VARIANTA TÚ s přeložkou - čistopis

3.				
2.				
1.				
Změna:	Název změny:	Datum:	Provedl:	Podpis:

Investor, objednatel:

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

kontaktní adresa:
Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Stavební správa západ
Sokolovská 1955/278, 190 00 Praha 9

METROPROJEKT Praha a.s.
nám. I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2
gen. ředitel: Ing. David Krása
tel.: +420 296 154 105
www.metroprojekt.cz
info@metroprojekt.cz

METROPROJEKT

Souprava číslo:

HIP: Podpis:

Ing. Richard Beber

tel.: **+420 296 154 433**

Stupeň: **PD**

Název a účel díla:

REKONSTRUKCE TRAŤOVÉHO ÚSEKU ČÁSLAV (včetně) - KUTNÁ HORA (mimo)

přípravná dokumentace

Zpracovatelský útvar:
Ecological Consulting

Vedoucí útvaru: Podpis:
Mgr. Bc. Petra Reichlová

Odpovědný projektant: Podpis:
RNDr. Jiří Grúz

Název části díla:

SOUHRNNÁ ČÁST

HODNOCENÍ VIBRACÍ

Skart. znak:	V20/2038	Datum:	12/2017	IČD:							

Doplňující údaje:

0	05/2017	1.vydání	RNDr.Grúz	RNDr.Grúz	Mgr. Reichlová	RNDr. Bosák
			v.r.	v.r.	v.r.	v.r.
Rev.	Datum	Popis	Vypracoval	Kreslil/psal	Kontroloval	Schválil

Objednatel:

Metroprojekt Praha a. s.

Nám. I. P. Pavlova 1786/2, 120 00 Praha 2

Souprava:

Zhotovitel:

ECOLOGICAL CONSULTING a.s.
Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc
tel: 585 203 166, fax: 585 203 169
e-mail: ecological@ecological.cz

ECOLOGICAL CONSULTING

Projekt:

Rekonstrukce traťového úseku

Čáslav (mimo) - Kutná Hora (mimo)

Číslo projektu:	320/16031
VP (HIP):	RNDr Grúz
Stupeň:	
Datum:	05/2017
Archiv:	
Formát:	
Měřítko:	

KÚ: Středočeský kraj | ORP: Kutná Hora, Čáslav

Obsah:

HODNOCENÍ VIBRACÍ

Část:

Příloha:

Objednatel: Obchodní firma: Metroprojekt Praha a. s.
adresa: Nám. I. P. Pavlova 1786/2, 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

Květen 2017 RNDr. Jiří G R Ú Z

Prvotní dokumentace je uložena v archivu zpracovatele.

Rozdělovník:

výtisk 1 - 16 +A.; digitální verze 2xCD: objednatel
digitální verze 0.: 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

RNDr. Bc. Jaroslav BOSÁK – ochrana přírody

- oprávněná osoba k posuzování vlivů na životní prostředí

(číslo osvědčení odborné způsobilosti 14563/1610/OPVŽP/97)

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

Ing. Jaromír CÁPAL et al. – měření vibrací

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

Ing. Lukáš HALUSKA. – měření vibrací

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

Obsah

1. ÚVOD 5

2. NEGATIVNÍ ÚČINKY VIBRACÍ 10

3. ZDROJ VIBRACÍ, ŠÍŘENÍ VIBRACÍ 13

4. CHARAKTER PODLOŽÍ 14

5. PROVEDENÁ MĚŘENÍ 16

6. MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ 18

7. NÁVRH ANTIVIBRAČNÍCH OPATŘENÍ 19

PŘÍLOHY 22

POUŽITÁ LITERATURA 23

1. ÚVOD

Hodnocení vlivu vibrací bylo provedeno jako součást dokumentace železniční stavby. Jedná se o stavbu s názvem **„Rekonstrukce traťového úseku Čáslav (mimo) – Kutná Hora (mimo)“.**

Na základě provedeného ekonomického vyhodnocení rozsahu požadovaných stavebních a technologických prací bylo investorem rozhodnuto, že předmětem stavby bude úsek žst. Čáslav (mimo) – Kutná Hora (mimo). Uvedený traťový úsek je součástí celostátní dráhy, která leží na trati, zařazené do evropského železničního systému TEN-T v globální síti osobní i nákladní dopravy s charakterem mimokoridorová trať celostátní dráhy. Jedná se o trať Brno – Havl. Brod – Kolín – Praha, nezahrnující žst. Čáslav. Dovolená traťová třída zatížení je D4. Provozovatelem dráhy je SŽDC s.o., místním správcem OŘ Praha.

Stavba je situována ve Středočeském kraji, v okrese Kutná Hora.V daném úseku se jedná o mírně zvlněný terén, s přístupem ke staveništi prostřednictvím silnic II. a III. třídy, či po místních komunikacích.

V daném úseku se jedná o dvojkolejnou, elektrifikovanou trať č. 230 s dovolenou třídou traťového zatížení D 4 a se stávající rychlostí vlakových souprav 70 až 100 km/h. Elektrizace trati je systémem AC, 25 kV. Uvedený řešený úsek je součástí trati Kolín – Havlíčkův Brod s poměrně velkými toky cestujících. Významnou roli zde hraje i nákladní doprava. Trať je v daném úseku vedena převážně podél silnice první třídy I/38.

Účelem dané stavby je zajistit následující vylepšení současného stavu:

- zvýšení traťové rychlosti
- zkrácení cestovní doby
- zvýšení propustné výkonnosti trati
- zvýšení bezpečnosti cestujících
- zvýšení kultury cestování
- úprava technického stavu železničního svršku a spodku
- nová technologie zabezpečovacího a sdělovacího zařízení, dálkové řízení provozu
- odstranění zbytné dopravní infrastruktury

Cílem stavby „Rekonstrukce traťového úseku Čáslav (mimo) – Kutná Hora (mimo)“ je tak v konečném důsledku zlepšení jízdního komfortu i komfortu cestujících

Ze situování trati a dopravních intenzit plyne, že tato trať má z hlediska osobní i nákladní dopravy značný dopravní význam nadregionálního charakteru. Zásadní je i návaznost uvedené trati na I. a III. tranzitní koridor.

Navržené zvýšení traťové rychlosti činí 100 – 130 km/h pro klasické vlakové soupravy a 100 – 150 km/h pro soupravy s naklápěcí technikou. Omezená rychlost (75 km/h) bude v km 281,365 – 282,630. Současně dojde k úměrnému zkrácením jízdních dob. Uvedený úsek trati je přitom rychlostně zbytečně poddimenzován. Směrové poměry a stav železničního svršku a spodku zde totiž po navržených úpravách dovolí rychlost v uvedeném smyslu navýšit a to bez opuštění stávajícího tělesa a pozemků dráhy.

Navrhovaný rozsah stavby na železniční trati bude proveden převážně na drážních pozemcích, s potřebou trvalého odnětí pozemků ze ZPF či PUPFL u varianty 71 (přeložka).

Stávající stav železniční infrastruktury v řešeném úseku nevyhovuje současným požadavkům na provoz trati. Technický stav kolejového roštu je na hranici životnosti. Kolejové lože je zaneseno. Pražce pro rošt s kolejnicemi R65 a S49 nejsou v dobrém stavu, nezajišťují plnou držebnost upevňovadel. Pražce SB8 a SB6 vykazují vlivem stáří materiálu praskliny. V prostoru úrovňových přejezdů jsou pražce dřevěné. Vzhledem k celkovému stavu kolejového roštu je jednotlivá výměna nevyhovujících pražců ekonomicky neefektivní. Podobně i celkový technický stav mostů a propustků vyžaduje stavební zásah, který obnoví jejich původní parametry.

Stávající kolejový rošt bude demontován, odvezen na demontážní základnu kde bude rozebrán a nepoužitelné součásti budou odevzdány k odstranění či využití. Případná potřeba odtěžení štěrkového lože bude součástí výkopu železničního spodku.

U traťového zabezpečovacího zařízení vyžaduje nápravu technický stav venkovních prvků, jinak by po určité době muselo dojít k velké investici do celého zařízení.

Trakční vedení 25 kV, AC bylo vybudováno v druhé polovině minulého století.. Doposud neproběhla jeho celková rekonstrukce, prováděny byly pouze průběžné opravy. Rekonstrukce byly řešeny pouze sporadicky, v rámci staveb rekonstrukcí kolejí a to po dílčích úsecích trati. Celkový stav stávajícího systému trakčního vedení vyžaduje kompletní opravu v horizontu cca 5 – 10 let.

V **navrhovaném řešení** budou odstraněny nedostatečné parametry trati při zachování stávajících hranic pozemku podle současných potřeb správce železniční dopravní cesty.

Práce jsou navrženy v souladu se Směrnicí SŽDC č.16/2005 „Zásady modernizace a optimalizace vybrané železniční sítě České republiky“. Podle přílohy 2 této směrnice je traťový úsek 1201 Retz (ÖBB) (část) – Kolín (mimo) zařazen do evropského železničního systému.

Zvýšení traťové rychlosti se předpokládá v průměru na cca 130 km/h, v závislosti na typu vlakových souprav. Nejvyšší rychlosti jsou předpokládány u souprav s naklápěcími skříněmi (jednotka 680).

Úpravy železničního *svršku a spodku* vycházejí z předpokladu maximálního využití možností daných stávajícím trasováním trati. Bude optimalizována GPK při maximálním využití stávajících pozemků dráhy.

Úpravy železničního svršku a spodku budou provedeny prakticky v celém hodnoceném úseku Kutná Hora - Čáslav. Při těchto úpravách bude odtěženo stávající kolejové lože. Vytěžené kolejové lože bude použito při sanaci spodku. Bude vytvořen nový profil z nového kolejového lože a obnoví se drážní stezky. Kolejnice budou svařeny do BK prioritně pomocí odtavovacího stykového svařování. Bezstyková kolej bude upravena dle předpisu S 3/2.

Pláň železničního spodku bude přehutněna a provedena v předepsaném příčném sklonu.

V případě *zabezpečovacího zařízení* bude jeho nový stav primárně řešen v souvislosti s úpravami kolejové části předmětné stavby. Jedná se o úpravy na dvojkolejné trati s trakční soustavou 25kV AC.

Docházet bude spíše k dílčím úpravám zabezpečovacích zařízení v návaznosti na opravné práce železničního svršku.

Předmětem úprav bude m.j. doplnění či přeložky stávající kabelizace a úprav vazeb SZZ a TZZ. Podle potřeby bude provedena náhrada návěstidel autobloku a provedena výměna přívodních lan ke stykovým transformátorům.

V případě *mostů* bude jejich nový stav primárně řešen v návaznosti na železniční svršek předmětné stavby. Jedná se celkem o přestavby či rekonstrukce celkem 10 ks železničních mostů, výjimečně o novostavbu mostu.. U některých objektů je zároveň navrženo statické zajištění a sanace povrchů nosné konstrukce a spodní stavby.

Propustky s nevyhovujícím stavebně technickým stavem a kapacitou budou přestavěny. Jedná se celkem o 5 ks propustků v daném úseku trati, 4 propustky budou navrženy ke zrušení.

V daném úseku trati se dále nachází 1 podchod pro cestující a 1 silniční nadjezd.

Pro přestavované mosty a propustky, kde byl změněn průtočný profil, byl zpracován hydrotechnický výpočet, který určil světlost nového otvoru, s přihlédnutím k zajištění potřebné migrace živočichů.

Objekty na stávající trati v místě případných přeložek nejsou zařazeny do dané stavby a budou ponechány bez úprav.

Z celkového hlediska lze říci, že záměr podporuje trendy dopravní politiky schvalované na dotační období 2014 - 2020 s výhledem do roku 2050, a to zpřístupnění železniční dopravy v rámci nákladní dopravy a dále vytváření podmínek pro rozvoj rychlé

železniční dopravy, m.j. z důvodu přínosu ke zlepšování kvality životního prostředí občanů České republiky.

Uvedený úsek stavby začíná v žel. km 278,717 (před křížením s tokem Brslenka v Čáslavi) a končí před žst. Kutná Hora v žel. km 286,742. Úsek prochází ve variantě 11 dvěmi železničními zastávkami a to Třebešice (km 283,023) a Církvice (km 284,520). V preferované variantě 71 (přeložka v oblasti Vrabcova) prochází trať mimo zastávku Třebešice.

Celková délka řešeného úseku stavby tak činí. 8,025 km (obrázek 1).

Obrázek 1 – Rozsah stavby (modře – zkrácená varianta 71)

V území mezi žel. km 281,0 až 284,0 je navržena mimo vedení ve stávající stopě (varianta 11) ještě preferovaná varianta 71 vedení trati, procházející volnou krajinou severovýchodně od stávající trati. Nachází se v dostatečné vzdálenosti od zdejších obytných objektů.

Celá stavba se nachází ve Středočeském kraji. Trať č. 230 mezi začátkem úseku (žel. km 278,717) a koncem úseku (žel. km 286,742) prochází územím celkem čtyř obcí a čtyř katastrálních území podle následujícího přehledu:

Obec: Čáslav (k.ú. Čáslav)
Třebešice (k.ú. Třebešice)
Církvice (k.ú. Církvice u Kutné Hory)
Kutná Hora (k.ú. Malín)

Celé území spadá do působnosti dvou úřadů obcí s rozšířenou působností (ORP) a to města Čáslav (Čáslav, Třebešice) a Kutná Hora (Církvice, Kutná Hora).

