

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Michal Tkadlec

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

**Měření a hodnocení vnitřního hluku osobních
vozů v typických provozních podmínkách**

Michal Tkadlec

Diplomová práce

2016

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Tkadlec**
Osobní číslo: **D14616**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:
Ochrana životního prostředí v dopravě**
Název tématu: **Měření a hodnocení vnitřního hluku osobních vozů
v typických provozních podmínkách**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Navrhněte metodiku měření a hodnocení hluku v interiéru osobních vozů na vybraných traťových úsecích za daných provozních podmínek
2. Proveďte výběr reprezentativního vzorku vozů a traťových úseků
3. Proveďte realizaci měření v interiéru vozů v běžných provozních podmínkách
4. Realizujte vyhodnocení a analýzu naměřených dat
5. Navrhněte možnosti snížení hlukových emisí v interiéru vozidel

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 50-60 stran textu a přílohy
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

- ČSN EN ISO 3381:2011. Železniční aplikace Akustika - Měření hluku uvnitř kolejových vozidel. ÚNMZ, 2011.
- Smetana, C. Hluk a vibrace. Praha: MMT, 1998, 1. vydání. 188s. ISBN 80 901936 2 5

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Musil, Ph.D.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: 25. února 2016
Termín odevzdání diplomové práce: 27. května 2016



doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2016

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

Tato diplomová práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 27. 5. 2016

Michal Tkadlec

Chtěl bych poděkovat Ing Michalu Musilovi Ph. D., vedoucímu mé diplomové práce za jeho rady, podporu a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, Oblastní ředitelství Hradec Králové, Správy tratí Pardubice za poskytnuté podklady a předané zkušenosti, které mi pomohly ke zpracování této práce.

ANOTACE

Tato práce se věnuje hluku, negativním účinkům hluku na lidské zdraví, legislativní úpravou hluku a jeho měření. Práce je zaměřena na hluk uvnitř železničních vozů. Praktická část se věnuje měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve vybraných železničních osobních vozech v typických provozních podmínkách. Při hodnocení hluku ze železniční dopravy se zaměřuje na možnosti jeho snižování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Měření, železniční doprava, hluk, vnitřní hluk, ekvivalentní hladina akustického tlaku

TITLE

Measurement and evaluation of noise inside coaches under typical operating conditions

ANNOTATION

This work deals with noise, negative effects of noise on human health, the legislative regulation of noise and its measurement. Work is focused on noise inside the coaches. The practical part is devoted to measurement of the equivalent acoustic pressure level inside selected coaches under typical operating conditions. When evaluating the rail noise focuses on the possibilities of reducing it.

KEYWORDS

Measurement, railway transport, noise, internal noise, equivalent acoustic pressure level

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	10
Seznam zkratk a značek	11
0 Úvod	12
1 Charakteristika železniční dopravy	13
1.1 Koleje a podloží	13
1.2 Železnici můžeme rozdělit	13
1.2.1 Dle počtu kolejí:	13
1.2.2 Dle významu	14
1.2.3 Dle rychlosti:	14
1.3 Kolejová vozidla	15
1.3.1 Hnací vozidla	15
1.3.2 Tažená vozidla	16
1.3.3 Speciální vozidla	16
1.4 Výhody a nevýhody železniční dopravy	16
1.5 Správa železniční dopravy a legislativa	17
1.5.1 Hlavní úkoly Správy železniční dopravní cesty	18
1.5.2 Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách	18
2 Zvuk, působení hluku a zákonná úprava	20
2.1 Sluchový orgán	21
2.2 Působení hluku na člověka	23
2.2.1 Poškození sluchového aparátu	23
2.2.2 Vliv hluku na kardiovaskulární systém	24
2.2.3 Poruchy spánku a zhoršení komunikace	24
2.2.4 Obtěžování hlukem	25
2.2.5 Další nepříznivé účinky hluku	26
2.3 Hlukové mapování	26
2.3.1 1. kolo zpracování SHM	27
2.3.2 2. kolo zpracování SHM	27
2.3.3 3. kolo zpracování SHM	28
2.4 Limity hluku a legislativa	29
3 Zdroje hluku	32
4 Hluk způsobený železniční dopravou	33
4.1 Hluk trakce	33
4.2 Aerodynamický hluk	33

4.3	Hluk valení.....	34
4.4	Faktory ovlivňující šíření a intenzitu hluku.....	35
5	Typy měřených železničních vozů.....	37
5.1	Osobní železniční vůz Bdmtee.....	37
5.2	Třívozová elektrická jednotka řady 440	38
5.3	Motorová jednotky řady 814	40
5.4	Elektrická jednotka řady 660.....	42
6	Vlastní měření	43
7	Analýza naměřených hodnot a jejich vyhodnocení	54
8	Závěr.....	63
	Použitá literatura.....	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Rozdělení ŽKV dle ČSN 280001	15
Obrázek 2 - Sluchový orgán a jeho vnitřní uspořádání	22
Obrázek 3 - Výřez ze SHM hlavního města Prahy	29
Obrázek 4 - Rozdělení zdrojů valivého hluku	34
Obrázek 5 - Hladina akustického tlaku dle rychlosti	35
Obrázek 6 - Osobní vůz Bdmtee	38
Obrázek 7 - Jednotka řady 440 - RegioPanter	39
Obrázek 8 - Motorový vůz řady 814 - Regionova	40
Obrázek 9 - Motorový vůz řady 810	41
Obrázek 10 - Jednotka řady 660 – InterPanter	42
Obrázek 11 - Úsek číslo 1, Pardubice Semtín – Stéblová	44
Obrázek 12 - Úsek číslo 1, Pardubice Semtín – Stéblová	44
Obrázek 13 - Řez železničním svrškem na úseku číslo 1	45
Obrázek 14 - Úsek číslo 2, Čeperka – Opatovice nad Labem	45
Obrázek 15 - Úsek číslo 2, Čeperka – Opatovice nad Labem	46
Obrázek 16 - Řez železničním svrškem na úseku číslo 2	46
Obrázek 17 - Úsek číslo 3, Staré Jesenčany – Medlešice	47
Obrázek 18 - Úsek číslo 3, Staré Jesenčany – Medlešice	47
Obrázek 19 - Vertikální skladba trati na úseku číslo 3	48
Obrázek 20 - Úsek číslo 4, Slatiňany – Zaječice	48
Obrázek 21 - Úsek číslo 4, Slatiňany – Zaječice	49
Obrázek 22 - Řez železničním svrškem na úseku číslo 4	49
Obrázek 23 - Zvukoměr 2236 Brüel & Kjaer	50
Obrázek 24 - Úseky 1 - 7 na trati Pardubice – Česká Třebová	51
Obrázek 25 - Úseky 8 - 10 na trati Pardubice – Česká Třebová	52
Obrázek 26 - Zjednodušené schéma měřicího přístroje	52
Obrázek 27 – Připravené měřicí zařízení National Instruments NI PXIe-1073	53
Obrázek 28 - Srovnání průměrných naměřených hodnot dle typů ŽV na 1. trati	55
Obrázek 29 - Srovnání naměřených hodnot dle ŽV na 1. trati	55
Obrázek 30 - Srovnání průměrných naměřených hodnot dle typů ŽV na 2. trati	56
Obrázek 31 - Srovnání naměřených hodnot dle ŽV na 2. trati	57

Obrázek 32 - Průměry hladin akustického tlaku na jednotlivých úsecích	58
Obrázek 33 - Změnu hladiny akustického tlaku na 2. úseku	59
Obrázek 34 - Změnu hladiny akustického tlaku na 4. úseku	59
Obrázek 35 - Změnu hladiny akustického tlaku na 9. úseku	60
Obrázek 36 - Kmitočtová analýza na 2. úseku	61
Obrázek 37 - Kmitočtová analýza na 4. úseku	61
Obrázek 38 - Kmitočtová analýza na 4. úseku	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Číselné označení měřených ŽV	43
Tabulka 2 - Průměrné hodnoty na trati Pardubice - Hradec Králové	54
Tabulka 3 - Průměrné hodnoty na trati Pardubice - Havlíčkův Brod	57
Tabulka 4 - Přehled úseků na trati Pardubice - Česká Třebová.....	58
Tabulka 5 - Naměřené hodnoty na trati Pardubice - Česká Třebová.....	58
Tabulka 6 - Přehled středních a mezních frekvencí třetinooktávových pásem	60

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AP akční plány

ČD České dráhy

České dráhy, s. o. České dráhy, státní organizace

ČR Česká republika

dB decibel

EU Evropská unie

f Frekvence

Hz hertz

kHz kilohertz

L_{pA} hladiny akustického tlaku

$L_{pAeq, T}$ ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku

p_0 barometrický tlak

p_a akustický tlak

Pa Pascal

SHM strategické hlukové mapy

SŽDC, s. o. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace

TSI technická specifikace pro interoperabilitu

VRT vysokorychlostní trať

WHO World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

ZOVZ zákon o ochraně veřejného zdraví

ŽKV železniční kolejové vozidlo

ŽV železniční vozidlo

0 ÚVOD

Prostředí, které nás obklopuje a ve kterém žijeme, to vše je životní prostředí. Každý z nás ovlivňuje životní prostředí v zanedbatelném množství, ale lidstvo jako celek ovlivňuje životní prostředí razantním způsobem. Vše co člověk vybuduje, má vliv nejen na životní prostředí, jako na ovzduší, faunu či floru, jak si někteří lidé myslí, protože tyto změny nepůsobí pouze od člověka na okolí, ale protože člověk je také součástí ekosystému, působí zpět toto změněné prostředí na něj. Co si možná málo kdo uvědomuje tak mezi tato působení, která mají na člověka negativní vliv, patří běžné věci, bez kterých se v dnešní době neobejdeme, a to například doprava. Zejména vibrace a hluk vznikající při dopravě může každého z nás ovlivňovat fyzicky nebo psychicky. Protože je doprava jedna z nedůležitějších věcí běžného života, ať už jde o přepravu surovin, zboží, jiných komodit nebo přepravu osob. Je jí zapotřebí téměř při každé činnosti člověka a tak v posledních letech vzrůstají požadavky na její přepravní kapacity a rychlost přepravy po celém světě. S rostoucími nároky na přepravu a zvyšujícím se počtem dopravních prostředků, se u nejrozšířenějšího způsobu přepravy s nejhustší dopravní sítí rozšiřují silnice, aby se zvýšila propustnost dopravních cest, upravují se jejich povrch, aby dopravní prostředky mohly využívat k přepravě vyšší rychlost a zrovna tak se modernizuje železniční dopravní síť, budují se víceokolejné trasy, upravuje se podloží a upevnění kolejového vedení, pro možnosti zvýšení rychlosti přepravy.

Tato práce je zaměřena na hluk vznikající při osobní železniční dopravě, i přesto že silniční doprava je mnohem více rozšířená a využívaná nebo že při silniční a letecké dopravě vzniká mnohem více hlukových emisí, je potřeba se touto problematikou u železniční dopravy také zabývat, protože hluk vznikající při tomto způsobu dopravy ovlivňuje nejen prostředí v blízkosti železničních tratí, ale také všechny pasažéry přepravující se železničními osobními vozy.

V práci se zaměřím na legislativní rámec železniční dopravy, negativní působení hluku na životní prostředí a to zejména na člověka. Následně budu analyzovat zdroje hluku vznikající při železniční dopravě a na vytipovaných traťových úsecích provedu měření množství hluku působící na cestující v osobních železničních vozech za běžných provozních podmínek.

V závěru práce bych se chtěl zaměřit na možnosti a opatření jak eliminovat vznikající hlukové emise a posoudit protihluková opatření používaná v železničním provozu.

1 CHARAKTERISTIKA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Železniční dopravou jsou kolejová vozidla provozovaná na železniční dráze neboli železnici. Železnice prošla za dobu své existence řadou úprav, ve své konstrukci, přes ocelí pobité dřevěné fošny, celooceľové kolejnice na podélných kamenných blocích, až po kolejnice montované na příčně položené železniční pražce ze dřeva z důvodu nutného dodržení rozchodu kolejí. Dnešní železniční vozidla jezdí většinou s koly z oceli, na ocelových kolejnicích, a pomocí specifickému profilu kol a okolku jsou držena na železnici. Železniční doprava je tak plně závislá na jízdní dráze, kterou není možné využít jiným způsobem než pro jízdu vlaků, a na zabezpečovacím systému. Kolejová doprava se proti silniční dopravě vyznačuje nízkým valivým odporem a hlavně nízkou spotřebou energie na tunokilometr.

1.1 Koleje a podloží

Koleje se skládají ze dvou kolejnic, což jsou ocelové profily, vzdáleny od sebe o stanovený rozchod. Kolejnice se upevňují na pražce, podkladové panely nebo desky, pomocí upevňovačů, nejčastěji hřeby nebo svorami. Upevněním kolejí se jistí rozchod kolejí a znemožňuje rozjíždění kolejnic v příčném směru. Dřevěné pražce jsou z impregnovaného dřeva, ale poslední dobou se více používá předpjatý beton.

Železniční svršek je kolejový rošt z kolejnic a pražců, který se pokládá většinou na šterkové lože, které zachycuje statické a dynamické síly, které přenáší na železniční spodek. U vysokorychlostních železnic se užívá kolejový svršek z betonu, na který jsou montovány kolejnice s tlumícími prvky, tzv. pevná jízdní dráha.

Železnice neumožňuje velká stoupání a vyžaduje velké poloměry oblouků. Proto jsou především v pohořích nutné složité konstrukce umělých staveb, jako jsou mosty a tunely.

1.2 Železnici můžeme rozdělit

1.2.1 Dle počtu kolejí:

- a) Trať jednokolejná zabírá méně plochy než vícekolejná trať, ale má velmi omezenou kapacitu a vlaky po ní jezdí vždy v obou směrech. Protijedoucí vlaky se křižují ve stanicích nebo ve výhybnách, které mohou být zbudovány i jako vložky pro letmé

křížování, jejich délka je taková, že dojde ke křížování vlaků, aniž by musel kterýkoli z nich zastavit nebo zpomalit. Výhybny mohou sloužit i k předjíždění vlaků. Jednokolejné tratě jsou v České republice nejpoužívanější zejména u regionálních tratí.

- b) Dvoukolejné tratě jsou tvořeny dvěma rovnoběžnými kolejnicemi a vlaky po nich mohou jezdit jedním nebo oběma směry. Jejich hlavní výhodou oproti jednokolejné trati je vyšší kapacita a není potřeba řešit křížování ve stanicích. V ČR je běžně osová vzdálenost kolejí asi 4m, ale na vysokorychlostních tratích je osová vzdálenost vyšší, aby nedocházelo k vzájemnému dynamickému působení dvou jedoucích vlaků. Dvoukolejné tratě mohou být s jednosměrným nebo obousměrným zabezpečovacím zařízením.
- c) Vícekolejná trať se skládá ze tří a více kolejí. Nejčastěji používaná v příměstských úsecích. V případě tříkolejných tratí se obvykle krajní koleje používají jako jednosměrné a prostřední kolej se používá pro obousměrný provoz. Například v ranní špičce se používají dvě koleje ve směru do města a při odpolední špičce se tato situace obrátí. U čtyřkolejných tratí jsou většinou dvě vnitřní koleje určeny pro dopravu dálkovou a krajní koleje se používají pro dopravu příměstskou.

