnost a funkčnost AVR musí být zaručena po dobu 25 let a rozmezí teplot kterým budou vystaveny, po tuto dobu budou jejich vlastnosti konstantní.

Pro spolehlivou funkci zabezpečovacího zařízení musí být zajištěny elektroizolační vlastnosti

Konstrukce AVR vytváří pružnou vrstvu, která má zajistit:

- požadovaný tlumicí účinek vibrací
- dlouhodobé zabezpečení předepsaných geometrických parametrů koleje

- řádný odtok srážkové vody

AVR komůrkové musí být zajištěny proti vniknutí zeminy, vody nebo nečistot do dutin.

Systém spojování desek musí vyloučit vzájemný posun desek, v případě lepení desek musí být určen typ lepidla a technologie lepení.

Tloušťka desek se doporučuje 10-50mm a její minimální rozměr musí zaručit že nedojde k protlačení zrn kameniva a současně bude zajištěn požadovaný tlumicí účinek. Případné speciální profily musí být součástí dodávky AVR, jejich výběr řeší realizační dokumentace *zhotovitele stavby* a podléhá odsouhlasení stavebního dozoru.

Konstrukce AVR musí zajistit homogenní požadované vlastnosti v celé jejich ploše, povrch rohoží musí být bez viditelných vad jako jsou např. bubliny, trhliny, prohloubeniny a jiné nerovnosti.

Požadavky na materiálové vlastnosti AVR:

Materiálově mohou být rohože na bazi kaučuků (kaučuk chloroprenový, styrenbutadienový, nitrilový, butadienový), případně z jiných elastomerů (polyuretan) Při použití jiných elastomerů (korek, minerální vlna) musí být jejich technické vlastnosti předem odsouhlaseny Ředitelstvím SŽDC Odborem traťového hospodářství.

objemová hmotnost $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ max}$

pevnost v tahu $TS = 0,50 \text{ Mpa min}$

Tažnost $E_b = 50\% \text{ min}$

Tvrdost 15 – 70 Shore

Odolost proti oleji – změna pevnost v tahu $\pm 30\%$

změna tažnosti $\pm 50\%$

změna tvrdosti $\pm 15\%$

Odolnost proti nízkým teplotám – teplota zkřehnutí materiálu $< 25^\circ \text{C}$

Odolnost proti pronikání vody – bez míst proniknutí při tlaku 5 kPa po dobu 48 hod

Nasákavout vodou $n = 20\% \text{ max.}$

Požárně-technické vlastnosti deklaruje výrobce.

Požadavky na pružnostní charakteristiky AVR

AVR pro použití do spodku se volí podle statické plošné tuhosti a navržené traťové rychlosti

Statická plošná tuhost $C_{(A)stat} / \text{N.mm}^{-2}$ / se stanoví zkouškou na suchých vzorcích

Projektovaná trať.rychlost / km.h^{-1} /	Statická plošná tuhost $C_{(A)stat} / \text{N.mm}^{-3}$ /
$V \leq 120$	$0,03 \leq C_{(A)stat} \leq 0,05$
$120 < V \leq 220$	$0,05 < C_{(A)stat} \leq 0,10$
$0,10V > 220$	$0,10 < C_{(A)stat} \leq 0,15$

Statický modul přetvárnosti $E_{stat} = 20 \text{ Mpa}$ pro uložení pod kolejovým ložem

$E_{stat} = 10 \text{ Mpa}$ pro uložení pod podkladní vrstvou.

Provádí se min.na třech vzorcích, vzájemný rozdíl měření musí být $< \pm 10\%$

Dynamická plošná tuhost $C_{(A)iHz}$ se ověřuje zkouškou a stanovuje se jako sečný modul v rozsahu napětí $0,02 \text{ N.mm}^{-2}$ až $0,10 \text{ N.mm}^{-2}$ pro frekvence 1 – 30 Hz. Výsledky měření se dokládají protokolárně jako průměrná hodnota z měření na 1, 5, 10, 20 a 30 Hz.

Dynamický přírůstek tuhosti f_{iHz} stanoví realizační dokumentace stavby jako poměr $C_{(A)stat}$ ku $C_{(A)iHz}$

Odolnost proti cyklickému zatěžování $\Delta C_{(A)stat} = \pm 20\%$ po 1 mil cyklů

Odolnost proti cyklickému zmrazování a rozmrazování $\Delta C = 0,80 - 1,10$ jako poměr $C_{(A)stat}$ před a po 20 zmrazovacích cyklech

Rázový modul deformace $MV_d / N \cdot mm^{-3}$ / deklaruje výrobce

Statická plošná tuhost $C_{(A)stat} N \cdot mm^{-3}$ viz výše

10. Vliv procesu výstavby

Vliv provádění stavby je záležitostí časově limitovanou, jak dokládá dále uvedený výpis harmonogramu výstavby - části projektu POV:

časový harmonogram		
traťový úsek	etapa	trvání
0. etapa - příprava staveniště, vytyčovací práce, plochy ZS, kácení zeleně – celá stavba		
1. etapa - realizace v nové stopě, tj. mimo stávající osu trati	1	21 měsíců
2. etapa - zprovoznění úseku mezi žst. Luleč a žst. Vyškov	2	12 hodin
3. etapa - úprava žst. Nezamyslice na koncovou stanici	3	1 měsíc
4. etapa - první polovina výluky Vyškov – Nezamyslice	4	4 měsíce
5. etapa - druhá polovina výluky Vyškov – Nezamyslice	5	4 měsíce
6. etapa - zprovoznění nástupiště u kol. 1 a 3 v žst Nezamyslice	6	3 týdny
7. etapa - zprovoznění nástupiště u kol. 2 a 4 v žst Nezamyslice	7	3 týdny
8. etapa - dokončení prací v žst Nezamyslice	8	1 týden
9. etapa - Výluka Blažovice – Vyškov	9	8 měsíců
10. etapa - žst. Blažovice	10	1 měsíc
11. etapa - žst. Blažovice	11	1 měsíc

Výstavba trati v nové stopě je situována vesměs mimo sídla, rekonstrukce úseků trati ve stávající stopě vedená obcemi podléhá řadě organizačních opatření včetně omezení činnosti těžkých mechanismů během dne.

Potenciálním zdrojem vibrací může být beranění larsenových pažicích stěn pro výkopy podchodů nebo spodních staveb mostních konstrukcí, rozpojovací práce při výstavbě tunelů, případně i staveništní doprava. Přesné údaje o nasazených mechanismech nemohou být v tomto stupni projektové přípravy známy (technologie výstavby je dána vybavením dodavatelských firem a výběrové řízení probíhá až po vydání stavebního povolení), je proto možno vycházet pouze z předpokladů. Vzhledem k rozdílnosti podloží i způsobů provádění předcházejících železničních staveb nemohou být k dispozici věrohodná měření jejich vibračních účinků, je však možno zajistit rozdělení jejich působení do kratších úseků. Výše uvedené činnosti jsou vesměs události hlukové s nadlimitní akustickou emisí, a z toho titulu podléhají dle vyhl. 148/2006 Sb časovému omezení v jednom pracovním dni, které určí hluková studie.

Jedním z nejdelších časových úseků výstavby v blízkosti obce je zřízení rousínovského tunelu, jehož lhůta výstavby má být cca 1 rok. Ostatní tunely této stavby jsou situovány s velkým odstupem mimo zástavbu.

Technické řešení podzemních staveb je obecně charakterizováno dvoukolejnými tunely, jejichž hloubené úseky zajišťují svislé podzemní stěny se železobetonovými rozpěrami v klenbě stěny i pod šterkovým ložem železniční tratě, a raženými dvoukolejnými tunely. Ražba tunelů bude probíhat vesměs v soudržných zeminách při použití běžných prostředků, bez nutnosti rozpojovat masiv pomocí trhavin. Pro výstavbu se navrhuje tzv. Nová rakouská tunelovací metoda s nedestruktivním rozpojováním zeminového masivu, kdy nadloží hloubených tunelů je zasypáno a povrch terénu navrácen předešlému účelu.

Výstavba tunelů, tzv. na "zelené louce", bude zahájena vytvořením přístupových komunikací k portálům a hloubeným úsekům, umožňující nasazení mechanizace, schopné vytvořit masivní podzemní žebet. stěny i konstrukce ražených tunelů. Tyto musí také umožnit vyvážení zeminy z rýh stěn i čeleb tunelů.

Prvním postupem bude odtěžení dočasných zářezů hloubených úseků. Na vytvořené pracovní, dočasné ploše se provedou vodící zídky, do kterých se instalují monolitické podzemní stěny. Rýha pro podzemní stěny hloubených tunelů je realizována drapáky pod ochranou jílové pažicí suspenze po jedno- či více-záběrových úsecích (záběr hranatého drapáku je 2,5 m). Betonová směs je ukládána do rýhy litím kolonou betonářských rour.

Překrytí stěn monolitickým stropem v koruně umožní rychlé navrácení prostoru nad hloubeným tunelem předchozímu účelu, nepředpokládá se že tyto úseky se budou realizovat déle jak 1 rok. Už při zasypávání zářezu je možné odtěžovat prostor mezi podzemními stěnami a postupně realizovat spodní rozpěrnou desku, která hloubený profil uzavře a stabilizuje. Již při odtěžování prostoru hloubeného tunelu bude ale nutné, vzhledem k délce úseku a limitům koncentrace nečistot v ovzduší, uzavřený prostor nuceně větrat.

Při ražení tunelů se při nakládání rubaniny a dočišťování profilu nejčastěji používají hydraulická rýpadla, tzv. tunelbagry, lopatové nakladače s čelním nebo bočním vyklápěním rubaniny na vozidla pro odvoz. Tunelbagr je vybaven bouracím kladivem a radlicí.

Lopatové nakladače o obsahu 1 až 4,5 m³ s pneumatikovými podvozky jsou nezastupitelné při rychlém přemisťování na krátké vzdálenosti. Do délky 800 m se dají využít i k odvozu na deponii. K tomuto účelu se však nejčastěji využívají hydraulicky výklopná nákladní auta a dumpy s korbou nosnosti až 35t.

Protože všechny práce mimo hloubení svislých podzemních stěn probíhají v uzavřeném podzemním prostoru, je oddělení techniky od vnějšího prostředí velice účinné. Vzhledem k zemině masivu, jílu, nebude vznikat skoro žádný prach, když tento se uvnitř tunelu vyvine pouze při stříkání betonu a bourání dočasných stěn. "Plastičnost" jílového a sprašového masivu pak způsobí zásadní utlumení všech dynamických vln, které při výstavbě vznikají. Po zvážení všech výše uváděných argumentů, projektant nenavrhuje žádné mimořádné sanační nebo technologická opatření pro ochranu ovzduší a prostředí v oblastech sousedících s výstavbou.

11. Shrnutí a závěr

Po provedení pojednávané stavby je předpoklad snížení hodnot vibrací z provozu železnice. Na objektech v blízkosti kolejíště však bez přídatných opatření budou limitní hodnoty vážené hladiny zrychlení vibrací překročeny. K ochraně obyvatelstva před vibracemi je navrženo položení antivibračních rohoží pod kolejové lože průjezdných kolejí č. 1, 2, v následujících úsecích trati:

Obec	Žkm
Blažovice	25,6 – 26,2
Holubice	28,35 – 28,7
Rousínov	33,30 – 33,40 + 33,63 – 33,72
Nemojany	39,25 – 39,35 výpravní budova žst Luleč
Vyškov	43,75 – 44,3 45,1 – 45,9 46,3 – 46,9
Ivanovice	54,05 – 54,20 54,25 – 54,50
Chvalkovice	56,20 – 56,50
Dřevnovice	58,65 – 58,75
Nezamyslice	59,80 – 60,10 60,65 – 60,75

Vypracovala ing. Bártová

Použitá literatura a podklady

- (1) Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb.
- (2) Nařízení vlády č.148/2006 Sb.
- (3) Základní mapa ČR 1:5 000.
- (4) Jednotná železniční mapa 1:1 000.
- (5) Digitální mapy – ČÚZK.
- (6) Přípravná dokumentace stavby v rozpracovanosti Modernizace trati Brno-Přerov, I.stavba Blažovice-Nezamyslice, SUDOP Brno 9/2009.
- (7) Geotechnický průzkum stavby , MS Geotechnika.
- (8) Protokol o měření vibrací MPRO 0819
- (9) Enviromental technology information. Noise a.vibration, Nakamichi 2003
/www.menlh.go.id/apec_vc/osaka/eastjava/noise_en/index.html
- (11) Vliv vibrací Elektrizace trati Otrokovice-Vízovice RNDr Grůz, Ecological Consulting
- (12) Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu, Aquaenviro 2/2009
- (13) Žádost o vydání časově omezeného povolení k provozování zdroje hluku a vibrací v traťovém úseku Ivanovice –Nezamyslice, SŽDC Praha 2008

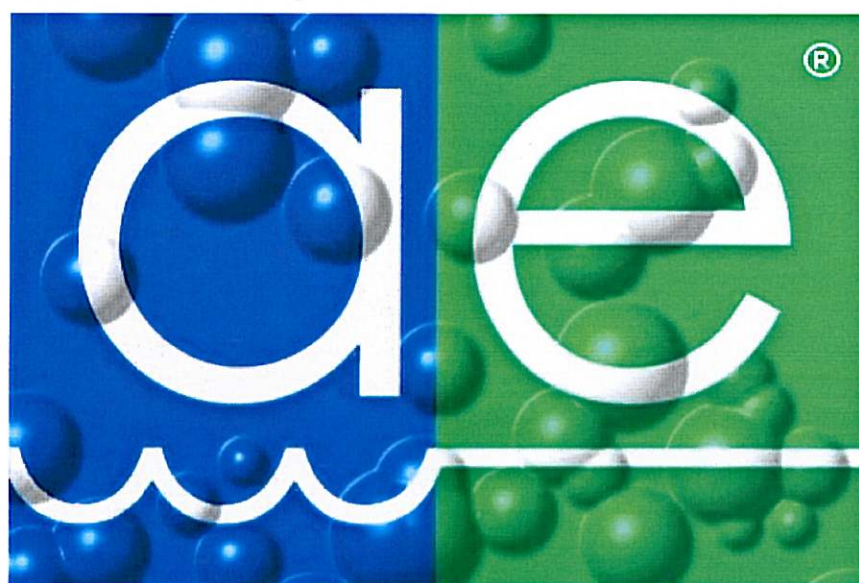
k.ú. Ivanovice na Hané

Modernizace trati Brno – Přerov
I. etapa - Blažovice – Nezamyslice

Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu

závěrečná zpráva

únor 2009



aquaenviro

AQUA ENVIRO s.r.o.
Ječná 1321/29a, 621 00 Brno
IČO : 269 07 909
DIČ : CZ26907909

tel. : 541 634 258
fax : 541 634 392
e-mail : aqua@aquaviro.cz
http://www.aquaviro.cz



hydrogeologie - sanační geologie - inženýrská geologie - nakládání s odpady - EA - AR - E.I.A. - balneotechnika - ekologické poradenství