Zájmové území má do jisté míry inundační charakter, zvláště v okolí vodní nádrže Vrabcov. Jedná se zde o údolní nivu významného vodního toku Klejnárka, č.h.p. 10-04-01-004. Kvarterní sedimenty štěrků a písků zde vyplňují koryto a navazující nivu toku Klejnárka. Hodnocené území je drénováno uvedeným tokem a jeho oboustrannými přítoky.

Celý průběh trati v hodnoceném úseku není v kontaktu s maloplošnými ani velkoplošnými zvláště chráněnými územími. Stejně tak jsou od trati dostatečně vzdálená území soustavy NATURA 2000 (EVL a PO).

Významný negativní vliv realizace záměru na území soustavy Natura 2000 tudíž nepředpokládáme.

V kontaktu se stavbou (prochází přes trať) je i regionální biocentrum RBC 927 Vrabcov, a to v blízkosti stejnojmenné vodní nádrže. Zasahují sem i některé prvky ÚSES nižší úrovně (lokální).

Zájmové území nespadá do oblasti chráněné oblasti přirozené akumulace podzemních vod (CHOPAV). Nejbližší CHOPAV Žďárské vrchy je od stavby vzdálena cca 40 km jihovýchodně.

Trať neprochází ani v blízkosti ochranných pásem vodních zdrojů.

Celá severní část hodnoceného úseku trati je součástí vyhlášené zranitelné oblasti ve smyslu nař. vl. č. 262/2012 Sb.

Část hodnoceného úseku trati se ale nachází ve vyhlášeném záplavovém území významného vodního toku (vyhl. č. 178/2012 Sb.) Klejnárka, zejména při průtoku Q100.

V souvislosti s uvedenou stavbou se ukázalo jako nezbytné vliv uvedených úprav trati, včetně změny rychlosti projíždějících vlakových souprav na hladinu vibrací řádně vyhodnotit.

Z toho důvodu byla provedena tři měření hladin zrychlení vibrací, event. měření geotechnického složení podloží. Měření byla provedena v červnu 2016 (příloha 1, dva body) a květnu 2017 (příloha 1a, jeden bod).

Na základě těchto údajů a dalších hodnot, vč. výsledků měření vibrací u železničních staveb v obdobných poměrech, dle praktických zjištění a údajů literatury byl potom 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 seizmicitou 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.

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

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

kde

a…… hodnota zrychlení

y…… výchylka

t……čas

ω…… úhlová rychlost

Křivka zrychlení přitom předbíhá o 90º (1/4 T) průběh rychlosti a o 180º (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 $m.s^{-2}$. Tato hodnota představuje hladinu zrychlení vibrací (při referenčním zrychlení $a_0 = 10^{-6}$ m/s^2)

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

t.j.

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

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.

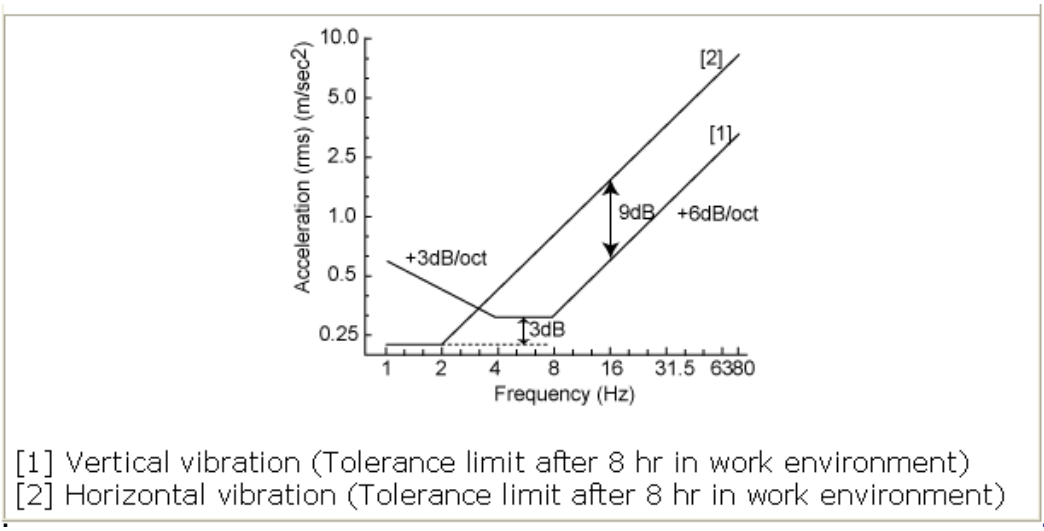
Ke snížení hodnot vibrací dojde i díky postupné modernizaci vozového parku. Po trati tak budou jezdit jednotky nejen s lepším odpružením podvozků, ale i s jejich výrazně lepším technickým stavem. Zlepšení technického stavu vozových jednotek je možno očekávat především v případě nákladních vozů, které se dnes výrazně podílejí nejen na generování vibrací, ale i na hlukovém zatížení okolí železničních zastávek (Třebešice, Církvice).

Z toho důvodu nelze ani při změně 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 železničních stanic a zastávek 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 obdobě s užitím filtru „A“ u zvuku je i zde při měření užito specielních filtrů a měřena vážená hodnota zrychlení vibrací. Na základě těchto hodnot je potom počítána hladina zrychlení vibrací L, (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 byla dosažena jen výjimečně (dva průjezdy u měřícího místa 2).

3. ZDROJ VIBRACÍ, ŠÍŘENÍ VIBRACÍ

V daném případě se jedná v současném stavu o převážně bezstykovou kolej s kolejnicemi typu S 49 či R65 na dožívajících dřevěných či betonových pražcích, převážně s tuhým upevněním ŽS3 nebo ŽS4.

Stávající stav železniční infrastruktury v řešeném úseku je na hranici životnosti. Nedobrý technický stav žel. svršku odpovídá stáří, intenzitě provozu a míře údržby.

Z uvedeného důvodu předpokládáme po realizaci záměru pozorovatelné snížení dosahu nadlimitní hladiny vibrací.

Zvýšení rychlosti vlaků na uvedené trati bude závislé na použitém typu vlakových souprav. Nejvyšší rychlosti jsou předpokládány u souprav s naklápěcími skříněmi (jednotka 680). V průměru bude rychlost zvýšena ze stávajících cca 80 km/h na cca 130 km/h.

Co se týče vlivu rychlosti vlaků na hladinu zrychlení vibrací u jejich zdroje, tento není obvykle příli 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 byly 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 byly 5 - 10 dB.

U vodorovných vibrací a nákl. vlaků byl v rozmezí 70-100 km/h tento vliv relativně nízký, 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 :

$$L, [dB] = L_0 - 20 \cdot \log (x/x_0)^n - 8{,}7 \cdot \alpha \cdot (x - x_0) \qquad (4)$$

kde

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

L_0.....hladina zrychlení vibrací ve vzdálenosti x_0

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

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

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 blízké 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). Rayleghovo vlnění, jakožto zásadní z uvedených typů se přitom šíří pod povrchem, cca do hloubky jedné délky vlny, λ (Hunaidi O., 2000).

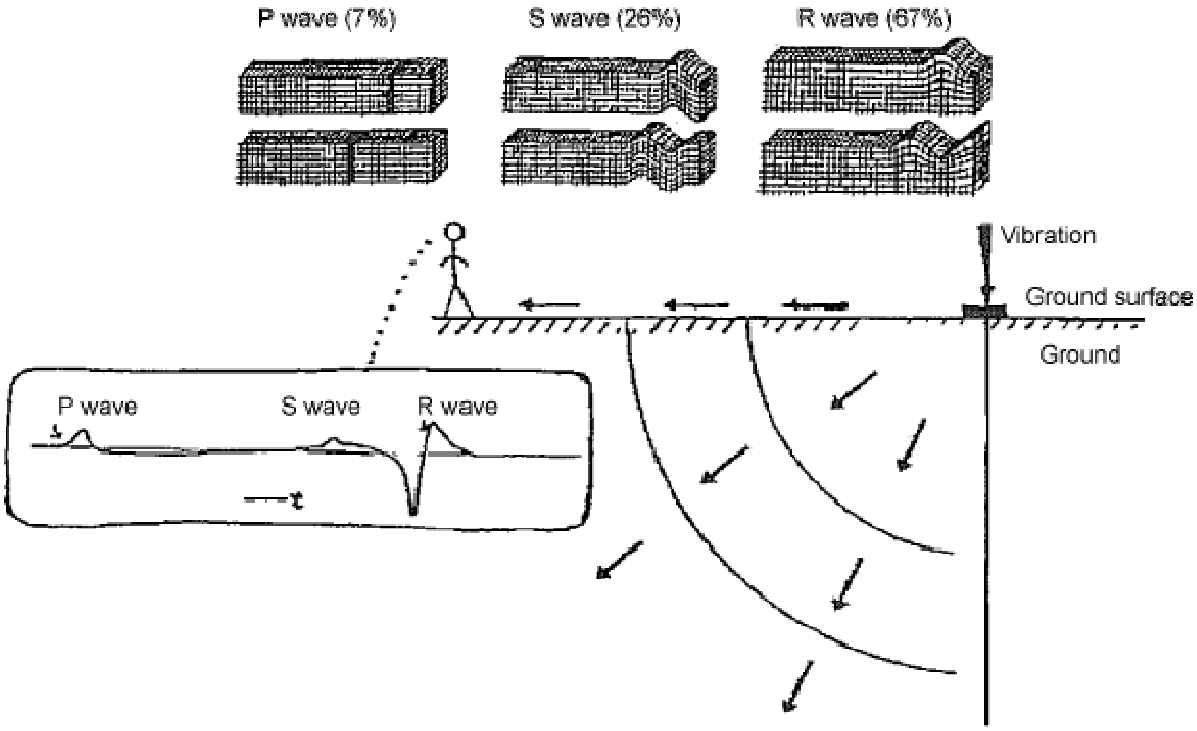
Z celkové energie vlnění představuje S cca 26% a R cca 67%. Obě tato vertikální vlnění jsou výrazně pomalejší než vlnění primární (P) a šíří se obvykle spolu (mají cca stejnou rychlost). Poměry jsou zřejmé z obrázku 3.

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 cm^2, 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 přerušení po vniku soutyčí každých 10 cm. Počet úderů na vnik soutyčí o 10 cm (N10) se odečítá na počitadle, případně je počítá operátor. Výsledkem je hodnota $N_{10,red}$.

Geologicky je zájmové území součástí kutnohorského krystalinika, zčásti (severovýchod a východ) součástí krystalinika čáslavské kotliny. Uvedená krystalinika jsou vesměs překryta kvarterními horninami, z nichž jsou nejvíce zastoupeny spraše, sprašové hlíny a hlíny. V blízkosti vodního toku Klejnárka se potom jedná o písky a štěrky. Ostrůvkovitě se vyskytují proterozoické horniny assyntsky zvrásněné, s různě silným variským přepracováním (břidlice, fylity, svory až pararuly). V severovýchodním směru od trati jsou zastoupeny mezozoické (křídové) horniny (pískovce, jílovce).Jižní část trati je tvořena jednotvárnou sérií moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity).

V několika ostrůvcích se vyskytují vulkanické horniny zčásti metamorfované, proterozoické až paleozoické (amfibolity, diabasy, melafyry, porfyry). Sesuvy, řícení skal ani jiné podobné jevy v uvedeném trasovém úseku nehrozí.

Fluviální sedimenty vyplňují nivu toku Klejnárka a zčásti i jejích přítoků. Všeobecně se jedná převážně o středně mocné jemnozrnné sedimenty charakteru štěrků, písků, písčitých hlín, a hlinitých písků.

Hydrogeologicky spadá zájmové území do hydrogeologického rajonu č. 4340 Čáslavská křída, ID 4340.

V případě Čáslavské křídy se jedná o sedimenty svrchní křídy v oblasti povodí horního a středního Labe. Mocnost souvislého zvodnění činí 15 – 50 m, typ propustnosti průlinovo – puklinová. Hydrogeologický útvar v hodnoceném místě je 43 400, Čáslavská křída.

Litologicky se jedná o sedimenty vrchní křídy, sprašové hlíny až štěrky a písky s převážně puklinovou propustností, střední hodnotou transmisivity a středním koeficientem filtrace.

Zájmové území leží v geomorfologické provincii Česká vysočina. Ta se dělí na dvě geomorfologické subprovincie- Česko – moravskou soustavu a soustavu České tabule s oblastmi Českomoravská vrchovina a Středočeská tabule. V hodnoceném místě stavby se ale nachází pouze subprovincie Česká tabule s oblastí Středočeská tabule a celkem Středolabská tabule.

Podle uvedeného popisu, dále podle výsledků měření vibrací v obdobných případech a dle interních materiálů společnosti Ecological Consulting a.s. (Grúz J., 2008) se tak celá hodnocená trať z hlediska vibrací blíží případu C2R, jak je popsáno dále. Vzhledem k délce trati a malému počtu měřených bodů odpovídají hodnoty, naměřené pro dané podloží spíše typu „soft ground“. Ze stejných důvodů byl z provedených měření u této trati nalezen pouze relativně nízký koeficient determinace (R^2 = 0,6143).

5. PROVEDENÁ MĚŘENÍ

Pro zjištění stávající zátěže vibracemi na obyvatelstvo v okolí předmětné železniční trati bylo provedeno měření vibrací (Cápal, Haluska). Výsledky měření vibrací jsou uvedeny v příloze 1 a příloze 1a této části Hodnocení vibrací.

