


Výškový systém Bpv
Souřadnicový systém S-JTSK

Změna:	Název změny:	Datum:	Provedl:	Podpis:



Investor, objednatel:	Správa železnic, s.o. Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 - Nové Město kontaktní adresa: Správa železnic, s.o. Stavební správa západ Sokolovská 1955/278, 190 00 Praha 9	Inženýrská činnost: METROPROJEKT Praha a.s. Argentinská 1621/36 170 00 Praha 7 www.metroprojekt.cz info@metroprojekt.cz
-----------------------	--	---

Člen sdružení:	 SUDOP PRAHA	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 tel.: +420 267 094 111 fax: +420 224 230 316 e-mail: praha@sudop.cz
----------------	---	---

METROPROJEKT Praha a.s. Argentinská 1621/36 170 00 Praha 7 generální ředitel: Ing. David Krása tel.: +420 296 154 105 www.metroprojekt.cz info@metroprojekt.cz		Souprava číslo:
---	--	-----------------

HIP:	Podpis:	Název a účel díla:
Ing. Petr Vyskočil tel.: +420 296 154 153		Modernizace trati Praha-Veleslavín (vč.) - Praha-Ruzyně (vč.)
Stupeň: DOKUMENTACE PRO ÚZEMNÍ ŘÍZENÍ		

Zpracovatelský útvar:	Název částí díla:	
Ecological Consulting a.s. Legionářská 1085/8, 779 00 Olomouc tel.: +420 585 203 166	SOUHRNNÁ ČÁST VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ VIBRACE	B. B.6 B.6.6
Vedoucí útvaru:	Podpis:	
Mgr. Bc. Rudolf Polášek		

Odpovědný projektant:	Podpis:	Název přílohy:	Změna:
Mgr. Bc. Rudolf Polášek			-
Vypracoval:	Podpis:		Číslo příl.:
RNDr. Jiří Grúz			-
Skart. znak: V20/2043	Datum: 06/2022		
Počet formátů: xA4	Měřítko: -	IČD: 21 7033 02 06 06 00 00	

Doplňující údaje:

0	12/2017	1.vydání	RNDr. Grúz v.r.	RNDr.Grúz v.r.	RNDr. Bosák v.r.	Mgr.Reichlová v.r.
Rev.	Datum	Popis	Vypracoval	Kreslil/psal	Kontroloval	Schválil
Objednatel:				Souprava:		
METROPROJEKT Praha a.s. Náměstí I. P. Pavlova 1786/2, 120 00 Praha 2						
Zhotovitel:						
ECOLOGICAL CONSULTING a.s. Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc tel: 585 203 166, fax: 585 203 169 e-mail: ecological@ecological.cz						
Projekt: „Modernizace a novostavba trati Praha-Veleslavín (včetně) – Praha-Ruzyně (včetně)“				Číslo projektu:	320/17045	
				VP (HIP):	RNDr Grúz	
				Stupeň:		
KÚ:	OÚ, MÚ:		Datum:	12/2017		
Obsah: HODNOCENÍ VIBRACÍ				Archiv:		
				Formát:		
				Měřítko:		
				Část:	Příloha:	
				-	B.6.6	

Objednatel: Obchodní firma: METROPROJEKT Praha a.s.
adresa: nám. I.P. Pavlova, 120 00 Praha 2
IČ: 45271895
DIČ: CZ 45271895

Zpracovatel: Ecological Consulting a. s.
Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc
RNDr. Jiří Grúz
číslo osvědčení odborné způsobilosti 85189/ENV/08
Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, tel. 603 584 222
e-mail: ecological@ecological.cz ; www.ecological.cz



Prosinec 2017

RNDr. Jiří G R Ú Z

Prvotní dokumentace je uložena v archivu zpracovatele.

Rozdělovník:

výtisk 3x; digitální verze 1x:

objednatel

digitální verze 1x:

Ecological Consulting a.s.

Řešitelský kolektiv:

RNDr Jiří Grúz – technické složky životního prostředí, vedoucí autorského kolektivu

oprávněná osoba k posuzování vlivů na životní prostředí, číslo osvědčení odborné způsobilosti 85189/ENV/08

Ecological Consulting a.s., Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, tel. 585 203 166

Mgr. Luboš popelák – měření vibrací

Ecological Consulting a.s., Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, tel. 585 203 166

Ing. Jaromír Cápal – měření vibrací

*Ecological Consulting a.s., Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, pracoviště Brno,
tel. 549 131 206*

Obsah

1. ÚVOD.....	5
2. NEGATIVNÍ ÚČINKY VIBRACÍ.....	9
3. ZDROJ VIBRACÍ, ŠÍŘENÍ VIBRACÍ	12
4. CHARAKTER PODLOŽÍ.....	14
5. PROVEDENÁ MĚŘENÍ	15
6. MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	17
7. NÁVRH ANTIVIBRAČNÍCH OPATŘENÍ.....	18
PŘÍLOHY	20
POUŽITÁ LITERATURA.....	20

1. ÚVOD

Hodnocení vlivu vibrací bylo provedeno jako součást dokumentace železniční stavby. Jedná se o stavbu s názvem „**Modernizace a novostavba trati Praha-Veleslavín (včetně) – Praha-Ruzyně (včetně)**“.

V daném modernizovaném úseku se v současnosti jedná o jednokolejnou trať 120 Praha Bubny – Kladno. V žel. km 11,490 bude připravena „odbočka Ruzyně“, vedená severozápadně od trati 120, směrem na mezinárodní Letiště Václava Havla, která bude realizována v navazujících stavebách.

Podle nařízení EP a Rady (EU) č. 1315 (2013) je napojení letiště Praha v úseku Praha-Bubny – Praha Ruzyně – Praha Letiště Václava Havla zařazena do hlavní sítě osobní dopravy TEN-T.

Stávající trať 120, na které dojde k modernizaci je jednokolejná, neelektrizovaná s úrovnovými nástupišti a se starým zabezpečovacím zařízením 2. kategorie s oboustranným hradlovým poloautoblokem. Nejvyšší dovolená rychlost je zde cca 80 km/h.

Modernizace stávajícího úseku bude zahrnovat elektrizaci trati a modernizaci ZSZ

Celá stavba bude dvojkolejná a bude obsahovat dvě železniční stanice a jednu zastávku a to:

- žst. Praha – Veleslavín, žel. km cca 7,785
- zast. Praha – Liboc, žel. km cca 9,344
- žst. Praha – Ruzyně, žel. km cca 11,033

Přitom jsou navrhovány i další úpravy mimo uvedený rozsah stavby.

Předložené hodnocení vlivu vibrací zahrnuje celý základní rozsah stavby, jak je výše uveden.

Cílem stavby „Modernizace a novostavba trati Praha-Veleslavín (včetně) – Praha-Ruzyně (včetně)“ je zlepšení jízdního komfortu i komfortu cestujících na trati 120, spolu se zvýšením bezpečnosti dopravy a bezpečnosti na přejezdech. Na tuto stavbu bude dále navazovat realizace nového, chybějícího železničního napojení k letišti Václava Havla.

Pro zajištění tohoto cíle jsou předpokládány zejména následující opatření:

- rekonstrukce železničního svršku a spodku ve stávající části stavby
- změny vybavení žst., zastávek a nástupišť a výstavba nové trati, žst. a zastávky
- nové SZZ, zabezpečení přejezdů a elektrický ohřev výměn
- rekonstrukce stávajících propustků a mostů
- další úpravy stavebních objektů a provozních souborů.

Při provádění uvedené modernizace dojde ke kompletní rekonstrukci železničního svršku i spodku s celkovou délkou kolejových úprav několik kilometrů a k výstavbě nové trati ve výše uvedeném rozsahu.

V úsecích s navrženými úpravami železničního svršku by bylo potenciálně možno provést antivibrační opatření (AVO). Pro realizaci antivibračních opatření by byla uložena antivibrační rohož tloušťky min. 50 mm pod šterkovým ložem železničního svršku při jeho rekonstrukci.

Na uvedené stavbě je užito staničení základního směru od východu (trať 120, směr Kladno, začátek stavby). Staničení nově budované trati navazuje na stávající staničení trati 120.

Řešená trať prochází rovinným územím s nadmořskou výškou 340 až 360 mn.m. Nejblíže vodním tokem je Litovický potok (jižně trati 120) s retenční vodní nádrží Jiviny.

Trať je dále ve svém nově budovaném úseku křížena dálnicí Pražský okruh (D0).

Hodnocená trať neprochází žádným ze zvláště chráněných území (ZCHÚ) ani územími EVL či ptačími oblastmi. Nejblíže (JV od žst. Praha-Ruzyně) se nachází PP 1211 Obora Hvězda s rozlohou 78,85 ha.

Vzhledem k tomu, že modernizace bude probíhat na stávajícím tělese trati, bez jeho významnějšího narušení nepředpokládáme ani výraznější negativní vliv provedených prací na zvláště chráněné druhy rostlin a živočichů. V případě novostavby neprochází tato rovněž žádným z uvedených exponovaných území. Ani zde tedy nepředpokládáme negativní vliv provedených prací na zvláště chráněné druhy rostlin a živočichů.

Z významných křížení trati s vodními toky lze uvést následující most:

➤ **SO 08-20-03 Most v ev. km 8,979 přes Litovický potok**

Stávající stav: Stávající most je tvořen dvěma cihelnými klenbami. V jedné klenbě je veden Litovický potok a druhý je bez využití a je zahrazen oplocením. Čela jsou kamenná a železobetonová, šikmá křídla jsou kamenná. Cihelné klenby jsou ve velmi špatném stavu s kavernami. Technický stav mostu je hodnocen 3/2. Stávající most nelze využít s ohledem na prostorové a výškové uspořádání nových kolejí. Nová kolej č. 2 je vedena mimo stávající most.

Nový stav: Nosná konstrukce je navržena jako železobetonový polorám s obloukovou příčlím 7000x4500 mm. Rozměr otvoru vyhovuje hydrotechnickému výpočtu. Úhel křížení rámu s tratí je 90°. Vpravo je navrženo čelo s římsou a zábradlím s vnější hranou 6,0metrů od koleje č.2 a výškově i půdorysně navazující na zdi před i za mostem. Vlevo je navrženo čelo s římsou a zábradlím překrývající stávající zeď a šikmá svahová křídla. S ohledem na nedostatečnou únosnost základové spáry, bude most založen na tryskové injektáži. Odvodnění rubu opěr je

provedeno jednostranným spádem z levé strany trati na pravou. Na mostě bude otevřené štěrkové lože a s ohledem na výšku přesypávky na něm nebude prováděno ZKPP.

Koryto bude kompletně sneseno od posledního výškového stupně před mostem.

Délka snesení bude cca. 28 m a koryto v této délce bude provedeno nové.

Provedena bude i rekonstrukce zabezpečovacího zařízení. SZZ i TZZ jsou navrženy podle požadavků kladených v současné době na zařízení tohoto typu a TSI.

Celý obvod popisované „stavby velkého rozsahu“ se nachází v kraji Hlavní město Praha a zahrnuje jednu obec a to: **Praha**.

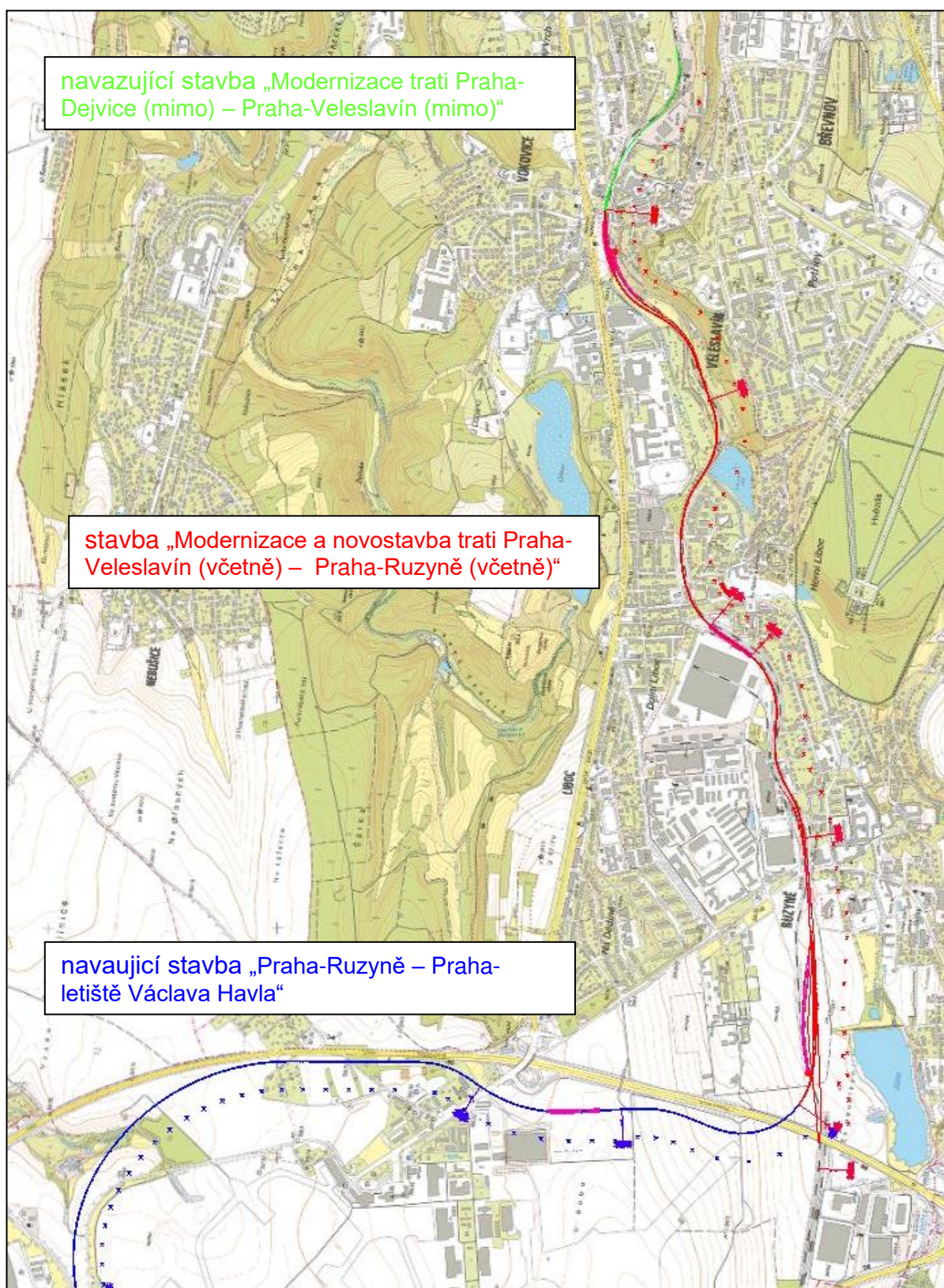
Modernizovaná trať dále zahrnuje 3 katastrálních území (Veleslavín, Liboc a Ruzyně.

V daném úseku trati se v současné době nachází pouze dvě železniční stanice (Praha – Veleslavín a Praha – Ruzyně) a jedna železniční zastávka (Praha – Liboc), další stanice či zastávky zde nejsou.

Popsaná modernizovaná trať měří od nejvýchodnějšího místa (žel. km cca 7,918) po plánovaný konec trati (cca 12,526) celkem cca 4,608 km. Modernizace se přitom týká nových a nově budovaných kolejí v tomto úseku, takže celková délka kolejí modernizované trati bude podstatně větší.

Situování popsané stavby a jejího rozsahu je zřejmé z obrázku 1.

Obrázek 1 – Rozsah území stavby



V souvislosti s uvedenou stavbou se ukázalo jako nezbytné vliv této modernizace trati, včetně navržené nově budované trati na hladinu vibrací řádně vyhodnotit. Z toho důvodu bylo provedeno několik měření hladin zrychlení vibrací, vč. potřebného hodnocení geotechnického složení podloží.