Název úkolu : Ivanovice na Hané – posouzení šíření vibrací z železničního provozu
Číslo úkolu : 72/2008
Evid. číslo Geofondu : neevidováno
Zpracování zakázky : prosinec 2008 – únor 2009
Zadavatel : SUDOP BRNO, spol. s r.o., Kounicova 26, 611 36 Brno

k.ú. Ivanovice na Hané

Modernizace trati Brno – Přerov
I. etapa Blažovice - Nezamyslice

Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu

závěrečná zpráva

Zpracovali : Mgr. Zdeněk Vavříček
Ing. Petr Kučera
Mgr. Oto Pospíšil

Odpovědný řešitel : Ing. Jan Provazník

Statutární zástupce : Mgr. Oto Pospíšil

AQUA ENVIRO s.r.o.
HYDROGEOLOGIE, SANAČNÍ GEOLOGIE
E.I.A., ODPADY
JEČNÁ 1321/29a, 621 00 BRNO
IČO: 269 07 909, DIČ: CZ26907909

Rozdělovník :

Tato zpráva byla zhotovena v 9 výtiscích : SUDOP BRNO, spol. s r.o. výtisk č. 0 - 7
archív zhotovitele 8

výtisk č. 0



Obsah :

	<i>strana</i>
1. ÚVOD	3
2. LOKALIZACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	3
3. STRUČNÉ SHRnutí PŘÍRODNÍCH POMĚRŮ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	4
4. METODIKA PRACÍ	4
5. SYNTÉZA ARCHIVNÍCH PODKLADŮ	5
5.1 Kontrolní měření vibrací	5
5.1.1 Kontrolní měření vibrací z XII.2007	5
5.1.2 Kontrolní měření vibrací z IV.2008	7
5.2 Použité hodnoty vibrací pro modelové výpočty	8
5.3 Stanovení charakteristického profilu	9
5.4 Geomechanické parametry zemin a antivibrační rohože	10
5.5 Seismické zatížení	16
6. VÝSLEDKY MODELOVÝCH VÝPOČTŮ	17
6.1 Stanovení amplitudy budící cyklické síly na profilu I	17
6.2 Modelová situace odpovídající projektovanému náspu – profil II	18
6.3 Modelová situace odpovídající projektovanému náspu s antivibrační rohoží - profil III	20
7. ZÁVĚR A NÁSLEDNÁ DOPORUČENÍ	22
8. LITERATURA	23

Přílohy:

1. Přehledná situace zájmového území
2. Podrobná situace zájmového území
3. Fotodokumentace
4. Geotechnické výpočty vibrací

1. ÚVOD

Na základě objednávky vystavené dne 8.12.2008 a dodatku k této objednávce ze dne 18.2.2009 zpracovala firma AQUA ENVIRO s.r.o. modelový výpočet šíření vibrací z projektované modernizované železniční tratě v Ivanovicích na Hané na blízkou obytnou zástavbu.

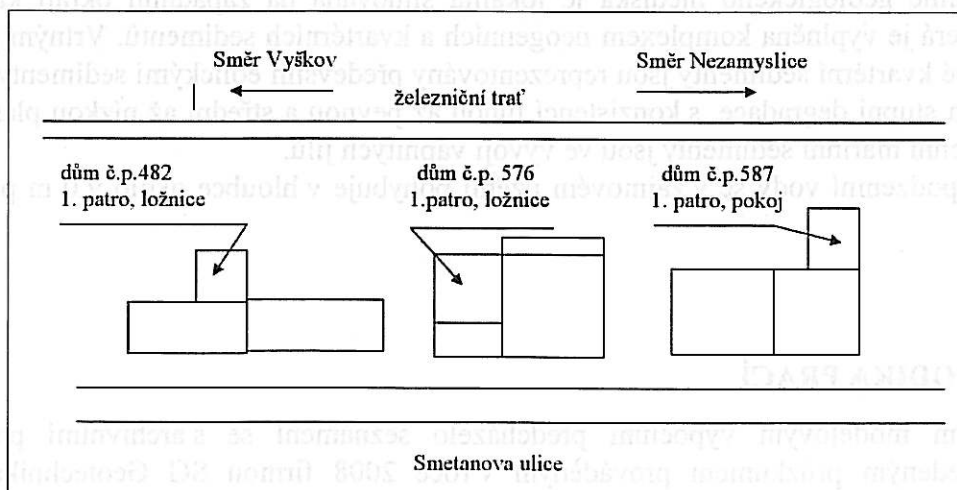
Úkolem prováděných modelových výpočtů bylo ověřit intenzitu vibrací přenášených provozem železniční tratě do okolí po projektované rekonstrukci železničního náspu spočívající ve vybudování nového kolejového svršku i spodku s případnou aplikací antivibrační rohože (AR).

Matematické modelové výpočty šíření vibrací byly prováděny v programu GEO-SLOPE, v modulech SIGMA/W a QUAKE/W. Pro zjištění amplitudy budící síly byly využity maximální naměřené vibrace u RD č.p.587 z dubna 2008, které byly vztaženy na stávající proporce tělesa náspu a následně zjištěná výchozí amplituda budící síly byla zadána do modelového řešení projektovaného náspu i s aplikací antivibračních rohoží. Celkem byly modelovány 3 varianty:

1. stávající násep, výchozí vibrace v RD – výpočet amplitudy budící síly,
2. aplikace vypočtené budící síly na projektovaný násep bez AR,
3. aplikace vypočtené budící síly na projektovaný násep včetně uplatnění AR, umístěnou mezi hutněnou minerální směsí a štěrkovým ložem.

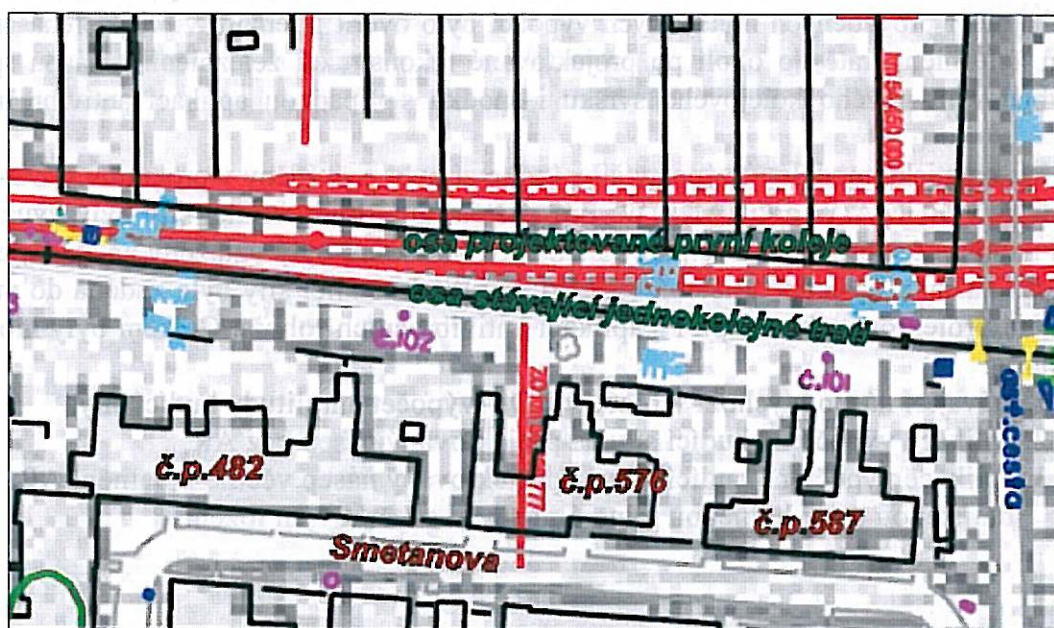
2. LOKALIZACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází na severozápadním okraji obce Ivanovice na Hané v traťovém kilometru 54,5 – 54,7 – viz příloha č.1 a č.2. Jedná se z hlediska šíření vibrací z železničního provozu o nevyhovující traťový úsek, kdy jednokolejná trať přiléhá přes zahrady k rodinným domům při ul. Smetanova. Měření vibrací přesahující hygienické limity bylo opakovaně provedeno v následujících objektech č.p. – 482, 576 a 587 (p.č. – 1471, 1481 a 1485) Smetanova, jež jsou od náspu železničního tělesa umístěny ve vzdálenosti 18 až 24 m. – viz obr.č.2.1 a obr.č.2.2.



Obr.č.2.1: Místa měření vibrací

V rámci projektu modernizace trati Brno – Přerov bude stávající jednokolejová trať včetně náspu zrušena a dle projektu bude nahrazena tratí dvoukolejnou, situovanou cca 10 m za stávajícím náspem - viz obr.č.2.2.



Obr.č.2.2: Situace stávající a projektované trati

Konstrukce náspu je popsána v kapitole č.5.3.

3. STRUČNÉ SHRNUÍ PŘÍRODNÍCH POMĚŘŮ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Z regionálně geologického hlediska je lokalita situována na západním okraji karpatské předhlubně, která je vyplněna komplexem neogenních a kvartérních sedimentů. Vrtným průzkumem zachycené kvartérní sedimenty jsou reprezentovány především eolickými sedimenty – sprašemi, v různém stupni degradace, s konzistencí tuhou až pevnou a střední až nízkou plasticitou, podložní neogenní marinní sedimenty jsou ve vývoji vápnitých jíílů.

Hladina podzemní vody se v zájmovém území pohybuje v hloubce okolo 9,0 m pod terénem.

4. METODIKA PRACÍ

Samotným modelovým výpočtům předcházelo seznámení se s archivními podklady, zejména provedeným průzkumem prováděným v roce 2008 firmou SG Geotechnika, s.r.o. v rámci projektované modernizace trati Brno – Přerov [1] a hodnotami naměřeným vibracím uvedených v žádosti SŽDC, s.o. k vydání časově omezeného povolení k provozování zdroje vibrací [4].

Vzhledem k nutné znalosti geometrie železničního náspu bylo dne 16.12.2008 uskutečněno místní šetření za účelem ověření jeho rozměrů a proměření vzdálenosti mezi jím a obytnou zástavbou (fotodokumentace viz příloha č.3 této zprávy).

Modelové geotechnické výpočty šíření vibrací byly zpracovány v jednom charakteristickém profilu metodou konečných prvků (MKP).

Pro účely analýzy stability hráze (náspu) při zemětřesení byl použit programový systém GEO-SLOPE® od firmy GEO-SLOPE International, Calgary, Canada. Ten se skládá ze 7 modulů pro modelování široké škály problémů. V tomto případě byly použity dva moduly:

SIGMA/W – výpočet napjatosti a deformací pro určení počátečního geostatického napětí

QUAKE/W – modelování účinků vibrací od technické seismicity

Jako vstupní data modelových výpočtů šíření vibrací byly použity maximální naměřené vibrace z č.p.587.

V první fázi výpočtů bylo nutno nalézt hodnotu budící síly od průjezdu vlakové soupravy, které mohou způsobit měřené vibrace v přilehlém objektu, tedy stanovení velikosti budící cyklické síly odpovídající měřeným účinkům. Naměřené vibrace byly přiřazeny ke vzorovému profilu I stávajícího železničního svršku a spodku (viz kapitola č.5.3), který však byl vzhledem k absenci hlubších sond přímo v tělese železnice odvozen po konzultaci s projektanty firmy SUDOP Brno, spol. s r.o. za použití profilů mělké kopané sondy KS116 a vrtů i TDP v okolí tratě.

V další fázi byla vypočtená budící síla přenesena na konstrukci projektovaného náspu, který je tvořen převážně zušlechtěnými zeminami.

V poslední fázi modelových výpočtů bylo kalkulováno s aplikací AR mezi kolejové lože a zhutněnou minerální směs od firmy Bohemiaelast BE - 0,8.

5. SYNTÉZA ARCHIVNÍCH PODKLADŮ

5.1 Kontrolní měření vibrací

Vibrace ve stavbách určených k bydlení přilehlých k železnici byly měřeny ve vertikálním směru a v obou horizontálních směrech. Horizontální příčný směr je kolmý na osu kolejí a horizontální směr podélný je rovnoběžný s osou kolejí.

5.1.1 Kontrolní měření vibrací z XII.2007

Kontrolní měření šíření vibrací z železniční dopravy (provoz na trati Brno – Přerov) bylo uskutečněno dne 20.12.2007 v rodinném domě na ul. Smetanova č.p.576 v Ivanovicích na Hané.

Měření bylo provedeno za účelem kontrolního posouzení vibrací ve stavbě pro bydlení jako podklad k žádosti o prodloužení výjimky ze zákona o veřejném zdraví.

Měření v roce 2007 bylo již v pořadí 3., kdy první bylo uskutečněno v roce 2002 a po realizaci úprav na železniční trati v daném úseku, spočívajících v podbití pražců a instalaci penefelových podložek, proběhlo další měření v roce 2003.

Hygienický limit pro obytné místnosti v noci - 74 dB - byl u vertikálních vibrací překročen při 31 průjezdech vlaků, tj. 77,5% z celkového počtu průjezdů. Limit 77 dB platný pro den byl překročen při 25 průjezdech tj. v 62,5 % z celkového počtu průjezdů.

Vzhledem k rušení osob v domě č.576 jsou závažnější průjezdy nákladních vlaků, které podle délky a rychlosti jízdy vlakové soupravy trvají až 45 s. Průjezdy osobních vlaků a rychlíků jsou v trvání až do 17 s, typicky však do 10 s. Při kontrolním měření vibrací bylo zjištěno prokazatelné překročení hygienických limitů 74 dB a 77 dB, platných pro obytné místnosti v noci resp. ve dne.

Následující tab.č.5.1.1.1 uvádí porovnání výsledků měření vibrací z roku 2007 a výsledků před a po realizaci stavebních úprav v letech 2002/2003.

Tab.č.5.1.1.1: Porovnání celkových vážených hladin zrychlení před a po realizaci stavebních úprav v roce 2002/2003 a v roce 2007

vlak	rok - počet průjezdů	celková vážená hladina zrychlení vibrací [dB]			celková doba trvání vibrací [s]
		směr x	směr y	směr z	
všechny vlaky	2002 - 22	77,0	76,3	78,9	287
	2003 - 29	75,1	75,4	79,5	397
	2007 - 40	73,9	73,7	78,4	578
rychlíky	2002 - 9	74,0	73,1	78,8	80
	2003 - 14	74,4	74,0	79,4	167
	2007 - 24	73,9	72,4	78,2	276
osobní vlaky	2002 - 5	72,8	72,5	77,2	52
	2003 - 9	74,3	75,3	79,6	89
	2007 - 7	70,1	70,8	74,8	86
nákladní vlaky	2002 - 8	78,7	77,9	79,3	155
	2003 - 6	76,1	76,4	79,7	141
	2007 - 8	75,6	77,0	80,1	215

Při hodnocení vibrací ze všech průjezdů vlaků byly v roce 2007 zaznamenány v porovnání se stavem v roce 2002/3 vůbec nejnižší průměrné vážené hodnoty vibrací. Celková doba trvání vibrací ze železniční dopravy dosahuje v každé denní hodině cca 75 s. Tab.č.5.1.1.2 shrnuje celkové vážené hladiny vibrací z 5-ti maximálních náměrů v jednotlivých letech.