Pro úspěšné vyhodnocení průběhu vibrací byly vytipovány obytné objekty podél stávající trati v různých vzdálenostech od ní, z důvodu možnosti vyhodnocení trendu šíření vibrací do okolí. Majitelé objektů byli předem písemně osloveni ke spolupráci a ve většině případů s provedením měření vibrací ve svém domě souhlasili. Měření probíhalo v průběhu dne, měřící přístroje byly umístěny v místnosti nejblíže k trati. Byla snaha postihnout veškeré dnes existující druhy vlaků/mechanismů na trati a jejich vliv na hodnoty vibrací.

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 daném úseku trati po jeho optimalizaci prakticky bez vlivu na vyšetřované poměry, t.j. na hladinu zrychlení vibrací po realizaci záměru.

Měření vibrací Ing. Cápalem a ing. Haluskou (2016, 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 byla provedena 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.

Měřeny byly vibrace v celkem třech měřících místech v okolí trati a to u míst 1 a 2 bylo měření provedeno r. 2016, u měřícího místa 1a v roce 2017.

1- Čáslav, Jilmová, č.p. 1285
2- Třebešice, č.p. 56
1a- Církvice, č.p. 69

V následující tabulce 1 byly vybrány 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 měřící 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, jak je v příloze uvedeno.

Tabulka 1- Maximální hladiny Lef (dB)

Vzdálen. objektu, m	Maximální hladina vibrací v dané ose, dB			Měř. místo č.	Žel. km cca
	X	Y	Z		
6	78,7	88,6	88,2	2	282,9
10	72,2	75,9	75,6	1a	284,5
26	60,1	75,5	75,6	1	279,4

Přitom z důvodů exaktnosti byly pro hodnocení vybrány hodnoty, naměřené při průjezdu pouze jedné vlakové soupravy. Jak je z tabulky zřejmé, došlo u měřícího bodu 2 k překročení limitních průměrných vážených hladin vibrací pro denní i 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 Lef se jevily jako nejzásadnější hodnoty průměrné vážené hladiny zrychlení horizontálních vibrací kolmých na osu koleje (osa Y), které byly z toho důvodu dále vyhodnocovány.

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, po obou stranách trati. 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).

Z matematického hodnocení výsledků měření tak vyplynulo, že území stavby lze popsat jedinou závislostí typu (5), i když ne se zcela ideálním koeficientem determinace

(R^2=0,6143). Důvodem poměrně nízkého R^2 je mimo poměrně velký rozsah stavby i malý počet měřících bodů a skutečnost různé kvality železničního svršku, jak bylo uvedeno.

Z matematického vyhodnocení naměřených výsledků tak bylo nutno celou hodnocenou trať z hlediska vibrací zařadit pod případ C2R (soft ground).

Nalezená závislost typu (5) pro uvedenou trať má tvar:

$$y = -7{,}842 . \ln x + 99{,}218 \qquad (6)$$

kde:
x.....vzdálenost objektu od osy krajní koleje, m
y.....hladina vibrací (osa Y), dB

Vzhledem k nalezené hodnotě koeficientu determinace (R^2 = 0,6143) lze konstatovat poměrně dobrou shodu nalezené logaritmické závislosti s naměřenými výsledky. Tato závislost vykazuje relativně úzký prostor okolo trati, pro eventuelní aplikaci antivibračních opatření, jak je dále, u návrhu hodnoty k uvedeno.

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

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

$$y = 78$$

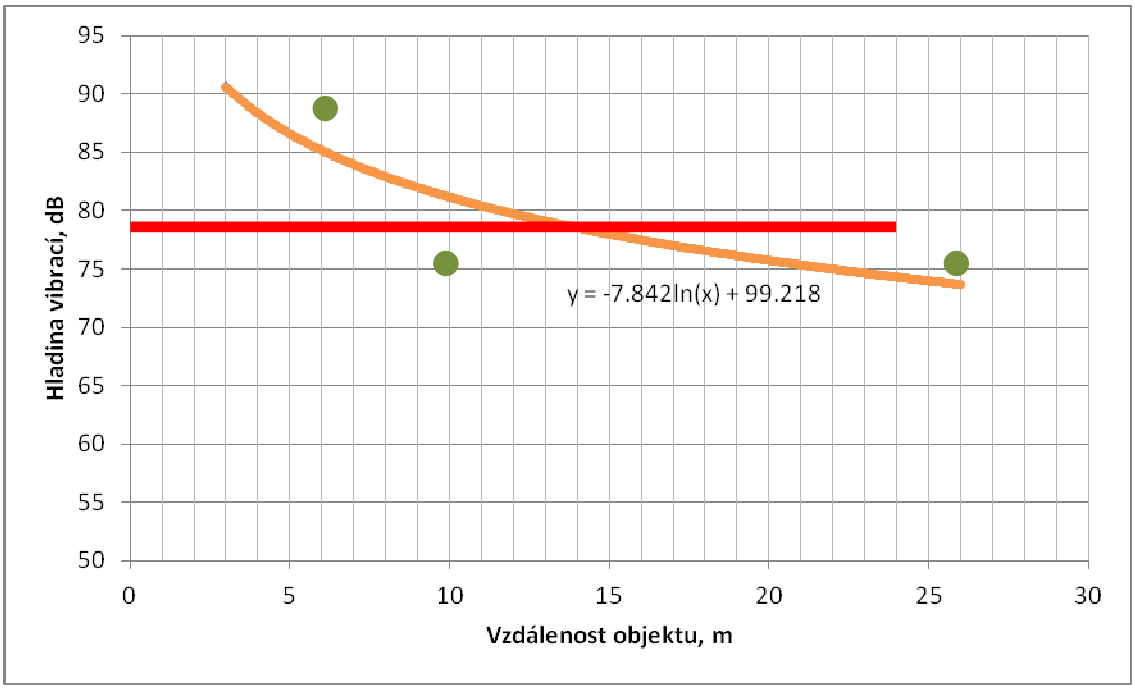
na ose úseček, která činí

$$k = e^{2{,}706},$$

t.j. **14,9 m**. V této vzdálenosti od osy krajní dopravní koleje tedy probíhá stávající isoseista 78 dB.

Jako důsledek této skutečnosti je možno doporučit pro případ, že se v těchto pruzích (vzdálenost na obě strany od krajní dopravní koleje) nachází zmíněné stavby, provedení antivibračních opatření. U samostatně stojících objektů by tak bylo možno doporučit provést tato opatření na trati v úseku +/- „k“, resp. do vzdálenosti „k“ od krajních bodů budovy, jak je zhora uvedeno.

Obrázek 4 –Průběh průměrné vážené hladiny vibrací (osa Y), naměřené body zeleně



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

Nalezená závislost

Jedním z antivibračních opatření však nesporně bude základní opatření vyplývající ze samotné rekonstrukce trati, tedy opatření ve formě obnovení bezstykové koleje, podložek pod patou kolejnice a obnovy železničního svršku.

Podle zkušeností z řady měření v ČR lze záměnou stykové koleje za bezstykovou dosáhnout snížení hladiny vibrací v celém průběhu závislosti (3) o 5- 7 dB. Obdobně přináší pružné upevnění kolejnic s podložkami pod patou kolejnice dle měření na trati Pardubice-Praha (Hlaváček, 2001, 1998) další snížení hladiny vibrací. Reálně tak lze předpokládat po provedené rekonstrukci pokles hladiny zrychlení vibrací minimálně o 5 dB.

Připustíme-li tedy podle uvedené závislosti (6) snížení hodnoty „k“ z tohoto důvodu (t.j. zvolíme limit 78+5 =83 dB), dostaneme novou hodnoty, k_1. Tato činí pro daný případ

$$k_1 = e^{2,07},$$

t.j. **7,9 m**,

což představuje nový průběh isoseist v této vzdálenosti od osy krajní dopravní koleje. Uvedená isoseista (7,9 m) tak vymezuje blíže trati pásmo, kde (v případě existence obytných budov) by bylo třeba aplikovat na kolejích další antivibrační opatření (např. antivibrační

rohože a pod.)., mimo uvedené rekonstrukce kolejového svršku. V pruhu +/- k_1 okolo dopravních kolejí se tak nachází chráněný vnitřní prostor staveb s obytnými místnostmi z hlediska hodnocení vibrací.

V uvedeném pruhu pro realizaci antivibračních opatření (AVO) doporučujeme uložení antivibračních rohoží tloušťky cca 50 mm pod štěrkovým ložem kolejí do vzdálenosti k od objektu. Jedná se samozřejmě o úsek, kde bude vyměňován železniční svršek (případně jejich blízké okolí). Obecný případ řešení délky a umístění rohoží je zřejmý z příkladu v příloze 2.

Vzdálenosti nejbližších obytných objektů a k nim se případně vztahující návrh antivibračních opatření je obsahem tabulky 2. Nejbližší objekty k trati se nachází vesměs v okolí stávající trati (varianta 11). U varianty 71 (přeložka) tak nebudou některé z obytných objektů (žel. km 281,0 až 284,0) vibracemi zasaženy.

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

Žel. km cca	**Objekt na parc.č.st (vzdálenost od krajní projížděné koleje,m)**		**Poznámka**	**AVO, žel. km cca**
	Vlevo trati (dle staničení)	**Vpravo trati** (dle staničení)		
281,2	1534/1 (13,1)		K bydlení, č.p. 1469	-
281,6	1537 (9,7)		K bydlení, č.p. 1471 (jen ve variantě 11 !)	-
282,9		157 (6,0)	K bydlení, č.p. 56 (jen ve variantě 11 !)	282,87 - 282,93 jen var. 11 !
286,4		589 (9,8)	K bydlení, č.p. 240	-

V uvedeném úseku trati se tedy nachází v pruhu +/- k_1 okolo dopravních kolejí chráněný vnitřní prostor staveb s obytnými místnostmi z hlediska hodnocení vibrací.

Od objektů k bydlení do vzdálenosti k_1 se tedy doporučuje u dopravních kolejí provedení dodatečných antivibračních opatření (antivibrační rohože) pod železniční tratí.

Uvedený závěr 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.

AVO by se tak mohly týkat pouze jediného objektu a to č.p. 56 v obci Třeběšice. Tento objekt je sice v katastru nemovitostí veden jako „k bydlení“, *de facto* se ale jedná o

objekt zastávky ČD. Objekt je ve vlastnictví ČR, s právem hospodařením, svědčícím pro SŽDC. Dotčen ale může být pouze ve variantě rekonstrukce „11“ (nikoliv „71“)..

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

Přílohy

PŘÍLOHA Č. 1	Protokol o měření vibrací č. 16/05 (Haluska L., Cápal J.)
PŘÍLOHA Č. 1A	Protokol o měření vibrací č. 17/05 (Haluska L., Cápal J.)
PŘÍLOHA Č. 2	AVO- příklad řešení

Použitá literatura

- ASHIYA, KIMITOSHI (2003): *A method to estimate the efficiency of ground vibration redustion 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.arsm.cz/info/Sbornik_2006.pdf
- HORNÍČEK, L., KREJČIŘÍKOVÁ, 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
- HUNAIDI, O. (2000): *Traffic Vibrations in Buildings*, Construction Technology Update, No. 39.
- KREJČIŘÍKOVÁ, 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

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

Oddělení Ochrany a tvorby životního prostředí Brno
Akustická laboratoř
Šumavská 524/31
602 00 Brno

tel: 513 0,34 292, 731 650 312, email: zp@ecological.cz

Protokol o autorizovaném měření vibrací

autorizační set G10

č.: 16/05

Měření celkových vibrací v budovách

Měření hladin vibrací z železniční dopravy

Objednatel:

METROPROJEKT Praha a.s.
I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2

Místa měření:

M1 - Jilmová č. p. 1285, Čáslav
M2 - Třebešice č. p. 56, Třebešice

Datum měření:
18. 5. 2016

Datum vydání dokladu:
24.6.2016

……..
protokol vypracoval
Ing. Lukáš Haluska

……..
protokol schválil
Ing. Jaromír Cápal
Vedoucí akustické Laboratoře
Odborný vedoucí setu