Na základě provedených inženýrskogeologických vrtů, kopaných sond a dalších hodnot, vč. praktických zjištění a údajů literatury je v dalším predikován stav vibrací v okolí trati a navržena potřebná antivibrační opatření.

Otázky spojené s ochranou před **vibracemi** upravuje zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a jeho prováděcí nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

Vibrace jsou mechanická chvění vznikající při průjezdu vozidla po dané trati a přenášejí se podložím do obytné zástavby, kde způsobují nežádoucí účinky. V důsledku jízdy vozidla po přilehlé komunikaci nebo trati vznikají dynamické síly, které se přenášejí zemí do okolí. Na průběh šíření vibrací od jejich zdroje, t.j. na koeficienty útlumové křivky má zásadní vliv (mimo parametrů vlastního zdroje) zejména geotechnická charakteristika podloží, jímž se vibrační vlnění šíří. Z ostatních parametrů má podstatný vliv kromě typu, hmotnosti a rychlosti jízdy vozidla i technický stav komunikace či železniční trati a kvalita, stáří a technický stav objektu. Tyto vlivy však je při měření a prognóze vibrací velmi těžké postihnout.

Podle ustanovení §18 odst. 1 nařízení vlády č. 272/2011 Sb. - 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 uvedeného právního předpisu. Pro obytné místnosti a denní dobu je korekce + 6 dB, v noční době + 3 dB. Celkový nejpřísnější limit průměrné vážené hladiny zrychlení vibrací tedy činí pro chráněné vnitřní prostory staveb a noční dobu (22,00-6,00 hod) $75 + 3 = 78$ dB. Tento limit nesmí být překročen jak u horizontálních, tak ani u vertikálních vibrací (ustanovení §18 odst.2 citovaného nař.vl.).

2. NEGATIVNÍ ÚČINKY VIBRACÍ

Negativní vlivy vibrací, jakožto nízkofrekvenčního vlnění (cca 1-100 Hz) se mohou dotýkat jak stavebních objektů, tak otázek lidského zdraví, případně zvláště chráněných částí přírody.

Působení vibrací bývá obecně nejvýraznější u budov stojících v bezprostřední blízkosti drážního tělesa. V případě nesoudržného podloží dochází k relativně rychlému útlumu hladiny zrychlení vibrací.

Co se týče obecného vlivu vibrací na statiku staveb, je v rozmezí 20-50 Hz udáván

jako nejnižší limit rychlosti kmitání pro historické, narušené stavby (dle technických podmínek výstavby metra Praha)5-7 mm/s. Pro kvalitnější stavby, mosty, podzemní stavby a potrubí jsou limity řádově vyšší. Horší situace vzniká v případech, kdy hladina podzemní vody je málo vzdálená (cca 1 m) od základové spáry budov.

Norma ČSN 73 0040 „Zatížení stavebních objektů technickou seizmickou a jejich odezva“ udává obdobné limitní efektivní rychlosti vibrací. Limity jsou zde přitom rozděleny do různých skupin podle třídy „významu“ a třídy „odolnosti“ stavby.

Pro vliv vibrací na lidské zdraví je často používána hodnota zrychlení vibrací.

Zrychlení kmitavého pohybu je jako druhá derivace výchylky „y“ podle času dáno vztahem (1):

$$a = d^2y/dt^2 = - y_{\max} \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

kde

a..... hodnota zrychlení

y..... výchylka

t.....čas

ω úhlová rychlost

Křivka zrychlení přitom předbíhá o 90° (1/4 T) průběh rychlosti a o 180° (1/2 T) průběh výchylky. Při průchodu bodu rovnovážnou polohou je zrychlení rovné nule, v extrémech výchylky je největší. Zrychlení je v protifázi (má opačnou fázi) s průběhem výchylky: v každém okamžiku je úměrné výchylce, ale směřuje proti ní.

Podle platného vztahu mezi rychlostí kmitání „v“ a zrychlením je pro výše uvedenou mezní rychlost 5 mm/s (statika objektů) odpovídající zrychlení (při 50 Hz) $a = 1,57 \text{ m.s}^{-2}$. Tato hodnota představuje hladinu zrychlení vibrací (při referenčním zrychlení $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$)

$$L = 20 \cdot \log(1,57 : 10^{-6}) \quad (2)$$

t.j.

$$L = 123,9 \text{ dB}, \quad (3)$$

což je v daném případě u v úvahu přicházejících staveb s rezervou dodrženo.

Výjimečně je v různých podkladech pro vliv vibrací z dopravy na statiku historických a narušených staveb udávána limitní hodnota rychlosti vibrací 2 mm/s. V tomto případě a při minimální frekvenci (cca 1 Hz) vychází limitní hladina zrychlení vibrací cca 82 dB, což by

rovněž nemělo činit potíže vzhledem k tomu, že již samotný hygienický limit dle nař.vl.č.272/2011 Sb. činí pro chráněné vnitřní prostory staveb a noční dobu ...78 dB.

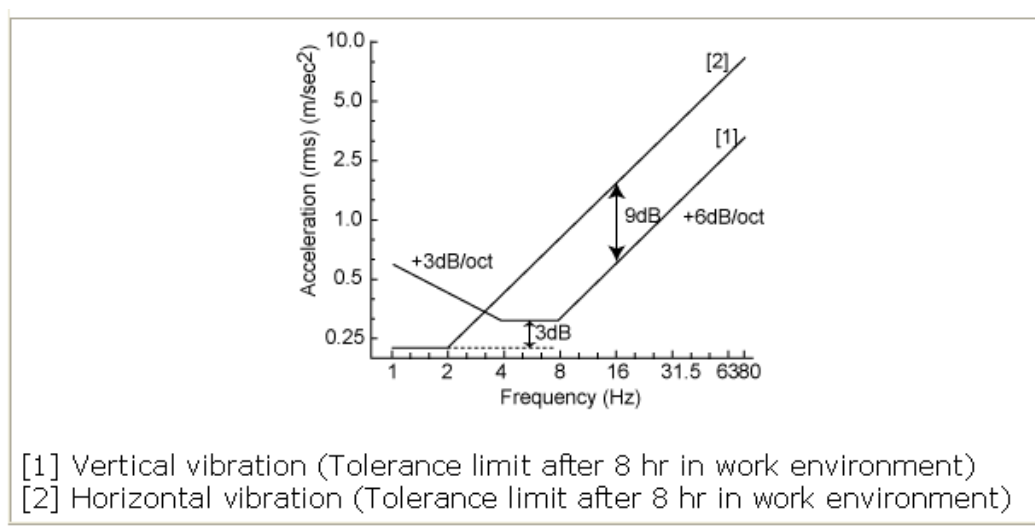
Lze tak oprávněně předpokládat, že i při zvýšení rychlosti jízdy vlakových souprav je možno očekávat dodržování nejvyšší přípustné hodnoty pro vibrace v obytných budovách z hlediska jejich statiky a to minimálně tam, kde není překročen uvedený hygienický limit.

Ke snížení hodnot vibrací dojde i díky postupné modernizaci vozového parku. Po trati tak budou jezdit jednotky nejen s lepším odpružením podvozků, ale i s jejich výrazně lepším technickým stavem. Zlepšení technického stavu vozových jednotek je možno očekávat především v případě nákladních vozů, které se dnes výrazně podílejí nejen na generování vibrací, ale i na hlukovém zatížení okolí objektů na trati. Z toho důvodu nelze ani při změně hmotnostních parametrů vlakových souprav předpokládat navýšení hladiny zrychlení vibrací v dané oblasti. Tuto skutečnost, včetně účinností dále navržených antivibračních opatření však bude nezbytné ověřit následným měřením po realizaci záměru.

Při dodržení předepsaných limitů (viz výše) hladiny zrychlení vibrací po realizaci záměru (vč. event. realizace antivibračních opatření) lze říci, že nelze predikovat negativní vliv vibrací na stabilitu objektů vč. rodinných domů v okolí trati a tedy ani eventuelní vliv na snížení hodnoty těchto objektů z uvedeného důvodu.

Co se týče vlivu vibrací na lidské zdraví, toto je značně závislé (viz obrázek 2) na převažující frekvenci v daném spektru.

Obrázek 2- Citlivostní křivky lidského vnímání vibrací (vertikální a horizontální vibrace)



Z vertikálních vibrací (S, R) je nejcitlivěji vnímáno vlnění o frekvenci 4-8 Hz. Z horizontálních vibrací (P nebo Love-vlnění) je nejcitlivěji vnímána oblast 1-2 Hz (citlivostní křivky). V návaznosti na to a v období s užitím filtru „A“ u zvuku je i zde při měření užito

speciálních filtrů a měřena vážená hodnota zrychlení vibrací. Na základě těchto hodnot je potom počítána vážená hladina zrychlení vibrací L_v (dB).

Významné fyziologické vlivy na člověka lze očekávat (Environmental Pollution Control Center, Osaka, Japan) zejména při hladině vibrací 85 dB a vyšší. To je však hladina zrychlení vibrací, která je výrazně nadlimitní (oproti nař.vl.č. 272/2011 Sb.) a u měřených bodů nebyla dosažena.

3. ZDROJ VIBRACÍ, ŠÍŘENÍ VIBRACÍ

V daném případě se jedná v současném stavu o desítky let starou, převážně bezстыkovou kolej, s kolejnicemi uloženými převážně na betonových (SB8), event. na dřevěných pražcích. Kolejový rošt byl zřízen v minulém století, spíše výjimečně s použitím svršku UIC60 na betonových pražcích B91, v ostatních kolejích je žel. svršek tvaru R65 či S 49 na dřevěných a betonových pražcích (SB5).

V modernizovaném úseku budou modernizovány nebo zřízeny nové bezстыkové kolejnice s pružným bezpodkladnicovým upevněním. Dojde i k výměně starých pražců a zkvalitnění šterkového lože, což bude mít za následek snížení průměrné vážené hladiny vibrací u zdroje.

V nově budovaném úseku trati bude použito moderní řešení uložení a spojení kolejnic, produkující minimalizovanou průměrnou váženou hladinu zrychlení vibrací.

Co se týče vlivu rychlosti vlaků na hladinu zrychlení vibrací u jejich zdroje, tento není obvykle příliš výrazný. Při provedených měřeních na trati Pardubice - Praha (Hlaváček, 2001) byl u svislých vibrací a rychlíků v rozmezí 90-140 km/h vliv změny rychlosti na hladinu vibrací neprůkazný, bez trendu. Rozdíly byly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje max. 5 dB. U svislých vibrací a nákl. vlaků v rozmezí 70-100 km/h byl tento vliv rovněž nízký, bez trendu. V tomto případě ale byly rozdíly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje větší a to v rozmezí 5 - 15 dB.

Obdobně u vodorovných vibrací a rychlíků byl vliv změny rychlosti v rozmezí 90-130 km/h relativně malý, rovněž bez trendu. Rozdíly byly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje a to 5 - 10 dB.

U vodorovných vibrací a nákl. vlaků byl v rozmezí 70-100 km/h tento vliv relativně nízký, rovněž bez trendu. Rozdíly byly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje 5 - 10 dB.

Závislost šíření vibrací v horninovém prostředí lze obecně popsat (NAKAMICHI et al., 2003) vztahem :

$$L_v, [dB] = L_0 - 20 \cdot \log (x/x_0)^n - 8,7 \cdot \alpha \cdot (x - x_0) \quad (4)$$

kde

L.....hladina zrychlení vibrací ve vzdálenosti x

L₀.....hladina zrychlení vibrací ve vzdálenosti x₀

n, α....konstanty

V daném případě poskytuje aplikace této rovnice (4) uváděné NAKAMICHI-m (Japan), event. Hunaidi-m (Canada) hodnoty modelu, odchylující se významněji od naměřených hodnot.

K hodnocení závislosti

$$L = f(x) \quad (5)$$

tak byl užit vztah (4), po úpravě, spočívající zejména v eliminaci lineárního členu (frikční ztráty) dané relace. Důvodem této úpravy bylo

- špatná korelace rovnice (4) s naměřenými výsledky
- nereálné hodnoty rovnice s lineárním členem u vzdáleností x cca nad x = 50 m (u „normal ground“ dostáváme hladiny zrychlení vibrací L blízke nule či záporné)
- porovnání rovnice s teoretickým tvarem závislosti, obdobné jako u šíření zvuku

Vážená hladina zrychlení vibrací je vyhodnocována z důvodu odlišného vlivu vibrací různé frekvence na lidský organizmus. Vibrační vlnění je vnímáno receptory na povrchu těla. Vnímáno je jak sekundární vlnění (S) a vlnění Rayleighovo (R) jakožto vlnění vertikální, tak vlnění horizontální (P,L). Rayleighovo vlnění, jakožto zásadní z uvedených typů se přitom šíří pod povrchem, cca do hloubky jedné délky vlny, λ (Hunaidi O., 2000).

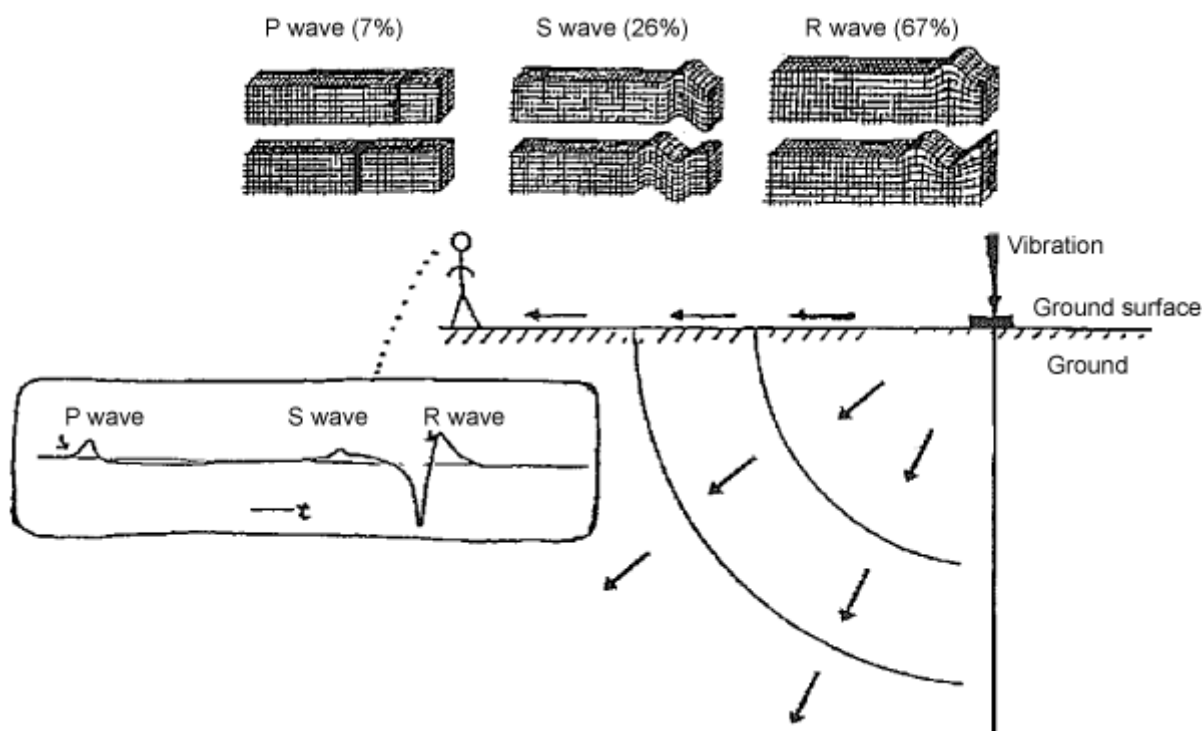
Z celkové energie vlnění představuje S cca 26% a R cca 67%. Obě tato vertikální vlnění jsou výrazně pomalejší než vlnění primární (P) a šíří se obvykle spolu (mají cca stejnou rychlost). Poměry jsou zřejmé z obrázku 3.

4. CHARAKTER PODLOŽÍ

Pro šíření vibrací, event. rychlost jeho útlumu hrají stěžejní roli morfologie terénu a geotechnická skladba podloží, v němž dochází k propagaci vibrací.