Tab.č.5.1.1.2: Porovnání celkových vážených hladin průměru 5-ti maximálních náměrů

rok	celková vážená hladina zrychlení vibrací [dB]		
	směr x	směr y	směr z
2002	78,1	78,0	81,2
2003	76,9	77,2	81,5
2007	76,7	78,2	81,6

V roce 2007 byl zaznamenán nárůst počtu průjezdů rychlíků a relativní pokles počtu průjezdů osobních vlaků a v porovnání se stavem v roce 2002/3 naměřeny nejnižší průměrné hodnoty vibrací, stanovené při průjezdech rychlíků a osobních vlaků.

V případě průjezdů nákladních vlaků byly v roce 2007 naměřeny v porovnání se stavem v roce 2002/3 nejnižší průměrné hodnoty vibrací v horizontálním příčném směru, střední hodnoty vibrací v horizontálním podélném směru a nejvyšší průměrné hodnoty vertikálních vibrací.

Průměrné hodnoty z maximálních náměrů stanovené v letech 2002/3 a 2007 jsou ve třech posuzovaných směrech vibrací prakticky totožné. Odchyly leží v pásmu nejistoty referenčních měření vibrací.

Dříve převažovaly vibrace v domě od nákladních vlaků nyní jsou markantnější vibrace z průjezdů osobních vlaků a rychlíků. S ohledem na podstatně kratší dobu průjezdů osobních vlaků a rychlíků oproti nákladním vlakům vyplývá příznivější subjektivní odezva obyvatel domu na současnou situaci.

5.1.2 Kontrolní měření vibrací z IV.2008

Opakované kontrolní měření bylo provedeno v rodinných domech na ul. Smetanova č.p.482/15 a č.p.587/29 v Ivanovicích na Hané. Účelem měření bylo opět kontrolní posouzení vibrací ve stavebních sloužících pro bydlení, které mělo sloužit jako podklad k žádosti o prodloužení výjimky ze zákona o ochraně veřejného zdraví.

Měřicí místo – Ivanovice na Hané, ul. Smetanova č.p.482/15

Vibrace byly měřeny v ložnici v 2. nadzemním podlaží rodinného domu v místě jeho nové přístavby.

Během kontrolního měření byly zaznamenány vibrace z celkového počtu průjezdů 17 vlaků. Z toho byly 3 osobní vlaky, 12 rychlíků a 1 nákladní vlak. Dále byl zaznamenán 1 průjezd lokomotivního vlaku.

Dominantní vibrace podlahy v objektu jsou ve vertikálním směru. Zatímco vážené hodnoty horizontálních příčných vibrací leží při průjezdech vlaků v pásmu od 57,6 dB do 73,8 dB a horizontálních podélných vibrací v pásmu od 54,5 dB do 76,3 dB, vertikální vibrace dosahují vážených hodnot 68,0 dB až 85,1 dB. Hygienický limit platný pro obytné místnosti v noci - 74 dB - byl u vertikálních vibrací překročen při 14 průjezdech vlaků, tj. 82,4 % z celkového počtu průjezdů. Limit 77 dB platný pro den byl překročen při 11 průjezdech tj. v 64,7 % z celkového počtu průjezdů.

Při kontrolním měření vibrací na měřicím místě č.1 bylo zjištěno prokazatelné překročení hygienických limitů 74 dB a 77 dB, platných pro obytné místnosti v noční resp. v denní době.

Měřicí místo – Ivanovice na Hané, ul. Smetanova č.p.587/29

Vibrace byly měřeny v pokoji v 2. nadzemním podlaží rodinného domu v části přístavby. Dům je v této části podsklepený.

Během kontrolního měření byly zaznamenány vibrace z celkového počtu průjezdů 18 vlaků. Z toho byly 3 osobní vlaky, 8 rychlíků a 6 nákladních vlaků. Dále byl zaznamenán 1 průjezd lokomotivního vlaku.

Dominantní vibrace podlahy v pokoji jsou ve vertikálním směru, výrazné jsou však i vibrace v obou horizontálních směrech. Zatímco vážené hodnoty horizontálních příčných vibrací leží při průjezdech vlaků v pásmu od 59,7 dB do 81,1 dB a horizontálních podélných vibrací v pásmu od 62,7 dB do 83,3 dB, vertikální vibrace dosahují vážených hodnot 64,8 dB až 87,9 dB. Hygienický limit pro obytné místnosti v noci - 74 dB - byl u horizontálních příčných vibrací překročen při 9 průjezdech vlaků, tj. 50 % z celkového počtu průjezdů. Limit 77 dB platný pro denní dobu byl v tomto směru překročen při 5 průjezdech tj. v 27,8 % z celkového počtu průjezdů.

Hygienický limit pro obytné místnosti v noci - 74 dB - byl u horizontálních podélných vibrací překročen při 13 průjezdech vlaků, tj. 72,2 % z celkového počtu průjezdů. Limit 77 dB platný pro den byl v tomto směru překročen při 11 průjezdech tj. v 61,1 % z celkového počtu průjezdů. Směr horizontálních podélných vibrací je tak obecně hodnocen hůře než směr horizontálních vibrací v příčném směru.

Hygienický limit pro obytné místnosti v noci - 74 dB - byl u vertikálních vibrací překročen při 17 průjezdech vlaků, tj. 94,4 % z celkového počtu průjezdů. Limit 77 dB platný pro denní dobu byl v tomto směru překročen při 16 průjezdech tj. v 88,9 % z celkového počtu průjezdů vlakových souprav.

5.2 Použité hodnoty vibrací pro modelové výpočty

Nejvyšší přípustné hodnoty vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb jsou stanoveny v Nařízení vlády č.146/2006 Sb. Jsou stanoveny jako nejvyšší přípustná hodnota zrychlení a_{ewp} v m/s^2 nebo jako nejvyšší přípustná vážená hladina zrychlení L_{awo} v dB. Mezi těmito hodnotami platí vztah:

$$L = 20 \log \left(\frac{a}{a_0} \right) \quad db,$$

kde L - vážená hladina zrychlení v dB

a - okamžité zrychlení vibrací v m/s^2

a_0 - referenční hladina zrychlení $a_0 = 10^{-6} m/s^2$

Měřené vážené hladiny zrychlení byly dle výše uvedeného vztahu přepočítány na hodnoty zrychlení – viz tab.č.5.2.1.

Tab.č.5.2.1: Maximální naměřené hodnoty vážených hladin zrychlení – dům č.p. 587

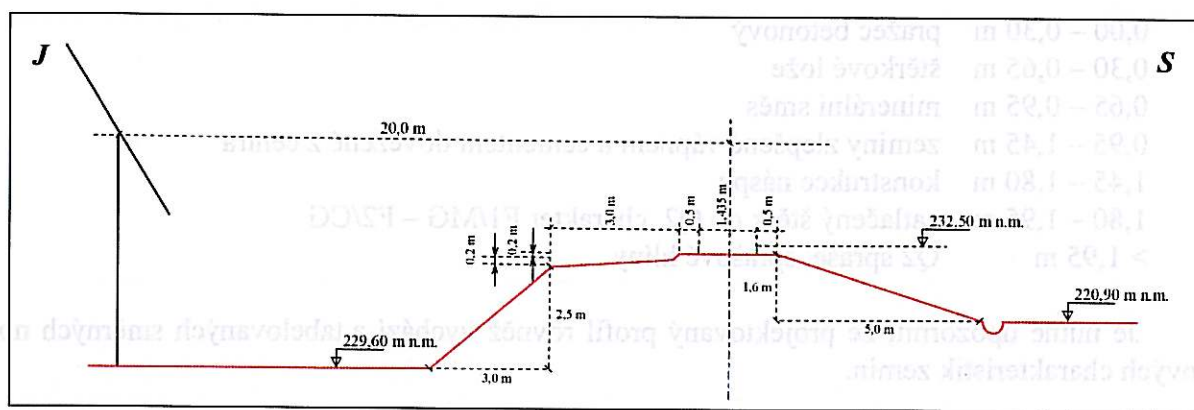
typ hodnoty	typ vibrací	L_{awp} (dB)	a_{ewp} (m/s^2)
limity	-	77 / 74	0,0072 / 0,005
rozmezí měřených hodnot v objektu	horizontální příčné	59,7 – 81,1	0,0010 – 0,0114
	horizontální podélné	62,7 – 82,3	0,0014 – 0,0130
	svislé	64,8 – 87,9	0,0017 – 0,0248

Pozn.: Hygienické limity vážené hladiny zrychlení vibrací v dB, platné pro obytné místnosti v denní době 6.00 - 22.00 hod (77 dB) a 22.00 - 6.00 hod (74 dB)

5.3 Stanovení charakteristického profilu

Pro modelové výpočty je zcela klíčová znalost profilu, na který se budou matematické metody MKP aplikovat. Vzhledem k chybějícím údajům z místa výpočtu vibrací, kdy byly k dispozici pouze vrty a dynamické penetrace z okolí, nikoliv však z tělesa náspu v místě měřených vibrací, bylo tedy nutné vrtnými pracemi a kopanou sondou zachycenou litologii a konstrukční vrstvy náspu interpolovat, případně odhadnout typ a mocnost dalších konstrukčních vrstev v náspu.

Je nutné upozornit, že jediná kopaná sonda, která měla poskytnout informace o stavbě stávajícího náspu byla hluboká pouze 0,95 m, což je vzhledem k celkové geometrii náspu pouze necelých 40 % jeho mocnosti. Následující obr.č.5.3.1 ukazuje geometrii řezu náspu v místě naměřených maximálních vibrací, tedy domu č.p. 587.



Obr.č.5.3.1: Geometrie stávajícího náspu v místě maximálních měřených vibrací a situování modelových výpočtů pro zjištění amplitudy budící síly

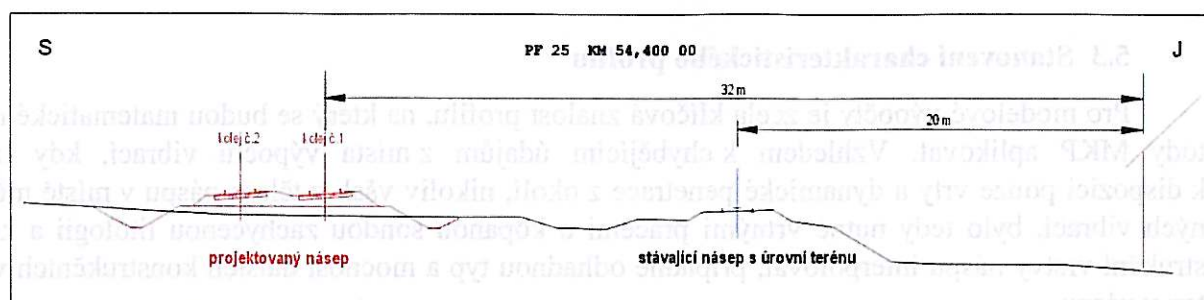
Nejbližší obytná budova, se nachází cca 20 m o koleje – viz obr.č.5.3.1

Na základě interpolace vrtů M54.125, P54.478, J80, sond dynamické penetrace DP1-DP6 a kopané sondy KS116, která jako jediná z části vypovídala o železničním svršku, byl po konzultaci s projektanty firmy SUDOP Brno, spol. s r.o. vypracován předpokládaný vertikální profil stávajícím náspem využitý při matematickém modelování.

Předpokládaná skladba stávajícího náspu - profil (I), pro výpočet budící síly, kdy jednotlivé vrstvy jsou zaříděny ve smyslu ČSN 73 1001:

0,0 – 0,4 m	pražec betonový
0,4 – 0,6 m	šterkové lože
0,6 – 0,9 m	šterk s příměsí jemnozrnné zeminy, ulehlý, G3 G-F
0,9 – 4,2 m	jíl se nízkou plasticitou, tmavě žlutý, vápnitý, tuhý, F6 CL
4,2 – 7,6 m	jíl se střední plasticitou, tmavě žlutý, nevápnitý, tuhý až pevný, F6 CI
7,6 – 8,0 m	jíl s vysokou plasticitou, žlutošedý, s bílými smouhami, vápnitý, pevný, F8 CH

Obr.č.5.3.2 zobrazuje vzájemnou pozici staré a nově projektované tratě i jejich vztah k okolnímu terénu – k červeně zobrazenému projektovanému náspu se vztahují níže uvedené profily II a III.



Obr.č.5.3.2: Projektovaný stav dvojkolejné železniční tratě

Projektovaná skladba nového náspu - profil (II), s použitím zušlechtěných zemin a hutněné minerální směsi se skládá z následujících vrstev:

0,00 – 0,30 m	pražec betonový
0,30 – 0,65 m	šterkové lože
0,65 – 0,95 m	minerální směs
0,95 – 1,45 m	zeminy zlepšené vápnem a cementem dovezené z centra
1,45 – 1,80 m	konstrukce náspu
1,80 – 1,95 m	zatlačený šterk do Q2, charakter F1/MG – F2/CG
> 1,95 m	Q2 spraše, sprašové hlíny

Je nutné upozornit, že projektovaný profil rovněž vychází z tabelovaných směrných normových charakteristik zemin.

Jedna část modelových výpočtů se věnovala i formě nápravného opatření ke snížení hodnot vibrací pomocí aplikace antivibrační rohože – AR Be 0,8. Pro toto modelové řešení byl zvolen následující profil (III):

0,000 – 0,300 m	pražec betonový
0,300 – 0,650 m	šterkové lože
0,650 – 0,675 m	antivibrační rohož
0,675 – 0,950 m	minerální směs
0,950 – 1,450 m	zeminy zlepšené vápnem a cementem dovezené z centra
1,450 – 1,800 m	konstrukce náspu
1,800 – 1,950 m	zatlačený šterk do Q2, charakter F1/MG – F2/CG
> 1,95 m	Q2 spraše, sprašové hlíny

5.4 Geomechanické parametry zemin a antivibrační rohože

Veškeré geomechanické parametry zemin byly určeny odhadem na základě zařídění zemin, které bylo definováno křivkou zrnitosti, v případě jemnozrnných zemin ještě stanovením konzistenčních mezí a interpolací zkoušek na vrtech M54,125 a P54,478. Geomechanické parametry zemin nově projektovaného železničního náspu poskytl Ing. Vitásek z firmy SUDOP Praha, spol. s r.o. Následující tab.č.5.4.1 a 5.4.2 uvádí geomechanické parametry zemin dle jednotlivých profilů, přičemž profil s aplikací antivibrační rohože je totožný s profilem II, E_{stat} rohože bylo 15 MPa.