1.2.2 Dle významu

Podle zákona 266/1996 Sb o drahách je železniční dráha rozdělena následovně: (1)

- a) Dráha celostátní, jíž je dráha, která slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a je jako taková označena.
- b) Dráha regionální, jíž je dráha regionálního nebo místního významu, která slouží veřejné železniční dopravě a je zaústěná do celostátní nebo jiné regionální dráhy.
- c) Vlečka, jíž je dráha, která slouží vlastní potřebě provozovatele nebo jiného podnikatele a je zaústěná do celostátní nebo regionální dráhy, nebo jiné vlečky.
- d) Speciální dráha, která slouží zejména k zabezpečení dopravní obslužnosti obce.

1.2.3 Dle rychlosti:

- a) Konvenční trať je využívána při běžné železniční dopravě s využitím od parních lokomotiv, dieselových motorů až po elektrické lokomotivy.
- b) Vysokorychlostní trať (VRT) je buď modernizovaná konvenční trať, kde mohou vlaky využívat rychlosti minimálně 200 kmh⁻¹ nebo úplně nová trať s vlaky jezdícími rychlostmi nad 250 kmh⁻¹.

1.3 Kolejová vozidla

Železniční kolejové vozidlo, dále jen ŽKV, je drážní vozidlo nesené a vedené při svém pohybu železniční kolejí. ŽKV můžeme rozdělit dle ČSN 280001, Obrázek 1.



Obrázek 1 - Rozdělení ŽKV dle ČSN 280001

Zdroj: http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Zakladni_pojmy.htm

1.3.1 Hnací vozidla

Hnací vozidlo je ŽKV schopné vyvíjet tažnou sílu na obvodu kol, určené k vozbě vlaků, pro přepravu osob nebo nákladu nebo pro pohyb s jinými ŽKV mimo případy, kdy takový pohyb provádí speciální hnací vozidlo. (2)

- Lokomotiva je hnací vozidlo, které je určeno pro pohybování s jinými železničními kolejovými vozidly nebo pro přepravu nákladu popř. pro zásobování jiných ŽKV energií.
- Hlavové hnací vozidlo je hnací vozidlo s jednou čelní kabinou strojvedoucího, které je určeno pro vozbu vložených nebo přípojných vozů a je vybaveno pouze pro trakční účely.
- Hnací vůz je hnací vozidlo, které je vnitřně uspořádané pro přepravu osob nebo nákladu, popřípadě obou současně.
- Jednotka je v provozu nedělitelná souprava sestavená z lokomotiv nebo hnacích vozů nebo hlavových hnacích vozidel a vložených a řídicích vozů, schopná vyvíjet tažnou sílu na obvodu kol.

1.3.2 Tažená vozidla

Tažené vozidlo je ŽKV, které není konstrukčně uzpůsobeno vyvíjet tažnou sílu, určené pro přepravu osob nebo nákladu. (2)

- a) Vůz osobní dopravy je železniční vůz pro přepravu osob, zavazadel, spěšnin, pošty nebo pro poskytování služeb (stravovacích, ubytovacích aj.). Vozy osobní dopravy je možné ještě rozdělit podle vnitřního uspořádání vozu na:

Osobní vůz velkoprostorový, což je osobní vůz se střední chodbou.

Osobní vůz oddílový – osobní vůz vnitřně uspořádaný jako oddíly se společnou boční chodbou

Osobní vůz kombinovaný – osobní vůz vnitřně uspořádaný částečně jako vůz velkoprostorový a částečně jako vůz oddílový.

- b) Nákladní vůz je železniční vůz pro přepravu nákladu. Podle provedení a uspořádání nákladní vozy dělíme do dalších skupin. Vybrané typy jsou ve schématu na obrázku.

1.3.3 Speciální vozidla

Speciální vozidlo je ŽKV konstruované pro údržbu, opravy nebo rekonstrukce dráhy, pro kontrolu stavu dráhy, měření, odstraňování následků nehod nebo mimořádných událostí.

1.4 Výhody a nevýhody železniční dopravy

Při určení silných a slabých stránek u určitého druhu dopravního systému je třeba posuzovat nejen ekonomickou a sociální stránku, ale je třeba brát v potaz i externí náklady, kam patří hluk, emise, dopravní nehody, zábor půdy, kongesce a mnohé další. Na těchto nákladech má železniční doprava také svůj podíl, ale její podíl je ve srovnání s třeba se silniční dopravou zanedbatelný, a právě proto je potřeba dát externím nákladům větší váhu, analyzovat možnosti a začít hledat způsoby, jak posílit kvalitu a dostupnost železniční přepravy. Právě pro svoji šetrnost, ve srovnání rozšířenou silniční dopravou, k životnímu prostředí vyzdvihnout její přednosti a více investovat do jejího rozvoje.

Železniční doprava je ve srovnání se silniční dopravou bezpečná. Například ze statistické ročenky ministerstva dopravy z roku 2015 zjistíme, že na silnicích zahynulo 660 osob a více než 2500 bylo těžce zraněno, zatímco na železnici zahynulo 234 osob, z toho více než 200 byly osoby, které pod koly vlaku neskončily náhodou. Na železničních přejezdech došlo

ke 154 střetům drážních vozidel s účastníky silničního provozu včetně chodců, které si vyžádaly 32 životů. (3)

Železnice je šetrná k životnímu prostředí. V železniční dopravě se stále více využívá alternativních pohonů (elektrická energie, zemní plyn, akumulátory nebo hybrid), spotřebuje méně energie, způsobuje méně exhalací a méně hluku.

Umožňuje přemístit velké množství zboží či osob. Moderní dvoukolejná železnice dokáže kapacitně nahradit čtyřproudou dálnici.

Nízké náklady na přepravu velkého množství nákladu na dlouhé vzdálenosti nebo velkého počtu cestujících na krátké vzdálenosti, především u příměstské osobní dopravy.

Další nespornou výhodou je rychlost přepravy, kde železniční přeprava může místy konkurovat silniční dopravě.

Na jednotku kapacity je potřeba menší zábor plochy oproti silniční dopravě.

U osobní dopravy je možné čas, v pohodlí, účelněji využít než u dopravy silniční.

Železnice je méně náročná na zábor půdy spojený se zásahy do krajiny. Například dvoukolejná trať zabere zhruba třetinu půdy oproti dvouproudé dálnici. Další výhodou je, že na železnici nevznikají dopravní kolony.

Nevýhodou je dostupnost, protože železniční síť není tak hustá jako silniční a tak se můžeme vlakem dostat na omezený počet míst.

Další nehodou mohou být dodatečné náklady vynaložené za pronájem speciálních železničních vozů.

Fragmentace krajiny je také jedena z nevýhod železniční dopravy, která má vliv na životní prostředí a negativně ovlivňuje život v krajině.

1.5 Správa železniční dopravy a legislativa

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, vznikla podle zákona č. 77/2002 Sb., o akciové společnosti České dráhy, s. o., státní organizaci Správa železniční dopravní cesty a o změně zákona č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 77/1997 Sb., o státním podniku, ve znění pozdějších předpisů, dnem 1. ledna 2003. Funkci zakladatele vykonává jménem státu Ministerstvo dopravy České republiky. (4)

Do 1. července 2008 byly ČD provozovatelem, vlastníkem byla SŽDC, všech celostátních a většiny regionálních drah. Po tomto datu se, na základě Usnesení vlády ČR č. 1352 ze dne 4. 12. 2007, stala provozovatelem celostátní železniční dráhy a regionálních drah ve vlastnictví státu organizace Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, která zároveň převzala od ČD, a. s., povinnosti jako například údržbu tratí či vydávání jízdního řádu, čímž byly posíleny konkurenční podmínky pro všechny dopravce.

Dále od 1. září 2011 převzala SŽDC, s. o., dle zákona č. 179/2008 Sb od Českých drah i řízení dopravy včetně zaměstnanců jako jsou například výpravčí, hláskari, signalisté nebo závoráři.

1.5.1 Hlavní úkoly Správy železniční dopravní cesty

Mezi hlavní úkoly SŽDC patří zejména:

- a) zajišťování provozování železniční dopravní cesty a její provozuschopnosti

Provozuschopností dráhy se rozumí zajištění technického stavu dráhy zaručujícího její bezpečné a plynulé provozování. (1) Zajištění provozuschopnosti dráhy je stěžejním úkolem každého provozovatele drah. SŽDC je v současné době provozovatelem dráhy celostátní a převážné většiny drah regionálních v České republice.

- b) zajišťování údržby a opravy železniční dopravní cesty

- c) zajišťování rozvoje a modernizace železniční dopravní cesty (například modernizace koridorů, železničních uzlů, tratí, pokračování v elektrizaci vybraných tratí, atd.)

- d) hospodaření s vymezenými závazky a pohledávkami Českých drah, s.o., existující ke dni vzniku České dráhy, a.s.

- e) příprava podkladů pro sjednávání závazků veřejné služby

- f) kontrola užívání železniční dopravní cesty, provozu a provozuschopnosti dráhy

1.5.2 Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách

Zákon o drahách, zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje podmínky pro stavbu drah železničních, tramvajových, trolejbusových a lanových a stavby na těchto dráhách, upravuje podmínky pro provozování drah a drážní dopravy na těchto dráhách, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené a také upravuje výkon státní správy a státního dozoru ve věcech drah. Dále tento zákon definuje provozuschopnost dráhy, jako technický stav dráhy zaručující její bezpečné a plynulé provozování, a provozování dráhy

jako činnosti, kterými se zabezpečuje a obsluhuje dráha a organizuje drážní doprava. Zákon o drahách v neposlední řadě definuje povinnosti vlastníka a provozovatele dráhy a stanovuje podmínky pro provozování drážních vozidel a pro jejich řízení. (1)

Zákon o drahách se nevztahuje na dráhy důlní, průmyslové a přenosné a na lyžařské vleky.

2 ZVUK, PŮSOBENÍ HLUKU A ZÁKONNÁ ÚPRAVA

Zvukem se zabývá vědní obor **akustika**. Je definována jako věda zabývající se fyzikálními ději, které jsou spojeny se vznikem zvukového vlnění, jeho dalším šířením a vnímáním zvuku sluchovým orgánem. Mechanické vlnění pružného prostředí, o jehož existenci se můžeme přesvědčit sluchem, se v běžné řeči i ve fyzice nazývá zvuk. Obor akustika můžeme rozdělit na: (5)

- a) Fyzikální akustika – zabývá se způsobem vzniku a šíření zvuku. Dále se zabývá odrazivostí a pohltivostí zvuku v různých materiálech.
- b) Hudební akustika – studuje zvuky včetně jejich kombinací s ohledem na potřeby hudby.
- c) Fyziologická akustika – zabývá se vznikem zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímáním v sluchovém orgánu.
- d) Stavební akustika – zkoumá kvalitní podmínky poslechu hudby a řeči v obytných místnostech a sálech.
- e) Elektroakustika – zabývá se záznamem, reprodukcí a šířením zvuku s využitím elektrického proudu.

Zvukové vlnění neboli zvuk, se od svého zdroje šíří pružným látkovým prostředím neboli vodičem. Prostředí, aby se jím zvuk mohl šířit, musí být hmotné, se snižujícím se tlakem zvuk slábne, takže ve vakuu zvuk zaniká, a je tak dokonalou zvukovou izolací. Vodič zvuku, většinou se jedná o vzduch, zprostředkuje spojení mezi zdrojem zvuku a jeho přijímačem neboli detektorem, kterým může být například ucho, mikrofon nebo jiný zvukový snímač. Zvuky se nemusí šířit jen plynným prostředím, šíří se i kapalinami, například vodou, a pevnými látkami jako jsou například stěny domu. (6)

Každý zvuk se vyznačuje svojí fyzikální intenzitou, akustickým tlakem a frekvencí. Hladina intenzity zvuku, je určena jako zvuková energie dopadající na jednotku plochy za jednotku času udávaná v decibelech (dB).

Zvukové vlny ve vzduchu představují vlny stlačení jednotlivých vrstev vzduchu a je možno je popsat například časovou změnou tlaku $p(t)$. Kdybychom měřili tento tlak vzduchu velmi citlivým manometrem, zjistili bychom, že tlak obsahuje dvě složky, velkou a na čas téměř nezávislou složku představující barometrický tlak $p_0 \approx 10^5$ Pa a malou velmi rychle se měnící složku představující akustický tlak p_a . Právě tato malá střídavá složka popisuje zvukové vlny. Velikost akustického tlaku je ve srovnání s atmosférickým tlakem vzduchu nepatrná, obvykle je z intervalu $10^{-5} - 10^2$ Pa. Hladina akustického tlaku (A) je hladina akustického tlaku měřená

při použití váhového filtru A, který zaznamenává naměřené hodnoty akustického tlaku podle charakteristiky lidského ucha. (6)

Váhový filtr A je aproximací křivek stejné hlasitosti pro oblast nízkých hladin akustického tlaku a je v mezinárodním měřítku nejčastěji používán.

Frekvence (f) neboli kmitočet je fyzikální veličina, která udává počet opakování, kmitů, periodického děje za daný časový úsek, je udávána v hertzech (Hz).

Zvuk je slyšitelný pro lidské ucho, pokud se pohybuje v pásmu frekvencí od 16 Hz do 20 kHz neboli ve frekvenčním rozsahu 16 až 20 000 kmitů za sekundu. Frekvenční závislost definice slyšitelného zvuku je individuální, málokdo je totiž schopen vnímat celé pásmo frekvencí, protože především horní hranice je velmi proměnná a s rostoucím věkem výrazně klesá. Zvuky mimo toto pásmo sice neslyšíme, ale i tak je dokážeme vnímat a mohou mít i nepříznivý vliv na lidské zdraví a psychiku. Zvuk můžeme rozdělit do tří frekvenčních pásem: (6)

- a) Infrazvuk, zvuky velmi nízkých frekvencí - mechanické vlnění pružného prostředí s frekvencí $f < 16$ Hz. Jedná se o zvuky, které jsou pod slyšitelnou hranicí člověka, tyto zvuky lidské tělo vnímá hmatem, protože jsou schopny rozvibrovat povrch těla nebo bránici.
- b) slyšitelný zvuk - mechanické vlnění pružného prostředí ve frekvenčním pásmu od 16 Hz do 20 kHz.
- c) ultrazvuk, nad slyšitelnou hranicí člověka - mechanické vlnění pružného prostředí s frekvencí $f > 20\,000$ Hz.

2.1 Sluchový orgán

Sluch je po zraku druhý nejdůležitější lidský základní smysl. Sluchový orgán, ucho, se skládá ze tří hlavních částí, z ucha zevního, středního a vnitřního.