Podle našich předpisů (ČR) je při zkoušce do zeminy automaticky zaráženo soutyčí opatřené kuželovým hrotem průměru 43,7mm, plochy 15 cm², vrcholový úhel činí 90 stupňů.

Obrázek 3- Šíření vibrací v zemním tělese (P, S) a na jeho povrchu (R, L)



K zarážení je použit beran hmotnosti 50 kg, který dopadá z výšky 0,5m. Průměr soutyčí je 32mm, délka jedné tyče 1m. Na úvodní tyči je nasazen hrot s drážkou - tzv. hrot "na ztraceno" nebo je použit hrot pevný šroubovací. Hrot na ztraceno umožňuje eliminaci plášťového tření při vytahování soutyčí. Ovládání beranu je plně automatické a zabezpečuje přerušování po vniku soutyčí každých 10 cm. Počet úderů na vnik soutyčí o 10 cm (N_{10}) se odečítá na počítadle, případně je počítá operátor. Výsledkem je hodnota $N_{10,red}$.

Podle dřívějších průzkumů a výsledků měření (příloha 1) lze podloží pro účely posouzení šíření vibrací charakterizovat v celé délce trati jako „soft ground“ (Ashiya, Kimitoshi, 2003), s převažujícími typy F2 až F8 dle ČSN 72 1002, 73 1001, resp. ČD S 4. Jedná se tak nejčastěji o hlíny a jíly se střední plasticitou.

Hladina podzemní vody mělké zvodně se nachází převážně v hloubkách 4 - 8 m pod terénem (p.t.). Podle interních materiálů společnosti Ecological Consulting a.s. (Grúz J., 2008) se tak jedná v celé délce trati o případ C1W, jak je popsáno dále.

Při vyhodnocování měření vibrací pro celou trať, se zahrnutím hodnoty k_a , t.j. L_0 pro $x=x_0$ z relace (4) byl nalezen vyhovující koeficient determinace ($R^2=0,7923$), svědčící o výše uvedených skutečnostech. Pro relativní kompaktnost hodnoceného úseku trati byl modernizovaný úsek, vč. plánované novostavby trati vyhodnocen z hlediska vibrací jako jeden celek.

5. PROVEDENÁ MĚŘENÍ

Pro možnost řádného statistického vyhodnocení zátěže vibracemi na obyvatelstvo v okolí předmětné trati bylo provedeno kalibrační měření vibrací v září 2017 a to Mgr. Lubošem Popelákem a kol.

Měřena byla hladina zrychlení vibrací v celkem dvou bodech. Pro úspěšné vyhodnocení průběhu vibrací byly vytipovány objekty podél trati v různých vzdálenostech od ní, z důvodu možnosti vyhodnocení trendu šíření vibrací do okolí. Majitelé objektů ve většině případů s provedením měření vibrací v objektu souhlasili. Měření probíhalo v průběhu denních hodin, měřicí přístroje byly umístěny pokud možno nejbližší k trati. Byla snaha postihnout veškeré dnes existující druhy vlaků/mechanismů na trati a jejich vliv na hodnoty vibrací a to vč. vlaků nákladních.

Na rozdíl od měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku se při měření hladiny zrychlení vibrací a jejich interpretaci nejedná o měření za období jednoho dne (6,00-22,00 hod) či noci (22,00 – 6,00). Jedná se výslovně o hodnoty, naměřené a interpretované na období provozu zdroje vibrací (průjezdu vlaku). Z toho důvodu by byla např. změna intenzity dopravy v dané železniční stanici po její optimalizaci prakticky bez vlivu na vyšetřované poměry, t.j. na hladinu zrychlení vibrací po realizaci záměru.

Měření vibrací Mgr. Lubošem Popelákem a kol. v roce 2017 bylo provedeno pomocí následujících přístrojů:

- 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)

Měření bylo provedeno dle:

- ČSN ISO 2631-1: Vibrace a rázy - Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím. Část 1: všeobecné požadavky
- ČSN ISO 2631-2: Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím. Část 2: Nepřerušované vibrace a rázy v budovách (1 až 80Hz)
- Metodický návod pro měření hluku v pracovním prostředí a vibrací, zn. HEM-300-26.4.01-16344.

Celková nejistota měření je 2 dB.

Měření (2016) byly vibrace v celkem dvou měřících místech v okolí trati (obytný objekt a drážní budova), a to:

1- Praha 6 – Veleslavín, Rakovnická 176/11 (rodinný dům)

2- Praha 6 - Veleslavín, Nad Stanicí (drážní dům)

Výsledky těchto měření z roku 2017 jsou v příloze 1. Jelikož byly proměřovány průměrné vážené hladiny vibrací objektů pouze ve dvou bodech v okolí trati, byla k naměřeným bodům přidána hodnota k_a (t.j. hladina vibrací pro $x=1,0$ m). Z mnoha obdobných měření, provedených ve zdejší společnosti je tato hladina pro daný případ (vedlejší trať, soft ground, střední kvalita – před modernizací) cca 85 dB.

Celkový přehled takto zjištěných výsledků je shrnut v tabulce 1.

Tabulka 1 – Maximální hladiny L_{ef} (dB), nalezené při měření

Měřicí bod č.	Vzdálenost x, m	O s a		
		X	Y	Z
-	1	-	85	-
1	22	67,3	73,3	72,0
2	4,0	73,4	74,7	73,7

V předložené tabulce 1 byly vybrány vždy nejhorší, t.j. maximální hodnoty průměrné vážené hladiny zrychlení vibrací, dosažené v daném bodě pro každou osu zvlášť, jak předepisuje ustanovení § 18 nař.vl.č. 272/2011 Sb. Přitom pro daný měřicí bod byly měřeny hladiny vibrací při průjezdech různých typů vlaků.

To znamená, že maxima pro danou vzdálenost od objektu u horizontálních (P nebo Love-vlnění) i vertikálních (sekundární vlnění -S uvnitř podloží a vlnění Rayleighovo -R jakožto povrchové vlnění v kolmém směru na směr šíření vlny) vibrací mohla být dosažena při odlišných průjezdech vlaků.

Přitom z důvodů exaktnosti byly pro hodnocení vybrány hodnoty, naměřené při průjezdu pouze jedné vlakové soupravy. Jak je z tabulky zřejmé, nedošlo v žádném z proměřovaných bodů k překročení limitních průměrných vážených hladin vibrací (ani pro noční dobu).

Z hlediska principu předběžné opatrnosti byly naměřené hodnoty porovnávány vždy s nejpřísnějším limitem, t.j. limitem hladiny zrychlení vibrací pro noc, tedy 78 dB.

Při porovnání maximálních hodnot L_{ef} se jeví jako nejzásadnější hodnoty průměrné vážené hladiny zrychlení horizontálních vibrací (ve směru kolmém na osu koleje), které byly z toho důvodu (osa Y) dále matematicky interpretovány.

6. MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Výsledky provedených měření vibrací u uvedené trati byly podrobeny **matematicko-statistickému hodnocení** s cílem nalezení „kritické vzdálenosti“ (k) objektů s chráněným vnitřním prostorem (stavby k bydlení) od osy krajní koleje. Kritickou vzdáleností je přitom rozumněna vzdálenost navržené **isoseisty 78 dB** od osy projížděné krajní koleje. Při větší vzdálenosti než „k“ není předpoklad překročení předepsaného limitu, který činí pro noční dobu 78,0 dB (průměrná vážená hladina zrychlení vibrací). Chránit bude nutno objekty uvnitř uvedeného pásma. Provedení antivibračních opatření na železnici se předpokládá v rozpětí +/- „k“ od kolmého průmětu objektu na trať, resp. do vzdálenosti „k“ od krajních bodů budovy.

Pro danou stavbu byly k matematickému hodnocení vybrány jako nejzávažnější hodnoty, naměřené ve směru osy Y (horizontální vibrace kolmo na osu koleje).

Z matematického hodnocení výsledků měření tak vyplynulo, že území stavby lze popsat jedinou závislostí typu (5), s vyhovujícím koeficientem determinace ($R^2=0,7923$).

Z matematického vyhodnocení naměřených výsledků tak bylo nutno celou hodnocenou trať z hlediska vibrací zařadit pod případ C1W (Grúz, 2008), kde útlum vibrací lze charakterizovat nízkou hodnotou k_b (hlíny a jíly se střední plasticitou).

Šíření vibrací v oblasti hodnocené stavby tak lze popsat jedinou závislostí typu (5), která vyplývá z provedených měření a výše uvedených úvah a to:

$$y = 83,15 - 3,67 \cdot \ln x \quad (6)$$

kde:

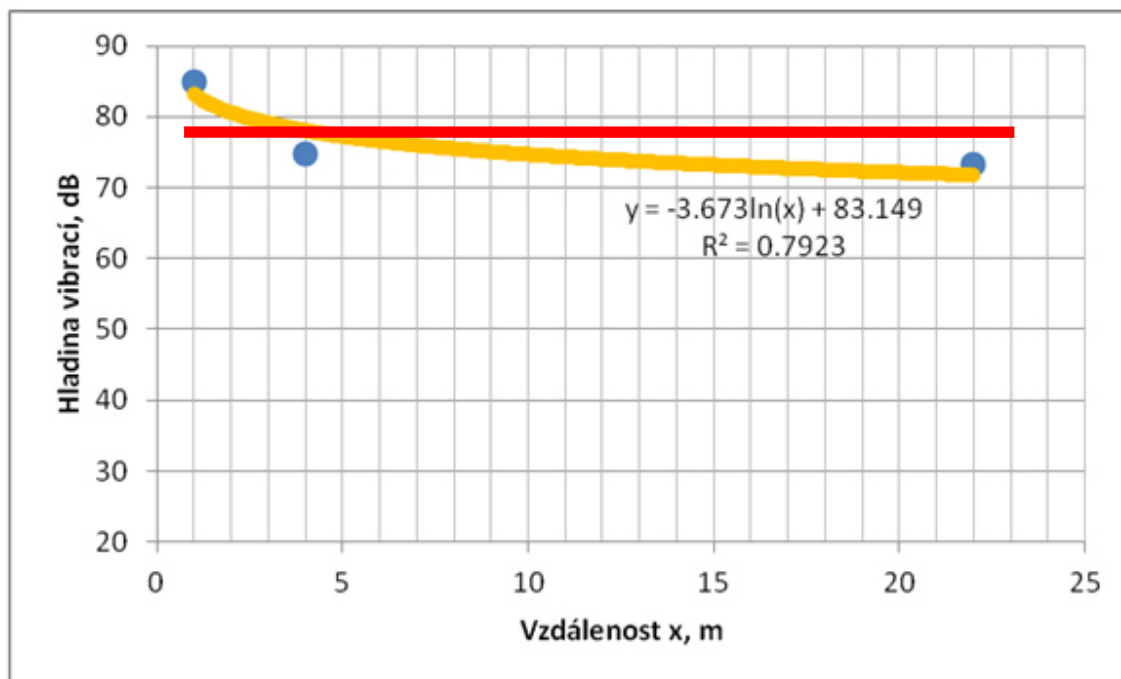
x.....vzdálenost objektu od osy krajní koleje, m

y.....hladina vibrací (osa Y), dB

Tato závislost vykazuje relativně úzký prostor okolo trati, pro eventuelní aplikaci antivibračních opatření, jak je dále, u návrhu hodnoty k (event. k_1) uvedeno.

Grafický průběh relace (6) pro uvedeného území stavby je zřejmý z obrázku 4.

Obrázek 4 – Průběh horizontálních vibrací (osa Y)



Limit dle nař.vl.č. 272/2011 Sb. (78 dB- noc)



Nalezená závislost

7. NÁVRH ANTIVIBRAČNÍCH OPATŘENÍ

Z grafu, uvedeného na obrázku 4 a zmíněných závislostí vyplývá pro území stavby hodnota kritické vzdálenosti, daná souřadnicí průsečíku výše uvedené relace (6) a rovnice

$$y = 78$$

na ose úseček, která činí

$$k = e^{1,403},$$

t.j. **4,07 m**. V této vzdálenosti od osy krajní dopravní koleje tedy probíhá stávající isoseista 78 dB.

Pokud by nebyla prováděna popsaná modernizace trati, bylo by nutné pro případ, že se v těchto pruzích (vzdálenost na obě strany od koleje) nachází obytné stavby, provedení antivibračních opatření.

Při realizaci modernizace trati však jedním z antivibračních opatření nesporně bude základní opatření ve formě rekonstrukce železničního svršku, v řadě míst realizace nové bezстыkové koleje, event. podložek pod patou kolejnice. Pozitivní vliv bude mít rovněž

zpevnění podloží na př. vápno- cementovou vrstvou včetně zhutnění a další úpravy železničního svršku (pražce, šterkové lože, výhybky).

Podle zkušeností z řady měření v ČR lze např. záměnou stykové koleje za bezstykovou dosáhnout snížení hladiny vibrací v celém průběhu závislosti (5) o 5- 7 dB. Obdobně přináší pružné upevnění kolejnic s podložkami pod patou kolejnice dle měření na trati Pardubice-Praha (Hlaváček, 2001, 1998) snížení k_a o 2-5 dB. Vzhledem k dalším uvažovaným pracem tak lze reálně předpokládat po provedené modernizaci pokles hladiny zrychlení vibrací minimálně o 5 dB.

Připustíme-li tedy v uvedené závislosti (6) snížení hodnoty „ k “ z tohoto důvodu (t.j. zvolíme limit $78+5=83$ dB), dostaneme novou hodnotu, k_1 . Tato vychází ještě nižší, než výše uvedená hodnota k .

I když z důvodů malého počtu proměřených bodů budeme z hlediska předběžné opatrnosti uvažovat isoseisty ve vzdálenosti k (4,07 m), budou tyto vymezovat blíže trati pásmo, v němž by bylo třeba aplikovat další antivibrační opatření (např. antivibrační rohože, bokovnice a pod.), mimo uvedené úpravy kolejového svršku. Provedení antivibračních opatření (AVO) v jiných místech trati (jak je někdy požadováno) tak nelze náležitě zdůvodnit.

Pokud se tedy v pruhu $\pm k$ okolo dopravních kolejí nachází chráněný vnitřní prostor staveb s obytnými místnostmi, je nutno zde (je-li prováděna rekonstrukce železničního svršku) realizovat AVO.

V uvedeném pruhu pro realizaci antivibračních opatření by tak bylo možno doporučit uložení antivibračních rohoží tloušťky min. 50 mm pod šterkovým ložem kolejí do vzdálenosti k od objektu.

Rozsah eventuelně navržených nadstandardních opatření ve formě antivibračních rohoží je uveden v následující tabulce 2, uvádějící nejbližší obytné objekty v okolí trati (včetně novostavby trati). Vzdálenosti objektů v tabulce 2 jsou vždy uváděny od nejbližší projížděné koleje.

V našem případě je ale zjevné, že vzhledem ke vzdálenosti obytných objektů od trati, nebude třeba AVO aplikovat.

Uvedený závěr dle tabulky 2 ovšem platí pouze z hlediska zdraví osob žijících podél trati, vzhledem k použití limitních hodnot hladiny vibrací z nař.vl.č. 272/2011 Sb. Pro obyvatele, vystavené působení vibrací přitom největší problém představuje sekundární vlnění (S) uvnitř podloží a vlnění Rayleighovo (R) jakožto povrchové vlnění v kolmém směru na směr šíření vlny, jak bylo uvedeno výše.