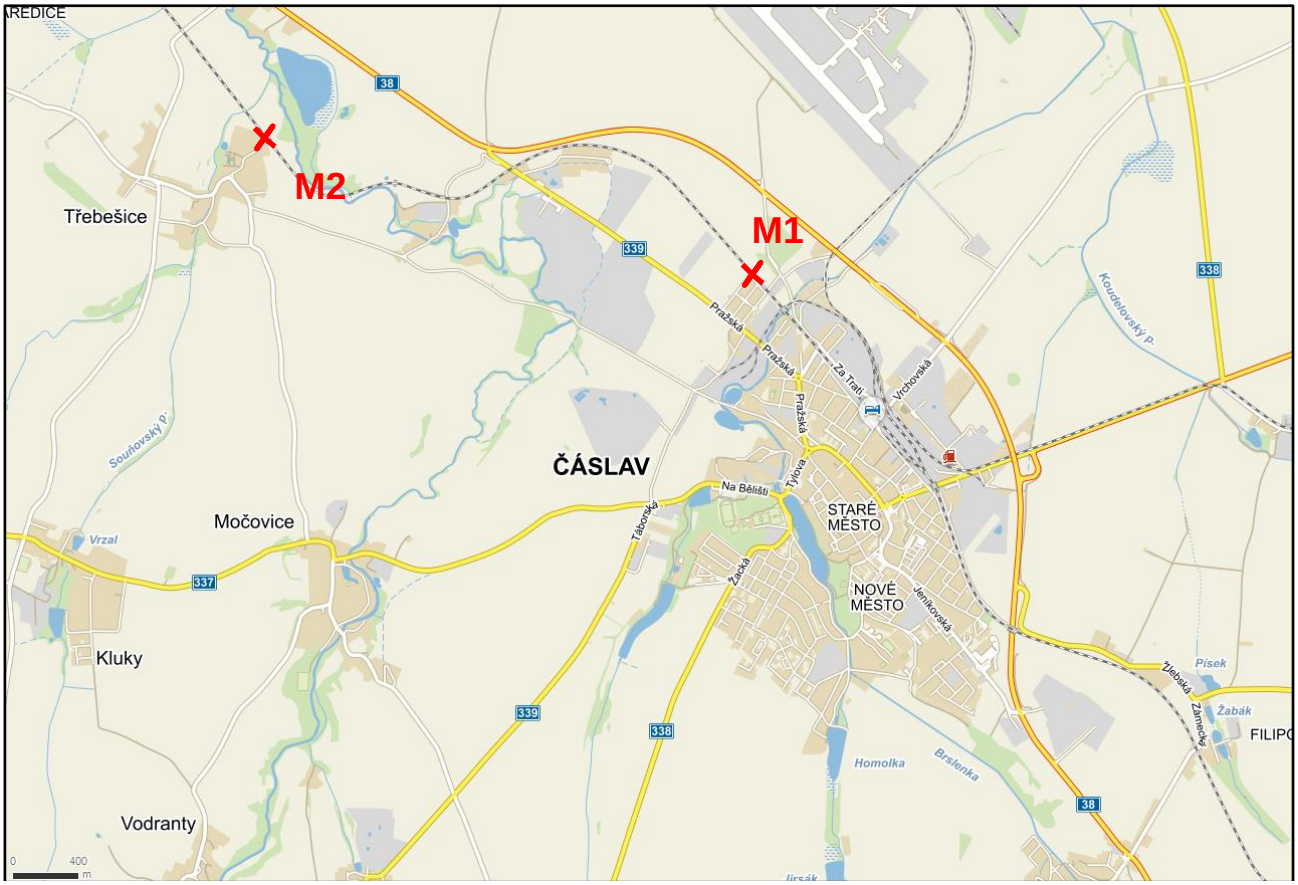
Výsledek měření je vázán na dokladem popsané místo a dobu vykonání měření.

Doklad o měření vibrací může být reprodukován jedině celý a s písemným souhlasem jeho zpracovatele.

Obsah:

1. Situace umístění měřících míst 2
2. Použitá měřící souprava 3
3. Popis měření 3
4. Popis měřících míst a výsledky měření 4
Měřící místo č. 1 – Jilmová č. p. 1285, Čáslav 4
Měřící místo č. 2 – Třebešice č. p. 56, Třebešice 9
5. Závěr 14
6. Poznámky a vysvětlivky 14

1. Situace umístění měřících míst



Obr. č. 1, Přehledná situace umístění míst měření

2. Použitá měřící souprava

1. spektrální modul PULSE B&K typ 3050-A-060, v. č. 100121
2. notebook Toshiba U400 (včetně softwaru Labshop 12), v. č. 48315510W
3. akcelerometr B&K 4524 - B, v. č. 32053
4. etalonový kalibrátor vibrací B&K 4294, v. č. 2624099
5. 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 měřící sestava B&K byla ověřena v Českém metrologickém institutu v Praze a má platné ověřovací listy č. 8012-KL-5193-09, 8012-KL-5192-09.

Uvedená měřící aparatura byla před měřením a po měření kontrolována uvedeným kalibrátorem.

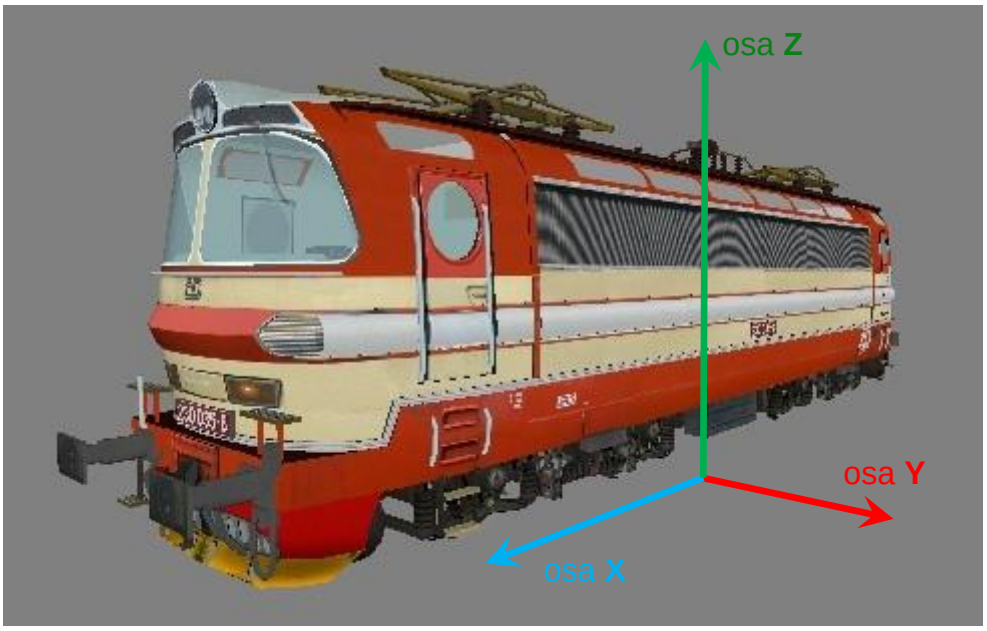
3. Popis měření

Měření vibrací od pojezdů železničních souprav v okolí žel. Trati 024 v úseku Čáslav – Kutná Hora bylo provedeno za účelem zjištění vlivu šíření vibrací od pojezdů vlakových souprav. Přehledná situace umístění měřícího bodu je na obr.č.1. Pro názornost byl uváděn grafický průběh zaznamenaných vibrací na třetinooktávových pásmech u nejvýrazněji se projevujících 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. č. 2)

Tato osová orientace platí pro všechna měření uvedená v tomto protokolu.



Obr. č. 2, Orientace os měření.

4. Popis měřících míst a výsledky měření

Měřící místo č. 1 – Jilmová č. p. 1285, Čáslav

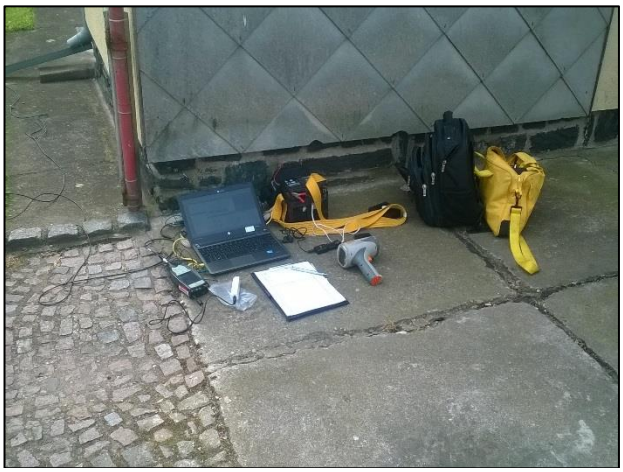
Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku
Datum měření: 18. 5. 2016

Vybraný objekt je jednopodlažní rodinný dům na konci souvislé zástavby, stojící na ulici Jilmová (viz obr. č. 3). Dům leží ve vzdálenosti 26 m od osy nejbližší koleje. Měření bylo vzhledem k nepřístupnosti vnitřních prostor provedeno na vnější části posuzovaného objektu. Je zde předpoklad, že vibrace způsobené dopravou v okolí posuzovaného objektu se na nosné konstrukci projevují stejně vně i uvnitř objektu. Snímač byl umístěn na kamenné podezdívce objektu cca 20 cm nad úrovní terénu (viz obr. 4).

Obr. č. 3, Situace měřícího místa.

Měřící místo leží v cca 500m před žst. Čáslav v širé trati. Železniční trať (č.230) je před měřícím místem dvoukolejná a v blízkosti posuzovaného objektu prochází v zářezu o hloubce cca 6m. Železniční svršek je v obou kolejích tvořen kolejnicemi R65 uložených pomocí podkladnic na betonových pražcích (tuhé upevnění). Kolej je vevařena do bezstykové koleje (staré „projeté“ svary). Stav železničního svršku je špatný s množstvím lokálních vad. Osobní soupravy zde projíždějí rychlostí do 100 km/h a nákladní soupravy do 80 km/h.

obr. č. 4, pohled na umístění snímače



obr. č. 5, pohled na měřící aparaturu

obr. č. 7, pohled na posuzovaný objekt

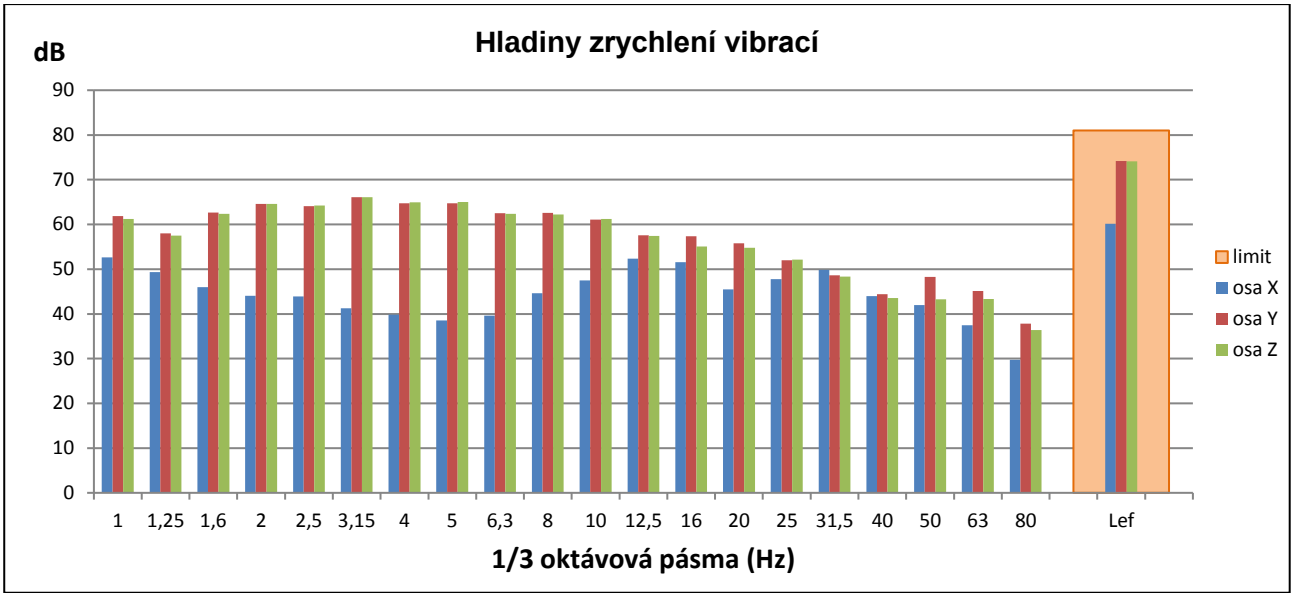
obr. č. 7, pohled ke kolejím

Přehled zaznamenaných vlakových souprav

čas	**druh vlaku (trakce)**	**počet vozů**	**směr**	**celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací Lef (dB)**			**limit (dB)**
				osa X	**osa Y**	**osa Z**	
10:59	R (E)	1+6	Kutná Hora	58,2	75,3	75,5	81,0
11:13	R (E)	1+9	Golčův Jeníkov	60,1	74,2	74,1	81,0
11:29	Pn (E)	1+38	Kutná Hora	56,1	73,5	73,6	81,0
11:32	Prac (D)	1+1	Golčův Jeníkov	54,4	73,9	74,0	81,0
12:10	Os (D)	2	Kutná Hora	53,5	75,0	75,1	81,0
12:16	Pn (E)	1+11	Golčův Jeníkov	59,3	75,2	75,2	81,0
12:54	Pn (E)	2+19	Golčův Jeníkov	57,1	73,7	73,6	81,0
13:06	R (E)	1+6	Golčův Jeníkov	59,6	73,3	73,1	81,0
13:26	Pn (E)	1+19	Kutná Hora	55,5	75,5	75,6	81,0
Zjištěné hodnoty zrychlení vibrací pozadí				49,1	69,8	69,9	/