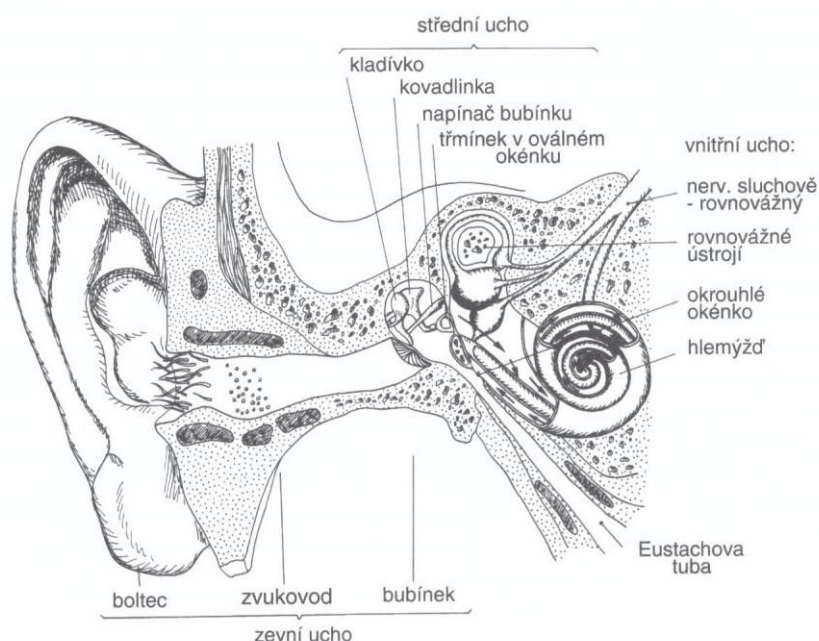
Zevní ucho tvoří boltec a zevní zvukovod. Boltec směřuje akustické vlny do zvukovodu. Zvukovod neboli sluchový kanálek je trubice, která má část chrupavčitou a kostěnou. Na konci zvukovodu se nachází bubínek, je to vazivová blanka na konci zvukovodu asi 0,1 mm silná.

Střední ucho je štěrbinovitá dutina mezi uchem vnějším a vnitřním. Její centrální část tvoří bubínková dutina, kde se v kostěné stěně labyrintu nacházejí dvě okénka krytá pružnou blankou: horní oválné a spodní okrouhlé. Uvnitř dutiny je také řetěz tří středoušních kůstek,

od bubínku v pořadí kladívko, kovádlínka a třmínek. Středoušní dutina je vyplněna vzduchem. Je spojena s nosohltanem Eustachovou trubicí. Při polknutí nebo zívnutí se průchod otevírá a umožňuje vyrovnání tlaku mezi středním uchem a vnějším prostředím. (7)

Střední ucho funguje jako převodní aparát při vedení zvukových vibrací ze vzduchu do vnitřního ucha, jež je vyplněno tekutinou. Převodem přes střední ucho se mění charakter vlnění, zmenšuje se jeho výchylka a úměrně tomu vzrůstá tlak, takže vlnění je schopno uvést do pohybu kapalinu ve vnitřním uchu.

Vnitřní ucho tvoří kostěný labyrint, v němž je zavěšen labyrint blanitý. Prázdné prostory uvnitř labyrintu jsou vyplněny tekutinou, uvnitř blanitého labyrintu je to endolymfa, mezi labyrintem blanitým a kostěným perilymfa. Hlavní části labyrintu tvoří tři polokruhové chodbičky, předsín a hlemýžď, kostěný a blanitý. Slyšení slouží pouze hlemýžď, chodbičky a předsín tvoří ústrojí rovnováhy. Nejdůležitější částí blanitého hlemýždě je basilární membrána, na které je umístěn vlastní smyslový orgán, tzv. Cortiho orgán. Ten obsahuje asi 25 000 receptorových buněk, vláskové buňky. (7)



Obrázek 2 - Sluchový orgán a jeho vnitřní uspořádání

Zdroj: SMETANA C. a kol., Hluk a vibrace, měření a hodnocení, Sdělovací technika, Praha 1998. ISBN 80-901936-2-5

Zvukový signál prostupuje celým sluchovým ústrojím - nejprve vnějším uchem, pokračuje do středního ucha, poté do vnitřního ucha. Laicky řečeno, zvuková vlna je za pomoci ušního boltce zachycena a postupuje přes vnější zvukovod do vnitřního ucha k bubínku. Z bubínku se

zvuková vlna převádí soustavou sluchových kůstek na membránu oválného okénka. Třmínek oválné okénko rozkmitá, a tím rozechvěje perilymfu, v níž je uložen blanitý hlemýžď. Poté jsou uvnitř blanitého hlemýžďe ve smyslovém orgánu podrážděny vláskové buňky, které při podráždění vysílají elektrochemické impulsy do sluchového nervu.

2.2 Působení hluku na člověka

Hluk je nechtěný zvuk, který má **škodlivé účinky**, rušivý nebo **obtěžující charakter**, bez ohledu na jeho intenzitu, která v mnohých případech nehraje hlavní roli. Velkou roli při jeho posuzování hraje momentální naladění posluchače. Mnoho lidí pociťuje hlasitou hudbu v koncertním sále nebo na diskotéce jako příjemnou, ale pokud ji slyší ze sousedního bytu, považují ji za nežádoucí či obtěžující, protože se v tu chvíli stali jejími nedobrovolnými posluchači. A co když srovnáme uklidňující šumění moře na dovolené se slábnoucím a sílícím hlučením blízké silnice, které člověka ruší, ačkoli zde může být akustická hladina nižší a její zvukový charakter se zvukovému charakteru šumění moře velmi podobá.

Dle Světové zdravotnické organizace (WHO - World Health Organization) je zdraví definováno jako celkový stav, po stránce fyzické, psychické a sociální, a není posuzováno pouze na základě absence či přítomnosti chorob nebo jiných zdravotních obtíží. (8)

Účinky hluku na lidské zdraví je možné rozdělit na specifické a nespecifické orgánové účinky, rušení činností, jako rušení komunikace a spánku, a vlivy na subjektivní pocity jako obtěžování.

Pokud porovnáme působení z hlediska intenzity, můžeme konstatovat, že hluky nad 30 dB jsou nebezpečím pro nervový systém a psychiku, hluky nad 60 dB mají negativní vliv na systém vegetativní. Co se týče dlouhodobého působení nad 90 dB, může být trvale poškozen sluchový orgán a při působení hluku nad 120 dB dochází k poškození buněk a tkání. Při 130 dB pociťuje bolesti ve sluchovém orgánu. K protržení bubínku dochází při hladinách kolem 160 dB. (9)

2.2.1 Poškození sluchového aparátu

Mezi specifické orgánové účinky patří poruchy činnosti sluchového analyzátoru. Lidský sluch poškozují extrémně vysoké hladiny akustického tlaku, které mohou vyvolat akustické trauma, vyplývající z poranění bubínku, sluchových kůstek nebo blanitého labyrintu.

Při dlouhodobém až celoživotním působení hluku na sluchový aparát dochází k poškození sluchového aparátu, které postupem času přechází v trvalé poškození smyslových a nervových

buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Tyto poruchy se zpočátku projevují dočasným zvýšením sluchového prahu. Při dalším působení hluku dochází ke zhoršení sluchu a následnému omezení v porozumění řeči, u poškozených se vyskytují sluchové vjemy bez zevního podnětu „šelesty, pískání v uších“.

Nejvíce ohroženou skupinou lidí jsou ti, kteří jsou rizikovým hladinám hluku vystaveni na pracovišti, ale riziko sluchového postižení zvyšuje i hlučnost v místě bydliště, např. u lidí žijících v těsné blízkosti frekventovaného letiště nebo velmi rušných komunikací, a při různých činnostech ve volném čase spojených s vyšší hlukovou zátěží. Protože poškození vyvolávají i zvuky, které jsou nám příjemné a které chceme poslouchat, může ztrátu sluchu způsobit i dlouhodobý poslech velmi hlasité reprodukované nebo živé hudby, např. častá účast na diskotékách, kde se pohybuje výše hladiny zvuku mezi 90 a 110 dB (A). (9)

2.2.2 Vliv hluku na kardiovaskulární systém

Mezi nespecifické orgánové účinky můžeme zařadit ovlivnění kardiovaskulárního systému. V přilehlých oblastech kolem letišť, průmyslových závodů nebo hlučných komunikací, kde žije velké množství obyvatel vystavených akutní hlukové expozici, se projevují účinky hluku projevující se zejména problémy s krevním oběhem. Vysoká hluková zátěž působí na nervový a hormonální systém což vede k přechodným změnám, jako je zvýšení krevního tlaku, tepu a zúžení cév. Pokud jsou lidé vystaveni působení hluku dlouhodobě, mohou tyto vyvolávané změny přejít v trvalé účinky, jako je hypertenze, neboli zvýšený krevní tlak, a ischemická choroba srdeční, špatné prokrvování tkání zapříčiněné zúženými cévami, což může vést k vážným zdravotním obtížím. Dle WHO jsou zmíněné účinky spojeny s dlouhodobým působením dopravního hluku v rozmezí 65 - 70 dB a více. (9)

2.2.3 Poruchy spánku a zhoršení komunikace

K dalším neméně závažným zdravotním účinkům hluku, zejména z dopravy, patří nepříznivé ovlivnění spánku. Hluk působí na spánek nejvíce v oblasti usínání, délky a kvality spánku. Poruchy spánku se projevují změnami fyziologických reakcí během spánku, jako jsou změny tepové frekvence, známky probuzení, spící si toto probuzení často následně neuvědomuje, zvýšená pohyblivost ve spánku, probuzení v noci nebo příliš brzy ráno. Efekt narušeného spánku se projev i psychologickými aspekty následující den, například rozmrzelostí, únavou,

špatnou náladou nebo bolestmi hlavy. Touha po vysněném odpočinku pak často vede ke zvýšenému užívání léků na spaní. (10)

Hluk také částečně narušuje mezilidskou komunikaci a překrývá jiné informačně důležité signály, jakými jsou třeba domovní zvonek, telefon nebo alarm. Jedná se tak zvaný maskovací proces. Vysoká hluchost pozadí nutí mluvčího ke zvyšování hlasitosti řeči, což může vést k jeho hlasové únavě a ke ztrátě srozumitelnosti posluchače. Rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasitostí řeči by měl být minimálně 15 dB, aby bylo mluvčímu vše správně rozumět. Při řečové hladině 50 dB by tak hladina akustického tlaku hluku v pozadí neměla překročit 35 dB.(9)

Důsledkem zhoršení komunikace řečí může být podrážděnost, nejistota, pokles pracovní výkonnost a může vést i k pocitům nespokojenosti. Nejvíce citlivou skupinou jsou staří lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči. Jedná se tedy o značnou část populace.

2.2.4 Obtěžování hlukem

Je nejobecnější reakcí osob vystavených hluku. Vyvolává mnoho negativních emočních stavů, např. pocit rozmrzelosti, nespokojenosti, špatnou náladu, deprese, pocit beznaděje.

Pojem obtěžování je obecně použitelný pro všechny negativní pocity, kterými mohou být:

- a) disturbance = rušení
- b) dissatisfaction = nespokojenost
- c) displeasure = nepohoda
- d) irritation = podráždění
- e) annoyance = obtěžování, rozmrzelost

Je nutné mít na paměti, že obtěžování je multifaktoriální jev, který je jen částečně ovlivňován hladinou hluku a z tohoto důvodu ho nelze objektivně kvantifikovat., tj. nelze obecně stanovit funkční závislost mezi expozicí a odezvou. (10)

Vlivem obtěžujícího hluku může docházet ke změnám v chování v souvislosti s bydlením, např. zavírání oken, což může negativně ovlivnit kvalitu vnitřního ovzduší bytu, zhoršení nálady místo odpočinku, psaní stížností nebo omezení přátelských vztahů. Obtěžování hlukem i poruchy spánku jsou pro organismus zdrojem stresu a stres jak je známo napomáhá rozvoji různých onemocnění organismu.

To, v jaké míře jsou lidé obtěžováni hlukem, ovlivňují různé faktory. Jsou to jednak fyzikální vlastnosti zvuku a to hladina akustického tlaku, doba po jakou jsou působení hluku vystaveni a také rychlost nástupu. Důležité faktory se týkají skladby zvuku, jeho tónů, zda jsou tóny nízkofrekvenční a síla vibrací která jej doprovází. Dále má na míře obtěžování určitý podíl informační obsah hluku, zda se jedná o řeč, zda se jedná o zvuky vnímané jako varovné, neznámé zvuky nebo jde-li o zvuky spojené s předchozí negativní zkušeností. Ale protože je každý člověk jedinečný, je také míra obtěžování hlukem významně ovlivněna individuálními vlastnostmi příjemce. (9)

2.2.5 Další nepříznivé účinky hluku

Pro každého je jistě známá věc, jak hluk rozptyluje a znemožňuje se soustředit na plnění úkolů spojených s nároky na paměť a pozornost, například učení nebo práce v kanceláři. Hluk má také vliv na zhoršování duševních nemocí, na funkci imunitního systému, zánětlivá onemocnění, některá onemocnění zažívacího traktu a také na nižší porodní váhu novorozenců u matek vystavených účinkům intenzivního hluku v době těhotenství.

2.3 Hlukové mapování

Problematika hlukové zátěže je jedním z hlavních témat nejen v jednotlivých státech, ale tato problematika je řešena na mezinárodní úrovni. Z toho se nás týkají zejména jednání a přijímání řešení v evropské unii. Evropská komise zveřejňuje dokumenty, „Zelené knihy“, jako podnět k celoevropské diskusi na daná témata. V listopadu roku 1996 byla vydána zelená kniha „Future Noise Policy“ tzv. Zelená kniha o budoucí politice ochrany proti hluku, ve které označila komise hluk za jeden z hlavních problémů životního prostředí v Evropě. A tak po dlouhodobých snahách Evropské komise, začít tento problém řešit ve všech členských státech Evropské unie, byla v roce 2002 přijata směrnice 2002/49/ES o hodnocení a snižování hluku ve venkovním prostředí. Tato směrnice je zaměřena na hluk ve venkovním prostředí, jemuž jsou vystaveni lidé nejen v běžných zastavěných oblastech, ale také například v blízkosti škol, nemocnic, ve veřejných parcích nebo i ve volné krajině. Směrnice má mimo jiné poskytnout základ pro přípravu souboru krátkodobých, střednědobých a dlouhodobých protihlukových opatření ke snížení hluku z velkých zdrojů, zejména ze silniční a železniční dopravy, z leteckého provozu, z infrastruktury a zařízení určených k použití ve venkovním prostředí nebo z průmyslových zařízení a mobilních strojních zařízení. Strategickým cílem této

směrnice bylo snížit v Evropské unii v roce 2010 počet obyvatel zasažených hlukem nad 65 dB o 10 % a v roce 2020 o 20 %. Tato směrnice má zavést společný postup, jak se bránit proti hluku a jak škodlivé nebo obtěžující účinky hluku ve venkovním prostředí snižovat a omezovat. To je hlavní důvod, proč mají členské státy EU určit míru expozice hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím hlukového mapování, musí zpřístupnit maximální množství informací o hluku ve venkovním prostředí a snažit se zvýšit informovanost obyvatelstva o účincích hluku ne jen na ně, ale jako celku na životní prostředí, a poté, na základě výsledků hlukového mapování, přijmout akční plány členskými státy, jejichž cílem bude prevence a snižování hluku ve venkovním prostředí. (11), (12)

Směrnice ukládá členským státům povinnost zpracovat strategické hlukové mapy na jejich území. Strategické hlukové mapy (SHM) se pořizují v pravidelných pětiletých cyklech nebo i dříve, dojde-li k podstatnému vývoji hlukové situace v posuzovaném území. Česká republika jako členský stát EU povinna pořizovat SHM a navazující akční plány (AP). SHM se pořizují pro hluk v okolí stanovených hlavních pozemních komunikací, hlavních železničních tratí, hlavních letišť a v aglomeracích. Na zpracování SHM navazují Akční plány, které obsahují návrhy opatření na snížení hluku v nejzatíženějších oblastech, které byly určeny na základě SHM. Byly určeny tři kola mapování SHM do roku 2007, 2012 a 2017.