Tabulka 2- Nejbližší obytné objekty a návrh antivibračních opatření (AVO)

Žel. km cca	Objekt na parc.č.st (vzdálenost od krajní projížděné koleje,m) poloha od trati vlevo (L), vpravo (P)	Katastrální území	Poznámka	Doporučená AVO, žel. km
7,83	248(19,1)L	Veleslavín	K bydlení, č.p.136	-
9,50	1252(10,8)P	Liboc	RD, č.p. 51	-
9,70	454(15,4)L	Liboc	RD, č.p. 142	-
10,00	1919/1(19,9)L	Ruzyně	K bydlení, č.p.512	-
10,01	1917(19,9)L	Ruzyně	K bydlení, č.p.292	-
10,2	1903/4(17,7)L	Ruzyně	K bydlení, č.p.931	-

V daném případě je rovněž vhodné, posoudit **vliv vibrací i na techniku** a citlivá elektronická zařízení, nacházející se zejména v budovách dispečerských pracovišť. Z důvodů nedostatku přesnějších údajů a vzhledem k principu předběžné opatrnosti předpokládáme rovněž zde stejný dopad vibrací na okolí dopravních kolejí, jak bylo uvedeno výše. Vzhledem k obvyklé vzdálenosti relevantních budov ČD od dopravních kolejí ale nepředpokládáme z těchto důvodů nutnost provedení AVO. Takovýto postoj je rovněž v souladu s doporučeními ČSN 73 0040 (čl. 5.4.6).

Při dodržení předepsaných limitů (viz výše) hladiny zrychlení vibrací po realizaci záměru (vč. realizace naznačených opatření modernizace trati) lze říci, že nelze predikovat negativní vliv vibrací na veřejné zdraví, zmíněná elektronická zařízení, ani na stabilitu objektů vč. bytových domů v okolí trati.

Přílohy

PŘÍLOHA 1 Protokol o měření vibrací č. 17/10, Měření vibrací přenášených na člověka. Měření hladin vibrací v budovách ze železniční dopravy. Mgr. Luboš Popelák, Ing. Jaromír Cápál, 09/2017

Použitá literatura

- ASHIYA, KIMITOSHI (2003): *A method to estimate the efficiency of ground vibration reduction wall*. Railway technology avalanche, No 1, January 1.

- BŘEŠŤOVSKÝ, P., HORNÍČEK, L., VOŘÍŠEK, P. (2006): *Zhodnocení realizovaných zkušebních úseků s antivibračními rohožemi v síti SŽDC.*

Dostupné z:

www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/3tlv/TL06CZ_2323-3.pdf

- GRÚZ J. (2008) : Interní podklady společnosti pro šíření vibrací. Ecological Consulting a.s., nepublikováno.
- HAVRÁNEK, J., a kol. (1990): *Hluk a vibrace*. Praha, Avicenum, 280 s.
- HAYA H. et al (1996).11, Development of Method for Reduction of Wayside Train Vibration, I.S. Osaka on Environmental Geotechnics, vol.1
- HLAVÁČEK, J. (1998): *Protihluková a protivibrační opatření používaná v evropské železniční síti*, Vědeckotechnický sborník ČD, č. 6, s. 37-41.
- HLAVÁČEK J. (2001): *Měření hluku a vibrací na koridorových tratích před a po modernizaci.*

Dostupné z: www.google.com

- HORNÍČEK, L. (2006): *Možnosti využití pryžového recyklátu v konstrukci železničních a tramvajových tratí*. Sborník přednášek 11. ročníku konference RECYCLING 2006, s. 67-74

Dostupné z: www.arism.cz/info/Sbornik_2006.pdf

- HORNÍČEK, L., KREJČÍŘÍKOVÁ, H. (2005): *Možnosti použití antivibračních rohoží vyrobených z pryžového recyklátu u kolejových staveb.*

Dostupné z: [ww.cideas.czz/free/okno/technicke_listy/2tlv/2323-1.pdf](http://www.cideas.czz/free/okno/technicke_listy/2tlv/2323-1.pdf)

- HUNAIDI, O. (2000): *Traffic Vibrations in Buildings*, Construction Technology Update, No. 39.
- KREJČÍŘÍKOVÁ, H. (2008): *Nové prvky a technologie výstavby železničních tratí v České republice*, Stavebnictví, No. 2.
- NAKAMICHI, HIGASHINARI-KU (2003): *Environmental technology information. Noise a. vibration*. Dostupné z: www.menlh.go.id/apec_vc/osaka/eastjava/noise_en/index.html

PŘÍLOHY

Příloha 1
PROTOKOL O MĚŘENÍ VIBRACÍ

Protokol o autorizovaném měření vibrací
autorizační set G10
č.: 17/10

Strana č.: 1
Celkový počet stran: 23

Měření vibrací přenášených na člověka
Měření hladin vibrací v budovách
ze železniční dopravy

Objednatel:

METROPROJEKT Praha, a. s.
Náměstí I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2 Nové Město


Místa měření:

M1 – Rakovnická 176/11, Praha 6 - Veleslavín
M2 – Nad Stanicí 42, Praha 6 - Veleslavín


Datum měření:
19. 9. 2017

Datum vydání dokladu:
20. 9. 2017

Měření provedl: Mgr. Luboš Popelák



.....
protokol vypracoval
Mgr. Luboš Popelák



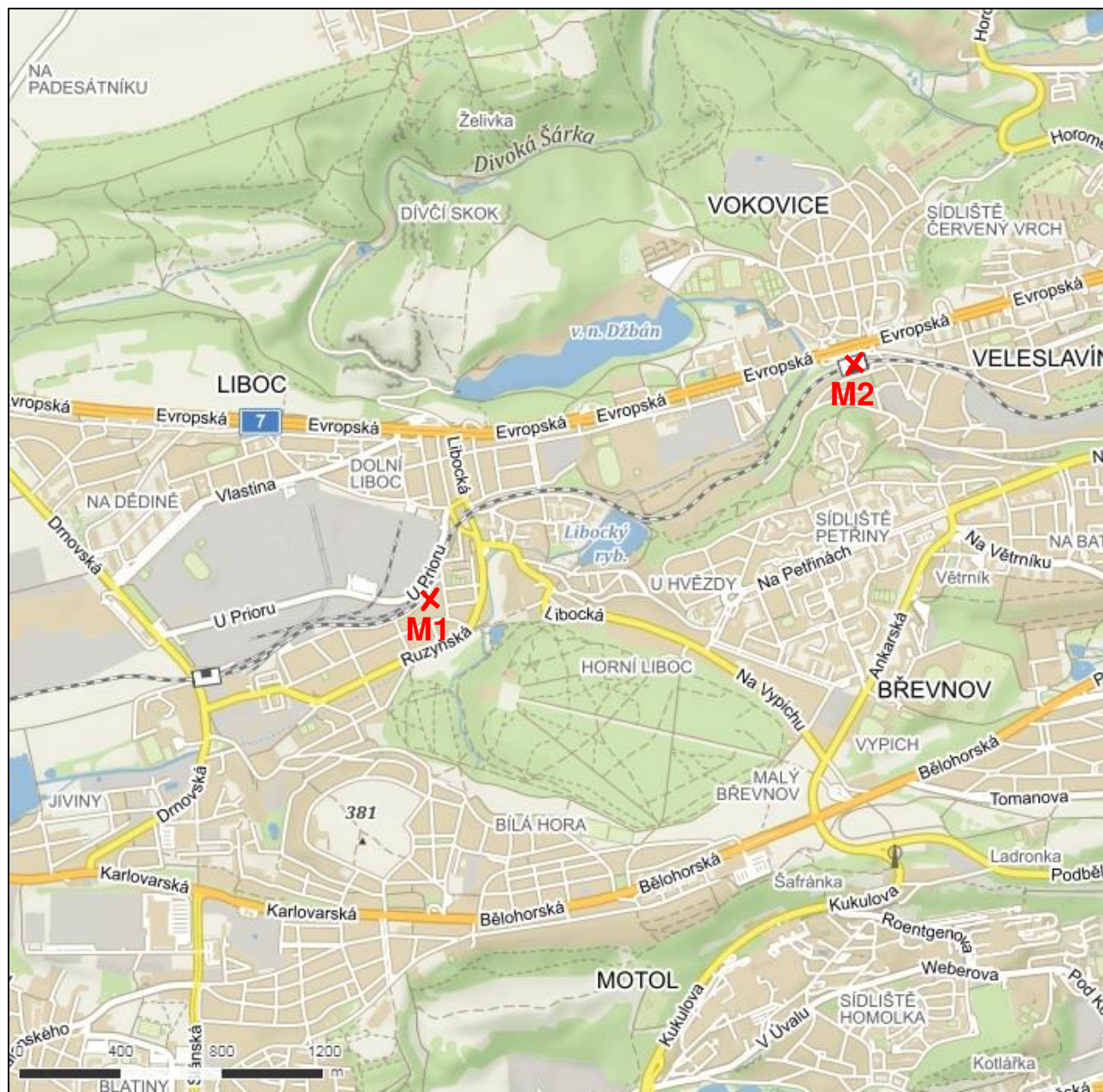
.....
protokol schválil
Ing. Jaromír Čápal
Vedoucí akustické Laboratoře
Odborný vedoucí setu

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 měřicích míst.....	3
2. Použitá měřicí souprava	4
3. Popis měření.....	4
4. Popis měřicích míst a výsledky měření	5
Měřicí místo M1 – Rakovnická 176/11, Praha 6 - Veleslavín	5
Měřicí místo M2 – Nad Stanicí, Praha 6 - Veleslavín	7
5. Závěr	22
6. Poznámky a vysvětlivky	23

1. Situace umístění měřicích míst



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.

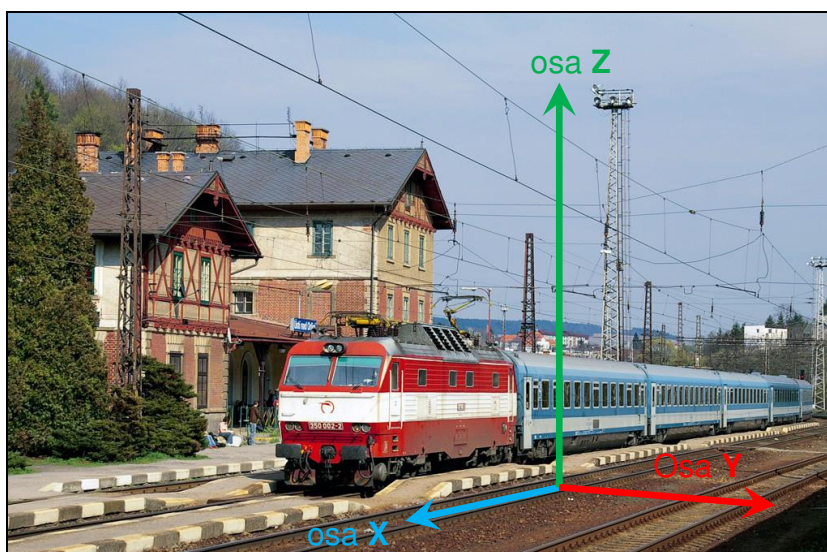
3. Popis měření

Měření bylo provedeno za účelem zjištění vlivu šíření vibrací od pojezdů vlakových souprav na obytnou zástavbu v okolí železniční tratě v úseku mezi stanicemi Praha-Veleslavín – Praha-Ruzyně. Přehledná situace umístění měřícího bodu je na obr. 1. Pro názornost byl uváděn grafický průběh zaznamenaných vibrací na třetinooktávnových pásmech u všech 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 – Rakovnická 176/11, Praha 6 - Veleslavín

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku

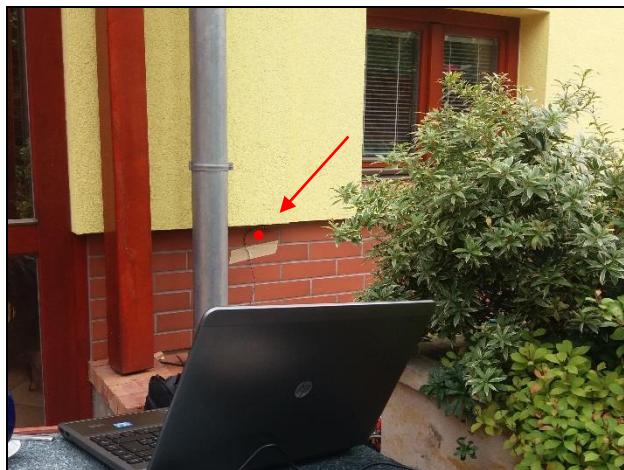
Datum měření: 19. 9. 2017

Vybraný objekt je rodinný dům na ulici Rakovnická. Snímač měřicí aparatury byl umístěn na obvodové stěně objektu spojené se základy ve výšce cca 0,5 m nad zemí, viz obr. 4. Měřicí místo se nachází ve vzdálenosti cca 22 m od osy koleje.



Obr. 3 Letecký snímek se zákresem měřicího místa M1

Před místem měření se nachází jedna kolej. Trať je situována ve stejné úrovni jako měřený rodinný dům, viz obr. 5. Kolej je na tuhém podkladnicovém upevnění na betonových pražcích, viz obr. 6.



Obr. 4 Pohled na umístění snímače



Obr. 5 Pohled na objekt ve směru od tratě



Obr. 6 Pohled na kolejový svršek

Měřicí místo M2 – Nad Stanicí, Praha 6 - Veleslavín

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku

Datum měření: 19. 9. 2017

Vybraný objekt je drážní dům na ulici Nad Stanicí. Snímač měřicí aparatury byl umístěn na obvodové stěně objektu spojené se základy ve výšce cca 0,2 m nad zemí, viz obr. 8. Měřicí místo se nachází ve vzdálenosti cca 4 m od osy krajní koleje.



Obr. 3 Letecký snímek se zákresem měřicího místa M1

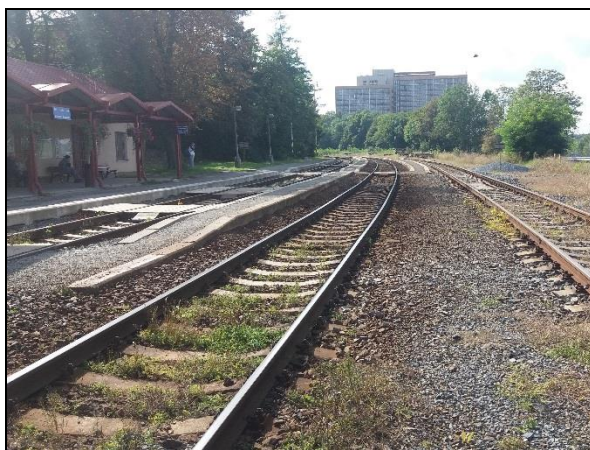
Před místem měření se nachází nádraží se třemi kolejemi, nedaleko jsou výhybky. Trať je situována ve stejné úrovni jako měřený drážní dům, viz obr. 9. Kolej je na tuhém podkladnicovém upevnění na betonových pražcích, viz obr. 10.