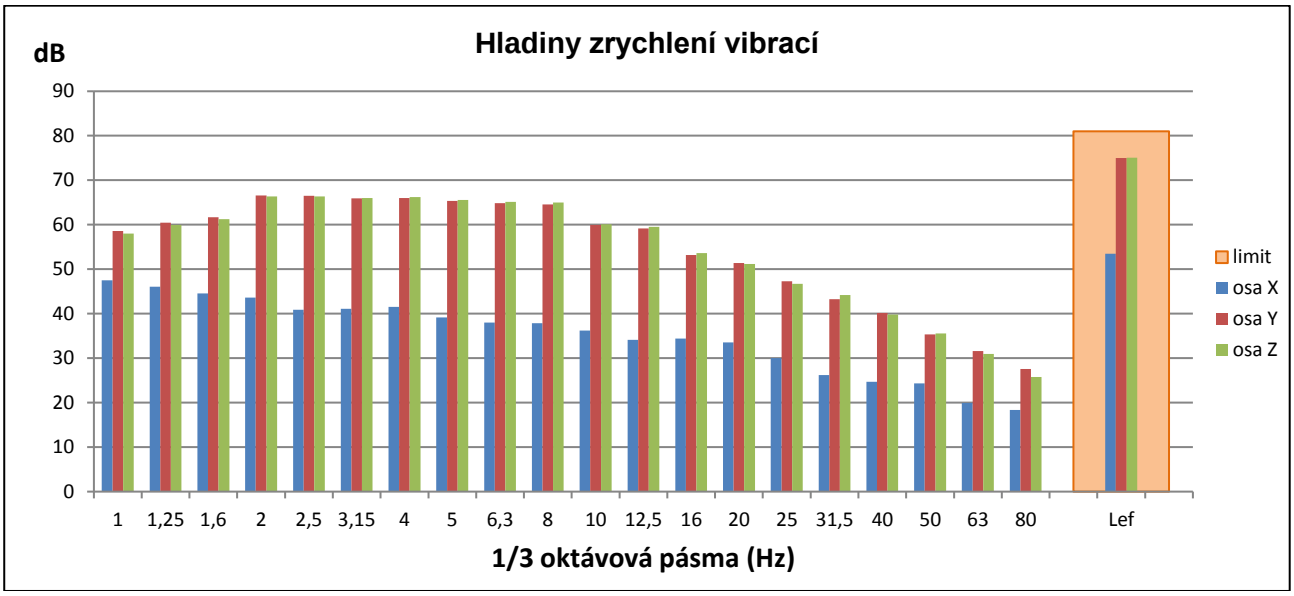
Vlak 11:13 (R)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	52,6	49,3	45,9	44,0	43,9	41,3	39,8	38,5	39,6	44,6	47,5	52,4	51,6	45,5	47,8	49,8	43,9	42,0	37,4	29,7	60,1	81,0
Y	61,8	58,0	62,6	64,6	64,1	66,1	64,8	64,7	62,5	62,5	61,1	57,6	57,3	55,8	52,0	48,6	44,4	48,3	45,1	37,8	74,2	81,0
Z	61,2	57,5	62,3	64,6	64,2	66,1	65,0	65,0	62,4	62,2	61,2	57,4	55,0	54,7	52,2	48,3	43,6	43,2	43,3	36,4	74,1	81,0



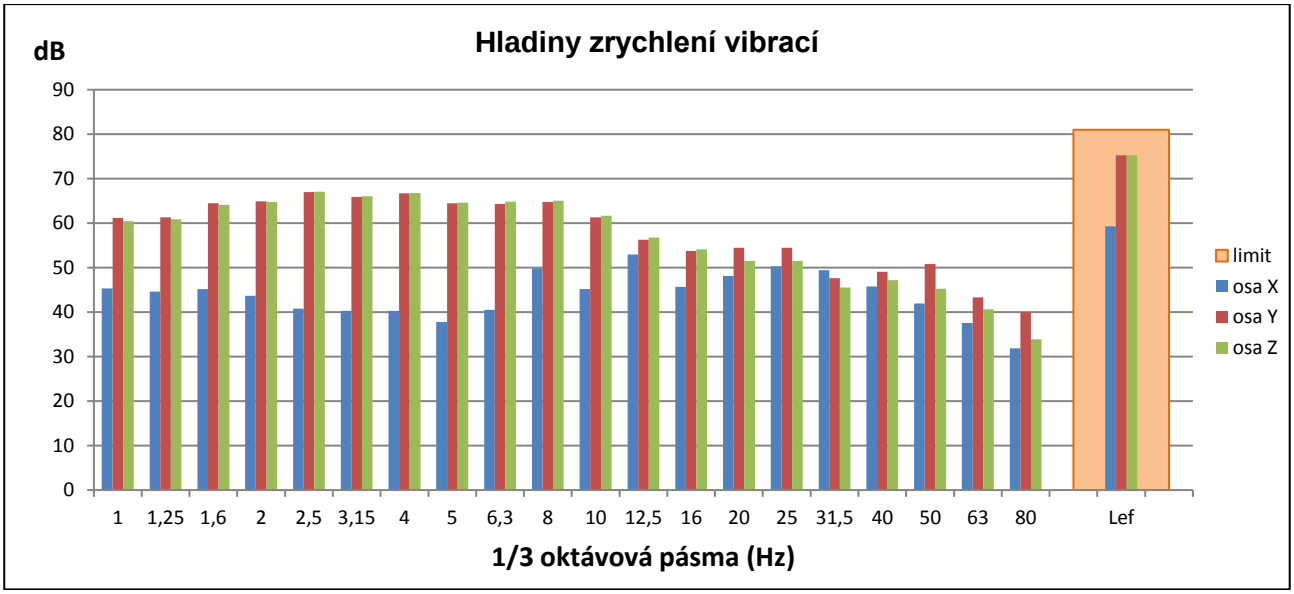
Vlak 12:10 (Os)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	47,5	46,1	44,5	43,6	40,9	41,1	41,5	39,1	38,0	37,8	36,2	34,1	34,4	33,5	30,0	26,2	24,7	24,3	19,9	18,3	53,5	81,0
Y	58,6	60,4	61,7	66,6	66,5	65,9	66,0	65,4	64,8	64,6	60,0	59,2	53,2	51,4	47,3	43,3	40,2	35,3	31,6	27,6	75,0	81,0
Z	58,0	59,9	61,3	66,4	66,4	66,0	66,2	65,6	65,1	65,0	60,1	59,5	53,6	51,2	46,7	44,2	39,8	35,5	31,0	25,8	75,1	81,0



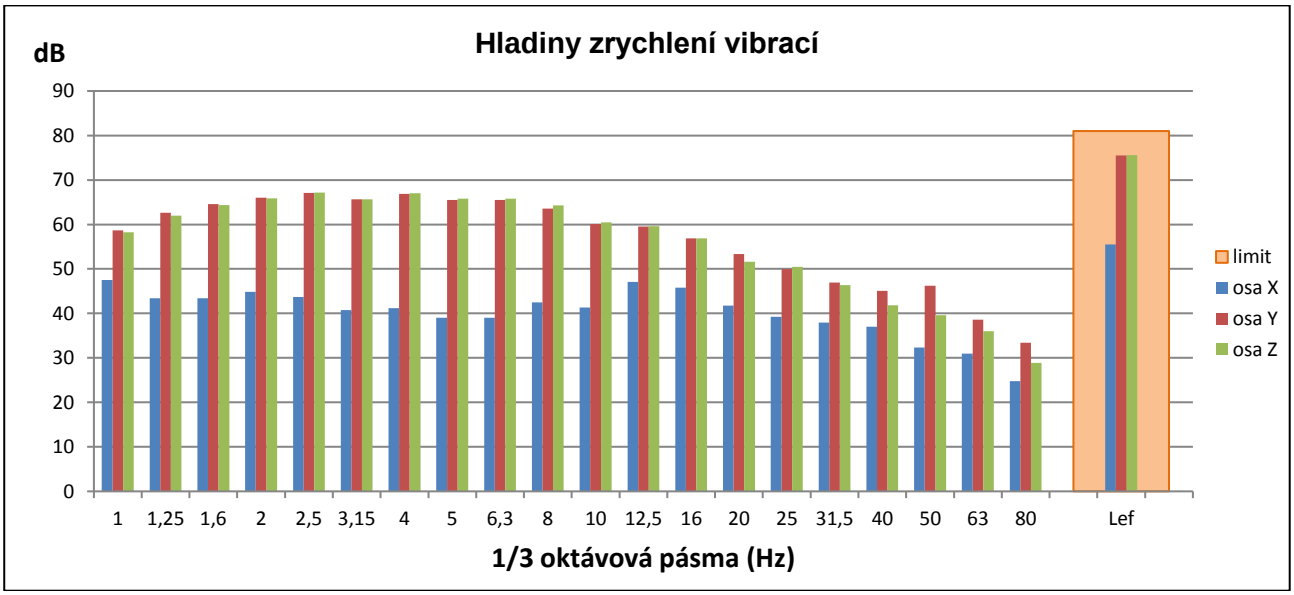
Vlak 12:16 (Pn)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	45,4	44,6	45,2	43,7	40,8	40,3	40,3	37,8	40,5	49,9	45,2	52,9	45,7	48,1	50,3	49,4	45,8	42,0	37,6	31,9	59,3	81,0
Y	61,1	61,3	64,4	64,9	67,0	65,9	66,7	64,4	64,3	64,7	61,3	56,2	53,7	54,5	54,5	47,6	49,1	50,8	43,3	40,0	75,2	81,0
Z	60,4	60,9	64,1	64,8	67,0	66,1	66,8	64,6	64,8	65,0	61,7	56,7	54,1	51,5	51,5	45,6	47,2	45,3	40,6	33,9	75,2	81,0



Vlak 13:26 (Pn)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	47,5	43,4	43,4	44,9	43,7	40,7	41,2	39,0	39,1	42,5	41,3	47,1	45,8	41,7	39,2	38,0	37,0	32,4	31,0	24,8	55,5	81,0
Y	58,7	62,6	64,6	66,0	67,1	65,7	66,9	65,5	65,5	63,6	60,1	59,5	56,8	53,4	50,0	47,0	45,1	46,2	38,6	33,4	75,5	81,0
Z	58,2	62,0	64,4	65,9	67,1	65,6	67,0	65,8	65,8	64,3	60,5	59,6	56,9	51,6	50,4	46,4	41,9	39,6	36,0	28,9	75,6	81,0



Měřící místo č. 2 – Třebešice č. p. 56, Třebešice

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku
Datum měření: 14. 6. 2016

Vybraný objekt je samostatně stojící dvoupatrový dům, který leží ve vzdálenosti 6 m od osy nejbližší koleje (objekt je dlouhodobě neobývaný). Měření bylo vzhledem k nepřístupnosti vnitřních prostor provedeno na vnější části posuzovaného objektu. Je zde předpoklad, že vibrace způsobené dopravou v okolí posuzovaného objektu se na nosné konstrukci projevují stejně vně i uvnitř objektu. Snímač byl umístěn na cihelné podezdívce objektu cca 20 cm nad úrovní terénu (viz obr. 4).

Obr. č. 3, Situace měřícího místa.

Měřící místo leží v blízkosti vlakové zastávky Třebešice. Železniční trať (č.230) je před měřícím místem dvoukolejná a v blízkosti posuzovaného objektu prochází téměř v úrovni okolního terénu a je zde zbudováno nástupiště patřící k vlakové zastávce. Železniční svršek je v obou kolejích tvořen kolejnicemi R65 uložených pomocí podkladnic na betonových pražcích (tuhé upevnění). Pouze v přejezdu ležícím u konce nástupištní hrany jsou použity dřevěné pražce. Kolej je vevařena do bezstykové koleje (staré „projeté“ svary). Stav železničního svršku je špatný s množstvím lokálních vad. V době měření (zřejmě vlivem vysokých teplot) zde byla vzhledem k technickému stavu snížena traťová rychlost na 50 km/h oproti původním 100km/h. Vlakové soupravy zde tedy projížděli rychlostí maximálně 50 km/h, jen osobní vlaky obsluhující zastávku zde projížděly rychlostí cca 30 km/h (rozjezd či brždění soupravy v zastávce).