2.3.1 1. kolo zpracování SHM

První kolo bylo definováno následujícími kritérii: (13)

- a) úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 6 000 000 vozidel za rok
- b) úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 60 000 vlaků za rok
- c) aglomerace s více než 250 000 obyvateli, které definuje členský stát
- d) hlavní letiště s více jak 50 000 vzletů a přistání za rok

Evropské komisi byly SHM předloženy do konce roku 2007 a AP do konce roku 2009.

2.3.2 2. kolo zpracování SHM

Druhé kolo bylo definováno následujícími kritérii: (14)

- a) úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok

- b) úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok
- c) aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které definuje členský stát
- d) hlavní letiště s více jak 50 000 vzletů a přistání za rok

Zpracovávané území bylo přibližně třikrát větší než v 1. kole. Kvůli problémům se zakázkou Česká republika nesplnila termín odevzdání, SHM předložila Evropské komisi až v říjnu 2015 a AP budou předloženy do konce roku 2016.

2.3.3 3. kolo zpracování SHM

Třetí kolo je prováděno v letech 2013 - 2017 a je definováno následujícími kritérii: (15)

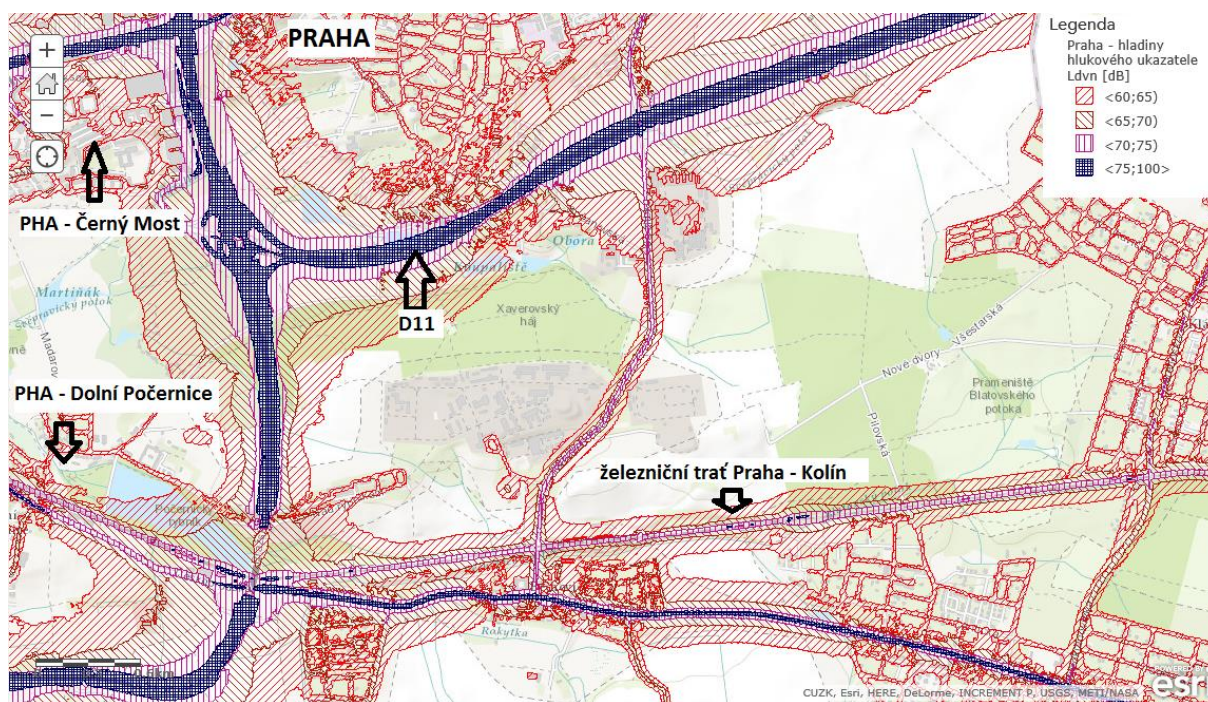
- a) úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok
- b) úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok
- c) aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které definuje členský stát
- d) hlavní letiště s více jak 50 000 vzletů a přistání za rok

3. kolo SHM vychází ze stejných údajů o sčítání silniční dopravy a sčítání lidí, domů a bytů, jako 2. kolo. Rozsah zpracování SHM železnic bude určeno v roce 2016. Zpracovávané aglomerace a hlavní letiště jsou stejné, jako v roce 2012.

Jako rozhodující pro zpracování 3. kola SHM jsou údaje dostupné k roku 2016.

Strategické hlukové mapy jsou přístupné v listinné podobě a to v sídle Ministerstva zdravotnictví, ale také v podobě elektronické na internetových stránkách ministerstva. Podobně je to i akčními plány, které zpřístupňují Ministerstvo dopravy a krajské úřady, jako jejich pořizovatel, v listinné podobě ve svém sídle a elektronická podoba AP je přístupná na jejich internetových stránkách. Na obrázku 3 je výřez ze SHM hlavního města Prahy.

Dle prováděného mapování je v Praze, Brně a Ostravě vystaveno účinkům hluku přesahujícím hygienické limity přibližně 10 % obyvatel. V některých obcích v blízkosti frekventovaných komunikací je nadměrnému hluku z dopravy vystavena více jak čtvrtina všech obyvatel a hluk tak může negativně ovlivňovat ekonomickou i sociální situaci těchto obcí a brzdit jejich další rozvoj.



Obrázek 3 - Výřez ze SHM hlavního města Prahy

Zdroj: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=3b640da3af8a40ddb65f667044f76c70>

V roce 2013 byla vydána Směrnice EU č. 2003/613/ES, která uvádí doporučené metodiky, pro výpočet strategických hlukových map pro hluk ze silniční, železniční a tramvajové dopravy a dále pro letecký a průmyslový hluk. V roce 2015 byla vydána Směrnice EU 2015/996, o stanovení společných metod hodnocení hluku podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES. Tato směrnice definuje novou jednotnou metodiku výpočtu SHM v členských zemích EU. Členské státy mohou podle této směrnice postupovat ode dne vydání směrnice 19. 5. 2015, od 31. 12. 2018 jsou povinny tyto metody používat. Členské státy rovněž uvedou v účinnost právní a správní předpisy nezbytné pro dosažení souladu s touto směrnicí do 31. 12. 2018. (16)

2.4 Limity hluku a legislativa

Ochrana lidského zdraví před hlukem je zakotvena v **zákoně č. 258/2000 Sb.**, zákon o ochraně veřejného zdraví (ZOVZ), konkrétně v § 30-34 tohoto zákona. V tomto zákoně jsou definovány chráněné venkovní prostory, chráněné venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb. (17)

Výše uvedená směrnice 2002/49/ES o hodnocení a snižování hluku ve venkovním prostředí byla zakotvena i do českého právního řádu a to novelizací zákona č. 258/2000 Sb., ZOVZ

ve znění pozdějších změn a doplňků, změnou zákona 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování, zákonem č. 222/2006 Sb. ze dne 25. 4. 2006 a prováděcími předpisy k ZOVZ - vyhláškou č. 523/2006 Sb., kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (vyhláška o hlukovém mapování), a také vyhláškou č. 561/2006 Sb., o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku. (18)

Dle vyhlášky č. 523/2006 Sb. se hlukovým mapováním rozumí prezentace údajů o stávající hlukové situaci s použitím hlukového ukazatele, které ukazují překročení příslušné mezní hodnoty, údaje o počtu osob a staveb pro bydlení, škol, školských poradenských zařízení, školských zařízení pro zájmové a další vzdělávání, školských výchovných a ubytovacích zařízení, zařízení školního stravování, diagnostických ústavů, dětských domovů, dětských domovů se školou, výchovných ústavů, středisek výchovné péče a nemocnic vystavených definovaným hodnotám hlukového ukazatele v oblasti, pro kterou se zpracovává hluková mapa. (19)

Limity pro hluk jsou stanoveny **zákonem č. 272/2011 Sb.**, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. U venkovního hluku stanoví nařízení vlády zvlášť limity pro hluk ze stavební činnosti a z leteckého provozu, pro zdravotnická zařízení a pro impulsní hluk. U vnitřního hluku stanoví nařízení vlády zvlášť limity pro zdravotnická zařízení a různé veřejné budovy jako obchody, školy apod. (20)

V běžném životě je možné setkat se s pojmem „stará hluková zátěž“, tou se rozumí stav hlučnosti způsobený silniční a železniční dopravou, který nastal před 1. lednem 2001.

Stará hluková zátěž se dá chápat tak, že se jedná o speciální limit, aby se především v okolí hlavních silnic dosáhlo snadného splnění limitu bez nutnosti zásadních stavebních úprav a nákladných investic. Pomineme-li, že i vysoký limit 70 dB je u mnoha silnic trvale překračován, jedná se o hazardní hru se zdravím obyvatel. Podle odborných zdravotnických vyjádření totiž hluk na úrovni 70 dB má již trvalé negativní účinky na zdraví.

Ani hlukové limity však za určitých okolností nemusí být dodržovány. **Problém je v § 31 zákona č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví, podle kterého může hygienická stanice udělit časově omezené povolení překročení hygienických limitů, a to v případě, že:

a) limity nelze dodržet z vážných důvodů

b) původce hluku prokáže, že hluk bude omezen na rozumně dosažitelnou míru

Rozumně dosažitelnou mírou se rozumí poměr mezi náklady na protihluková opatření a jejich přínosem ke snížení hlukové nebo vibrační zátěže fyzických osob stanovený i s ohledem na počet fyzických osob exponovaných nadlimitnímu hluku.

Někdy sice skutečně existují vážné důvody, z kterých je přijatelné hlukové limity krátkodobě překračovat (např. stavební práce, které nelze provést jinak), v praxi vede neurčitá formulace v zákoně k povolování výjimek, zejména u hluku ze silniční dopravy. Tyto výjimky platí obvykle pět až deset let a většinou jsou dále prodlužovány. Vlastník silnice slibuje snížení hluku například stavbou nových silnic a tedy odvedením dopravy jinam. Problém je, že tento postup nefunguje, protože po otevření nové silnice intenzita dopravy na krátký čas klesne, ale celkový nárůst počtu aut původní úroveň hluku brzy dožene. Čím větší silniční kapacita je k dispozici, tím větší je objem dopravy – tento vědecky dokázaný jev se nazývá **dopravní indukce**.

3 ZDROJE HLUKU

Hluk můžeme nejjednodušším způsobem rozdělit podle zdroje jeho vzniku:

- a) doprava
- b) průmysl
- c) stavební činnost
- d) hudba
- e) hluk spojený s bydlením, rekreační hluk

Zcela jednoznačně je nejvýznamnějším zdrojem nadměrného hluku doprava, ať už automobilová železniční nebo letecká, působící na velký počet obyvatel.

V postižených oblastech, velmi frekventované komunikace, hluk z automobilové dopravy působí na okolí téměř bez přestání ve dne v noci, 365 dnů v roce, dalo by se říci, že je tento hluk více či méně intenzivní. U frekventovaných železničních tratí nebo letišť, hluk způsobený dopravou sice na jednu stranu polevuje, ale jen na krátkou dobu a to z důvodu nutných bezpečnostních rozestupů mezi dopravními prostředky a obyvatelé přilehlých částí nejsou jeho působení vystaveni dlouhou dobu, na druhou stranu je hluk intenzivnější s rychlejším nástupem. (21)

U hluku způsobeného průmyslovou činností, záleží na mnoha faktorech, například na druhu odvětví nebo na směnném provozu. Hluk ze stavební činnosti může být nepříjemný, ale trvá jen po dobu stavby. Hudební hluk si buď způsobuje člověk sám, hlasitým poslechem televize nebo hudby z hudebních přehrávačů, nebo je mu vystaven jen krátkou dobu a dále pak hluk spojený s bydlením, který mohou způsobovat domácí spotřebiče, domácí zvířata nebo se může jednat o hluk ze sousedství.

4 HLUK ZPŮSOBENÝ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVOU

Železniční doprava, stejně jako jiné druhy dopravy, způsobuje hluk. Pokud srovnáme hluk způsobený silniční a železniční dopravou, tak se s hlukem ze silniční dopravy, setkáme téměř na každém kroku. Hluk má, až na výjimky, celkem stálou hladinu akustického tlaku (A) na rozdíl od hluku z železniční dopravy, který rapidně vzroste při průjezdu vlaku a zase zanikne, do průjezdu dalšího vlaku. Dále se budeme zabývat pouze železniční dopravou. Hluk jí způsobený, se skládá zejména z hluku způsobeného valením, trakčními motory, ventilátory trakčních motorů, klimatizací, transformátory, pantografy, aerodynamickým hlukem a dalšími méně významnými. Co se týká hlučnosti, tak mezi nejvýznamnější patří hluk způsobený trakcí, aerodynamický a hluk z valení.

4.1 Hluk trakce

Jedná se o hluk z pohonu hnacích vozidel, hlavně hluk hnacích motorů, převodů i chladících ventilátorů a dalších částí. Tento hluk je převažující zhruba do rychlosti 60 kmh^{-1} a to zejména u vozidel poháněných dieselovým motorem. Hlukové emise motorové trakce jsou závislé na otáčkách motoru, vysoký výkon, s nímž souvisí vysoké otáčky motoru, jsou požadovány zejména rozjezdu soupravy. Při nízkých rychlostech železničních vozů je produkováno velké množství hluku z trakce, ale hluk způsobovaný valením a aerodynamický jsou zanedbatelné.

Hluk z trakce je možné snížit výměnou dieselových hnacích vozů za elektrické nebo výměnou za modernější dieselové hnací vozy, protože velká část regionálních tratí není elektrifikovaná, které jsou méně hlučné.