Tab.č.5.4.1: Geomechanické parametry zemín – profil I

Typ zeminy	γ (kN/m ³)	E_{def} (MPa)	ν	ϕ_{ef} (°)	c_{ef} (kPa)
pražec	25	20000	0.10	-	-
šterkové lože	19	100	0.20	42	0
G3 G-F	19	80	0.25	32	0
F6 CL	21	5	0.40	19	10
F6 CI	21	5	0.40	19	10
F8 CH	21	10	0.42	17	15

Tab.č.5.4.2: Geomechanické parametry zemín – profil II

hloubka [m]	zemina	γ [kN.m ⁻³]	E_{def} [MPa]	ν [-]	Φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
0,0 - 0,3	pražec	25	20000	0,1	-	-
0,3 - 0,65	šterkové lože	20	160	0,2	40	30
0,65 - 0,95	minerální směs	21	120	0,2	38	30
0,95 - 1,45	zeminy zlepšené vápnem a cementem dovezené z centra	20	120	0,3	40	30
1,45 – 1,80	konstrukce náspu	18	15	0,35	28	25
1,80 – 1,95	zatlačený šterk do Q2 charakter F1/MG – F2/CG	19	15	0,35	28	12
> 1,95	Q2 – spraše, sprašové hlíny	19,6	12	0,4	24	3

Následující tab.č.5.4.3 uvádí mechanicko-fyzikální vlastnosti aplikované antivibrační rohože typu Bohemiaelast BE - 0,8.

Tab.č.5.4.3: Mechanicko-fyzikální vlastnosti AR Be 0,8

ukazatel	jednotka	hodnota
pevnost v tahu	MPa	1,17
tažnost	%	82
statický modul uložení při 80Hz	N.mm ⁻³	0,07
dynamická tuhost	při 10Hz	N.mm ⁻³
	při 50Hz	N.mm ⁻³
	při 100Hz	N.mm ⁻³
propustnost	m.s ⁻¹	2,6E-06

Při hodnocení vlivu seismicity vstupují do výpočtu parametry, které charakterizují chování zeminy při dynamickém zatížení. Tyto parametry lze rozdělit do dvou skupin. První z nich je souhrn parametrů týkající se přímo chování zeminy a příslušnými parametry jsou smykový modul G (konstantní nebo zvyšující se směrem do hloubky) a průběh smykového modulu při cyklickém zatížení (jeho pokles). Druhým parametrem je schopnost zeminy disipovat energii seismického zatížení, která se nazývá útlum.

Smykový modul G je svázán s deformačním modulem E_{def} rovnicí:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Konstantní hodnota smykového modulu byla použita pro betonový pražec. Pro ostatní vrstvy byla použita funkční závislost na hloubce.

Pro **hrubo zrnité zeminy** (v tomto případě štěrkové lože a vrstva G3 G-F) byla použita závislost:

$$G_{\text{max}} = K \sqrt{\sigma} \quad \text{kPa}$$

σ - hodnota efektivního geostatického napětí v daném místě

K - koeficient

použitá hodnota $K = 180$ pro štěrkové lože – odpovídá ulehlým štěrčkům

použitá hodnota $K = 100$ pro vrstvu G3 G-F – odpovídá málo až středně ulehlým štěrčkům

Pro **soudržné zeminy** (jíly F6CL, F6CI, F8CH) byla použita závislost:

$$G_{\text{max}} = 625 \left(\frac{1}{0.3 + 0.7e^2} \right) OCR^k \sqrt{P_a \sigma} \quad \text{kPa}$$

σ - hodnota svislého efektivního geostatického napětí v daném místě

P_a - atmosférický tlak v kPa (100 kPa)

OCR - součinitel překonsolidace (OCR = 1)

e - číslo pórovitosti definované jako:

$$e = \frac{n}{1-n}$$

%

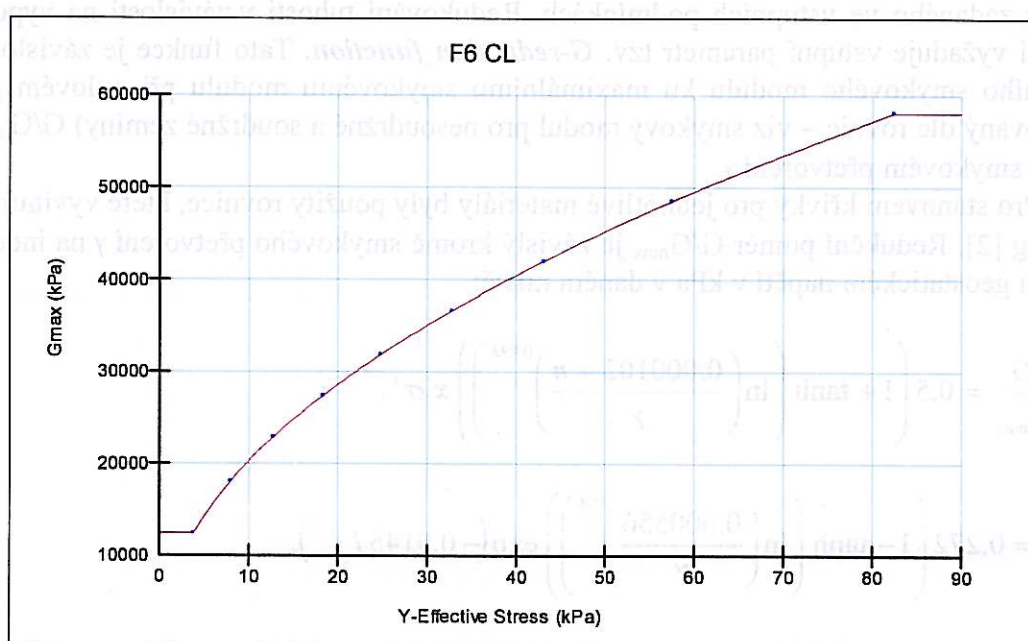
n - pórovitost zeminy v %

Exponent k je vypočten jako:

$$k = \frac{I_p^{0.72}}{50}$$

I_p - index plasticity (z výsledků laboratorních zkoušek - viz tab.č.5.4.5

Následující obr.č.5.4.1 zobrazuje závislost smykového modulu na efektivním napjetí pro jíly se střední plasticitou.



Obr.č.5.4.1: Funkce G_{max} pro vrstvu F6 CI

Tab.č.5.4.4: Vstupní údaje pro výpočet funkčních závislostí G_{max} , redukce G a útlumu ε

Typ zeminy	K	K_0	n (%)	e	OCR	I_p
štěrkové lože	180	0.25	-	-	-	0
G3 G-F	100	0.33	-	-	-	0
F6 CL	-	0.66	47	0.9	1	11
F6 CI	-	0.66	47	0.9		15
F8 CH	-	0.72	50	1		45

K_0 - poměr vodorovného a svislého geostatického napětí v bodu

Stejně jako při výpočtech napětí a deformací je nutný konstituční vztah tj. závislost napětí na přetvoření. Nejjednodušší je lineární pružný model, ve kterém je závislost napětí na přetvoření konstantní.

$$\sigma = E \varepsilon \quad \text{kPa}$$

Tento vztah není příliš vhodný pro modelování skutečných problémů, protože většina procesů v přírodě a především závislost napětí na přetvoření je nelineární. Model je vhodný např. stanovení vlivu různých okrajových podmínek.

Pro další výpočty byl použit tzv. lineárně ekvivalentní vztah. V tomto konstitučním modelu je závislost napětí na přetvoření konstantní, stejně jako při lineárně pružném vztahu, nicméně rozdíl je v tom, že pro každou iteraci ve výpočtu je modifikována tuhost zeminy (E nebo G) v závislosti na vypočtené deformaci. Tento proces je opakován až do splnění konvergenčního kritéria zadaného ve vstupních podmínkách. Redukování tuhosti v závislosti na vypočtené deformaci vyžaduje vstupní parametr tzv. ***G-reduction function***. Tato funkce je závislost poměru aktuálního smykového modulu ku maximálnímu smykovému modulu při nulovém přetvoření (definovaný dle rovnic – viz smykový modul pro nesoudržné a soudržné zeminy) G/G_{\max} na cyklickém smykovém přetvoření γ .

Pro stanovení křivky pro jednotlivé materiály byly použity rovnice, které vyvinuli Ishibashi a Zhang [2]. Redukční poměr G/G_{\max} je závislý kromě smykového přetvoření γ na indexu plasticity I_p a geostatickém napětí v kPa v daném místě:

$$\frac{G}{G_{\max}} = 0.5 \left(1 + \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000102 + n}{\gamma} \right)^{0.492} \right) \right) \times \sigma^s,$$

$$s = 0.272 \left(1 - \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right) \right) \exp(-0.0145 I_p^{1.3}),$$

kde je

- I_p - index plasticity
- γ - smykové přetvoření
- σ - hodnota svislého efektivního geostatického napětí
- n - koeficient určený dle tabulky

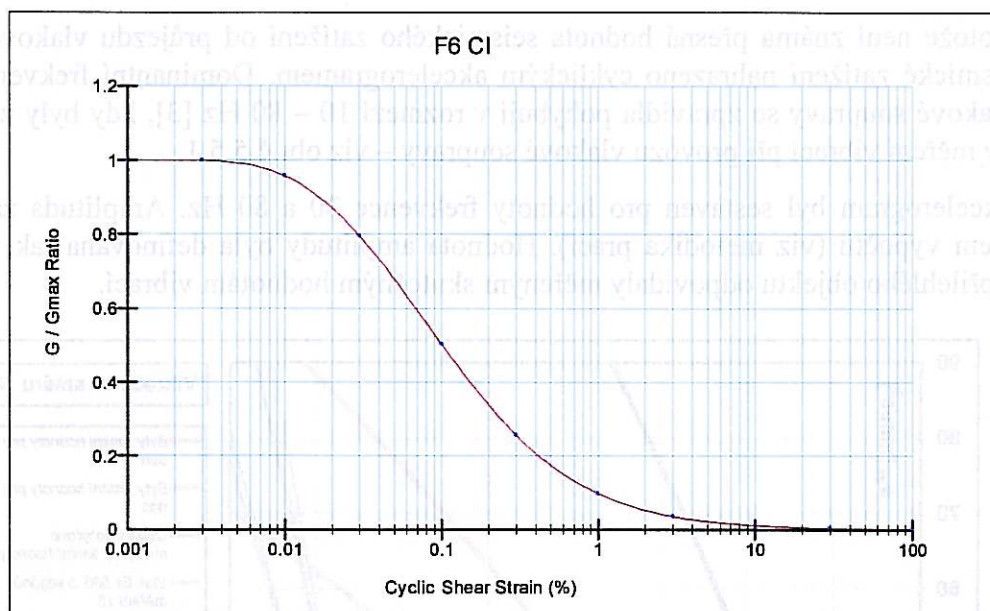
Tab.č.5.4.5: Výpočet koeficientu n

výpočet n	Index plasticity I_p
0	0
$3.37 \times 10^{-6} \times I_p^{1.404}$	$0 < I_p < 15$
$7.0 \times 10^{-7} \times I_p^{1.976}$	$15 < I_p < 70$
$2.7 \times 10^{-5} \times I_p^{1.115}$	$I_p > 70$

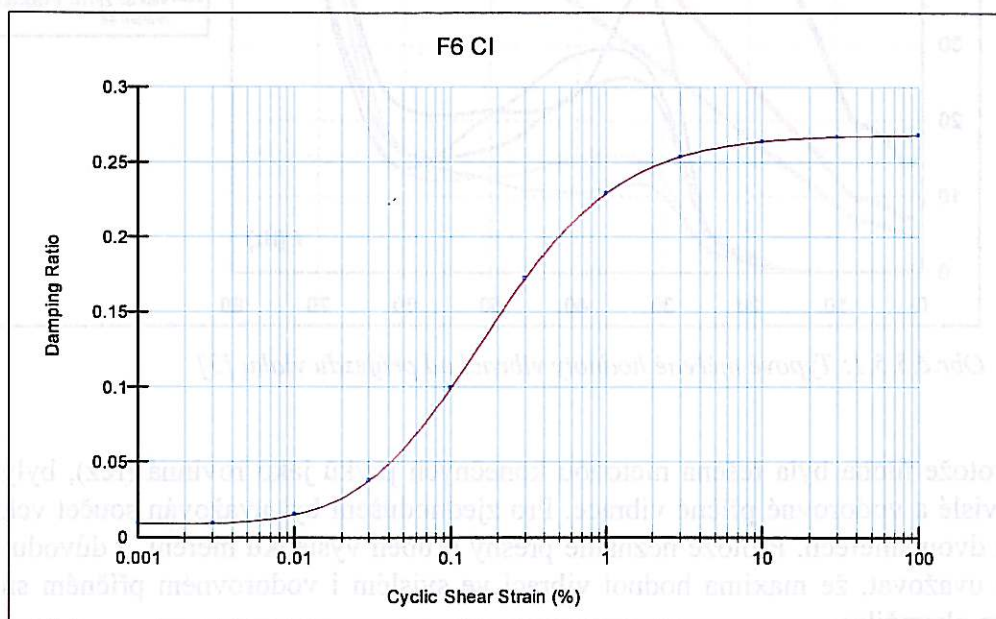
Útlum může být ve výpočtech uvažován konstantní hodnotou nebo závislostí na cyklickém poměrném smykovém přetvoření. Konstantní hodnota není vhodná pro jílovité zeminy, proto byla použita funkční závislost. Rovnici vyvinuli Ishibashi a Zhang [2].

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 I_p^{1.3})}{2} \left(0.586 \left(\frac{G}{G_{\max}} \right) - 1.547 \frac{G}{G_{\max}} + 1 \right)$$

Útlumový koeficient je kromě přetvoření γ závislý na indexu plasticity I_p a poměru G/G_{\max} získaného z křivky poklesu smykového modulu. Útlum je tak nepřímě závislý na geostatickém napětí.



Obr.č.5.4.2: Funkce podílu G/Max pro vrstvu F6 CI



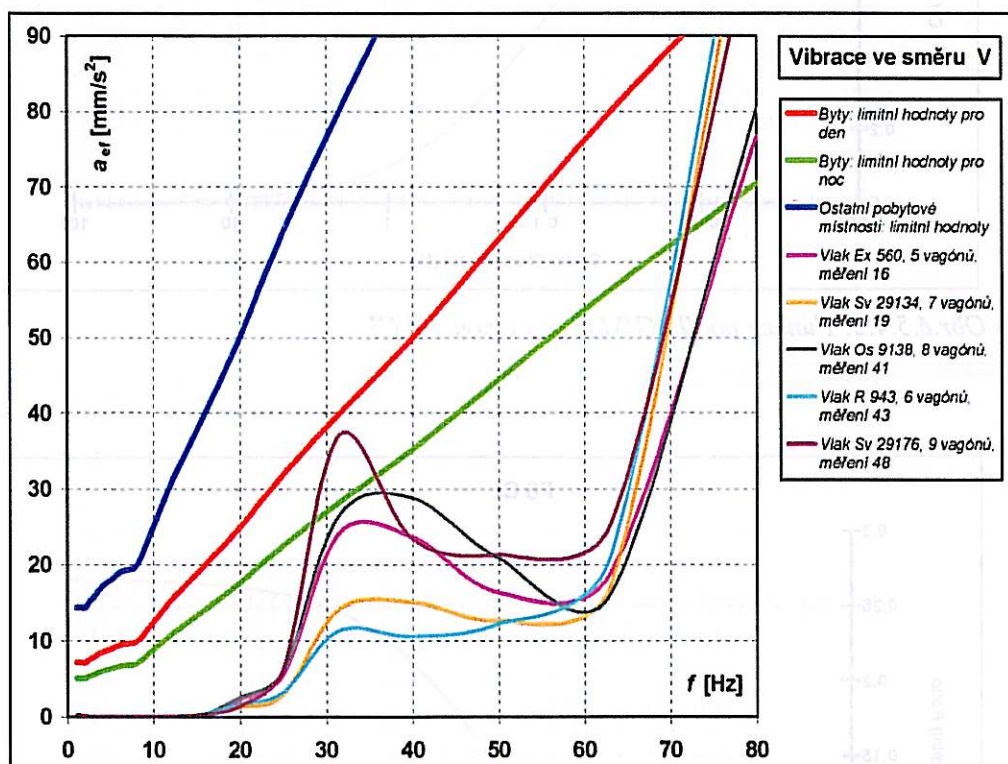
Obr.č.5.4.3: Funkce útlumu ξ pro vrstvu F6 CI

Při hodnocení dynamických účinků lze uvažovat i další charakteristiky zemin související s vývojem pórového tlaku v jemnozrnných zeminách a s náchylností těchto zemin ke ztekucení. V tomto případě nebyly tyto vlivy zahrnuty do výpočtu, protože nejsou předmětem posudku. Navíc úroveň seismického zatížení od průjezdu vlaku není taková, aby hrozilo nebezpečí ztekucení zemin nebo vývoj vysokých hodnot pórového tlaku.