obr. č. 4, pohled na umístění snímače

obr. č. 5, pohled na měřící aparaturu

obr. č. 7, pohled na posuzovaný objekt

obr. č. 7, pohled na koleje

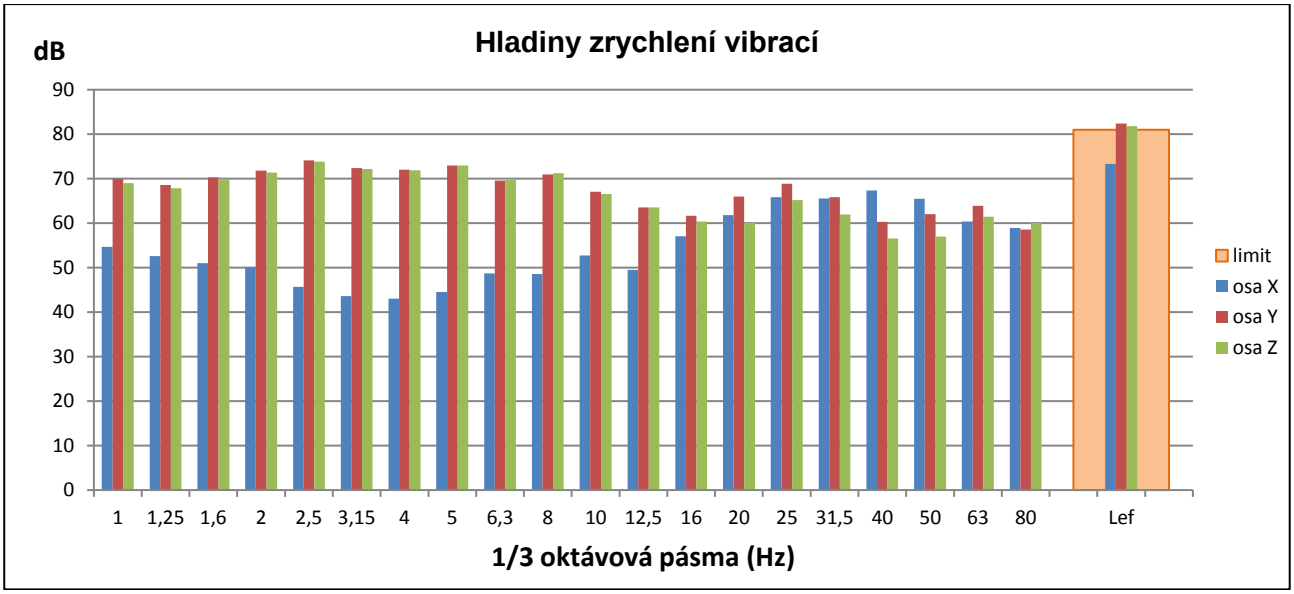
Přehled zaznamenaných vlakových souprav

čas	druh vlaku (trakce)	počet vozů	směr	celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací Lef (dB)			limit (dB)
				osa X	osa Y	osa Z	
11:06	R (E)	1+6	Kutná Hora	77,9	82,3	81,5	81,0
11:07	R (E)	1+9	Čáslav	74,1	78,3	77,3	81,0
11:16	Pn (E)	1+38	Kutná Hora	73,3	82,4	81,8	81,0
11:29	Pn (E)	2+15	Čáslav	75,5	77,1	75,6	81,0
12:06	Os (E)	1+2	Čáslav	75,6	82,4	82,2	81,0
12:13	Mos (D)	2	Kutná Hora	62,8	81,4	81,1	81,0
12:16	Pn (E)	1+38	Čáslav	73,0	82,3	82,0	81,0
12:35	Pn (E)	2+38	Kutná Hora	76,3	88,6	88,2	81,0
12:58	R (E)	1+6	Kutná Hora	78,7	80,9	79,3	81,0
13:03	Pn (E)	1+5	Čáslav	72,2	79,0	78,3	81,0
13:09	R (E)	1+6	Čáslav	75,2	85,9	85,5	81,0
Zjištěné hodnoty zrychlení vibrací pozadí				57,0	79,0	78,8	/

XX.X Nedodržení hygienického limitu

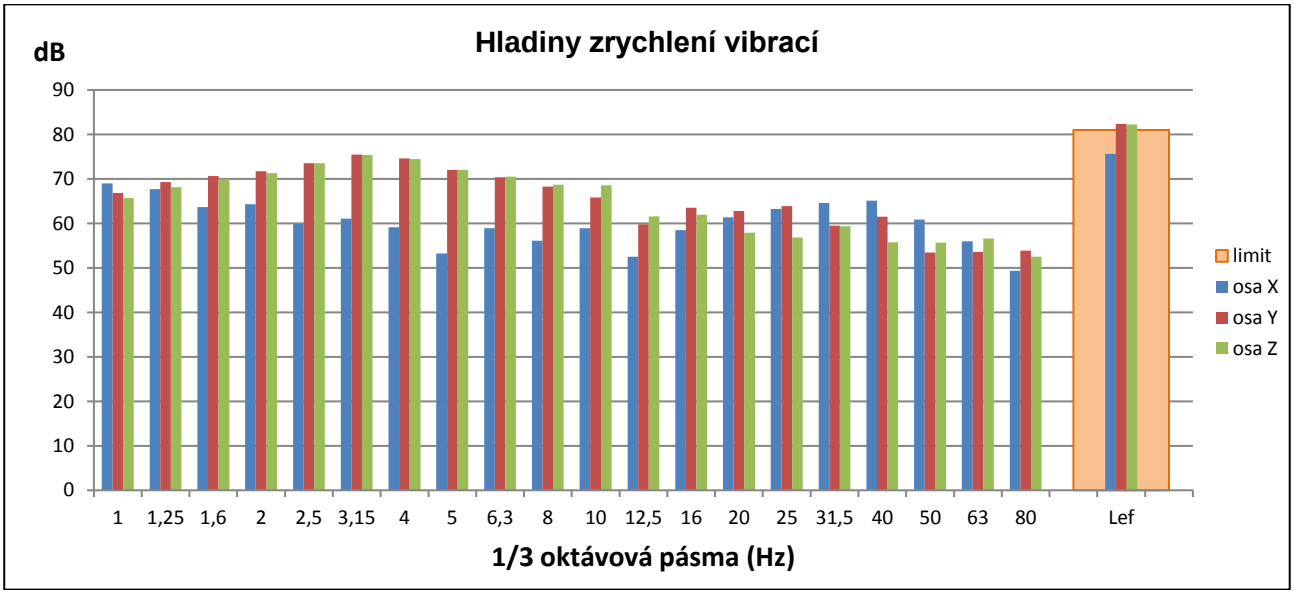
Vlak 11:16 (Pn)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	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	52,6	51,0	50,1	45,7	43,6	43,0	44,5	48,7	48,6	52,8	49,5	57,1	61,8	65,9	65,5	67,3	65,5	60,4	58,9	73,3	81,0
Y	69,9	68,6	70,3	71,8	74,1	72,4	72,0	72,9	69,6	70,9	67,1	63,5	61,7	66,0	68,8	65,8	60,3	62,0	63,9	58,6	82,4	81,0
Z	69,0	67,8	69,8	71,3	73,8	72,2	71,9	72,9	69,7	71,2	66,6	63,5	60,4	60,1	65,2	62,0	56,6	57,0	61,5	60,1	81,8	81,0



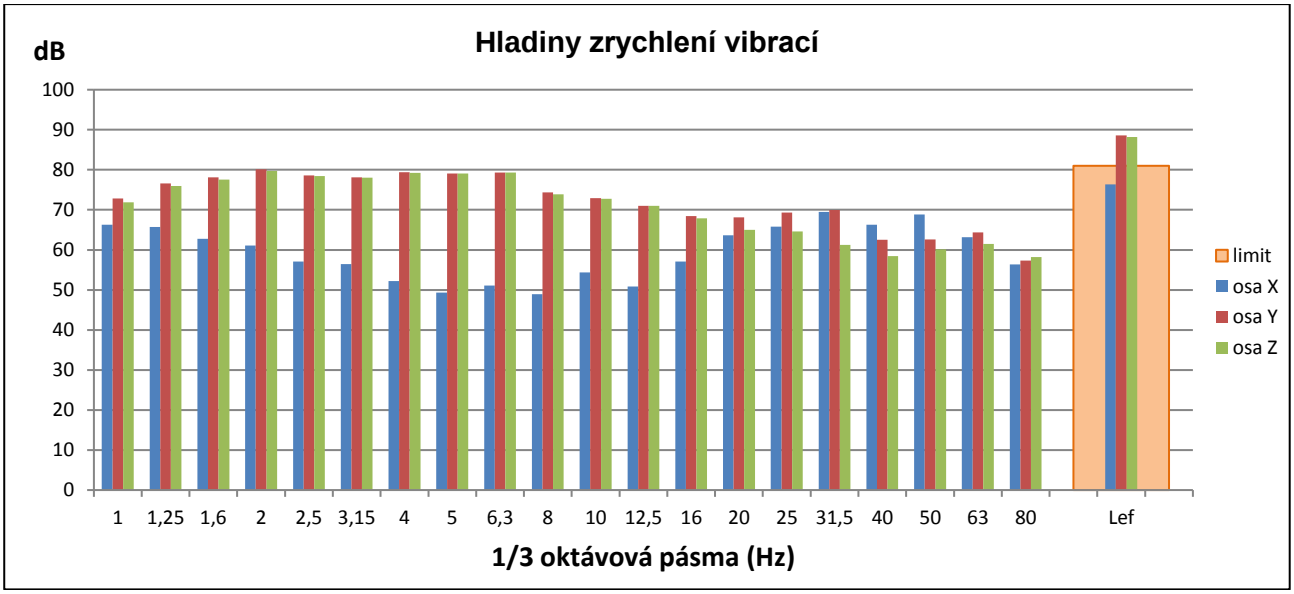
Vlak 12:06 (Os)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	69,0	67,7	63,7	64,3	59,8	61,1	59,1	53,3	58,9	56,1	58,9	52,5	58,5	61,4	63,2	64,6	65,1	60,8	55,9	49,4	75,6	81,0
Y	66,8	69,3	70,6	71,7	73,5	75,5	74,6	72,0	70,3	68,3	65,8	59,8	63,5	62,8	63,9	59,5	61,5	53,4	53,6	53,8	82,4	81,0
Z	65,7	68,1	69,9	71,3	73,5	75,4	74,5	72,0	70,5	68,7	68,6	61,6	61,9	57,9	56,8	59,4	55,7	55,7	56,6	52,5	82,2	81,0



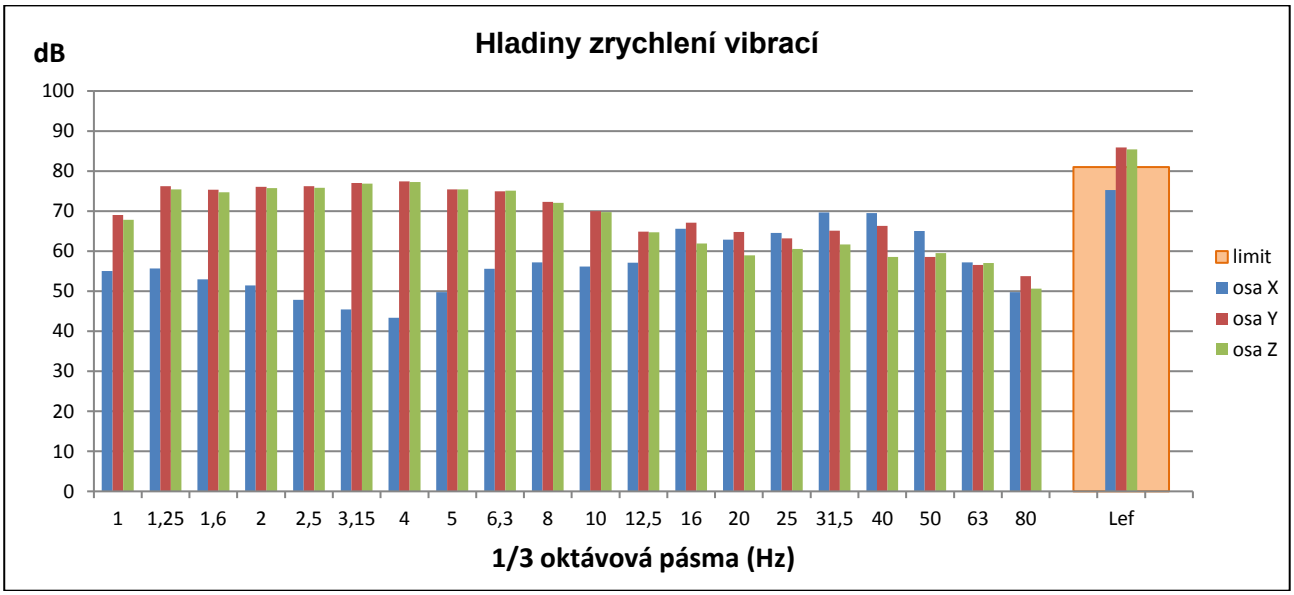
Vlak 12:35 (Pn)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	66,3	65,7	62,8	61,1	57,1	56,4	52,2	49,4	51,1	49,0	54,4	50,8	57,1	63,6	65,8	69,5	66,3	68,9	63,2	56,3	76,3	81,0
Y	72,8	76,6	78,1	80,1	78,6	78,1	79,4	79,0	79,3	74,4	72,9	71,0	68,4	68,1	69,3	69,9	62,5	62,6	64,3	57,3	88,6	81,0
Z	71,9	76,0	77,6	79,7	78,4	78,0	79,3	79,0	79,3	73,8	72,8	71,0	67,9	65,0	64,6	61,2	58,4	60,1	61,5	58,2	88,2	81,0



Vlak 13:09 (R)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				Lef (dB)	Limit (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80		
X	55,1	55,6	53,0	51,5	47,8	45,4	43,3	49,7	55,6	57,2	56,1	57,1	65,6	62,9	64,6	69,6	69,5	65,0	57,2	49,7	75,2	81,0
Y	69,0	76,2	75,3	76,1	76,2	77,0	77,4	75,4	74,9	72,3	70,0	64,9	67,1	64,8	63,2	65,1	66,3	58,5	56,6	53,7	85,9	81,0
Z	67,9	75,4	74,7	75,7	75,8	76,8	77,3	75,5	75,1	72,1	69,7	64,7	61,9	59,0	60,6	61,7	58,6	59,5	57,0	50,6	85,5	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.

Naměřené vibrace od pojezdů vlakových souprav byly porovnávány s hygienickým limitem platným pro denní dobu 81 dB. Za předpokladu, že se vibrace projevují u projíždějících souprav shodně v denní i v noční době mohou tak být porovnávány i s limitem pro noční dobu 78 dB.

Nejistota měření pro zjištěné hladiny vibrací byla stanovena ± 2,0 dB.

U bližšího obytného objektu (Třebešice č. p. 56) bylo **zjištěno překročení hygienického limitu vibrací** u zachycených vlakových souprav. Tento stav je dán jak vzdáleností od osy nejbližší koleje (cca 6m), tak i špatným stavem železniční tratě (jak železničního svršku tak i spodku).

U vzdálenějšího objektu (Jilmová č. p. 1285, Čáslav) nebylo zjištěno překročení hygienického limitu.