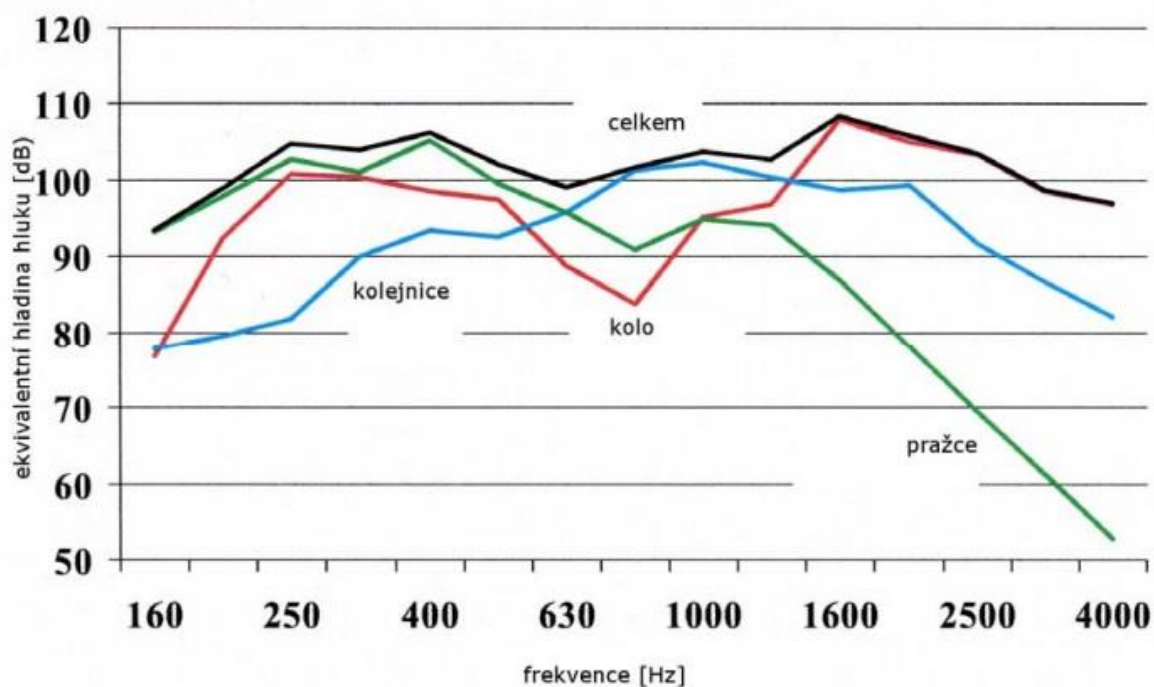
4.2 Aerodynamický hluk

Vzniká v důsledku proudění vzduchu, kolem karoserie vozů a jejich podvozků, kde při jejich obtékání, dochází ke vzniku turbulencí. Výrazně jej ovlivňuje aerodynamický tvar vozidla, zejména pak velikost a způsob provedení čelní plochy prvního vozidla soupravy, je-li zakrytý prostor mezi jednotlivými kolejovými vozy nebo co vše mají vozy umístěné na střeše, například vzduchotechnika, elektrická a pneumatická výzbroj jako u jednotek řady 440. Aerodynamický hluk se zvyšuje se zvyšující se rychlostí jízdy. Zhruba od rychlosti 70 kmh^{-1} začíná aerodynamický hluk nabírat na intenzitě a při rychlosti kolem 250 kmh^{-1} se stává nejhlučnější složkou hluku způsobeného železniční dopravou.

Aerodynamický tvar vozidla je navrhován a testován ještě před započítáním jeho výroby. Tato finančně nákladná předvýrobní činnost se sice výrazně projevuje na konečné ceně ŽKV, na snížení aerodynamického hluku a potřebné energie na provoz ŽKV.

4.3 Hluk valení

Hlavním zdrojem hluku valení je styk kola s kolejnicí, a jeho velikost je závislá na drsnosti povrchu stykové části kola a kolejnice. Dalšími zdroji hluku valení jsou všechna místa v podvozku, kde vlivem otáčení dvojkolí vzniká tření. Rozdělení zdrojů valivého hluku je znázorněno na obrázku 4. Hluk z valení nejvíce ovlivňuje aktuální technický stav ŽKV, kolejnic a rychlost, protože se zvyšující se rychlostí ŽKV téměř konstantně narůstá a při rychlosti od 40 do 250 kmh⁻¹ je nejvýznamnější složkou hluku způsobeného železniční dopravou.



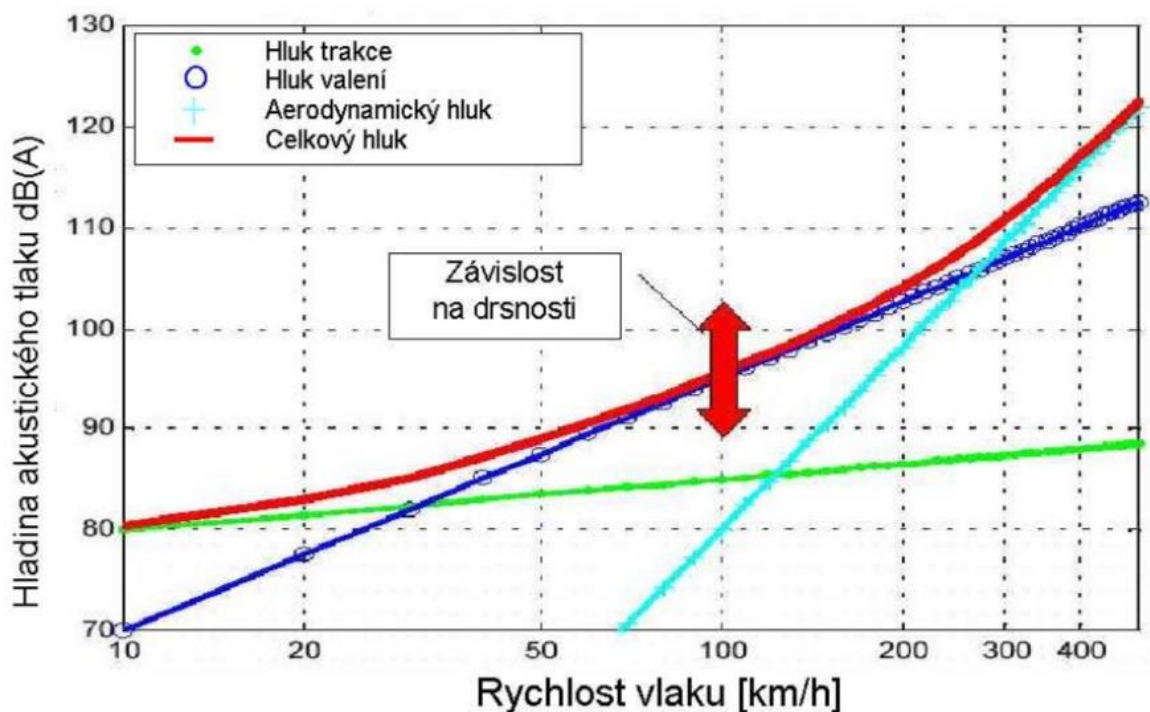
Obrázek 4 - Rozdělení zdrojů valivého hluku

Zdroj: http://vlaky-hluk.fd.cvut.cz/data/prispevky/vtscd-snizeni_hluku.pdf

Hluk z valení je možné snižovat, zejména pravidelnou servisní údržbou podvozku ŽKV a neméně důležitou údržbou kolejnic broušením, s využitím brousících vlaků.

4.4 Faktory ovlivňující šíření a intenzitu hluku

- a) Rychlost jízdy – na obrázku 5 je přehledně znázorněno, jak se zvyšuje hladina akustického tlaku hluku v závislosti na rychlosti.



Obrázek 5 - Hladina akustického tlaku dle rychlosti

Zdroj: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/D88D905D-9816-40BE-962F-7B6A9BC020F4/0/Metodika026_2006.pdf

- b) Okolní terén – vlastnosti terénu mají na šíření hluku do okolí podstatný vliv. Zvukové vlny mohou být okolním terénem se velké míře pohlcovány nebo odráženy a nezáleží na tom, zda se jedná o překážku přírodní, les či skály, nebo uměle člověkem vytvořenou protihlukové stěny či budovy. Čím blíže je tato překážka trati, tím více ovlivňuje šíření hluku ze železniční dopravy do okolí.
- c) Železniční svršek – hluk ŽKV se šíří do okolí nejen vzduchem ale také vibracemi postupujícími skrz kolejnici a železniční svršek. Šíření zvuku tímto způsobem je možné omezovat kolejnicovými absorbéry, údržbou železničního svršku, novějším konstrukčním řešením podvozku ŽKV.
- d) Klimatické podmínky – ovlivňují šíření zvuku podstatným způsobem, v zimě napadený sníh zvukové vlny pohlcuje, ale při vyšší vlhkosti vzduchu se zvukové vlny lépe šíří, dále šíření hluku ovlivňují tlakové výše a níže, proudění vzduchu atd.

- e) Vzdálenost od zdroje – zvukové vlny jsou prostředím, kterým se šíří postupně pohlcovány, tak že s rostoucí vzdáleností od zdroje je naměřená hladina akustického tlaku nižší.
- f) Směrové vedení tratě – ovlivňuje zejména její vedení v oblouku, kde dochází ke zvyšování hladiny akustického tlaku vlivem většího tření okolku o kolejnici. Hluk vznikající při průjezdu ŽKV po trati v oblouku lze omezit např. konstrukčními úpravami podvozku.
- g) Vytíženost tratě – zvyšuje se hlavně ekvivalentní hladinu akustického tlaku, měřeno například na hodiny.

Je třeba brát tyto faktory jako celek, protože se vzájemně prolínají, podporují i omezují.

5 TYPY MĚŘENÝCH ŽELEZNIČNÍCH VOZŮ

Železniční kolejová vozidla, ve kterých bylo provedeno měření ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ za běžného provozu jsou popsány níže. Na trati Pardubice – Hradec Králové bylo provedeno měření v ŽKV řady Bdmtee, zařazeného do rychlíkové soupravy, a v třívozové elektrické jednotce řady 440, RegioPanter. Na trati Pardubice – Havlíčkův Brod bylo měření provedeno v motorových jednotkách řady 814, Regionova, a na trati Pardubice – Česká Třebová proběhlo měření v elektrické jednotce řady 660, InterPanter.

5.1 Osobní železniční vůz Bdmtee

Vozy řady Bdmtee byly vyrobeny koncem devadesátých let a označovaly se Bymee. Jedná se o velkoprostorové osobní vozy druhé třídy z vozového parku Českých drah. Vyrobeny byly ve vagónce VEB Waggonbau Bautzen. (22)

Jsou to neklimatizované vozy se samonosnou konstrukcí, karosérie typu UIC-X, o celkové délce 26 400 mm s výškou podlahy 1 250 mm nad temenem kolejnice. Jejich nejvyšší povolená rychlost je 160 kmh^{-1} . Vozy mají podvozky GP 200 S vybavené kotoučovou brzdou s dvěma kotouči na každé nápravě. (22)

Vozy mají neobvykle umístěné nástupní prostory – nikoliv na koncích skříní, ale přibližně v 1/4 a 3/4 délky. Každý vůz je nástupními prostory rozdělen na tři velkoprostorové oddíly. Všechny pevná místa k sezení byla řešena pomocí dvoumístných lavic potažených hnědou koženkou v uspořádání 2 + 2. Celkem tyto vozy měly 96 pevných míst k sezení. (22)

V průběhu let 2004–2007 proběhly úpravy celkem 76 vozů na řadu Bdmtee275, Obrázek 6. Ve vozech byl revitalizován interiér a dosazeny nové samostatné sedačky což bylo provedeno na úkor počtu míst k sezení. (22)

Osobní vozy Bdmtee jsou na zkoumaném trati řazeny do soupravy za elektrickou lokomotivu řady 163. Ty byly vyrobeny v letech 1984, 1991 a 1992. Lokomotiva je schopna dosáhnout maximální rychlosti až 120 kmh^{-1} při trvalém výkonu 3480 kW. Lokomotiva je čtyřnápravová a je vybavena dvěma polopantografovými sběrači.



Obrázek 6 - Osobní vůz Bdmtee

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C5%AFz_Bdmtee281,_275_%C4%8CD#/media/File:%C4%8Cermn%C3%A1_nad_Orlic%C3%AD,_vlak_na_n%C3%A1dra%C5%BE%C3%AD,_posledn%C3%AD_v%C5%AFz.jpg

5.2 Třívozová elektrická jednotka řady 440

Jednotky řady 440, RegioPanter, jsou obousměrné s řídicími stanovišti na obou čelech. Mohou být sestaveny jako dvou, tří nebo čtyřvozové, a to z pěti typů vozů. Třívozová jednotka má kapacitu 241 sedících cestujících, pro srovnání dvouvozová jednotka má kapacitu 147 sedících cestujících a čtyřvozová kolem 330 cestujících. Mezi vozy jsou průchozí měchy bez dveří, interiéry vozů jsou bez příček a také bez dveří. Ke spojování jednotek slouží samočinná spřáhla.

Skříně vozů jsou zhotoveny z hliníkových velkoplošných protahovaných profilů, kabinové moduly na čelech vlaků jsou ocelové. Vozidla splňují požadavky normy EN 15227 - odolnost proti nárazu. (23)

Maximální rychlost je 160 kmh^{-1} , výška podlahy v úrovni nástupu 550 mm nad temenem kolejnice, šířka dveří 1500 mm. Délka třívozové jednotky je 79,4 m. Maximální šířka je 2,82 m a maximální výška 4,26 metru. Hmotnost této jednotky je 160 tun. Většina elektrické a pneumatické výzbroje je umístěna na střeše vozidel, společně se vzduchotechnikou a kabeláží ve výšce do 0,7 m nad stropem interiéru, nikoliv v klasické strojovně. Jednotlivé agregáty na střeše mají vlastní skříně, které nejsou nijak aerodynamicky tvarovány. Výrobce, Škoda Vagonka a. s., udává, že je vlak z 65 % nízkopodlažní. (23)

Vozy jsou vybaveny, pro zvýšení komfortu cestujících, wi-fi sítí a klimatizací. Na nástupní plošině u konce vozu, kde se nachází bezbariérový záchod, je zabudována pomocná sklopná nakládací rampa pro cestující na vozíku. Od této plošiny směrem ke stanovišti strojvedoucího je oddíl první třídy s devíti polohovatelnými sedadly s větším prostorem a elektrickými zásuvkami. Pro informační systém uvnitř vozidel jsou použity LCD monitory.

Každý vůz, bez ohledu na typ, má jeden hnací a jeden běžný podvozek. Hnací podvozek je více zatížen, což je způsobeno trakčními elektromotory, než na podvozek běžný. Navíc je nad hnací podvozky soustředěna trakční výzbroj. V každém hnacím podvozku jsou osazeny dva asynchronní trakční motory o trvalém výkonu 340 kW. Výkon třívozové jednotky je 2040 kW. Soupravy jsou schopny rekuperace energie při brzdění a i díky tomu spotřebují až o polovinu méně energie na provoz proti starším elektrickým železničním vozům. (23)

Sběračem a hlavním vypínačem je vybaven jen jeden čelní vůz. Do ostatních vozů je napájení převáděno kabelem. Druhý hlavový vůz třívozové dvousystémové jednotky je vybaven trakčním transformátorem.