5.5 Seismické zatížení

Protože není známa přesná hodnota seismického zatížení od průjezdu vlakové soupravy, bylo seismické zatížení nahrazeno cyklickým akceleroграмem. Dominantní frekvence při průjezdu vlakové soupravy se zpravidla pohybují v rozmezí 10 – 80 Hz [3], kdy byly získány dílčí výsledky měření vibrací při provozu vlakové soupravy – viz obr.č.5.5.1.

Akceleroграм byl sestaven pro hodnoty frekvence 30 a 80 Hz. Amplituda zatížení byla předmětem výpočtu (viz metodika prací). Hodnota amplitudy byla definována tak, aby účinky v místě přilehlého objektu odpovídaly měřeným skutečným hodnotám vibrací.



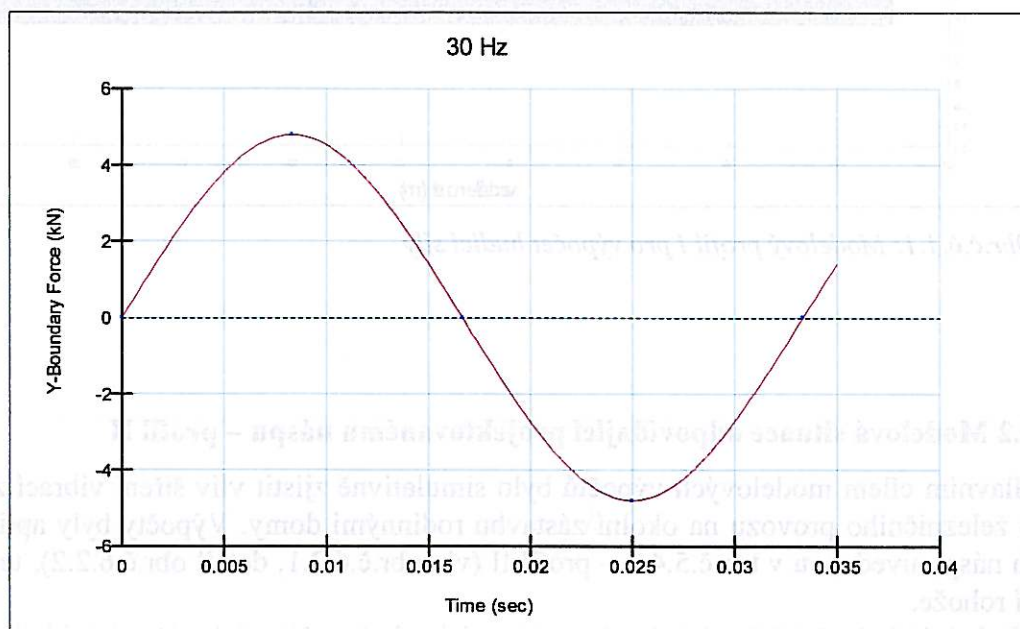
Obr.č.5.5.1: Typové měřené hodnoty vibrací od průjezdu vlaku [3]

Protože úloha byla řešena metodou konečných prvků jako rovinná (řez), byly hodnoceny pouze svislé a vodorovné příčné vibrace. Pro zjednodušení byl uvažován součet vektorů vibrací v těchto dvou směrech. Protože neznáme přesný průběh výsledků měření, z důvodu bezpečnosti budeme uvažovat, že maxima hodnot vibrací ve svislém i vodorovném příčném směru nastala v jednom okamžiku.

Hodnota výsledného vektoru je potom dána (svislé maximální zrychlení $a_{ewp} = 0.0248 \text{ m/s}^2$, vodorovné příčné maximální zrychlení $a_{ewp} = 0.0114 \text{ m/s}^2$, viz tab.č.5.2.1):

$$a_{ewp} = \sqrt{0.0248^2 + 0.0114^2} = 0.0273 \text{ m/s}^2$$

Ekvivalentní hladina váženého zrychlení pro tuto hodnotu je 88,7 dB.



Obr.č.5.5.2: Cyklická funkce zatížení pro frekvenci 30 Hz

6. VÝSLEDKY MODELOVÝCH VÝPOČTŮ

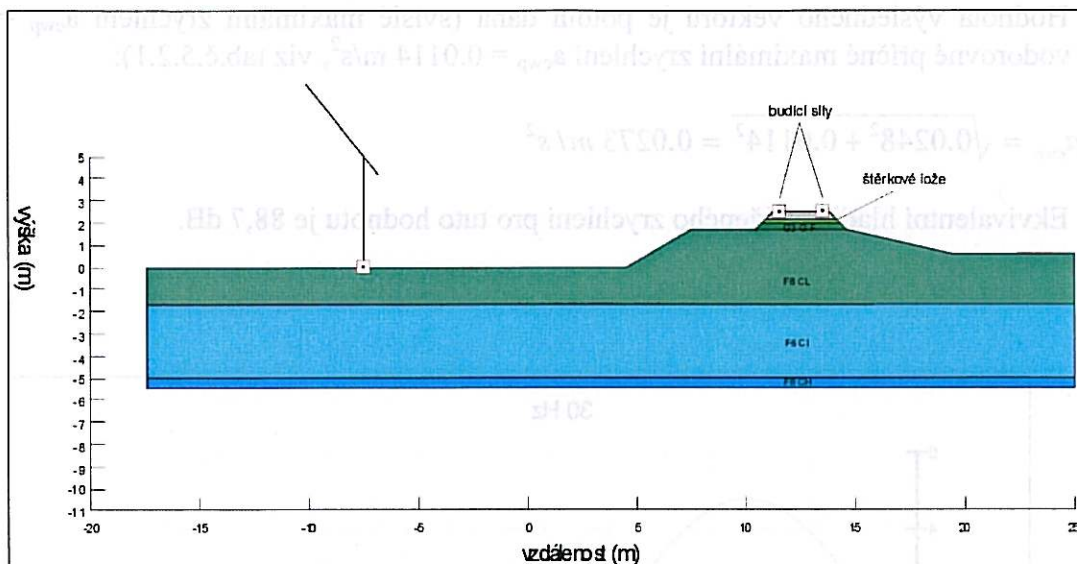
6.1 Stanovení amplitudy budící cyklické síly na profilu I

V první fázi byly stanoveny amplitudy cyklického zatížení tak, aby vypočtené hodnoty vibrací v objektu odpovídaly měřeným hodnotám (hodnota vektoru $a_{ewp} = 0.0273 \text{ mm/s}^2$) – viz tab.č.6.1.1, které se rovnají výchozímu stavu.

Tab.č.6.1.1: Hodnoty amplitudy síly

frekvence Hz	amplituda síly kN
30	4.8
80	8.5

V závislosti na frekvenci se mění požadovaná amplituda budící síly. Modelový profil I pro její výpočet je uveden v obr.č.6.1.1, mechanicko-fyzikální parametry dílčích konstrukčních vrstev náspu potom v tab.č.5.4.1.

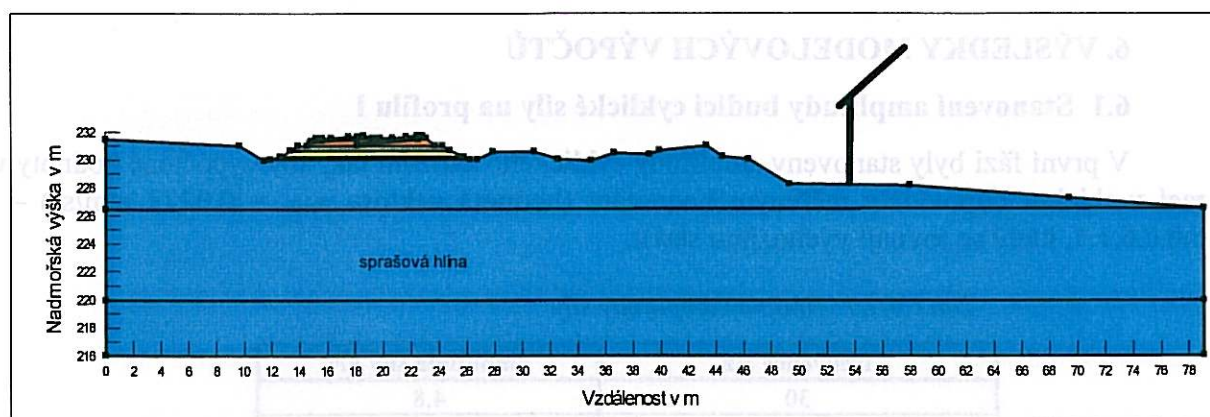


Obr.č.6.1.1: Modelový profil I pro výpočet budící síly

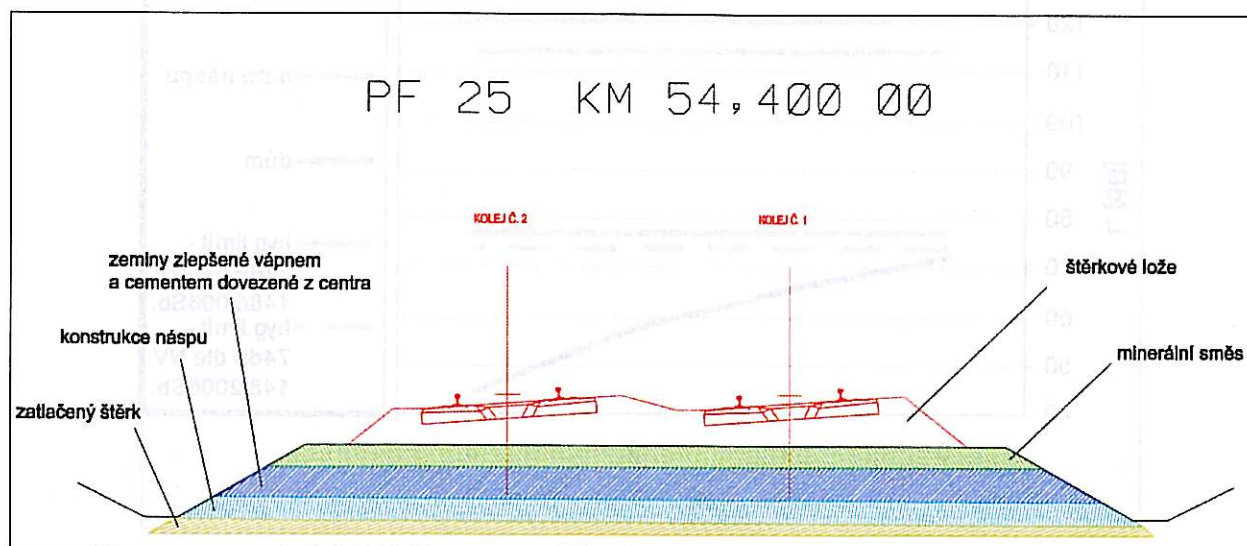
6.2 Modelová situace odpovídající projektovanému náspu – profil II

Hlavním cílem modelových výpočtů bylo simulativně zjistit vliv šíření vibrací z projektovaného železničního provozu na okolní zástavbu rodinnými domy. Výpočty byly aplikovány na skladbu náspu uvedenou v tab.č.5.4.2 – profil II (viz obr.č.6.2.1, detail obr.č.6.2.2), tedy bez antibrační rohože.

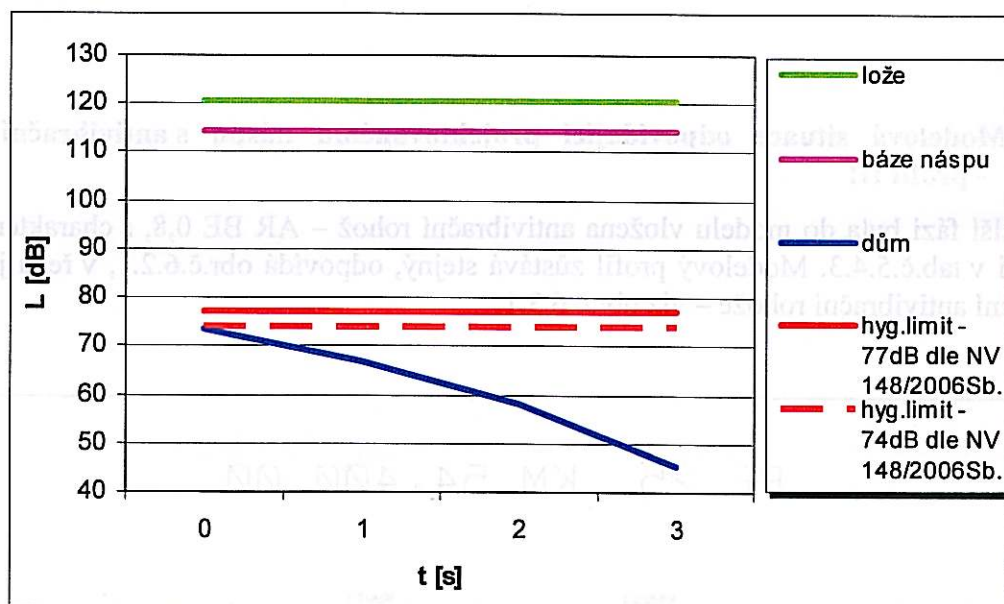
Následující obr.č.6.2.3 a 6.2.4 zobrazují závislosti přepočítaných vážených hladin zrychlení v dB na čase v charakteristickém bodě.