Za předpokladu obdobného šíření vibrací v celém řešeném úseku železniční tratě, je pravděpodobné, že limitní izoseismita bude ležet při stávajícím stavu tratě ve vzdálenosti 15-20 m od osy krajní koleje. Po rekonstrukci lze očekávat překročení limitní hodnoty do 15 m od osy koleje. U objektů ležících ve vzdálenosti menší než 15 m od osy krajní koleje je tedy předpokládáno překročení i po rekonstrukci tratě. V těchto místech by bylo vhodné použití v návrhu železničním spodku antivibračních opatření.

6. Poznámky a vysvětlivky

(

Označení druhů vlaků :

Os	*osobní vlak (klasická souprava tvořená lokomotivou a přívěsnými vozy)*
R	*rychlík (klasická souprava tvořená lokomotivou a přívěsnými vozy)*
MOs	*osobní vlak (souprava je tvořena ucelenou jednotkou s čelními motorovými a řídícími vozy a vloženými přívěsnými vozy)*
Pn	*průběžný nákladní vlak*
Mn	*manipulační vlak*

Lv	*lokomotivní vlak (vlak tvořený pouze jednou či více lokomotivami)*
Prac	*souprava pracovního vlaku lokomotiva se speciálními vozy)*

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

Oddělení Ochrany a tvorby životního prostředí Brno
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.: 17/05

Měření vibrací přenášených na člověka

Měření hladin vibrací v budovách
ze železniční dopravy

Objednatel:

METROPROJEKT Praha a.s.
I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2

Místa měření:

M1 – Církvice 69, Církvice

Datum měření:
11. 5. 2017

Datum vydání dokladu:
12. 5. 2017

Měření provedli Ing. Lukáš Haluska

……..
protokol vypracoval
Ing. Lukáš Haluska

……..
protokol schválil
Ing. Jaromír Cápal
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 měřící souprava 4
3. Popis měření 4
4. Popis měřicích míst a výsledky měření 5
   Měřicí místo M1 – Církvice 69, Církvice 5
5. Závěr 10
6. Poznámky a vysvětlivky 10

1. Situace umístění měřícího místa

Obr. 1: Přehledná situace umístění místa měření

2. Použitá měřící 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 vibrací od pojezdů železničních souprav v okolí žel. Trati 024 v úseku Čáslav – Kutná Hora bylo provedeno za účelem zjištění vlivu šíření vibrací od pojezdů vlakových souprav. Přehledná situace umístění měřícího bodu je na obr. 1. Pro názornost byl uváděn grafický průběh zaznamenaných vibrací na třetinooktávových pásmech u nejvýrazněji se projevujících 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. č. 2)

Tato osová orientace platí pro všechna měření uvedená v tomto protokolu.

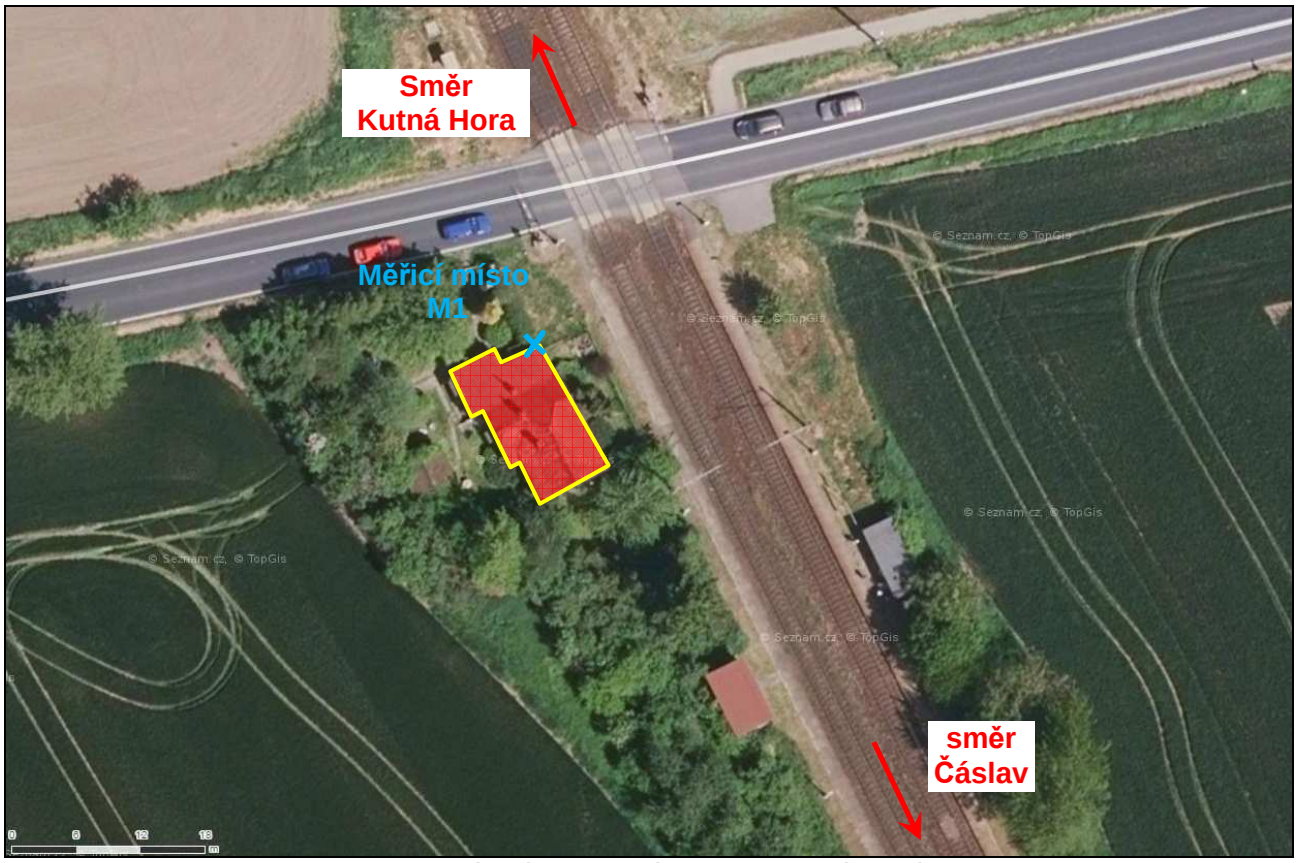
Obr. 2: Orientace os měření

4. Popis měřicích míst a výsledky měření

Měřicí místo M1 – Církvice 69, Církvice

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku
Datum měření: 11. 5. 2017

Vybraný objekt je rodinný dům v obci Církvice. Snímač měřící aparatury byl umístěn na podezdívce cca 0,3 m nad úrovni terénu viz obr. 5. Měřící místo se nachází ve vzdálenosti cca 10 m od osy krajní koleje.



Obr. 3: Letecký snímek se zákresem měřicího místa M1

Železniční trať před místem měření prochází ve stejné úrovni jako posuzovaný rodinný dům. V blízkosti místa měření se nachází křížení železnice se silnicí 03321.

Obr. 4: Pohled na umístění snímače

Obr. 5: Pohled na měřící aparaturu

Obr. 6: Pohled na posuzovaný objekt

Obr. 7: Pohled na železnici ve směru Čáslav

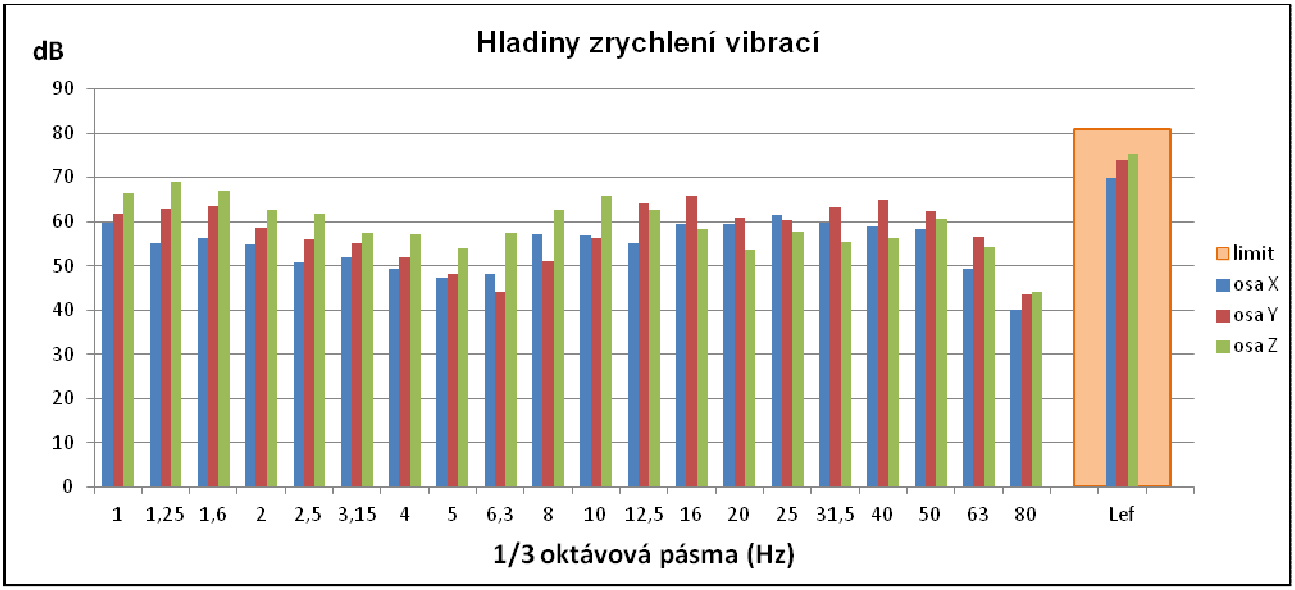
Obr. 8: Pohled na železnici ve směru K. H.

Přehled zaznamenaných vlakových souprav a grafy hladin zrychlení nejvýznamnějších souprav

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**
10:07	Os (E)	1+2	K. H.	64,1	68,7	67,5	66,1	70,7	69,5	81,0	78,0
10:11	Pn (E)	2+36	K. H.	67,9	72,1	70,7	69,9	74,1	72,7	81,0	78,0
10:21	Os (E)	1+2	Čáslav	65,4	69,4	70,8	67,4	71,4	72,8	81,0	78,0
10:31	Pn (E)	1+28	Čáslav	71,0	75,1	73,4	73,0	77,1	75,4	81,0	78,0
11:01	R (E)	1+8	Čáslav	69,8	73,8	75,3	71,8	75,8	77,3	81,0	78,0
11:13	R (E)	1+5	K. H.	69,4	71,9	72,8	71,4	73,9	74,8	81,0	78,0
11:46	Pn (E)	1+22	K. H.	65,1	68,3	68,8	67,1	70,3	70,8	81,0	78,0
11:52	Pn (E)	2+28	K. H.	69,7	71,4	72,6	71,7	73,4	74,6	81,0	78,0
11:59	Os (E)	1+2	Čáslav	67,3	70,9	70,3	69,3	72,9	72,3	81,0	78,0
12:14	Os (D)	2	K. H.	62,2	65,3	66,3	64,2	67,3	68,3	81,0	78,0
12:42	Pn (E)	2+28	Čáslav	68,8	72,2	70,3	70,8	74,2	72,3	81,0	78,0
13:01	R (E)	1+7	Čáslav	69,7	73,8	72,7	71,7	75,8	74,7	81,0	78,0
13:17	R (E)	1+6	K. H.	70,0	72,1	73,1	72,0	74,1	75,1	81,0	78,0
13:37	Pn (E)	2+36	Čáslav	71,9	74,2	72,4	73,9	76,2	74,4	81,0	78,0
13:44	Pn (E)	1+17	Čáslav	71,7	75,9	73,3	73,7	77,9	75,3	81,0	78,0
13:49	Pn (E)	2+26	K. H.	67,8	72,4	69,8	69,8	74,4	71,8	81,0	78,0
13:57	Os (E)	1+2	Čáslav	64,3	68,5	68,4	66,3	70,5	70,4	81,0	78,0
14:37	Pn (E)	2+24	Čáslav	72,2	74,2	75,6	74,2	76,2	77,6	81,0	78,0
14:40	Os (E)	1+2	K. H.	65,1	66,4	71,0	67,1	68,4	73,0	81,0	78,0
Zjištěné hladiny zrychlení vibrací pozadí				61,5	65,6	68,3	/	/	/	/	/