První třívozové elektrické jednotky byly nasazeny na trati Pardubice – Hradec Králové koncem roku 2012. (23)



Obrázek 7 - Jednotka řady 440 - RegioPanter

Zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RegioPanter#/media/File:441001cerhenice2012.jpg>

5.3 Motorová jednotky řady 814

Základní verzi motorové jednotky řady 814, na Obrázku 8, Regionova, je dvouvozová jednotka, která je složena z motorové jednotky řady 814, vznikla přestavbou motorového vozu řady 810, Obrázek 9, a přípojného vozu řady 914, přestavěný vůz řady 010. Motorový vůz je vybaven stanovištěm strojvedoucího a přípojný vůz je upraven do podoby částečně nízkopodlažního vozu. Přestavbu realizovala v letech 2005–2012 firma Pars nova v Šumperku. Životnost této rekonstrukce by měla být 15–20 let. (24)



Obrázek 8 - Motorový vůz řady 814 - Regionova

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_%C4%8Desk%C3%BDch_a_slovensk%C3%BDch_lokomotiv#/media/File:%C4%8CD_Class_814_235-8-_2012.JPG

Při modernizaci byla původní čela nahrazena novými laminátovými, která mírně zvětšují prostor pro strojvedoucího. Za laminátovým čelem je umístěna konstrukce, která vůči řadě 810 zvyšuje z hlediska pevnosti až čtrnáctinásobně bezpečnost strojvedoucího.

Motorový vůz řady 814 je rozdělen na kabinu strojvedoucího, nástupní prostor, velkoprostorový oddíl pro cestující a druhý nástupní prostor, ze kterého lze mezivozovým přechodem přejít do zbytku jednotky. Sedačky jsou uspořádány v řadách 2+2 a jejich podélné rozteče jsou oproti vozu 810 zvětšeny, takže sedačky nekorespondují s okenními sloupky. Původní okna s jednoduchými skly a větrací klapkou v horní části byla nahrazena polospuštěcími okny s dvojitým zasklením. (24)



Obrázek 9 - Motorový vůz řady 810

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_%C4%8Desk%C3%BDch_a_slovensk%C3%BDch_lokomotiv#/media/File:Libun1.jpg

Řídicí vůz řady 914, jež se používá pouze u dvouvozových jednotek, vznikl přestavbou přípojných vozů řady 010, byl na jedné straně vozidla osazen stanovištěm strojvedoucího, které je shodné s motorovým vozem řady 814, a za ním se nachází oddíl pro cestující. Střední část vozu je koncipována jako nízkopodlažní, zvenčí přístupná jedněmi dvoukřídlými předsuvnými dveřmi v každé bočnici, nachází se zde prostor pro kočárek, invalidní vozík nebo jízdní kola a je zde také bezbariérově přístupná kabina WC. Do zadní části řídicího vozu vedou dva schody a je zde umístěn další velkoprostorový oddíl pro cestující, ze kterého lze mezivozovým přechodem přejít do motorového vozu. (24)

Modernizací původních vozů se byly zkráceny jízdní intervaly na provozovaných trasách, díky lepšímu využití maximálních traťových rychlostí, což zajistil zejména nový energeticky úspornější vznětový agregát s vyšším výkonem.

České dráhy odebraly v letech 2005–2012 celkem 237, z toho 211 dvouvozových a 26 třívozových. Koncem roku 2012 zajišťovaly Regionovy 30 % všech jízd Českých drah.

Hlavní nevýhodou jednotek řady 814 je jejich vysoká hlučnost a za špatných adhezních podmínek dochází u dvouvozových jednotek na sklonově náročných tratích ke zpoždování vlaků, způsobené zvolenou koncepcí pohonu jednotky, kterou je pouze jedna vnější hnací náprava. (24)

5.4 Elektrická jednotka řady 660

Elektrická jednotka řady 660 – InterPanter, Obrázek 10, je nízkopodlažní elektrická jednotka, provozovaná společností České dráhy a. s., výrobcem je Škoda Vagonka a. s. Jejich maximální provozní rychlost činí 160 kmh^{-1} . (25)



Obrázek 10 - Jednotka řady 660 – InterPanter

Zdroj: [https://cs.wikipedia.org/wiki/InterPanter#/media/File:Jednotka_660_101-](https://cs.wikipedia.org/wiki/InterPanter#/media/File:Jednotka_660_101-7_v_Kutn%C3%A9_Ho%C5%99e_b%C4%Bhem_zku%C5%A1ebn%C3%AD_j%C3%ADzdy.jpg)

[7_v_Kutn%C3%A9_Ho%C5%99e_b%C4%Bhem_zku%C5%A1ebn%C3%AD_j%C3%ADzdy.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/InterPanter#/media/File:Jednotka_660_101-7_v_Kutn%C3%A9_Ho%C5%99e_b%C4%Bhem_zku%C5%A1ebn%C3%AD_j%C3%ADzdy.jpg)

Jednotky jsou konstrukčně odvozeny od dvousystémové varianty jednotek RegioPanter. Vzhledem k určení pro dálkovou dopravu se od nich technicky odlišují zejména použitím jen jedné dveří v bočnici každého vozu, přepážkami mezi nástupními prostory a oddíly, přepážkami mezi 1. a 2. třídou, větším podílem míst 1. třídy, pohodlnějšími sedadly a místy pro odkládání objemnějších zavazadel. (25)

Soupravy InterPanter jsou určeny pro meziregionální a dálkovou dopravu v ČR. Tyto jednotky by měly přednostně vozit cestující mezi Prahou a Brnem a nabízejí cestujícím kromě komfortního klimatizovaného interiéru také elektrické zásuvky pro PC. Vozy mají ve výbavě polohovatelné sedačky, sklopné stolky, oddíly pro cestující s dětmi do 10 let nebo prostory pro uložení jízdních kol a kočárků. (25)

Jednotky InterPanter jezdí na trase Brno – Česká Třebová – Praha od konce ledna tohoto roku a od začátku dubna nahradily většinu rychlíků na této trase.

6 VLASTNÍ MĚŘENÍ

Všechny vozy, vybrané pro měření, splňovaly během měření podmínku, aby měly najeto alespoň 3000 km v obvyklých podmínkách, jak požaduje norma EN ISO 3381 - Měření vnitřního hluku kolejových vozidel. Měření probíhala v několika dnech, aby byl zajištěn dostatečný počet měření na každém vybraném voze, a protože měření probíhalo v běžném provozu, bylo potřeba omezit na minimum možnost ovlivnění naměřených hodnot cestujícími, proto měření probíhalo v době nejnižší vytíženosti dopravních prostředků, pro měření jsem zvolil oddíly druhé třídy a místa pro měření byla volena tak, aby nebyla nad nápravou ŽKV.

Rychlost měřených ŽKV byla kontrolována dle GPS navigace a informačních LCD panelů.

Měření probíhalo na standardních kolejových svrscích se šterkovým ložem a dřevěnými nebo železobetonovými pražci při konstantní rychlosti dle normy EN ISO 3381 a v místech kde nedochází k míjení protijedoucích souprav. Během měření bylo slunečno a teplota se pohybovala kolem 20 °C. Tratě na měřených úsecích byly suché rovné a bez oblouků, nevykazovaly viditelné vady povrchu a během měření se nevyskytoval hluk způsobený sváry nebo uvolněnými pražci.

Tabulka 1 - Číselné označení měřených ŽV

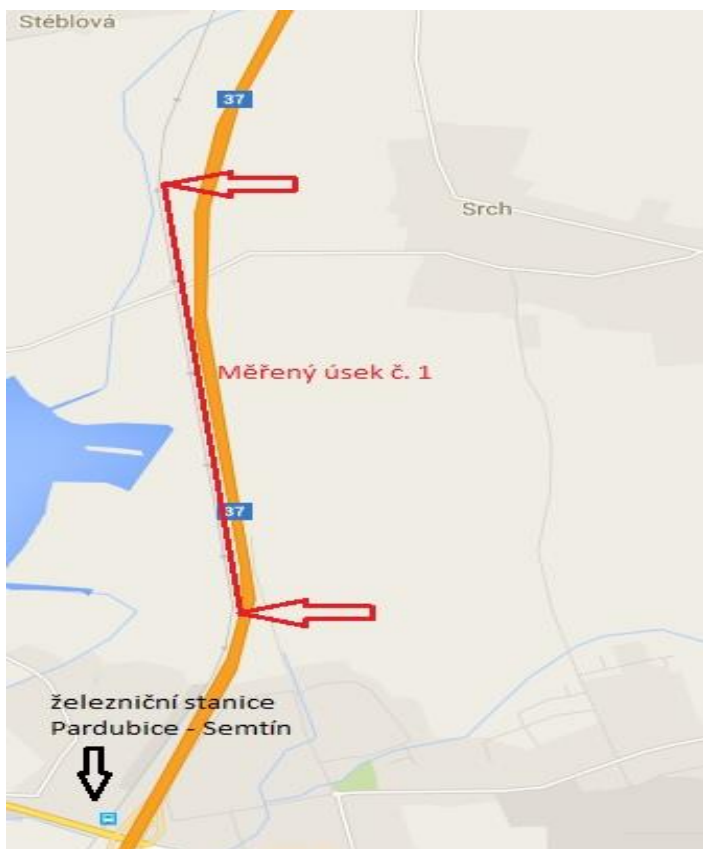
Typ vozu	Číslo železničního vozu
Bdmtee	5054 2244 297-8
RegioPanter	9454 1440 009-9
Regionova Pardubický kraj	9554 5914 018-7
Regionova kraj Vysočina	9554 5814 068-3
InterPanter	9454 1660 106-6

Na dvou zvolených tratích, Pardubice – Hradec Králové a Pardubice – Havlíčkův Brod, byly vybrány dva úseky, aby bylo možné porovnat jednak ekvivalentní trvalou hladinu akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ ve stejném voze během jízdy na železničním svršku položeném v různých letech a také ekvivalentní trvalou hladinu akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ mezi různými železničními vozy.

Na trati Pardubice – Hradec Králové byly zvoleny dva úseky k provedení měření.

- a) Úsek číslo 1, Pardubice Semtín – Stéblová, Obrázek 11 a Obrázek 12, tento úsek byl vybrán, protože kolejový svršek na tomto úseku byl položen v roce 1990, Obrázek 13, řez železničním svrškem na úseku číslo 1.

- b) Úsek číslo 2, Čeperka – Opatovice nad Labem, Obrázek 14 a Obrázek 15, tento úsek byl v roce 2015 kompletně rekonstruován a zdvoukolejněn, Obrázek 16, řez železničním svrškem na úseku číslo 2.



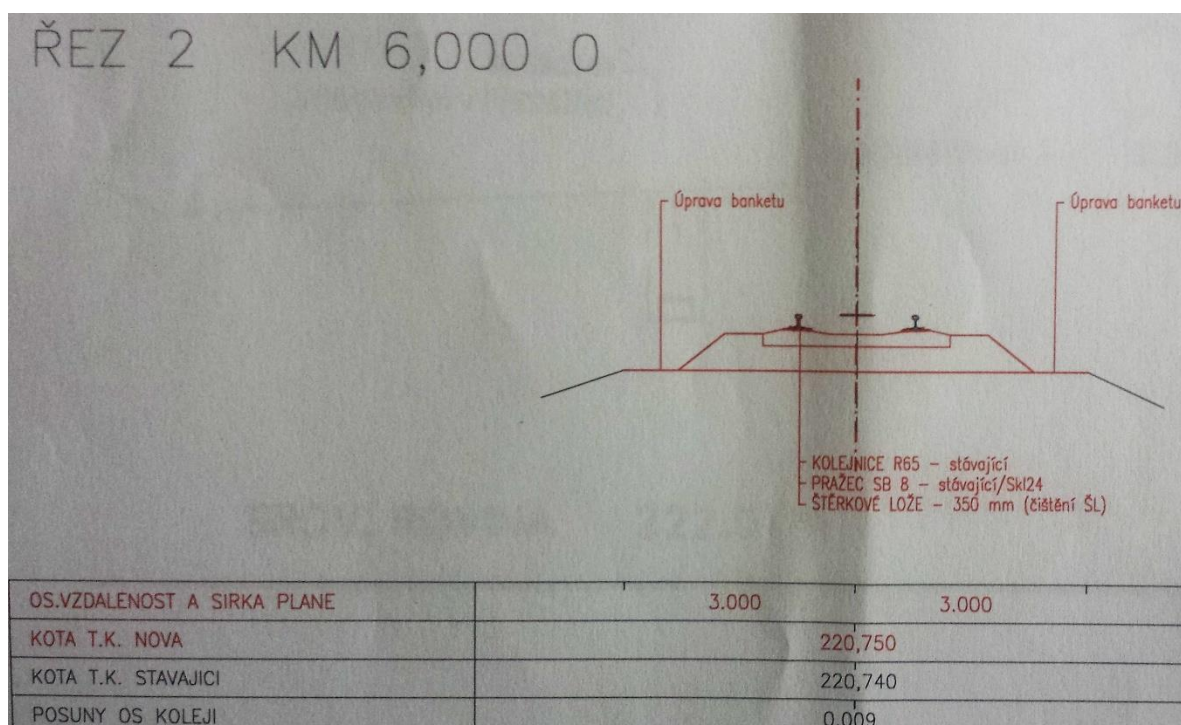
Obrázek 11 - Úsek číslo 1, Pardubice Semtín – Stěblová

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/> - upraveno



Obrázek 12 - Úsek číslo 1, Pardubice Semtín – Stěblová

Zdroj: Archiv SŽDC, s. o., Správa tratí Pardubice



Obrázek 13 - Řez železničním svrškem na úseku číslo 1

Zdroj: Archiv SŽDC, s. o., Správa tratí Pardubice



Obrázek 14 - Úsek číslo 2, Čeperka – Opatovice nad Labem

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/> - upraveno

- a) Úsek číslo 3, Staré Jesenčany – Medlešice, Obrázek 17 a Obrázek 18, na tomto úseku byl položen železniční svršek v roce 1989, trať je jednokolejná, Obrázek 19, Vertikální skladba trati na úseku číslo 3.
- b) Úsek číslo 4, Slatiňany – Zaječice, Obrázek 20 a Obrázek 21, úsek byl kompletně modernizován a železniční svršek byl položen v roce 2015, Obrázek 22, Řez železničním svrškem na úseku číslo 4.