Obr. 8 Pohled na umístění snímače



Obr. 9 Pohled na objekt ve směru od tratě



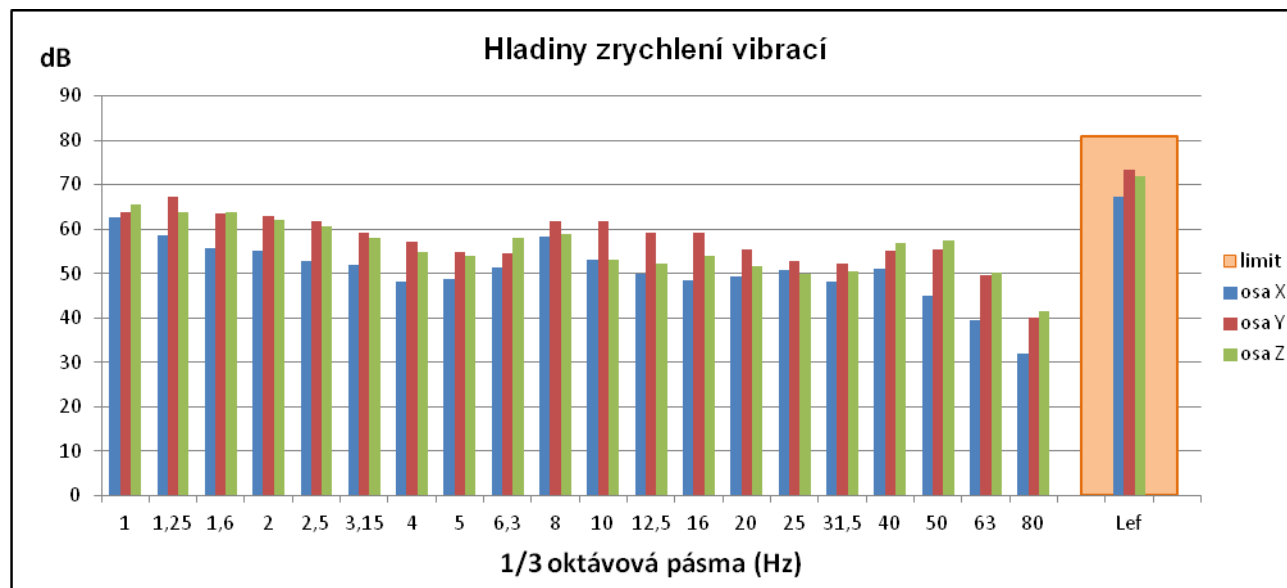
Obr. 10 Pohled na kolejový svršek

Přehled zaznamenaných vlakových souprav a grafy hladin zrychlení – M1 (Rakovnická 176/11, Praha 6 – Veleslavín)

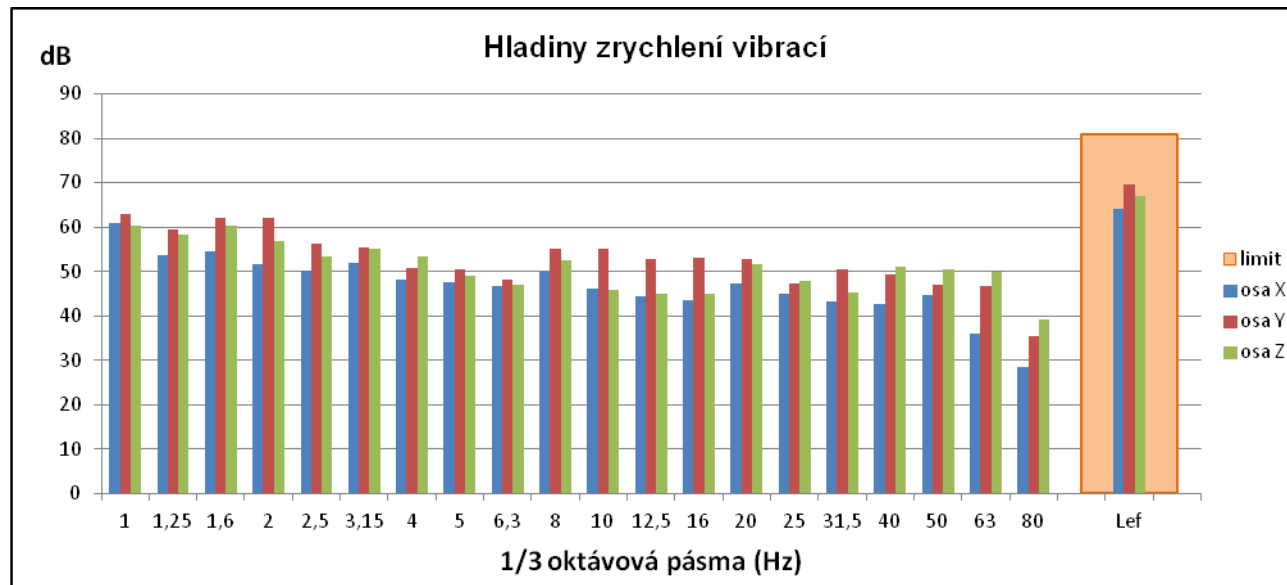
čas	druh vlaku (trakce)	počet vozů	směr	celkové naměřené hodnoty hladin zrychlení vibrací L _{ef} (dB)			celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L _{ef} (dB) včetně přičtené nejistoty měření			limit (dB)	
				osa X	osa Y	osa Z	osa X	osa Y	osa Z	den	noc
11:22	Sp (D)	1+3	Veleslavín	67,3	73,3	72,0	69,3	75,3	74,0	81,0	78,0
11:35	Os (D)	2	Ruzyně	64,2	69,4	67,0	66,2	71,4	69,0	81,0	78,0
11:53	Os (D)	2	Veleslavín	63,6	70,6	69,0	65,6	72,6	71,0	81,0	78,0
11:59	Os (D)	2	Ruzyně	62,2	67,5	64,2	64,2	69,5	66,2	81,0	78,0
12:22	Os (D)	2	Veleslavín	62,2	69,5	66,2	64,2	71,5	68,2	81,0	78,0
12:35	Sp (D)	1+3	Ruzyně	64,3	70,1	68,5	66,3	72,1	70,5	81,0	78,0
12:55	Os (D)	2	Veleslavín	63,3	72,8	69,9	65,3	74,8	71,9	81,0	78,0
12:58	Os (D)	2	Ruzyně	62,6	69,3	68,5	64,6	71,3	70,5	81,0	78,0
13:22	R (D)	1+3	Veleslavín	63,2	68,5	67,3	65,2	70,5	69,3	81,0	78,0
Zjištěné hladiny zrychlení vibrací pozadí				61,1	59,2	59,0	/	/	/	/	/

Vlak 11:22 Sp (D)

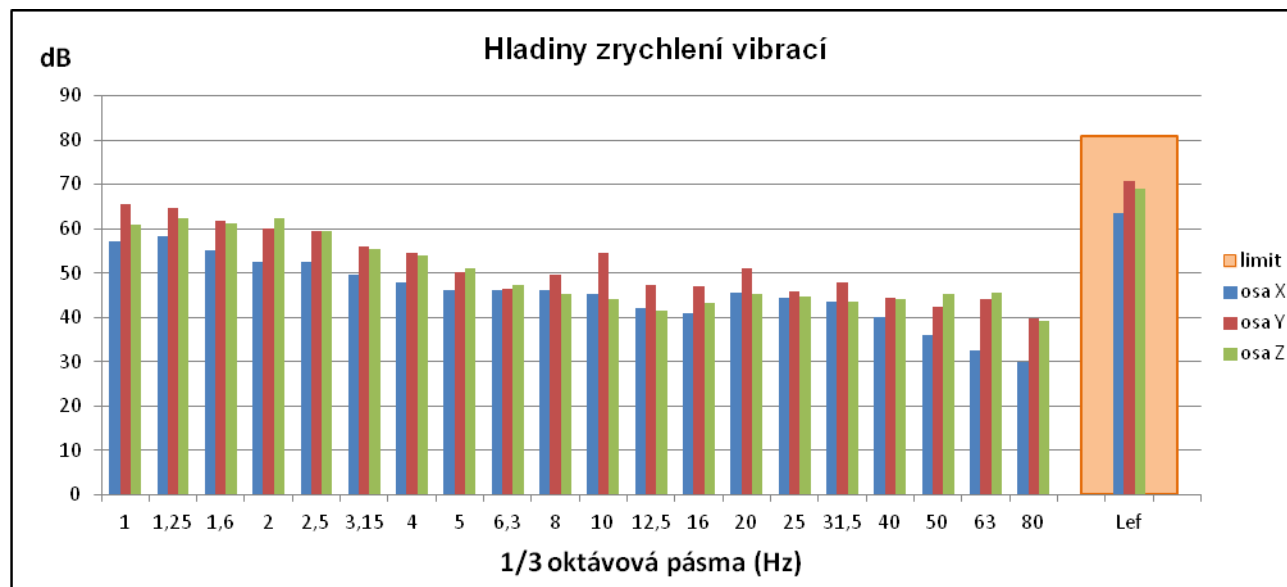
Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	62,7	58,6	55,8	55,2	52,8	52,1	48,2	48,6	51,5	58,4	53,0	49,8	48,4	49,4	50,8	48,1	50,9	44,9	39,5	32,0	67,3	81,0
Y	63,8	67,3	63,5	62,9	61,7	59,0	57,2	54,9	54,6	61,9	61,8	59,3	59,3	55,3	52,8	52,2	55,2	55,3	49,6	40,2	73,3	81,0
Z	65,5	63,7	63,7	62,1	60,7	58,0	54,7	53,9	57,9	58,9	53,0	52,2	53,8	51,6	50,0	50,5	56,9	57,5	50,3	41,5	72,0	81,0

**Vlak 11:35 Os (D)**

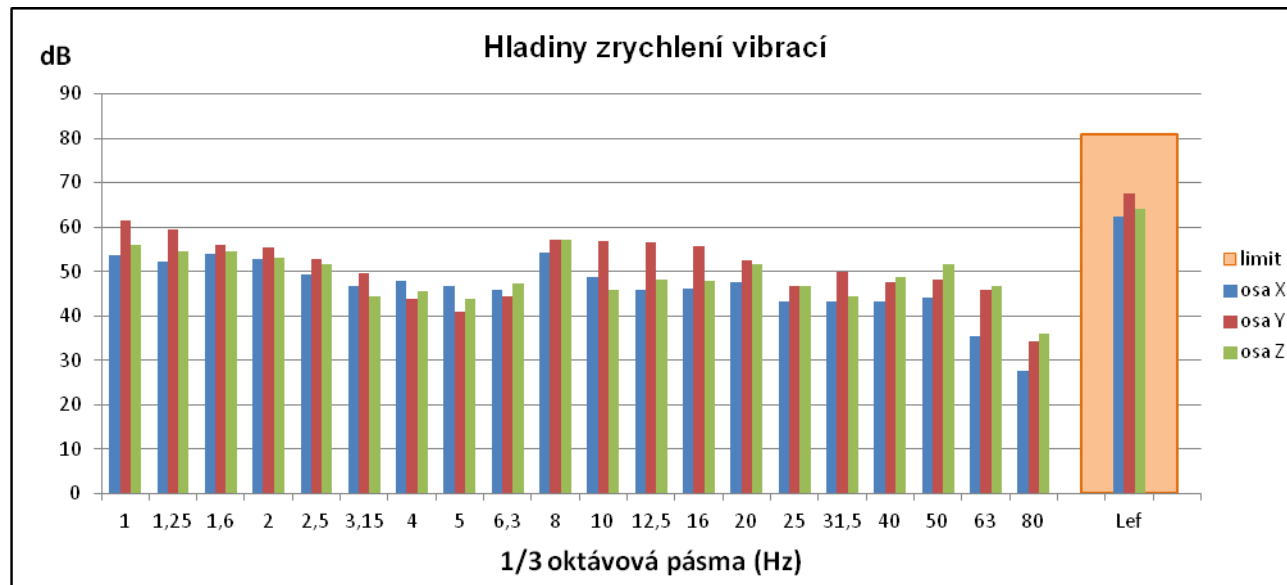
Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	60,8	53,6	54,7	51,7	50,2	51,8	48,0	47,5	46,6	49,8	46,1	44,5	43,5	47,3	44,8	43,2	42,6	44,5	36,1	28,4	64,2	81,0
Y	63,0	59,6	62,0	62,2	56,3	55,5	50,7	50,6	48,2	55,0	55,2	52,7	53,1	52,7	47,4	50,4	49,3	47,1	46,8	35,4	69,4	81,0
Z	60,2	58,3	60,3	56,9	53,4	55,2	53,4	49,0	46,9	52,4	46,0	44,9	44,9	51,6	47,7	45,3	51,1	50,4	49,9	39,2	67,0	81,0

**Vlak 11:53 Os (D)**

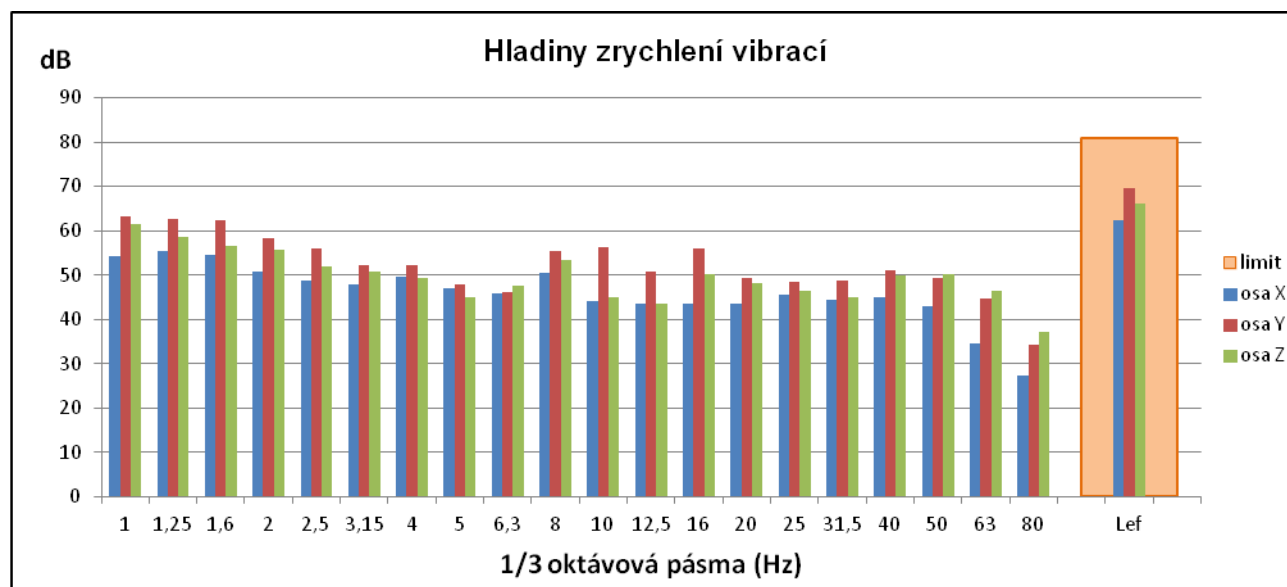
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	57,0	58,2	55,2	52,6	52,4	49,7	47,8	46,0	46,3	46,2	45,2	42,0	40,8	45,6	44,3	43,7	40,1	35,9	32,5	30,0	63,6	81,0
Y	65,6	64,6	61,8	60,1	59,5	56,0	54,4	50,3	46,5	49,5	54,4	47,2	47,0	51,0	45,9	47,7	44,3	42,4	44,0	39,8	70,6	81,0
Z	60,9	62,5	61,1	62,4	59,4	55,4	54,0	51,2	47,3	45,4	44,2	41,5	43,3	45,3	44,8	43,4	44,2	45,2	45,6	39,2	69,0	81,0

**Vlak 11:59 Os (D)**

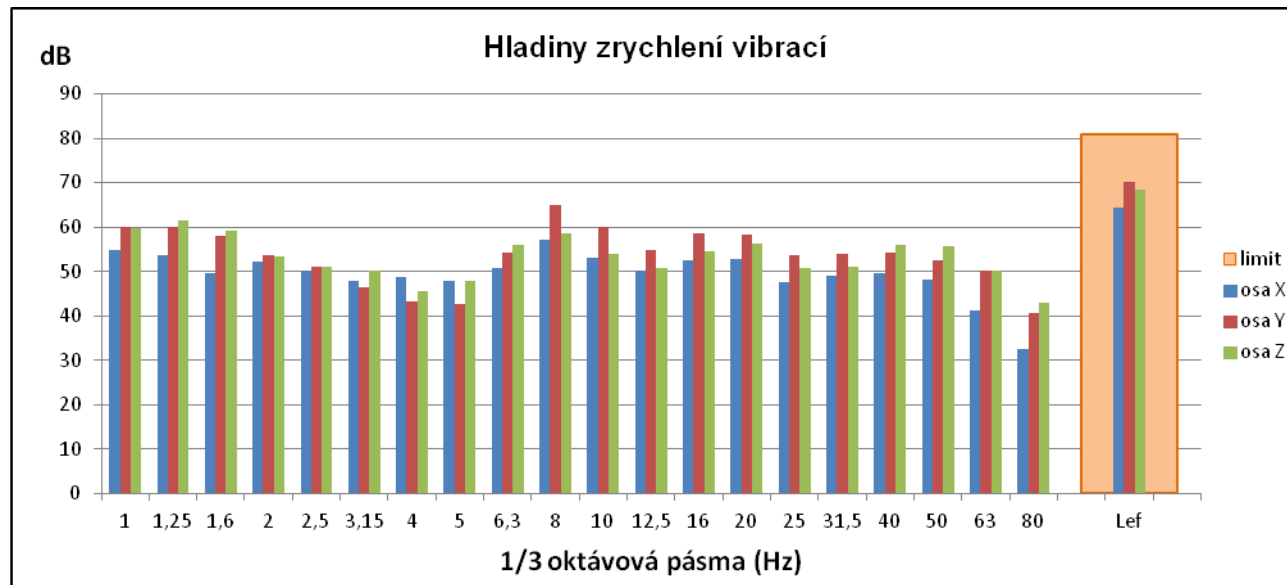
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	53,5	52,1	53,9	52,9	49,2	46,6	47,7	46,6	45,7	54,2	48,8	45,8	46,1	47,5	43,3	43,3	43,1	44,0	35,4	27,7	62,2	81,0
Y	61,5	59,3	56,0	55,3	52,7	49,6	43,8	40,9	44,3	57,0	56,7	56,6	55,6	52,5	46,8	49,9	47,5	48,2	45,8	34,4	67,5	81,0
Z	55,9	54,4	54,6	53,1	51,6	44,4	45,6	43,7	47,2	57,2	45,8	48,3	47,9	51,6	46,7	44,3	48,7	51,5	46,7	36,1	64,2	81,0