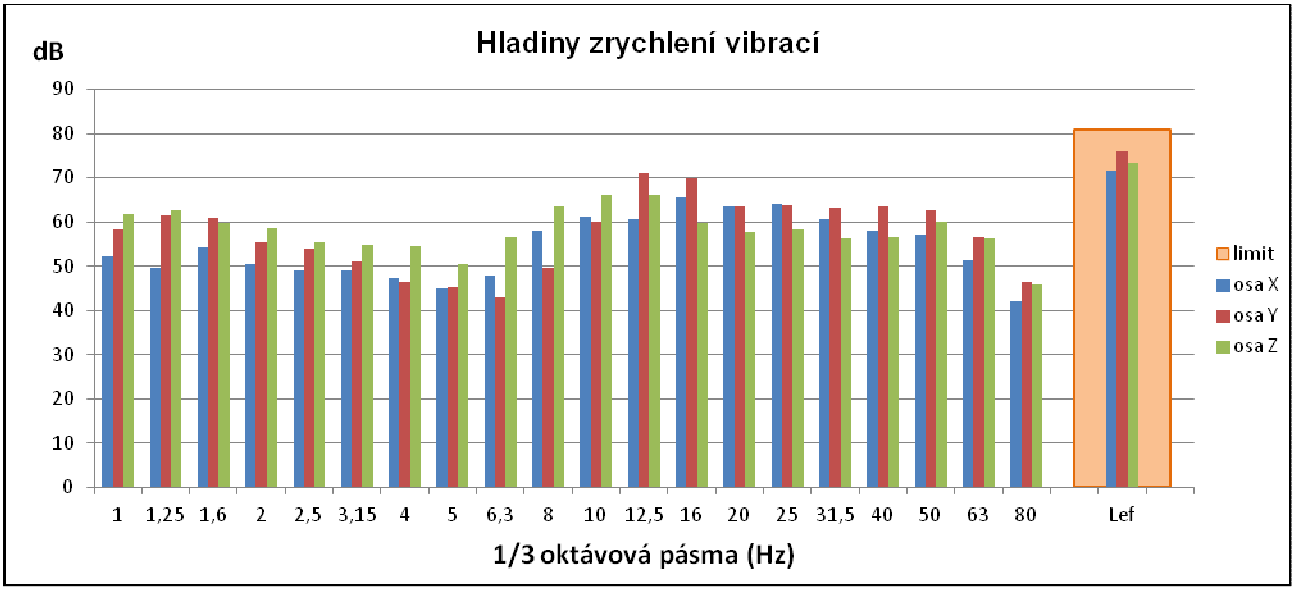
Vlak 11:01 R (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L_{ef} (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	
X	59,8	55,1	56,4	54,8	50,8	51,8	49,4	47,2	48,2	57,0	56,9	55,0	59,4	59,3	61,5	59,9	58,8	58,4	49,3	39,9	69,8
Y	61,8	63,0	63,4	58,4	55,9	55,1	51,8	48,2	44,2	51,0	56,2	64,1	65,9	60,9	60,3	63,3	65,0	62,4	56,7	43,4	73,8
Z	66,3	69,1	67,1	62,7	61,8	57,5	57,2	54,0	57,4	62,8	65,7	62,7	58,3	53,6	57,8	55,3	56,1	60,5	54,3	44,2	75,3



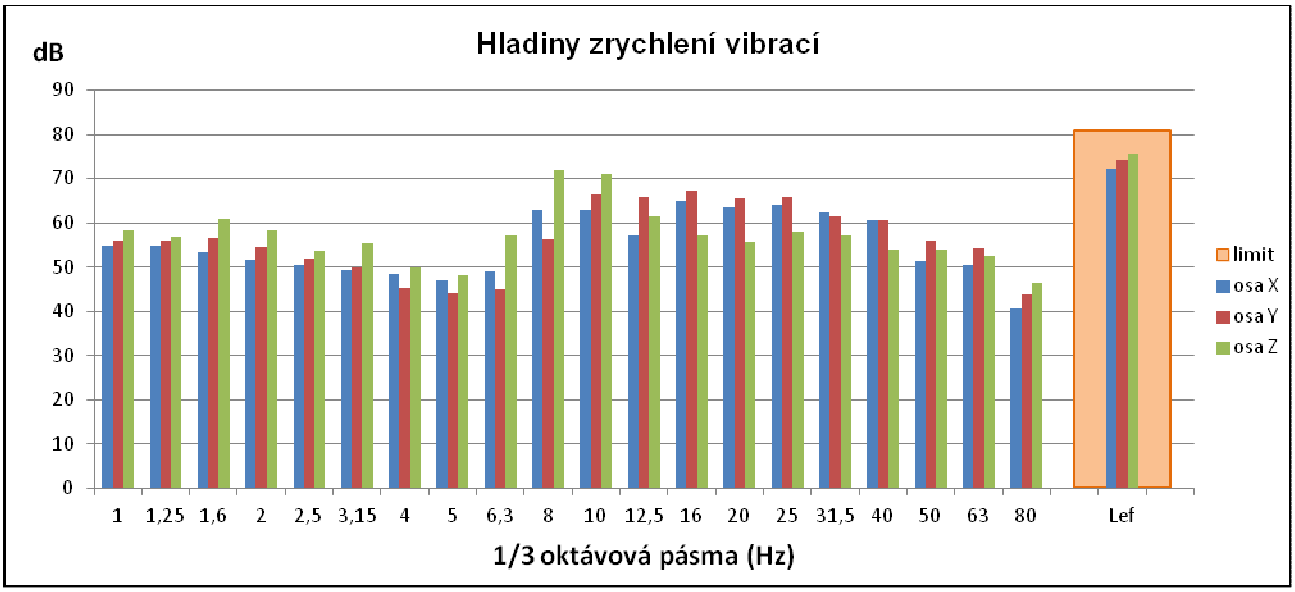
Vlak 13:44 Pn (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L_{ef} (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	
X	52,2	49,6	54,3	50,5	49,1	49,2	47,2	44,9	47,8	57,9	61,0	60,7	65,6	63,4	64,2	60,6	58,0	57,0	51,4	42,2	71,7
Y	58,4	61,6	60,8	55,3	54,0	51,1	46,4	45,1	42,9	49,7	60,1	71,0	69,9	63,5	63,8	63,3	63,6	62,7	56,4	46,4	75,9
Z	61,8	62,5	59,6	58,5	55,3	54,8	54,5	50,4	56,5	63,6	66,2	66,2	59,8	57,8	58,2	56,4	56,6	60,1	56,2	45,9	73,3



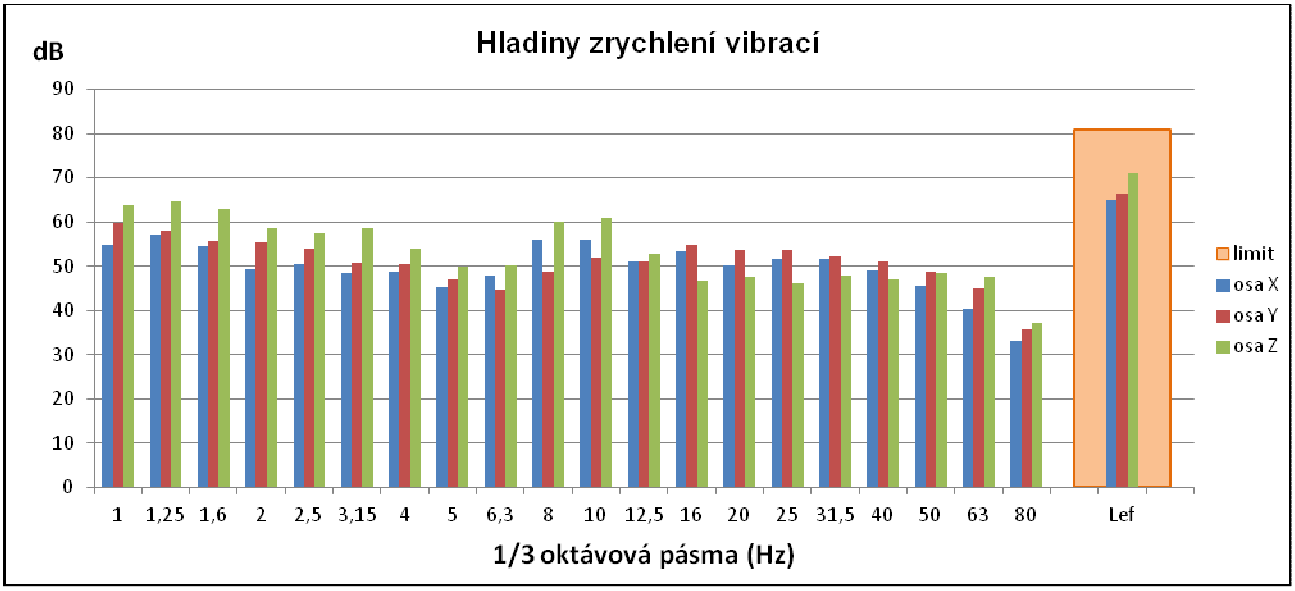
Vlak 14:37 Pn (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L_{ef} (dB)
	1	1,3	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	54,8	53,3	51,6	50,6	49,3	48,6	46,9	49,0	63,1	62,9	57,1	64,9	63,5	64,0	62,3	60,6	51,2	50,6	40,6	68,9
Y	55,8	55,9	56,6	54,6	52,0	49,9	45,3	44,0	45,0	56,4	66,4	65,9	67,2	65,7	65,8	61,3	60,7	56,1	54,2	43,9	72,6
Z	58,1	56,8	60,8	58,4	53,6	55,5	49,9	48,2	57,0	71,8	71,1	61,4	57,3	55,6	58,0	57,3	54,1	54,0	52,6	46,3	78,4



Vlak 14:40 Os (E)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L_{ef} (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	
X	54,9	57,0	54,6	49,3	50,5	48,3	48,6	45,4	48,0	56,0	56,0	51,0	53,4	50,2	51,6	51,7	49,0	45,6	40,4	33,1	65,1
Y	59,7	58,1	55,7	55,3	53,9	50,7	50,4	46,9	44,8	48,8	52,0	51,2	54,9	53,6	53,6	52,1	51,1	48,8	44,8	35,7	66,4
Z	63,9	64,6	63,0	58,5	57,3	58,5	53,9	49,9	50,3	60,0	61,0	52,9	46,7	47,7	46,0	48,0	47,0	48,5	47,5	37,2	71,0



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 ± 2,0 dB.

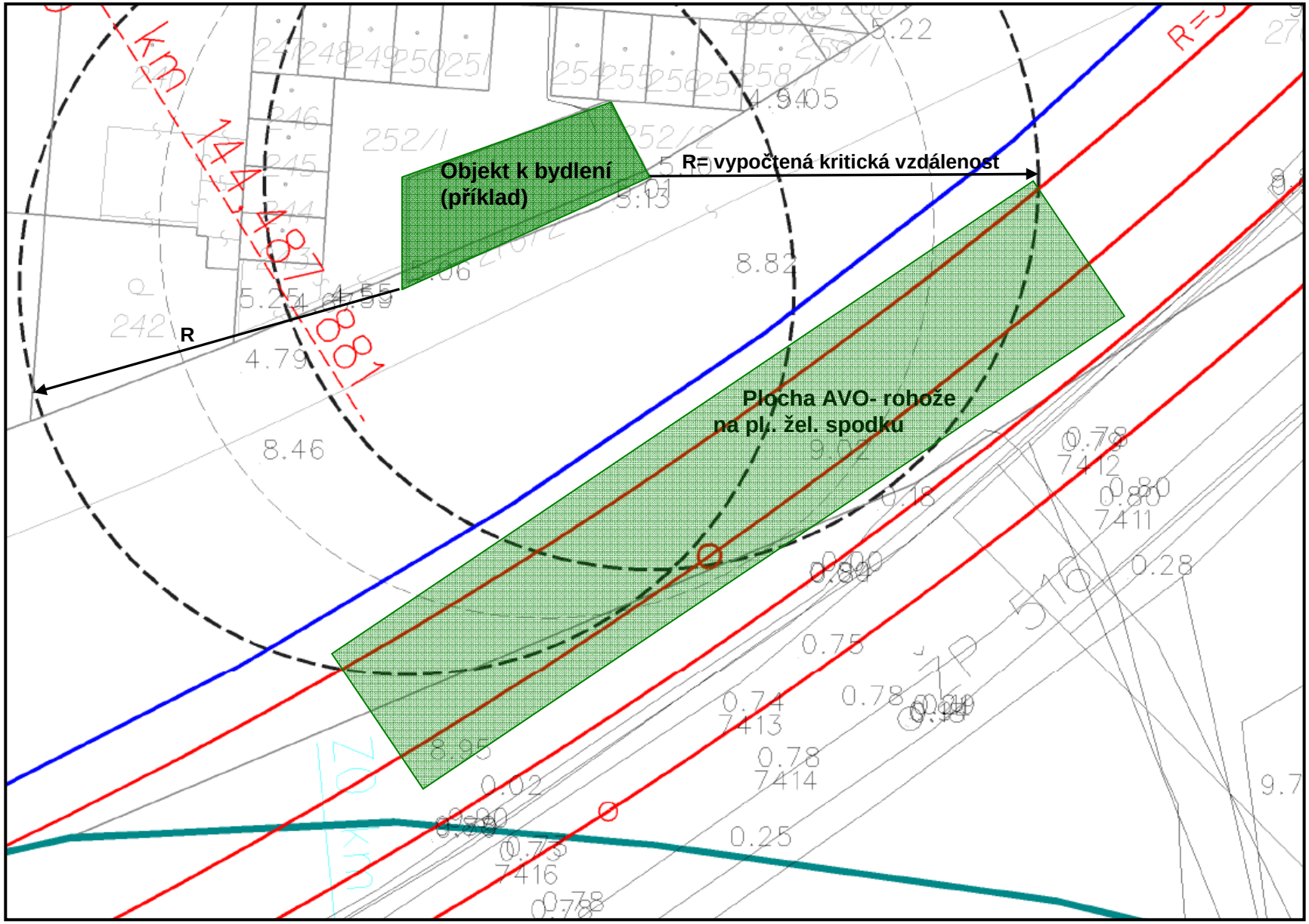
Měřicí místo M1 – Církvice 69, Církvice

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

6. Poznámky a vysvětlivky

Označení druhů vlaků :

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


Objekt k bydlení
(příklad)
R= vypočtená kritická vzdálenost
R
Plocha AVO- rohože
na pl. žel. spodku