Obrázek 17 - Úsek číslo 3, Staré Jesenčany – Medlešice

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/> - upraveno



Obrázek 18 - Úsek číslo 3, Staré Jesenčany – Medlešice

Zdroj: Archiv SŽDC, s. o., Správa tratí Pardubice

Související práce	
Zkušební úseky	
Přechodné kolejničky	
Druh kolejišového lože	
Kolejničové podpory - druh, rozdělení, rok zprovoznění, podpražkové podložky (typ, tuhost)	
Kolejničky	tvar / jakost, délka kolejišových polí
Výhybky	materiál-nový, užší, rok zprovoznění, absorbtory (typ) polměr a polměr obojné větve nebo úhel obojení materiál-nový, užší, rok zprovoznění
Peskyžková koleř	úsek z pražkovými kotvení
Sčlové paněř	staničení, délka v m sklon v ‰
Sařčinitel sčlovu vzestupnice "n"	
Délka přechodnice / vzestupnice v m	
Šerové paněř	polměr / převýšení pravého chlolu
	délka kužnicové části pravého chlolu, délka přímé
	délka kužnicové části levého chlolu
	polměr / převýšení levého chlolu
staničení ZP, ZD, KO, KP, BO	
Rychlosti ve sřávném směru dle TIP ($\frac{1}{2} \sqrt{V130s/Vks}$)	
Rychlosti v opařném směru dle TIP ($\sqrt{V130n/Vkn}$)	
Mosty, tunely, propustky	
staničení sředu mostu nebo propustku nebo portálů tunelu, červeně evid. KM a číslo tunelu	
staničení nástupišť v zastávkách	
Stanice, zastávky-nástupišče	
staničení výhybek a IB	
staničení návěstidel a přejeřů (číslo, evid. KM/KM sředu) - koleř A	
Výhybky, DZ v hlavní koleř,	
Návěstidla, přejeřy, počáčky balířových skupin, vztažných bodů magnet. značek a IB	
staničení návěstidel a přejeřů (číslo, KM sředu/evid. KM) - koleř B	
Opavá vzdálenost koleř A a B v m	
Staničení v km, anomální hektometry	

Obrázek 19 - Vertikální skladba trati na úseku číslo 3

Zdroj: Archiv SŽDC, s. o., Správa tratí Pardubice



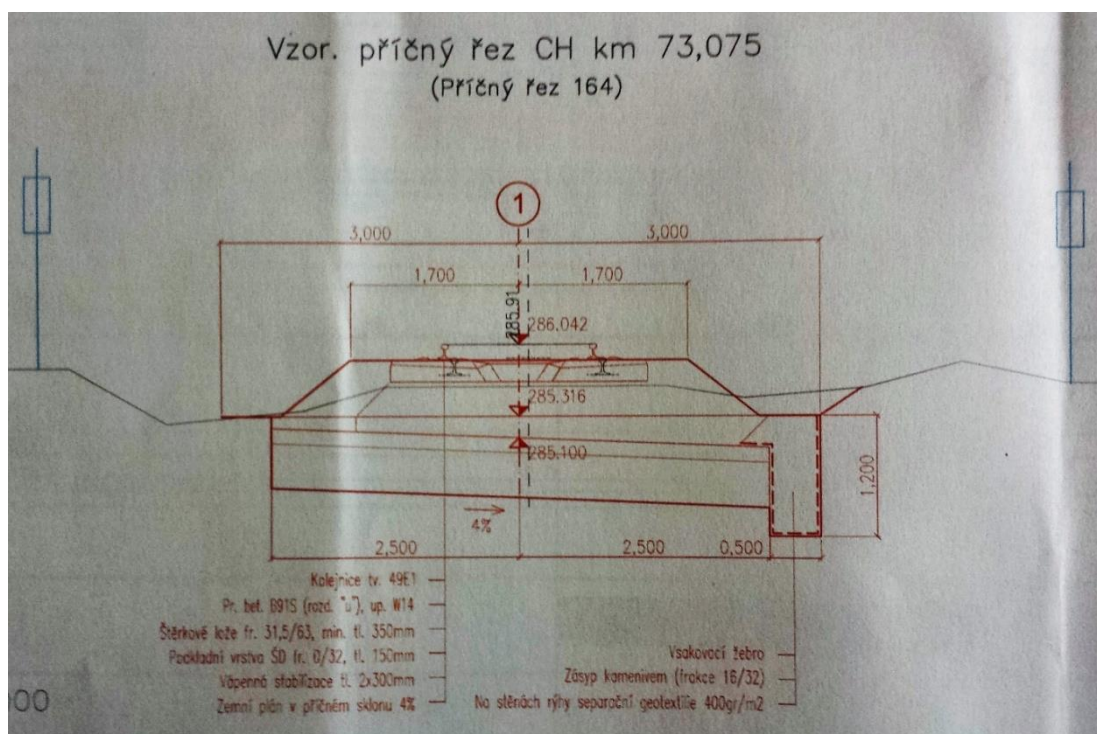
Obrázek 20 - Úsek číslo 4, Slatiňany – Zaječice

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/> - upraveno



Obrázek 21 - Úsek číslo 4, Slatiňany – Zaječice

Zdroj: Archiv SŽDC, s. o., Správa tratí Pardubice



Obrázek 22 - Řez železničním svrškem na úseku číslo 4

Zdroj: Archiv SŽDC, s. o., Správa tratí Pardubice

Měření na těchto úsecích bylo realizováno pomocí přesného integračního zvukoměru 2236 Brüel & Kjaer, s měřícím mikrofonom typu 4188 a krytem proti větru, Obrázek 23, který je konstruován jako samostatná jednotka a splňuje požadavky vytyčené normou IEC 651 Zvukoměry. Toto zařízení bylo zapůjčeno od akreditované laboratoře Univerzity Pardubice. Celý proces měření probíhal v souladu s normou pro měření hluku EN ISO 3381.



Obrázek 23 - Zvukoměr 2236 Brüel & Kjaer

Zdroj: autor

Měření bylo zaměřeno na působení hluku na cestující na místech k sezení, proto byl mikrofون umístěn ve výšce 1,3 m nad podlahou vozidla. Ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ byla na zvolených úsecích měřena vždy po stejnou dobu a to 60 vteřin, což je dostatečná doba pro získání reprezentativní hodnoty z měření a bylo ověřeno, že po tuto dobu budou železniční vozy projíždět rovnými měřícími úseky konstantní rychlostí. Dle normy EN ISO 3381 se provádí měření hluku zejména při rychlosti 80 kmh^{-1} a tak byly naměřené hodnoty z běžného provozu, přepočteny na hodnoty při rychlosti 80 kmh^{-1} podle vztahu:

$$L_{pAeq,T} (80 \text{ kmh}^{-1}) = L_{pAeq,T}(v) - 30 * \log\left(\frac{v}{80 \text{ kmh}^{-1}}\right)$$

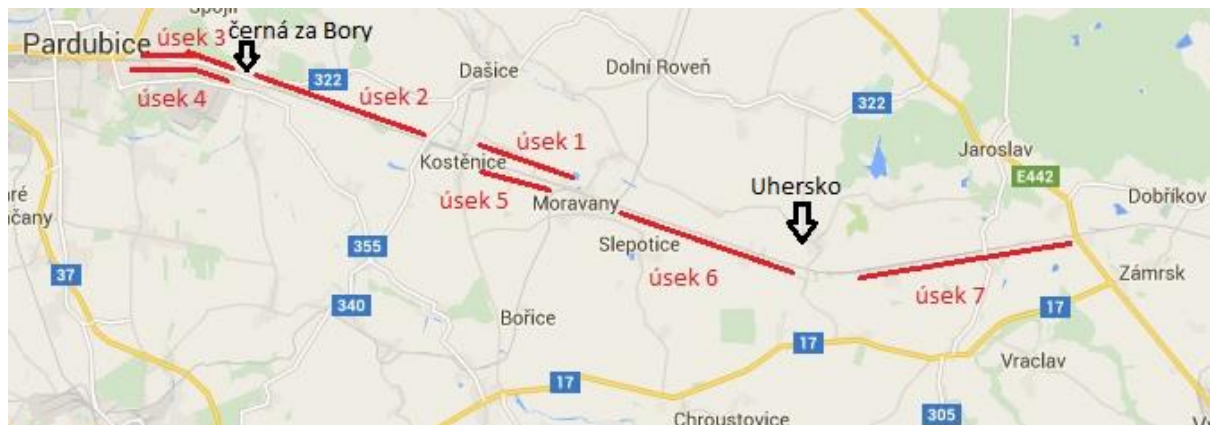
kde

$L_{pAeq,T}(v)$ [dB (A)] – je naměřená ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku A za 60 vteřin při konstantní rychlosti vozu po dobu měření

v [kmh⁻¹] – je konstantní rychlosti vozu po dobu měření

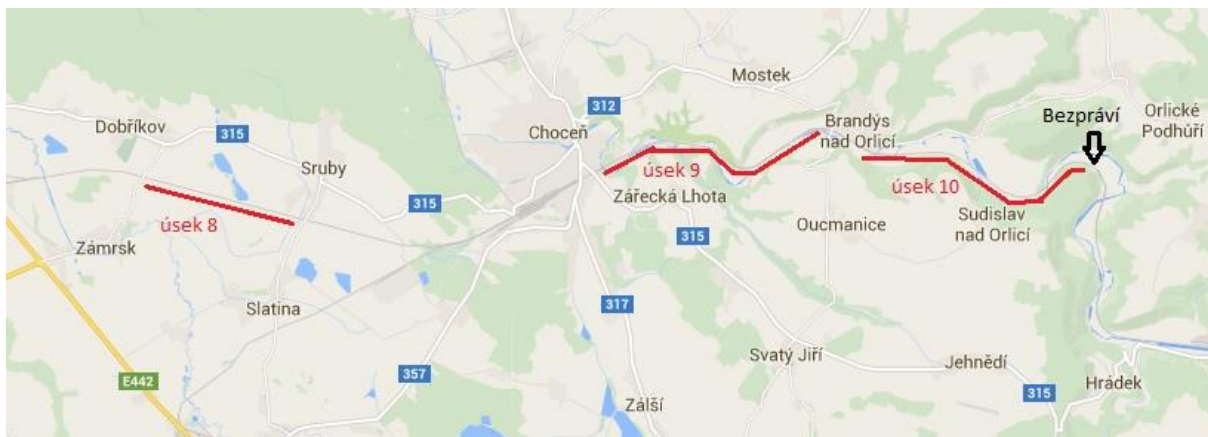
Měření bylo opakováno vždy ve stejných vozech na daných úsecích a bylo jím získáno 15 hodnot z každého vozu na daném úseku. Zaznamenávány byly hodnoty ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq,T}$ [dB (A)] s přesností na jedno desetinné místo. Naměřené hodnoty byly převedeny do aplikace Microsoft Excel, kde byly dále zpracovány a vyhodnoceny. Při zpracovávání dat jsem z naměřených hodnot určil základní charakteristiky, průměr, minimum a maximum.

Na třetí trati Pardubice – Česká Třebová, Obrázek 24 a Obrázek 25, bylo provedeno ještě doplňkové měření na 10 úsecích, na kterých byla měřena také ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku $L_{pAeq,T}$ a dále byla provedena kmitočtová analýza v třetinooktávových pásmech, podle normy EN ISO 266. Rozsah pásem byl zvolen 20 Hz až 16 kHz.



Obrázek 24 - Úseky 1 - 7 na trati Pardubice – Česká Třebová

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/> - upraveno



Obrázek 25 - Úseky 8 - 10 na trati Pardubice – Česká Třebová

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/> - upraveno

Zjednodušené schéma měřicí techniky National Instruments NI PXIe 1073, jež bylo použito na této trati, je znázorněno na Obrázku 26. Hlavní části této techniky jsou:

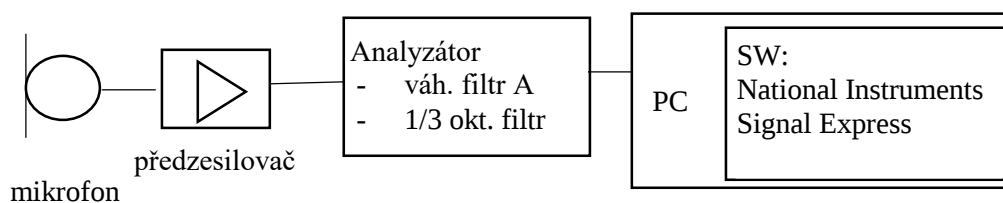
HW: Analyzátor hluku a vibrací National Instruments NI PXIe-1073 s měřicími kartami NI PXIe-4499,

měřicí mikrofón B&K 4188,

mikrofonní kalibrátor B&K 4231: 94 dB, 1000 Hz,

Notebook DELL Latitude E 6530

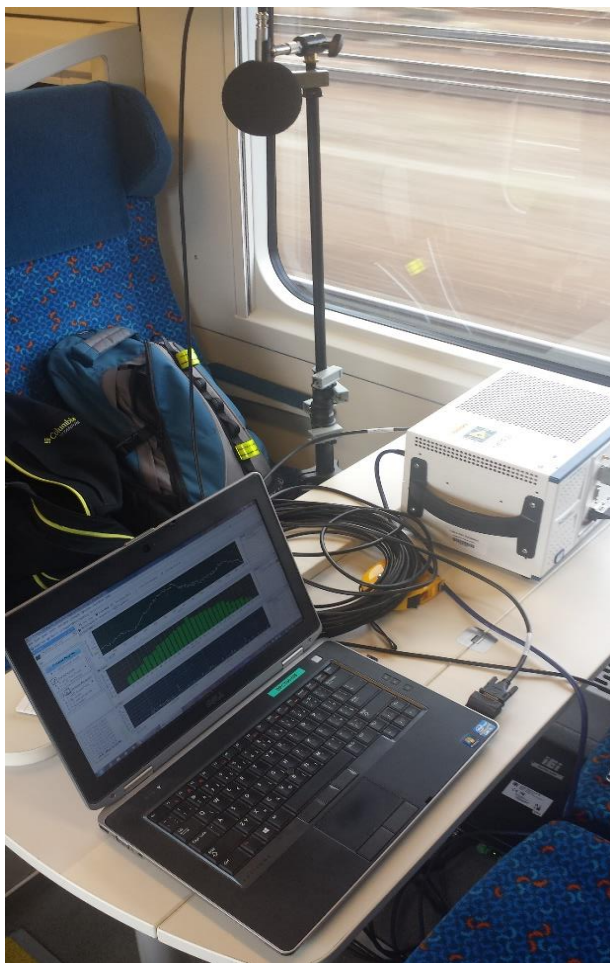
SW: National Instruments Signal Express s modulem Sound and Vibration.



Obrázek 26 - Zjednodušené schéma měřicího přístroje

Zdroj: autor Zjednodušené schéma měřicího přístroje.

Toto zařízení, na Obrázku 27 připraveno k měření, bylo taktéž zapůjčeno od akreditované laboratoře Univerzity Pardubice. Celý proces měření probíhal v souladu s normou pro měření hluku EN ISO 3381.



Obrázek 27 – Připravené měřicí zařízení National Instruments NI PXIe-1073

Zdroj: autor

Na trati Pardubice – Česká Třebová bylo naměřeno velké množství hodnot představujících průběh změny hladiny akustického tlaku L_{pA} , tyto hladiny hluku byly zaznamenávány po celém úseku měření v pravidelných časech a to po 0,15 vteřiny a souběžně byla na měřených úsecích provedena kmitočtová analýza.

Poté byly naměřené hodnoty průběhu změny hladiny akustického tlaku L_{pA} dále zpracovány v aplikaci Microsoft Excel, kde z nich byly určeny základní charakteristiky, průměr, minimum a maximum.