**Vlak 12:22 Os (D)**

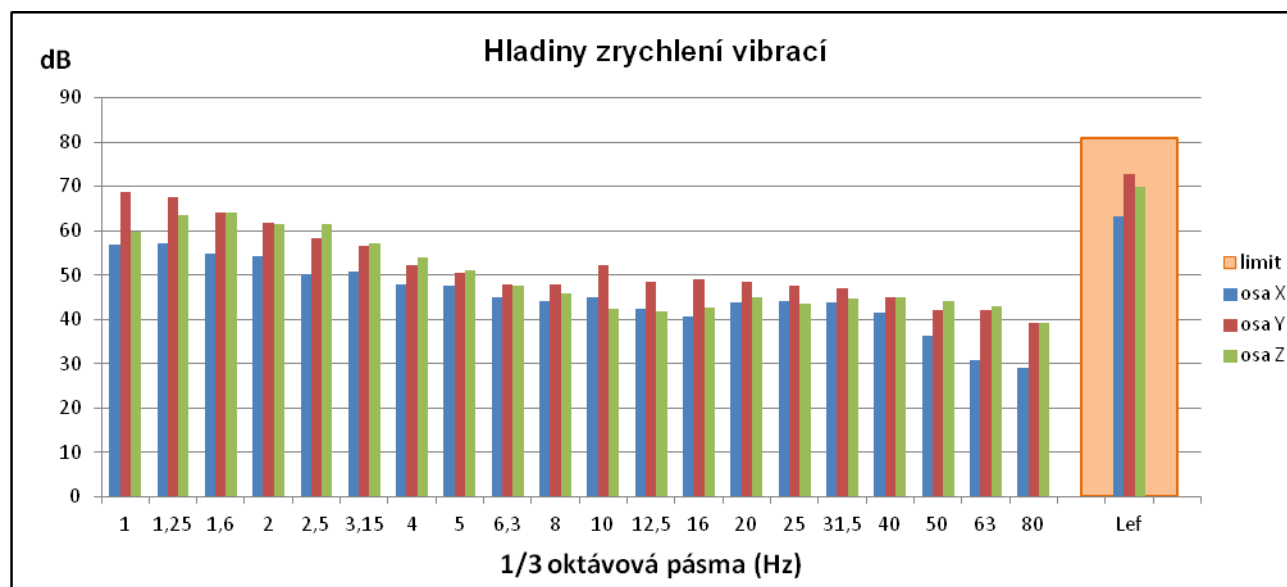
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	54,4	55,4	54,5	50,8	48,6	47,9	49,6	47,1	45,8	50,5	44,0	43,6	43,6	43,4	45,6	44,3	44,9	43,0	34,5	27,4	62,2	81,0
Y	63,1	62,7	62,3	58,2	56,0	52,1	52,2	47,8	46,2	55,5	56,3	50,8	56,1	49,3	48,4	48,6	51,1	49,3	44,6	34,3	69,5	81,0
Z	61,5	58,7	56,5	55,8	52,0	50,7	49,3	44,9	47,7	53,3	45,1	43,4	50,1	48,2	46,5	45,1	50,0	50,2	46,4	37,1	66,2	81,0

**Vlak 12:35 Sp (D)**

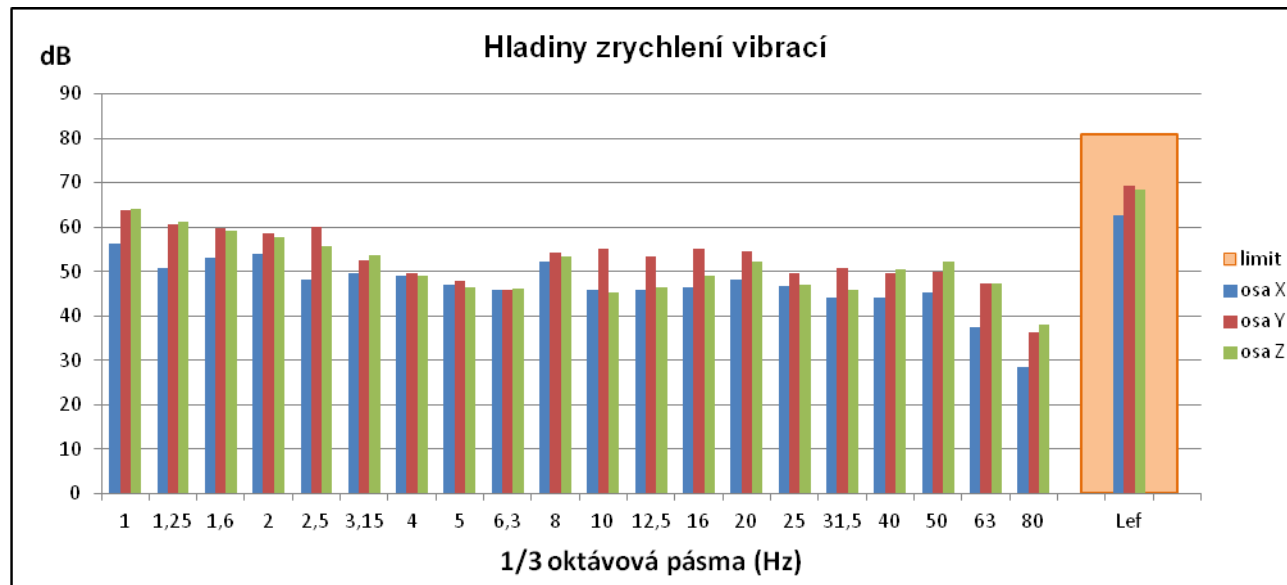
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	54,7	53,8	49,6	52,1	50,3	47,9	48,7	47,9	50,9	57,2	53,0	50,2	52,6	52,7	47,7	49,0	49,7	48,2	41,2	32,6	64,3	81,0
Y	59,9	60,1	57,9	53,6	51,1	46,4	43,3	42,6	54,1	65,1	60,0	54,9	58,5	58,2	53,7	54,0	54,2	52,6	50,1	40,7	70,1	81,0
Z	59,6	61,6	59,1	53,3	51,1	50,1	45,4	48,0	56,1	58,6	53,8	50,6	54,7	56,2	50,7	51,1	56,0	55,8	50,2	42,9	68,5	81,0

**Vlak 12:55 Os (D)**

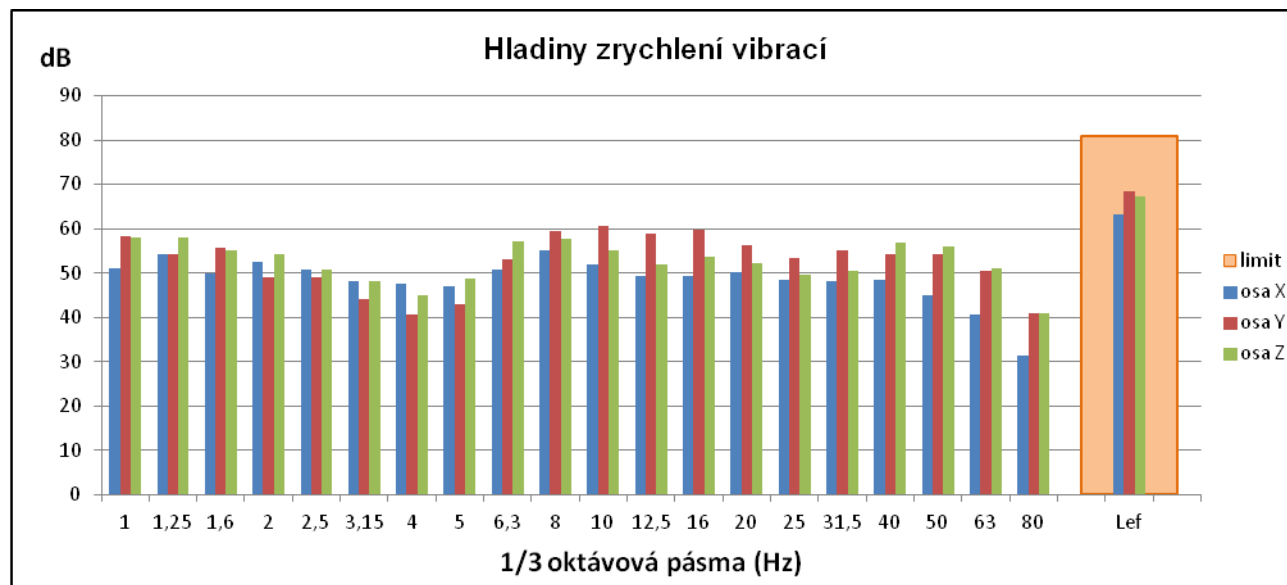
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	56,8	57,1	54,9	54,4	50,3	50,8	47,9	47,6	44,9	44,0	45,0	42,4	40,6	43,7	44,0	43,7	41,5	36,3	30,9	29,1	63,3	81,0
Y	68,6	67,6	64,0	61,7	58,2	56,5	52,1	50,5	47,8	47,8	52,2	48,4	49,0	48,6	47,6	47,0	45,0	42,0	42,0	39,3	72,8	81,0
Z	59,6	63,4	64,2	61,5	61,5	57,2	53,8	51,1	47,5	45,9	42,4	41,9	42,8	44,9	43,4	44,6	45,1	44,2	42,9	39,3	69,9	81,0

**Vlak 12:58 Os (D)**

Osy	Hladihy 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	56,1	50,9	53,1	53,9	48,0	49,6	49,0	46,9	45,8	52,3	45,8	45,8	46,5	48,3	46,7	44,2	44,0	45,4	37,6	28,4	62,6	81,0
Y	63,9	60,6	59,7	58,5	60,1	52,5	49,6	47,9	45,7	54,2	55,1	53,3	55,2	54,5	49,6	50,8	49,6	50,0	47,2	36,3	69,3	81,0
Z	64,1	61,1	59,3	57,6	55,7	53,7	49,0	46,5	46,1	53,4	45,4	46,5	48,9	52,2	46,9	45,9	50,6	52,3	47,4	37,9	68,5	81,0

**Vlak 13:22 R (D)**

Osy	Hladihy 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	51,0	54,1	50,0	52,5	50,7	48,3	47,4	47,1	50,7	55,0	52,0	49,3	49,2	50,2	48,3	48,2	48,3	45,1	40,5	31,4	63,2	81,0
Y	58,4	54,1	55,8	49,1	49,0	44,2	40,7	42,9	53,1	59,3	60,5	58,8	59,7	56,3	53,5	55,2	54,3	54,1	50,4	40,8	68,5	81,0
Z	57,9	58,1	55,2	54,3	50,8	48,2	45,0	48,8	57,1	57,7	55,1	52,0	53,8	52,2	49,7	50,5	56,8	56,1	51,1	41,0	67,3	81,0

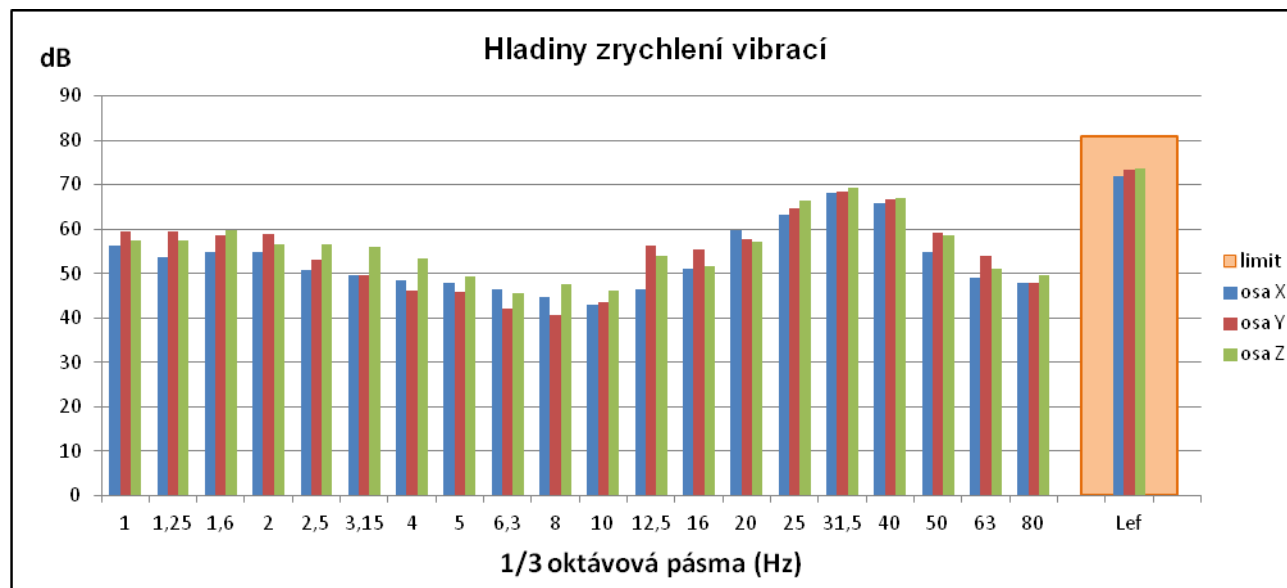


Přehled zaznamenaných vlakových souprav a grafy hladin zrychlení – M2 (Nad Stanicí 42, Praha 6 – Veleslavín)