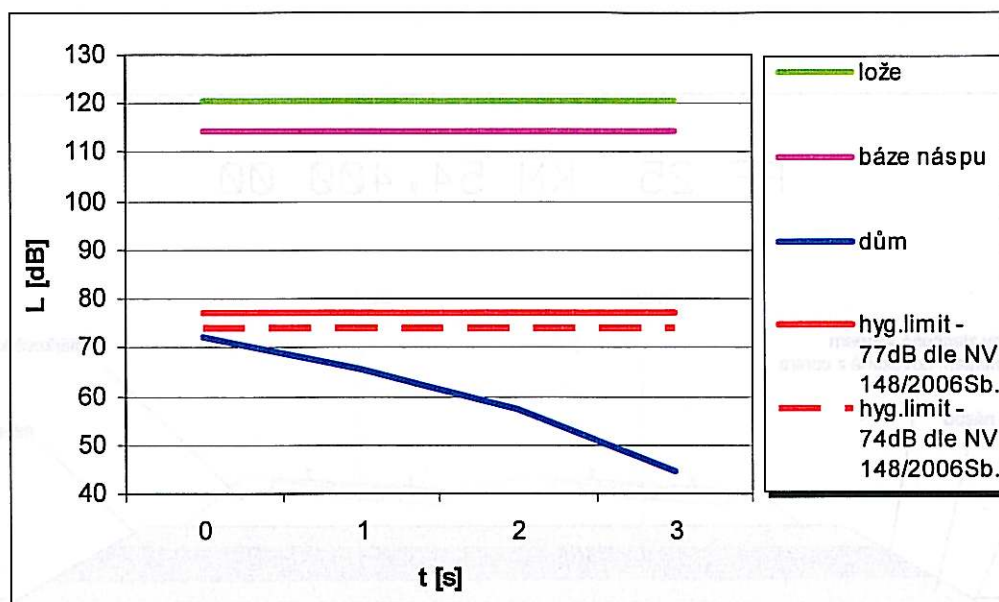
Obr.č.6.2.1: Modelový profil II



Obr.č.6.2.2: Modelový profil II – řez náspem detail



Obr.č.6.2.3: Průběh vážených hladin zrychlení v horninovém prostředí profilu II [30 Hz]

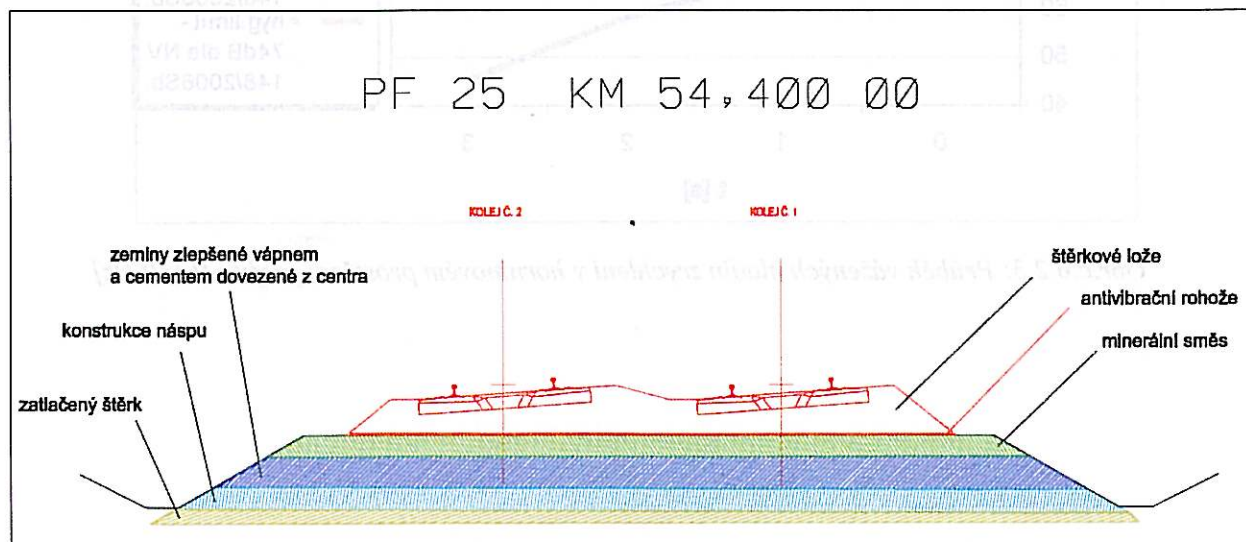


Obr.č.6.2.4: Průběh vážených hladin zrychlení v horninovém prostředí profilu II [80 Hz]

Vážené hladiny vibrací se pohybovaly těsně pod hygienickými limity NV č.148/2006 Sb. v rozmezí 72 – 74 dB.

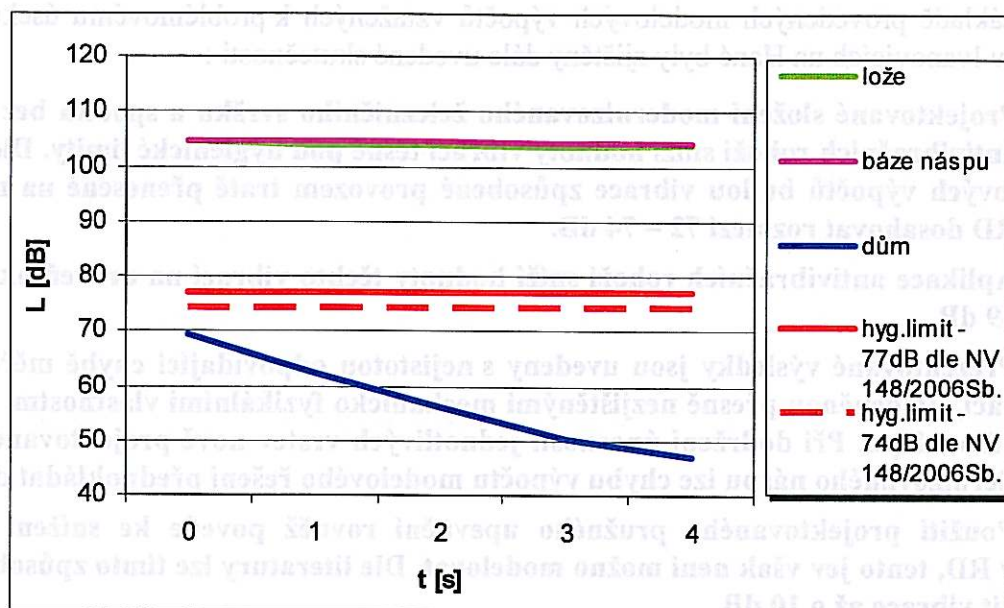
6.3 Modelová situace odpovídající projektovanému náspu s antivibrační rohoží - profil III

V další fázi byla do modelu vložena antivibrační rohož – AR BE 0,8, s charakteristikami uvedenými v tab.č.5.4.3. Modelový profil zůstává stejný, odpovídá obr.č.6.2.1, v řezu je zobrazeno vložení antivibrační rohože – viz obr.č.6.3.1.

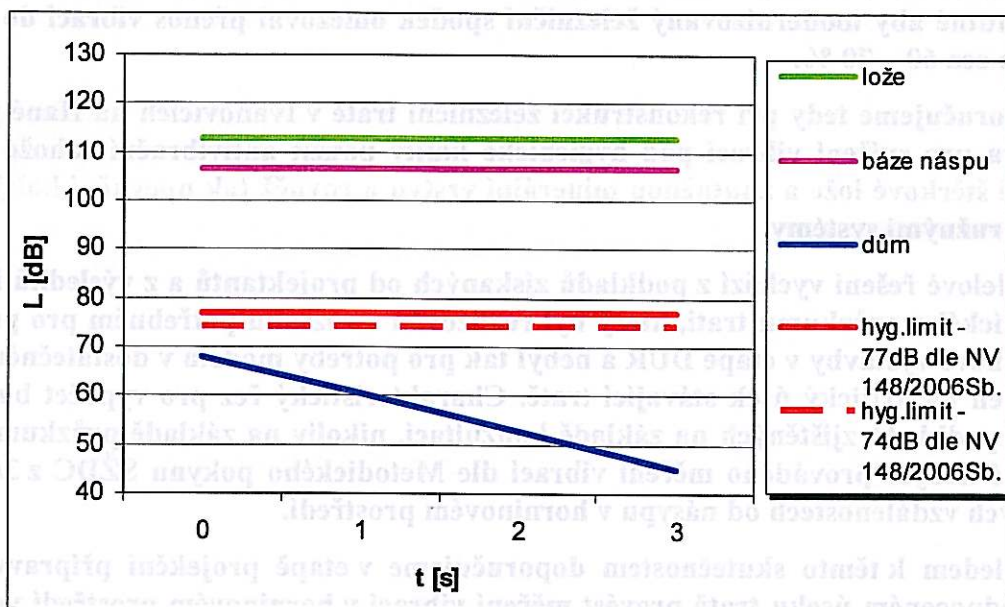


Obr.č.6.3.1: Modelový profil III – řez náspem detail

Obr.č.6.3.2 až 6.3.3 zobrazují závislost vážených hladin vibrací na čase v charakteristických bodech v horninovém prostředí.



Obr.č.6.3.2: Průběh vážených hladin zrychlení v horninovém prostředí profilu III [30 Hz]



Obr.č.6.3.3: Průběh vážených hladin zrychlení v horninovém prostředí profilu III [80 Hz]

Vážené hladiny vibrací se pohybovaly pod hygienickými limity NV č.148/2006 Sb. v rozmezí 68 - 69 dB.

7. ZÁVĚR A NÁSLEDNÁ DOPORUČENÍ

Na základě provedených modelových výpočtů vztahených k problémovému úseku železniční tratě v Ivanovicích na Hané byly zjištěny dále uvedené skutečnosti :

- Projektované složení modernizovaného železničního svršku a spodku bez použití antivibračních rohoží sníží hodnoty vibrací těsně pod hygienické limity. Dle modelových výpočtů budou vibrace způsobené provozem tratě přenesené na nejbližší RD dosahovat rozmezí 72 – 74 dB.
- Aplikace antivibračních rohoží sníží hodnoty těchto vibrací na úroveň okolo 68 - 69 dB.
- Prezentované výsledky jsou uvedeny s nejistotou odpovídající chybě měření vibrací, umocněnou přesně nezjištěnými mechanicko fyzikálními vlastnostmi stávajícího násypu. Při dodržení únosností jednotlivých vrstev nově projektovaného modernizovaného násypu lze chybu výpočtu modelového řešení předpokládat do 5%.
- Použití projektovaného pružného upevnění rovněž povede ke snížení vibrací v RD, tento jev však není možno modelovat. Dle literatury lze tímto způsobem snížit vibrace až o 10 dB.
- Aby byly dodrženy hygienické limity (74 dB – limit v noci – odpovídá zrychlení 0.005 m/s^2) vážených hladin zrychlení vibrací bez dalších opatření na objektu, je nutné aby modernizovaný železniční spodek omezoval přenos vibrací do podloží o cca 60 – 70 %.

Doporučujeme tedy při rekonstrukci železniční tratě v Ivanovicích na Hané při ulici Smetanova pro snížení vibrací pod hygienické limity použít antivibrační rohože vložené mezi nové šterkové lože a zhutněnou minerální vrstvu a rovněž tak upevnění kolejnic moderními pružnými systémy.

Modelové řešení vychází z podkladů získaných od projektantů a z výsledků inženýrskogeologického průzkumu trati, který byl realizován v rozsahu potřebném pro projekční přípravu nové výstavby v etapě DUR a nebyl tak pro potřeby modelu v dostatečném rozsahu zaměřen na kritický úsek stávající tratě. Charakteristický řez pro výpočet budící síly vychází z podkladů zjištěných na základě konzultací, nikoliv na základě průzkumu a měření. Také nebylo prováděno měření vibrací dle Metodického pokynu SŽDC z 3/2008 ve specifických vzdálenostech od násypu v horninovém prostředí.

Vzhledem k těmto skutečnostem doporučujeme v etapě projekční přípravy stavby DSP v hodnoceném úseku tratě provést měření vibrací v horninovém prostředí ve smyslu výše uvedeného MP, realizovat inženýrskogeologický doprůzkum přímo ve stávajícím železničním násypu na stanovení přesného charakteristického profilu a zjištění konkrétních geomechanických charakteristik jednotlivých vrstev železničního svršku a spodku. Na základě těchto výsledků by byl upřesněn matematický model šíření vibrací.

Tento postup doporučujeme uplatnit i na případných dalších úsecích modernizované tratě Brno – Přerov, kde jsou problémy s překročením hygienických limitů vibrací z provozu železnice v blízké obytné zástavbě.

V Brně dne 27.2.2009

8. LITERATURA

- [1] Kresta F. a kol.: Modernizace trati Brno – Přerov, I. Etapa – Blažovice Nezamyslice. MS Geotechnika, Ostrava 2008.
- [2] Ishibashi I., Zhang X. J.: Unified dynamic shear moduli and damping ratios of sands and clay. Soil and Foundation, 1993.
- [3] Makovička D.: Statika a dynamika stavebních konstrukcí. www.makovicka.cz, 2008.
- [4] Trávníček B.: Žádost o vydání časově omezeného povolení provozování zdroje hluku a vibrací – provoz na železniční trati č. 2101 v traťovém úseku Ivanovice na Hané – Nezamyslice, k.ú. Ivanovice na Hané. SŽDC, s.o., Praha, 2008.

Metodický pokyn způsobu měření a vyhodnocení zemních vibrací působených železničním provozem. SŽDC, s.o. , 3/2008.