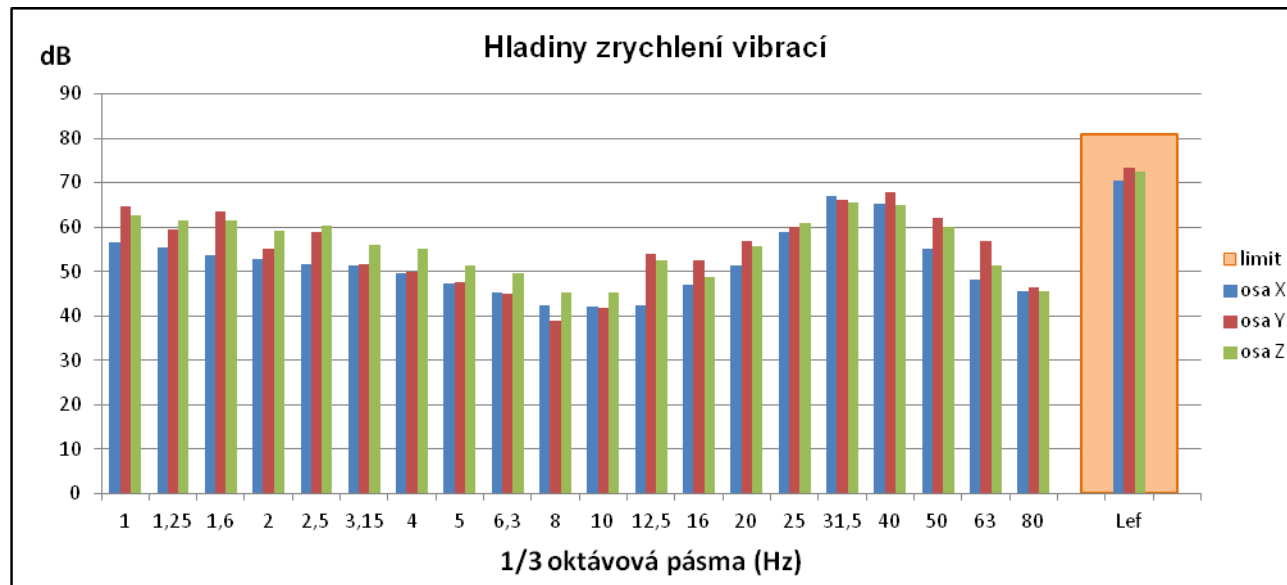
čas	druh vlaku (trakce)	počet vozů	směr	celkové naměřené hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB)			celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB) včetně přičtené nejistoty měření			limit (dB)	
				osa X	osa Y	osa Z	osa X	osa Y	osa Z	den	noc
14:43	R (D)	1+3	Dejvice	72,0	73,2	73,7	74,0	75,2	75,7	81,0	78,0
14:54	Os (D)	2	Ruzyně	70,6	73,4	72,4	72,6	75,4	74,4	81,0	78,0
15:04	Os (D)	2	Dejvice	64,1	68,0	69,0	66,1	70,0	71,0	81,0	78,0
15:18	R (D)	1+3	Ruzyně	68,0	73,7	72,3	70,0	75,7	74,3	81,0	78,0
15:35	Os (D)	2	Ruzyně	65,6	67,5	67,9	67,6	69,5	69,9	81,0	78,0
15:39	Os (D)	2	Dejvice	67,7	69,0	68,7	69,7	71,0	70,7	81,0	78,0
15:50	Sp (D)	4	Ruzyně	67,9	70,3	70,3	69,9	72,3	72,3	81,0	78,0
16:02	Os (D)	4	Dejvice	65,1	67,8	67,9	67,1	69,8	69,9	81,0	78,0
16:22	Sp (D)	1+3	Ruzyně	71,8	74,4	73,7	73,8	76,4	75,7	81,0	78,0
16:36	Sp (D)	4	Ruzyně	72,3	71,5	72,0	74,3	73,5	74,0	81,0	78,0
16:43	R (D)	1+3	Dejvice	73,4	74,7	72,9	75,4	76,7	74,9	81,0	78,0
Zjištěné hladiny zrychlení vibrací pozadí				60,6	65,1	65,2	/	/	/	/	/

Vlak 14:43 R (D)

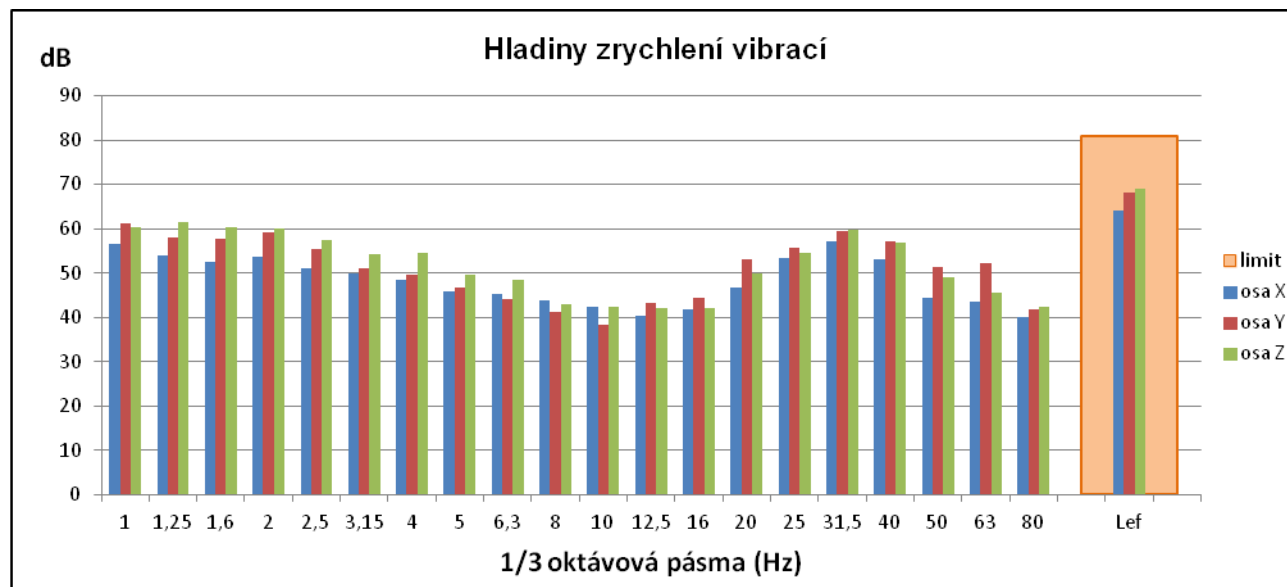
Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	56,3	53,6	54,8	54,9	50,7	49,6	48,6	47,9	46,5	44,8	42,9	46,3	51,2	59,6	63,1	68,2	65,9	54,9	48,9	47,9	72,0	81,0
Y	59,4	59,3	58,5	58,9	53,1	49,6	46,0	45,8	42,1	40,6	43,5	56,3	55,4	57,7	64,7	68,5	66,8	59,1	53,9	47,9	73,2	81,0
Z	57,5	57,5	59,8	56,4	56,4	56,0	53,4	49,4	45,5	47,6	46,1	53,9	51,8	57,2	66,4	69,2	67,0	58,7	51,0	49,6	73,7	81,0

**Vlak 14:54 Os (D)**

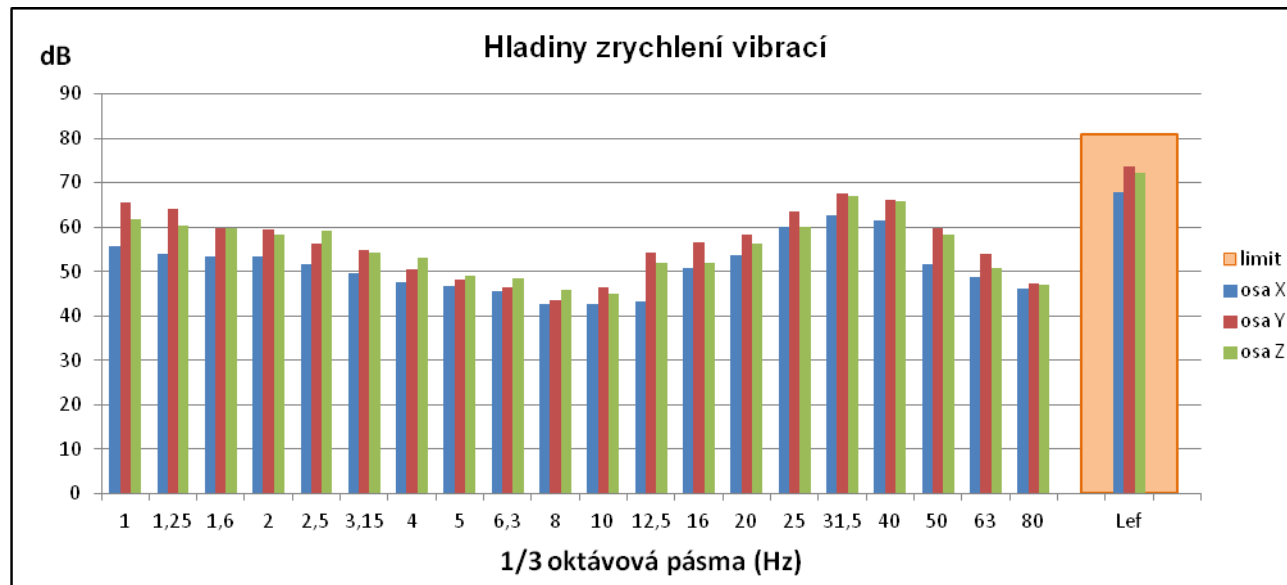
Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	56,6	55,4	53,8	52,9	51,7	51,4	49,7	47,4	45,1	42,3	42,2	42,4	47,1	51,2	58,9	67,0	65,1	55,1	48,3	45,4	70,6	81,0
Y	64,5	59,3	63,5	55,1	58,9	51,7	49,9	47,5	45,0	38,8	41,7	54,0	52,5	56,9	60,0	66,1	68,0	62,1	56,9	46,3	73,4	81,0
Z	62,5	61,4	61,4	59,1	60,3	55,9	55,1	51,3	49,6	45,2	45,3	52,4	48,7	55,7	61,0	65,5	65,0	59,9	51,4	45,4	72,4	81,0

**Vlak 15:04 Os (D)**

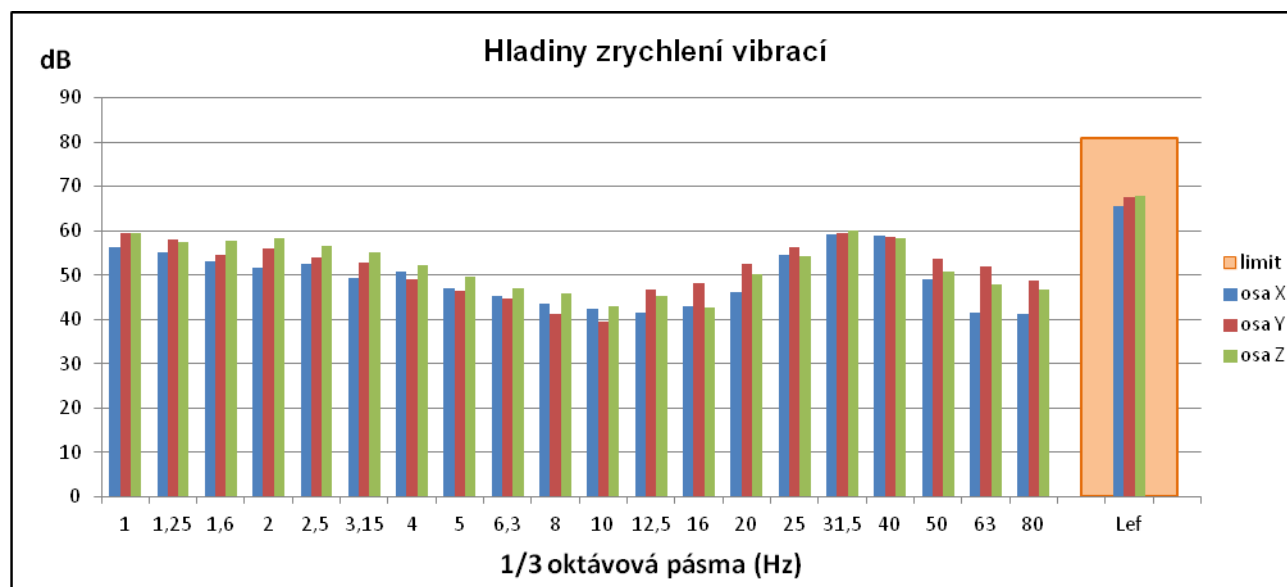
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	56,6	54,0	52,4	53,6	51,0	49,9	48,4	45,9	45,1	43,9	42,3	40,3	41,8	46,9	53,3	57,0	53,0	44,4	43,4	40,2	64,1	81,0
Y	61,2	58,1	57,7	59,0	55,5	51,2	49,6	46,7	44,1	41,1	38,4	43,3	44,5	53,1	55,7	59,5	57,0	51,3	52,1	41,9	68,0	81,0
Z	60,4	61,6	60,4	60,0	57,3	54,2	54,5	49,5	48,3	43,0	42,3	42,0	42,1	49,9	54,5	59,6	57,0	48,9	45,4	42,3	69,0	81,0

**Vlak 15:18 R (D)**

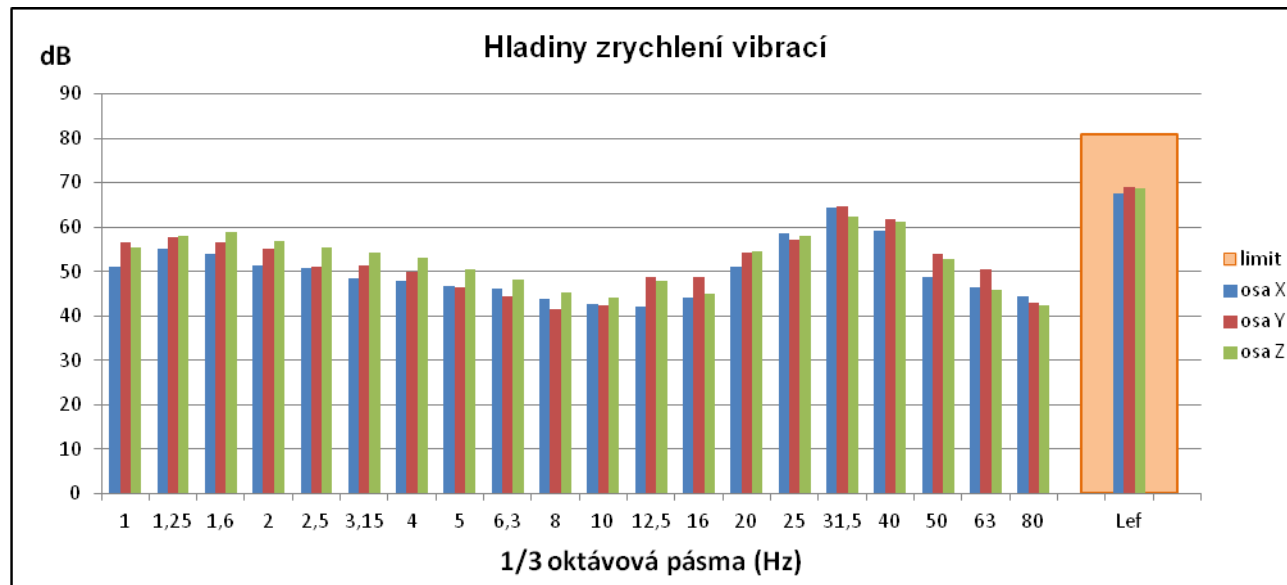
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	55,6	54,0	53,2	53,3	51,7	49,7	47,7	46,7	45,7	42,8	42,7	43,3	50,7	53,5	59,9	62,6	61,5	51,8	48,6	46,1	68,0	81,0
Y	65,5	64,2	59,7	59,5	56,3	54,7	50,6	48,2	46,3	43,5	46,4	54,1	56,5	58,3	63,6	67,5	66,2	59,7	53,9	47,4	73,7	81,0
Z	61,9	60,5	59,6	58,3	59,1	54,3	53,2	48,9	48,6	45,8	45,0	52,0	51,9	56,3	60,1	66,8	65,9	58,3	50,8	47,1	72,3	81,0

**Vlak 15:35 Os (D)**

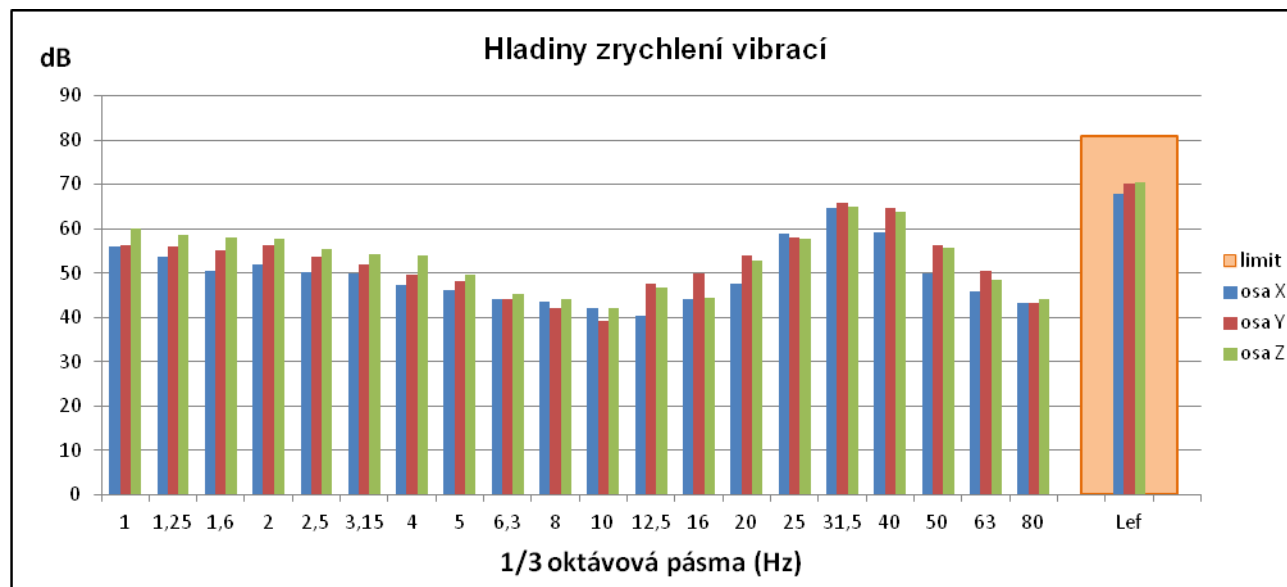
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	56,3	55,0	53,1	51,7	52,4	49,2	50,8	47,0	45,2	43,5	42,4	41,4	43,1	46,2	54,4	59,1	58,8	49,1	41,6	41,3	65,6	81,0
Y	59,5	58,0	54,6	56,1	53,9	52,8	48,9	46,5	44,5	41,1	39,6	46,7	48,1	52,6	56,3	59,4	58,5	53,7	52,1	48,7	67,5	81,0
Z	59,5	57,4	57,8	58,2	56,5	55,2	52,1	49,5	46,9	45,9	42,9	45,3	42,6	50,3	54,1	59,9	58,3	50,8	47,9	46,7	67,9	81,0

**Vlak 15:39 Os (D)**

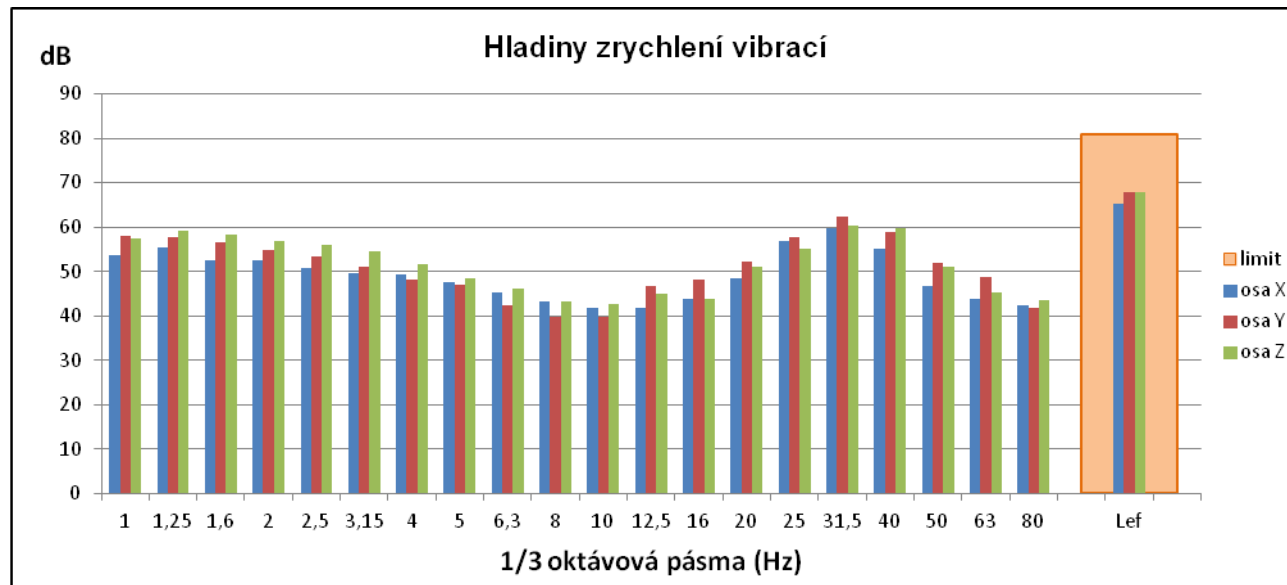
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	51,0	55,0	53,8	51,5	50,8	48,6	47,9	46,8	46,2	43,8	42,7	42,1	44,1	51,1	58,7	64,4	59,2	48,6	46,5	44,5	67,7	81,0
Y	56,6	57,7	56,6	55,0	51,1	51,4	49,9	46,4	44,4	41,5	42,5	48,7	48,8	54,2	57,3	64,6	61,8	54,0	50,3	43,0	69,0	81,0
Z	55,4	57,9	58,7	57,0	55,3	54,2	53,2	50,3	48,3	45,1	44,0	47,9	45,1	54,6	57,9	62,2	61,2	52,8	45,7	42,5	68,7	81,0

**Vlak 15:50 Sp (D)**

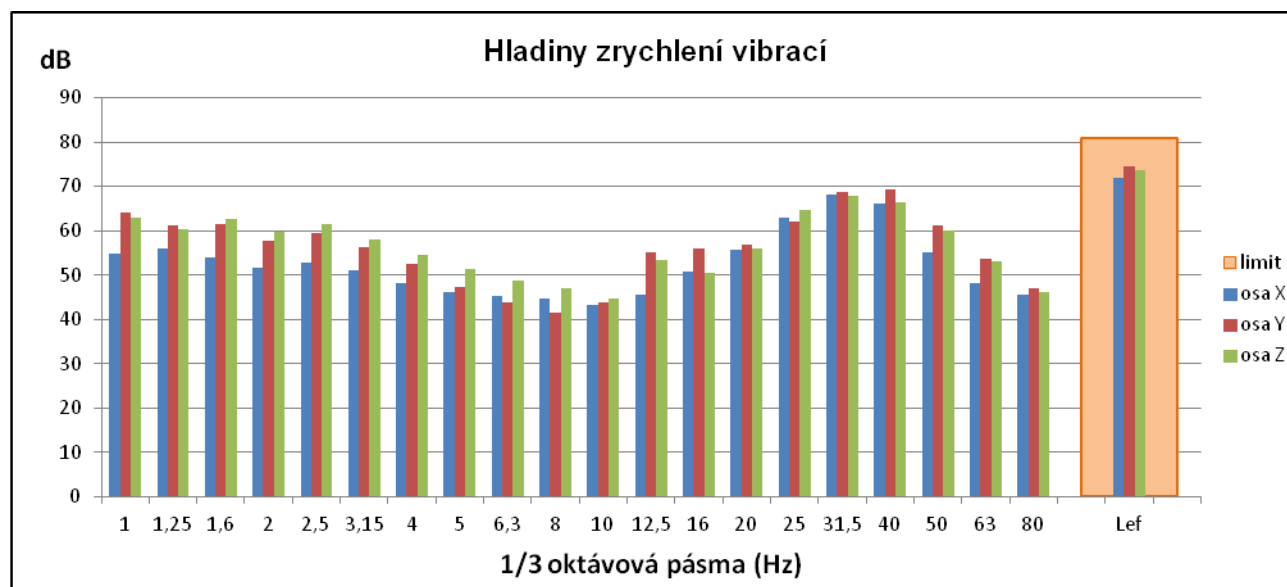
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	56,1	53,8	50,5	52,0	50,1	49,8	47,2	46,1	44,2	43,4	42,0	40,3	44,2	47,7	58,8	64,7	59,3	49,9	45,9	43,3	67,9	81,0
Y	56,2	56,1	55,1	56,3	53,8	52,0	49,5	48,2	44,1	41,9	39,2	47,7	49,8	54,0	58,1	65,9	64,7	56,3	50,6	43,2	70,3	81,0
Z	60,0	58,5	58,1	57,6	55,4	54,2	53,9	49,6	45,3	44,1	42,1	46,7	44,5	52,8	57,7	64,8	63,8	55,8	48,4	44,0	70,3	81,0

**Vlak 16:02 Os (D)**

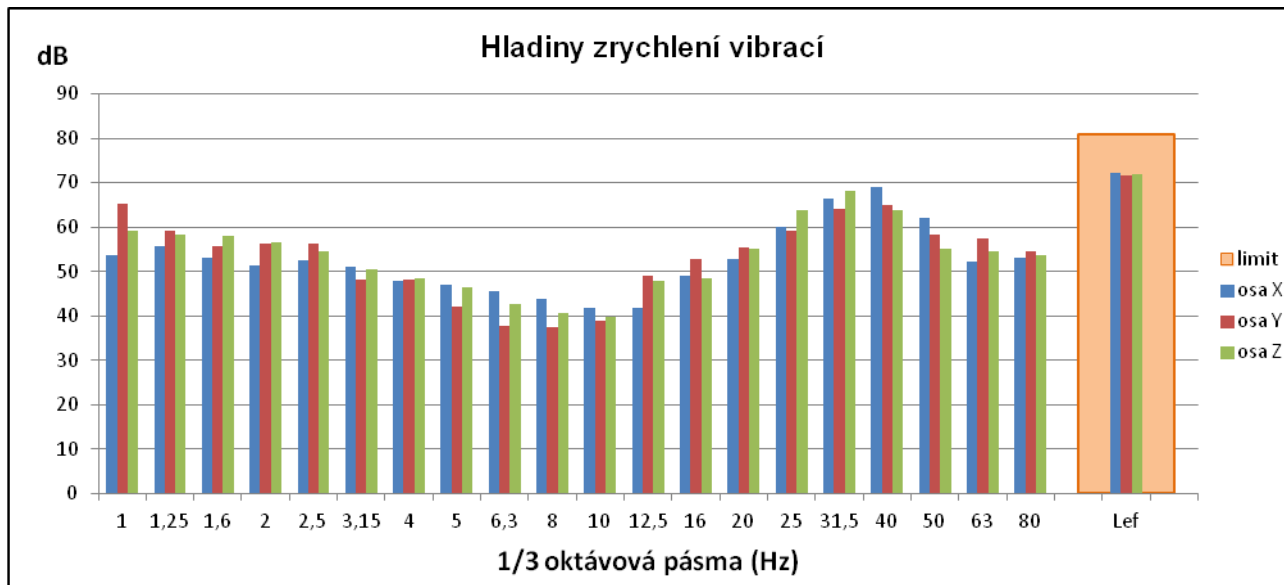
Osy	Hladihy zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	Limit (dB)	
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63			80
X	53,7	55,3	52,4	52,6	50,7	49,7	49,3	47,5	45,3	43,1	41,9	41,8	43,7	48,3	56,8	59,6	55,0	46,8	43,9	42,4	65,1	81,0
Y	58,0	57,8	56,5	54,9	53,3	51,2	48,1	46,9	42,5	39,8	39,8	46,6	48,2	52,2	57,8	62,3	58,8	51,9	48,7	41,8	67,8	81,0
Z	57,3	59,2	58,4	56,9	56,0	54,5	51,5	48,5	46,2	43,4	42,5	45,0	43,8	51,0	55,2	60,4	59,6	51,0	45,2	43,5	67,9	81,0

**Vlak 16:22 Sp (D)**

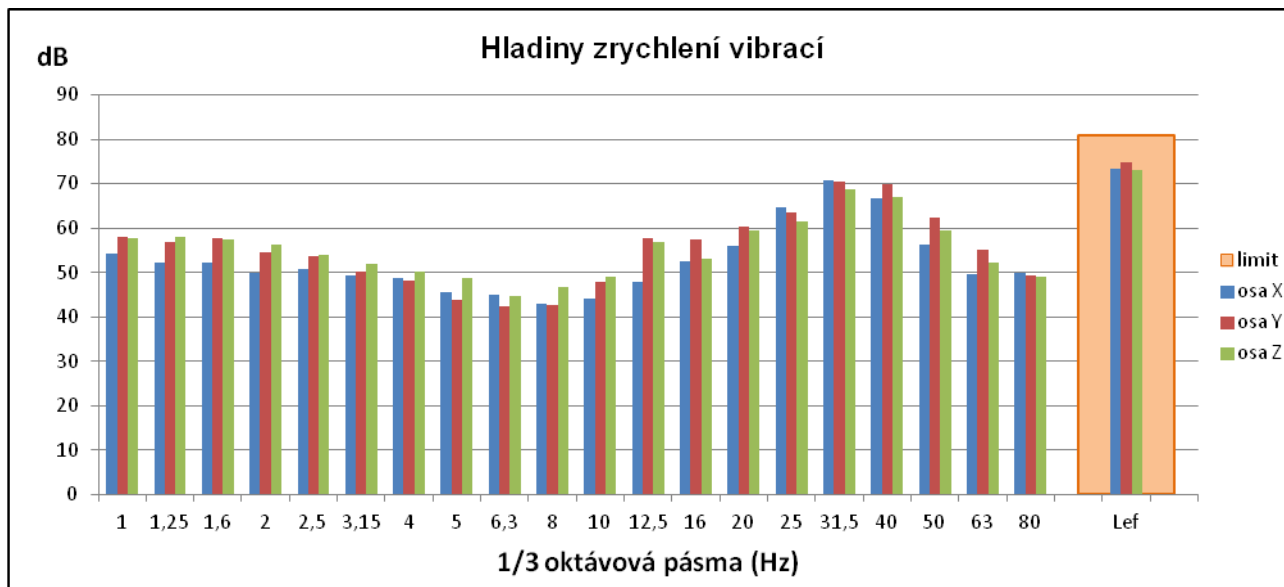
Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)	Limit (dB)
	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	54,8	56,0	53,9	51,6	52,7	51,0	48,1	46,1	45,2	44,8	43,2	45,5	50,8	55,6	62,9	68,3	66,1	55,2	48,1	45,4	71,8	81,0
Y	64,0	61,1	61,6	57,8	59,4	56,1	52,6	47,2	43,8	41,6	43,9	55,1	56,1	57,0	62,1	68,6	69,2	61,2	53,6	47,0	74,4	81,0
Z	62,9	60,3	62,8	59,9	61,4	57,9	54,5	51,2	48,6	47,1	44,6	53,3	50,6	56,1	64,6	67,8	66,4	60,2	53,0	46,0	73,7	81,0

**Vlak 16:36 Sp (D)**

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	53,7	55,6	53,0	51,3	52,4	50,9	47,8	47,1	45,5	43,7	41,9	41,7	48,9	52,8	60,0	66,4	69,0	61,9	52,1	53,0	72,3	81,0
Y	65,3	59,1	55,7	56,2	56,2	48,1	48,1	42,1	37,9	37,5	38,9	48,9	52,7	55,3	59,2	64,1	65,0	58,3	57,3	54,4	71,5	81,0
Z	59,1	58,2	58,0	56,7	54,6	50,5	48,6	46,4	42,7	40,7	39,7	47,8	48,4	55,0	63,7	68,2	63,7	55,1	54,6	53,7	72,0	81,0

**Vlak 16:43 R (D)**

Osy	Hladihy 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	54,1	52,3	52,1	49,8	50,9	49,2	48,8	45,5	45,0	43,0	44,1	48,0	52,4	56,0	64,8	70,6	66,8	56,3	49,6	49,8	73,4	81,0
Y	57,9	56,9	57,7	54,4	53,8	50,1	48,1	43,9	42,3	42,7	47,9	57,8	57,3	60,2	63,6	70,3	69,9	62,5	55,1	49,4	74,7	81,0
Z	57,6	58,1	57,5	56,3	54,0	52,0	50,3	48,9	44,6	46,7	48,9	57,0	53,0	59,4	61,6	68,8	67,0	59,4	52,1	49,0	72,9	81,0



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 – Rakovnická 176/11, Praha 6 – Veleslavín

Měřicí místo M2 – Nad Stanicí, Praha 6 – Veleslavín

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>