PŘÍLOHY

- 1. Přehledná situace zájmového území*
- 2. Podrobná situace zájmového území*
- 3. Fotodokumentace*
- 4. Geotechnické výpočty vibrací*

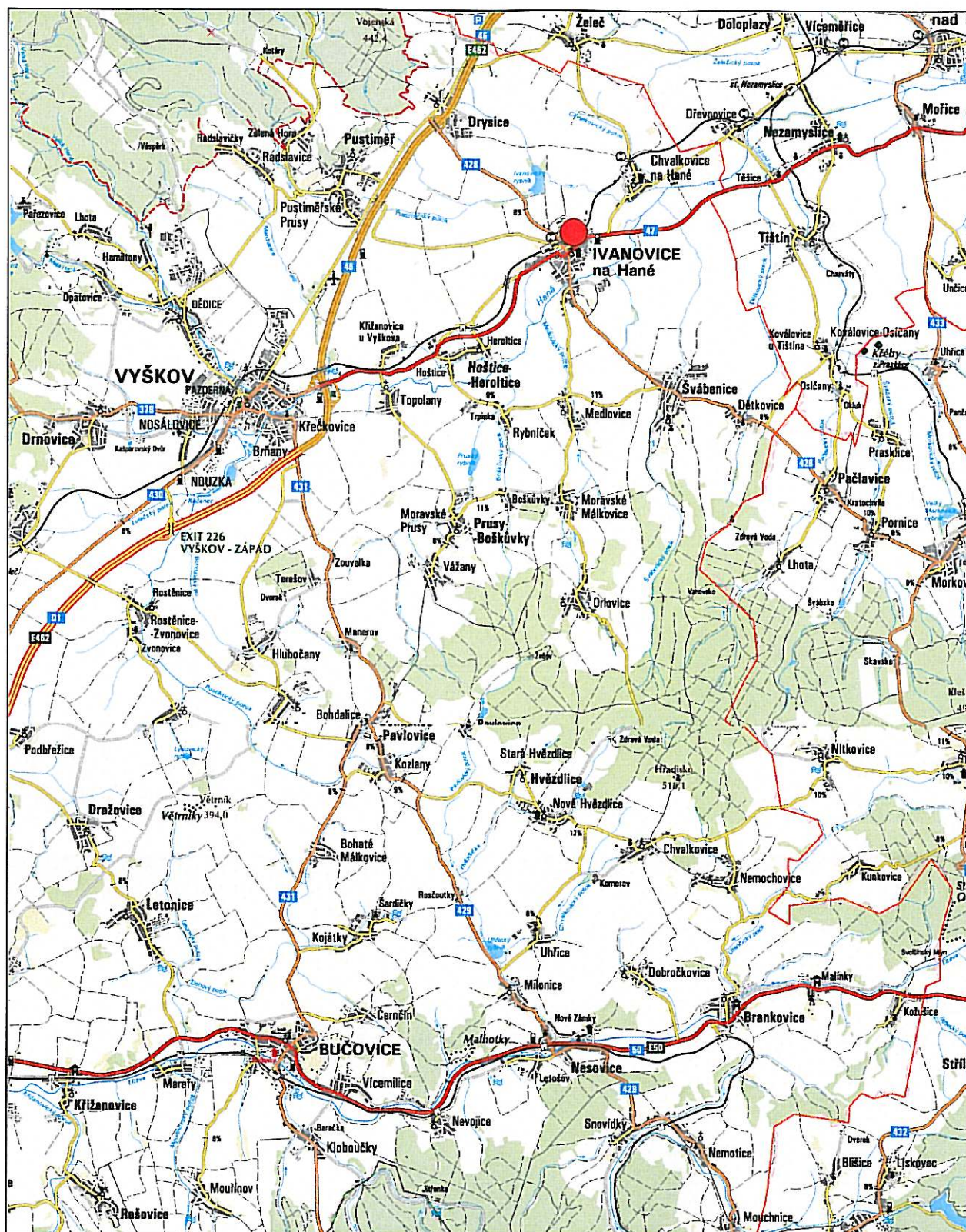
k.ú. Ivanovice na Hané

**Modernizace trati Brno – Přerov
I. etapa - Blažovice – Nezamyslice**


Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu

závěrečná zpráva


únor 2009

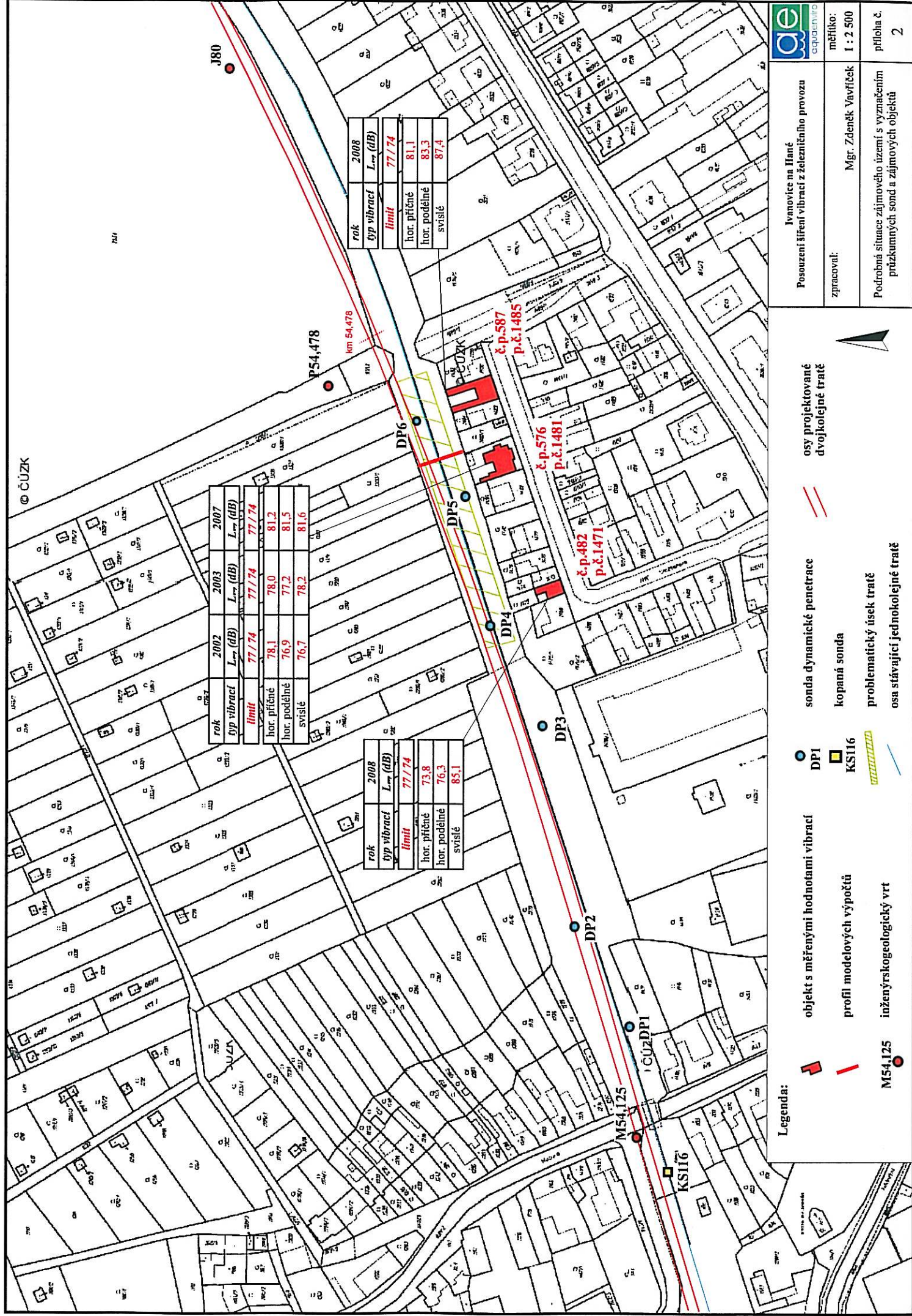


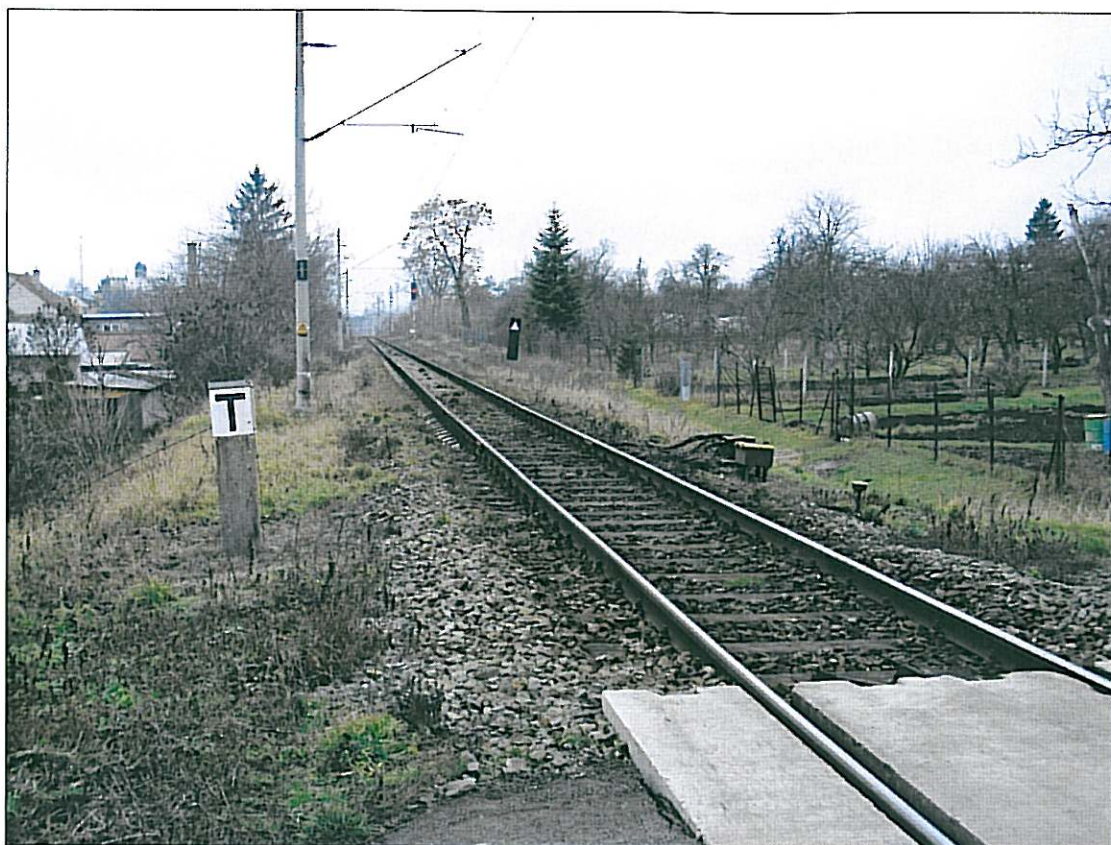
Legenda:

 zájmové území



<p>Ivanovice na Hané Posouzení šíření vibrací z železničního provozu</p>		
zpracoval:	Mgr. Oto Pospíšil	<p>měřítko: 1 : 120 000</p>
<p>Přehledná situace zájmového území</p>		<p>příloha č. 1</p>





Obr.č.1: Pohled na problémový úsek trati – směr Brno



Obr.č.2: Vlevo – pohled na výšku náspu na jižní straně, vpravo – pohled na výšku náspu na straně severní



PŘÍLOHA 4

Geotechnické výpočty vibrací

k.ú. Ivanovice na Hané

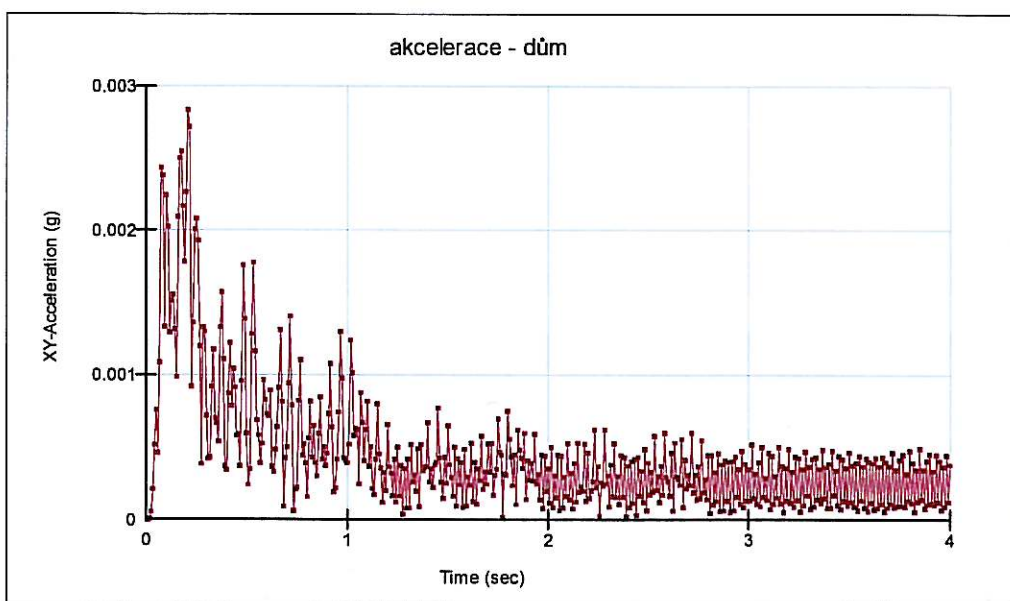
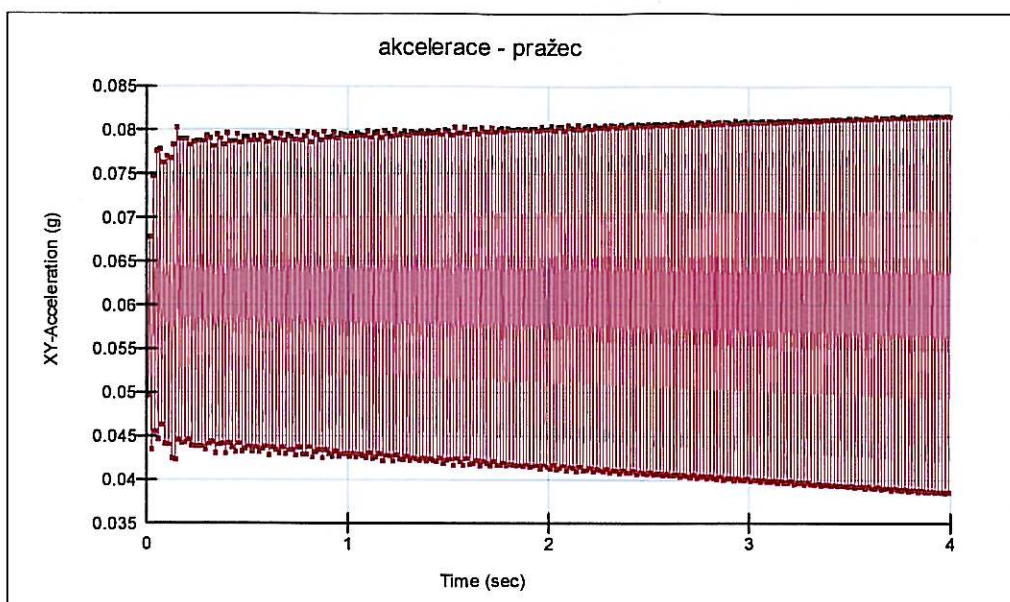
**Modernizace trati Brno – Přerov
I. etapa - Blažovice – Nezamyslice**

Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu

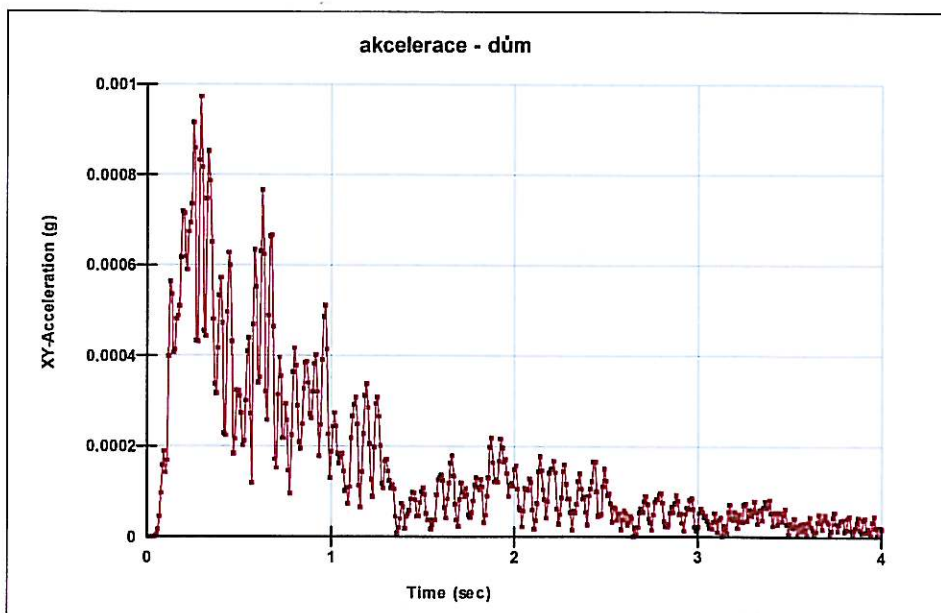
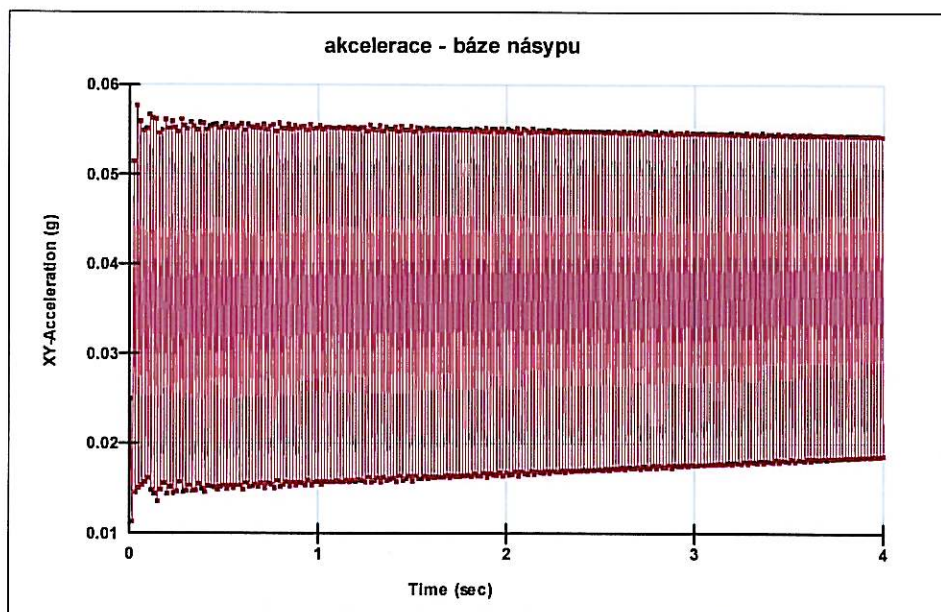
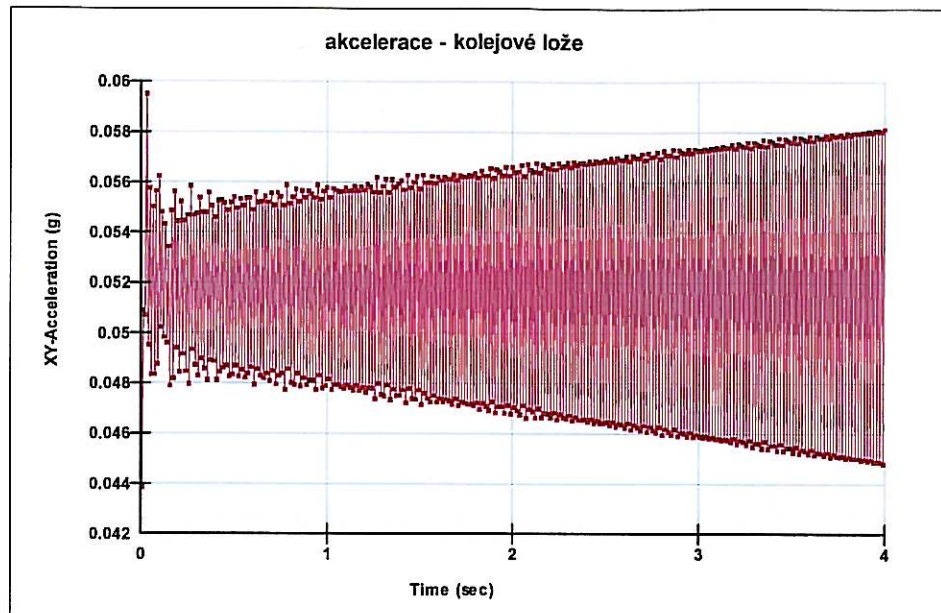
závěrečná zpráva

únor 2009

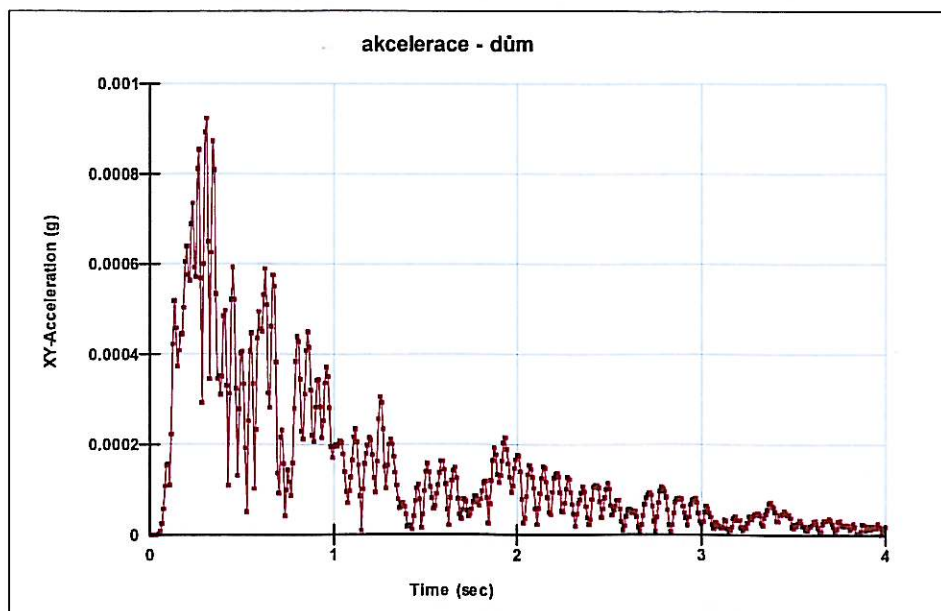
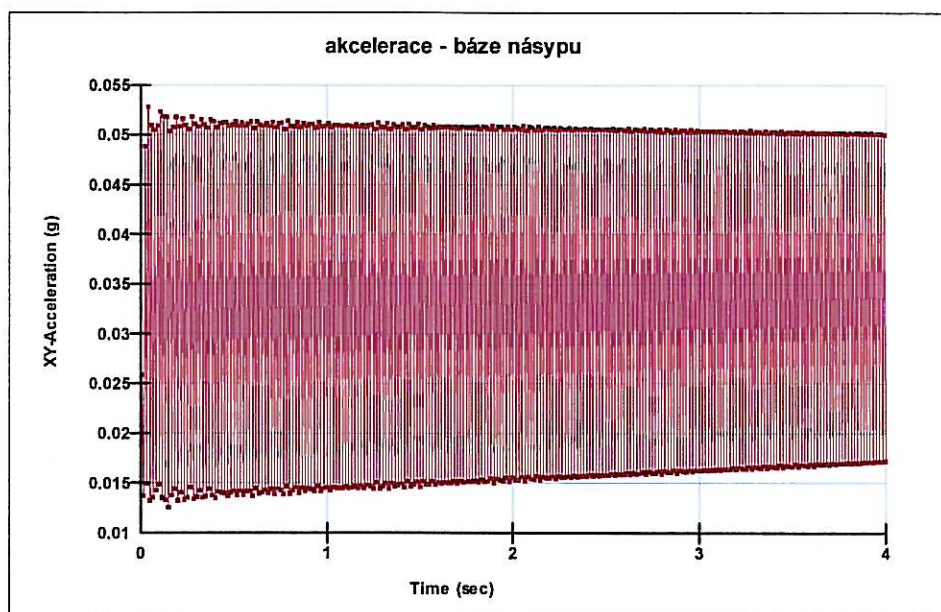
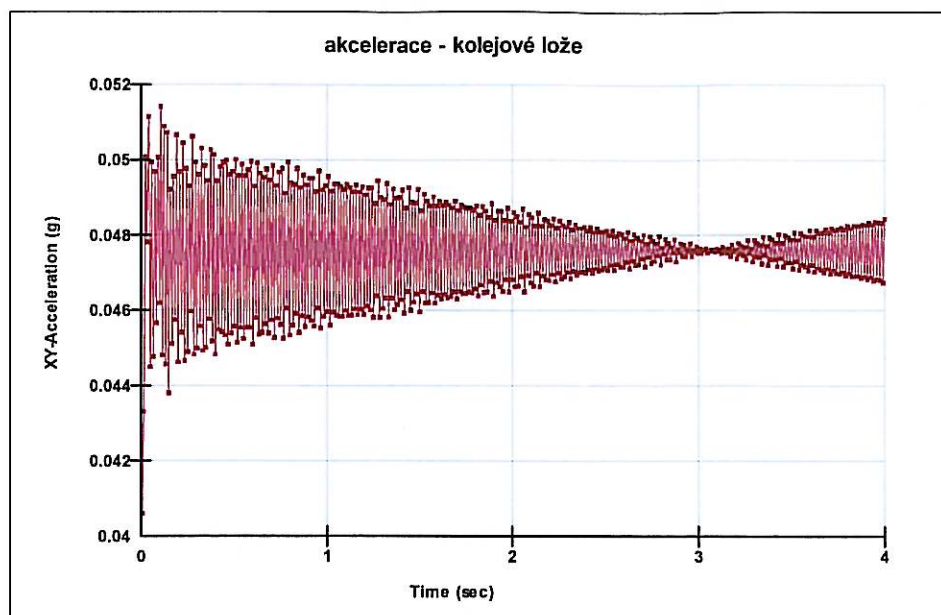
Výpočet amplitudy budící síly



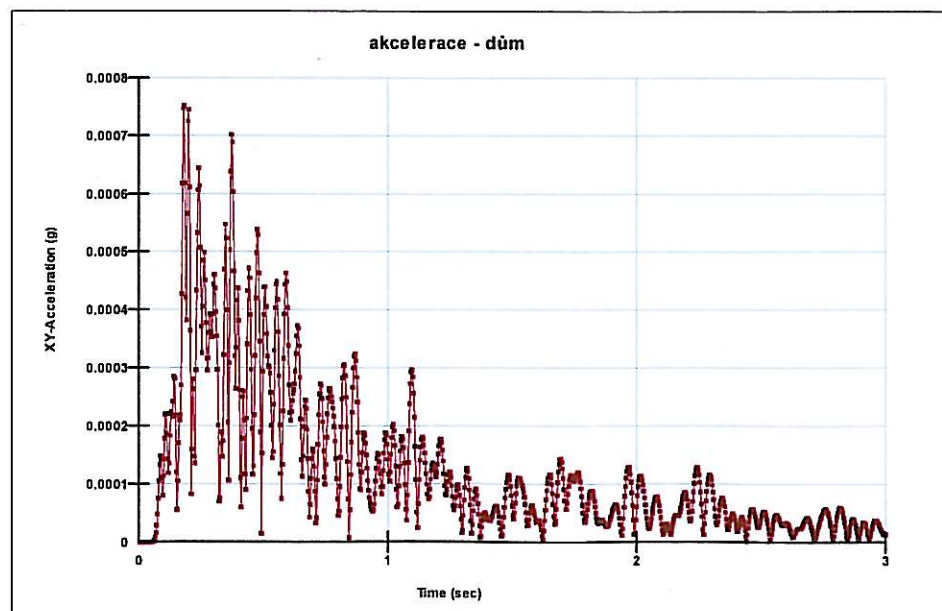
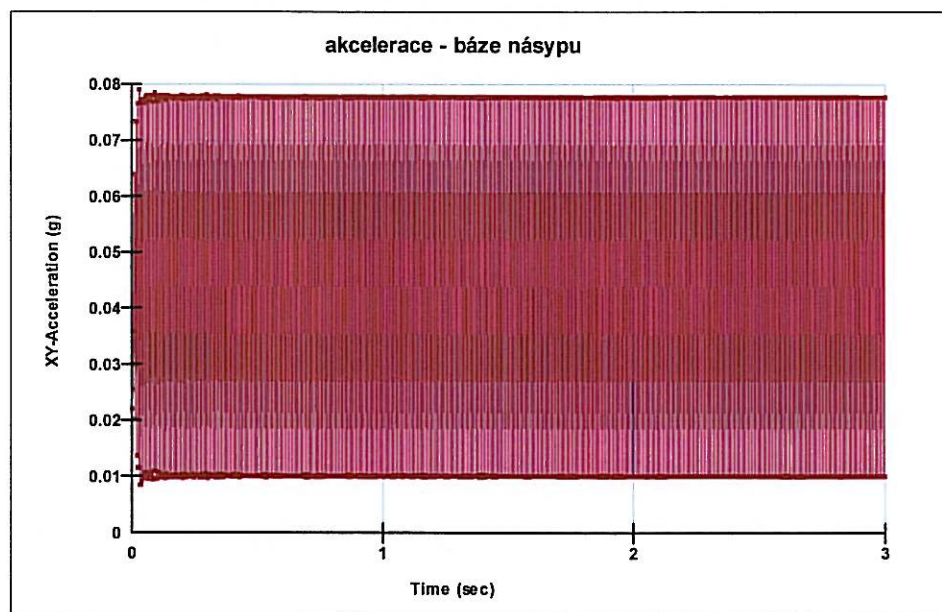
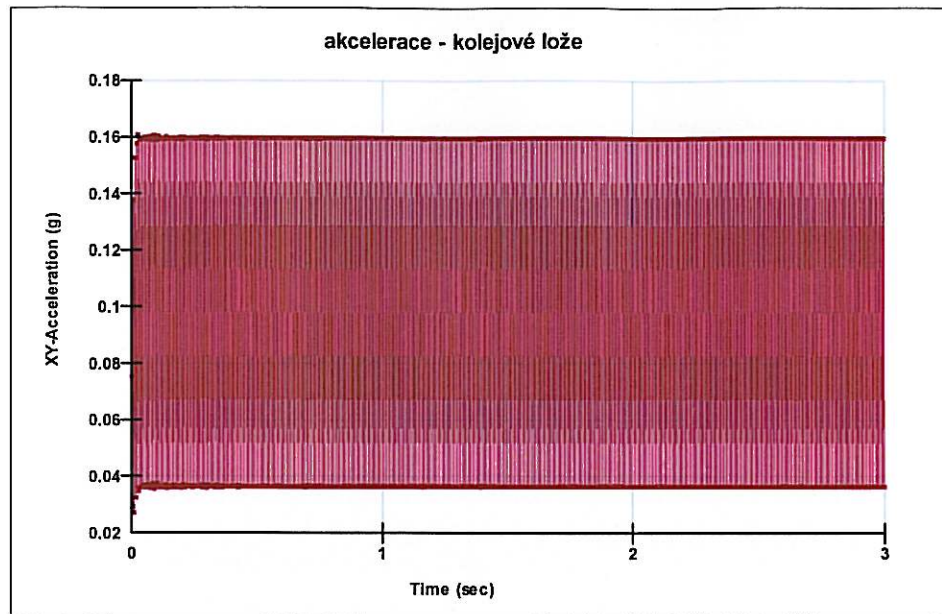
projektovaný násep - 30 Hz



projektovaný násep + AVR – 30 Hz



projektovaný násep - 80 Hz



projektovaný násep + AVR – 80 Hz