7 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH HODNOT A JEJICH VYHODNOCENÍ

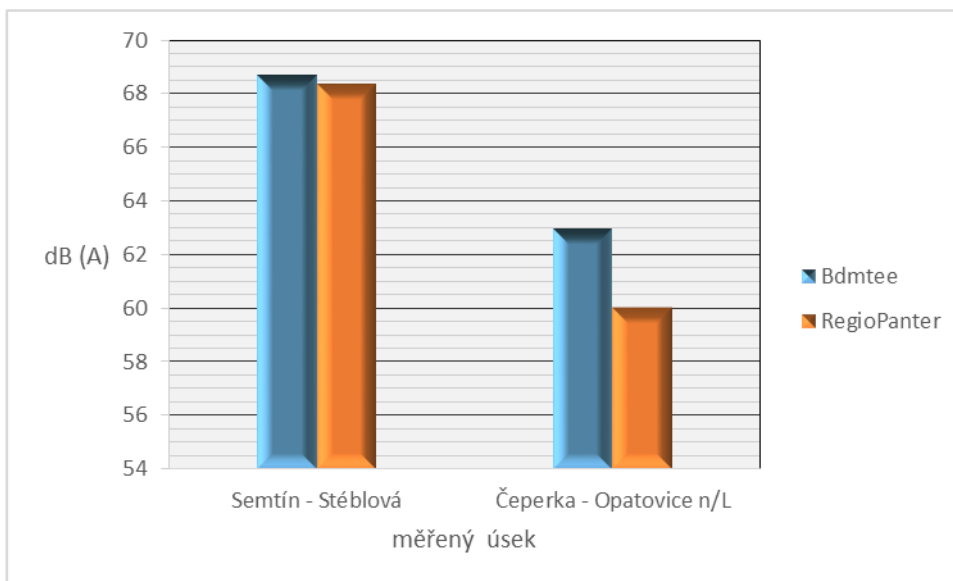
Významným faktorem ovlivňujícím úroveň hluku je rychlost, což se projevilo také na úrovni hluku uvnitř kolejových vozidel. Při vzrůstající rychlosti, pokud pomineme hluk trakce, se zvyšuje hladina hluku valení, ale zejména začne výrazně stoupat hladina aerodynamického hluku. To se také projevilo během měření. Jen pro ilustraci, ve voze značky RegioPanter, byla naměřena při konstantní rychlosti 95 kmh^{-1} ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ o velikosti 62,3 dB (A) a ve stejném voze, na stejném úseku, byla při konstantní rychlosti 120 kmh^{-1} naměřena ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ 66,3 dB (A), ale pokud tuto hodnotu přepočítáme pro rychlost 80 kmh^{-1} , liší se od sebe tyto hodnoty pouze o 0,04 dB (A).

Vraťme se k naměřeným hodnotám, které porovnáváme na zvolených úsecích, kde jsme srovnávali úroveň ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ uvnitř kolejových vozidel přepravujících osoby na vybraných tratích v běžném provozu. V tabulce 2 jsou průměrné hodnoty ekvivalentních trvalých hladin akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ naměřených na jednotlivých úsecích, dle železničních vozů, ve kterých měření probíhalo.

Tabulka 2 - Průměrné hodnoty na trati Pardubice - Hradec Králové

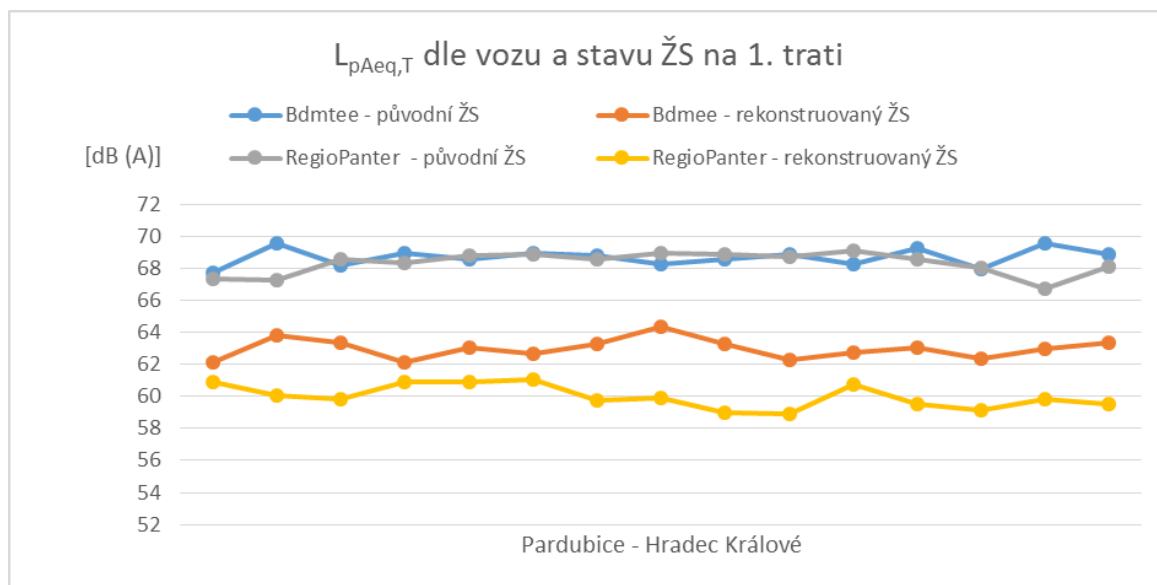
Typ ŽKV	[dB (A)]	[dB (A)]
	Semtín - Stéblová	Čeperka - Opatovice n/L
Bdmtee	69	63
RegioPanter	68	60

Jak je možné si z obrázku 28 všimnout, tak pokud se zaměříme na úseky na trati Pardubice – Hradec Králové, tak na úseku, kde byl položen železniční svršek již v roce 1990, jsou průměrné ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq, T}$, jímž jsou zatíženi cestující v železničních vozech, v obou měřených vozech téměř stejné. Na tomto úseku byl v podstatě smazán generační rozdíl mezi roky výroby železničních vozů. Pokud se ovšem podrobně podíváme na nově zrekonstruovaný železniční úsek, je zde vidět, ve srovnání s prvním úsekem, výrazný pokles hladiny akustického tlaku až o 8 dB (A) způsobený provedenou rekonstrukcí železniční tratě. Graf v podstatě znázorňuje, jak byla rekonstrukce, co se týká hladiny hluku, účinná.



Obrázek 28 - Srovnání průměrných naměřených hodnot dle typů ŽV na 1. trati

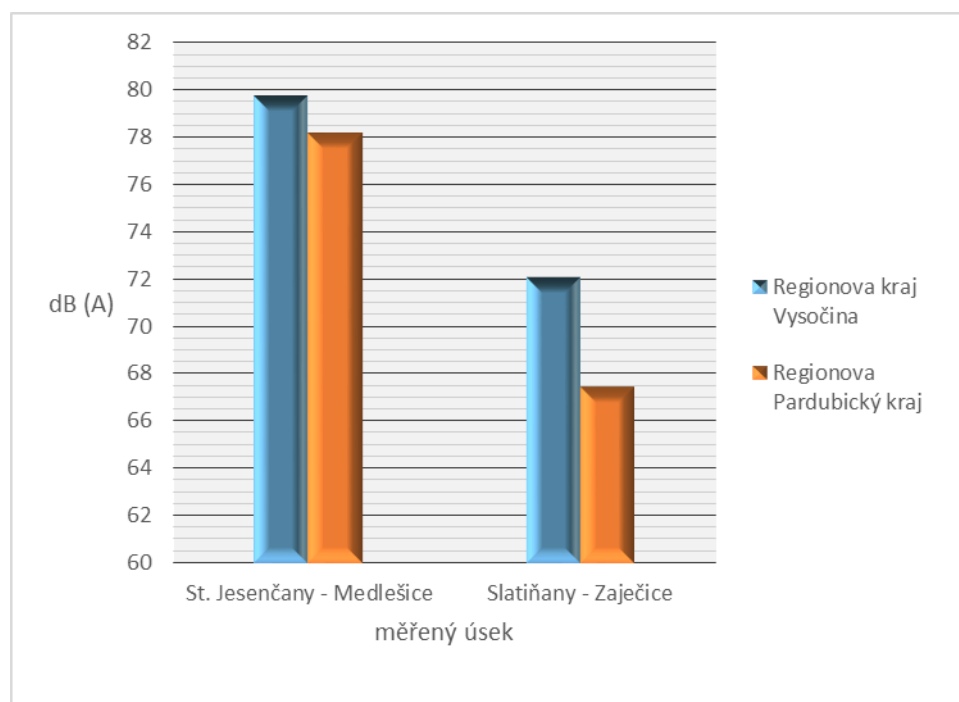
Na obrázku 29 jsou zobrazeny rozdíly mezi naměřenými ekvivalentními trvalými hladinami akustického tlaku $L_{pAeq,T}$ v jednotlivých typech železničních vozů při jízdě na původní a zrekonstruované trati. Na starším úseku rozdíly téměř žádné nejsou, což dosti vypovídá o stavu železničního svršku, který pravděpodobně ztratil jednu ze svých důležitých vlastností, kterou je tlumení a pohlcování hluku ze železniční dopravy. Dále jsou na grafu zobrazeny rozdíly v naměřených hodnotách na zrekonstruované trati, ty mohou být způsobeny rozdílem v letech výroby vozů, protože osobní železniční vozy Bdmtee byly vyrobeny na konci devadesátých let a vlakové soupravy RegioPanter o více než dvacet let později.



Obrázek 29 - Srovnání naměřených hodnot dle ŽV na 1. trati

Vliv na hladinu zvuku uvnitř vozů může mít také celkové opotřebení dílů starších vozů, přesto že vozy Bdmtee prošly rekonstrukcí. Všechny železniční vozy, dle typů, mají od výrobce předepsány servisní intervaly, kdy a která část vozu musí být zkontrolována nebo vyměněna. Těchto úkonů je celá řada a bez jejich provedení není možné ŽKV vypravit na trať.

Pokud si podrobně prohlédneme Obrázek 30 s úseky na trati Pardubice – Havlíčkův Brod, vidíme, že na úseku, s železničním svrškem položeném v roce 1989, rozdíly mezi naměřenými průměrnými ekvivalentními trvalými hladinami akustického tlaku $L_{pAeq,T}$ v jednotlivých vozech téměř nejsou, tak jako u předchozích výsledků.



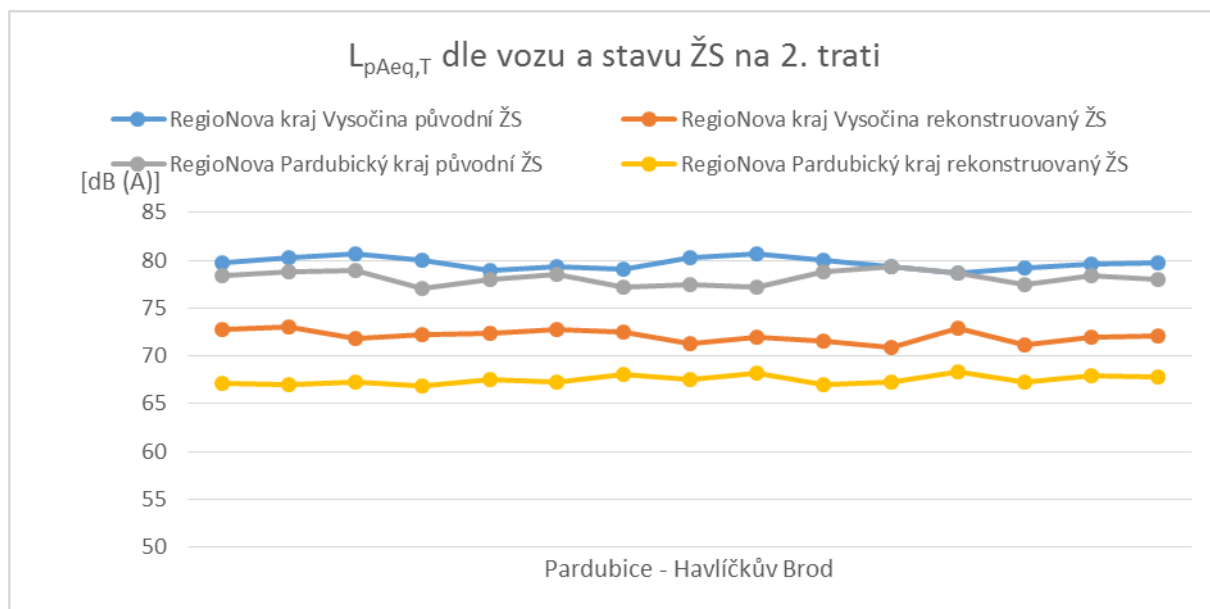
Obrázek 30 - Srovnání průměrných naměřených hodnot dle typů ŽV na 2. trati

Hlučnost v ŽKV jedoucích po trati položené před více než patnácti lety může mít několik příčin, ať už se jedná o překonaný způsob konstrukce železničního svršku, použité materiály obvyklé v době pokládky železničního svršku, drsnost kolejí nebo postupné zanášení šterkového podloží, ve větším měřítku je toto patrné u tratí vedoucích mezi poli. I přes pravidelné kontroly kolejí a železničního svršku, jejich údržbu, jako například broušení kolejí dle jejich aktuálního stavu, čištění šterkového podloží a obměnu pražců, je vidět velký rozdíl hlukové hladiny proti nově rekonstruované trati. Železniční svršek totiž výrazným způsobem přispívá k tlumení hluku vznikajícího v železniční dopravě. Na zrekonstruovaném úseku této trati jsou již patrné rozdíly mezi průměrnými ekvivalentními trvalými hladinami akustického tlaku $L_{pAeq,T}$ o 8 až 11 dB (A) nižší ve srovnání s jízdou po železničním svršku staršího patnácti let, viz tabulka 3.

Tabulka 3 - Průměrné hodnoty na trati Pardubice - Havlíčkův Brod

Typ ŽKV	[dB (A)]	[dB (A)]
	St. Jesenčany - Medlešice	Slatiňany - Zaječice
Regionova kraj Vysočina	80	72
Regionova Pardubický kraj	78	67

Je zde patrná účinnost rekonstrukce trati, která výrazným způsobem přispěla nejen ke zvýšení komfortu jízdy cestujících, ale můžeme si zde všimnout i rozdílu 5 dB (A) mezi vozy jiných souprav i přesto, že tyto vozy jsou stejného typu. Tento rozdíl může být způsoben zejména rozdílem v letech výroby, průběhem kilometrů a celkovým opotřebením částí vozů. Celkový přehled o tom, jaké hodnoty byly naměřeny v jednotlivých vozech na obou vybraných úsecích této trati, je přehledně zobrazen na obrázku 31.



Obrázek 31 - Srovnání naměřených hodnot dle ŽV na 2. trati

Při srovnání rozdílů mezi naměřenými hodnotami v jednotlivých vozech na obou úsecích se dá usuzovat, že trať s dříve položeným svrškem je na tom podobně, jako na úseku Semtín – Stéblová, že železniční svršek na tomto úseku již správně netlumí hluk a vibrace ze železniční dopravy.

Dále byla měřena hladina akustického tlaku L_{pA} , na deseti úsecích trati Pardubice – Česká Třebová, viz tabulka 4, a provedena kmitočtová analýza.

Tabulka 4 - Přehled úseků na trati Pardubice - Česká Třebová

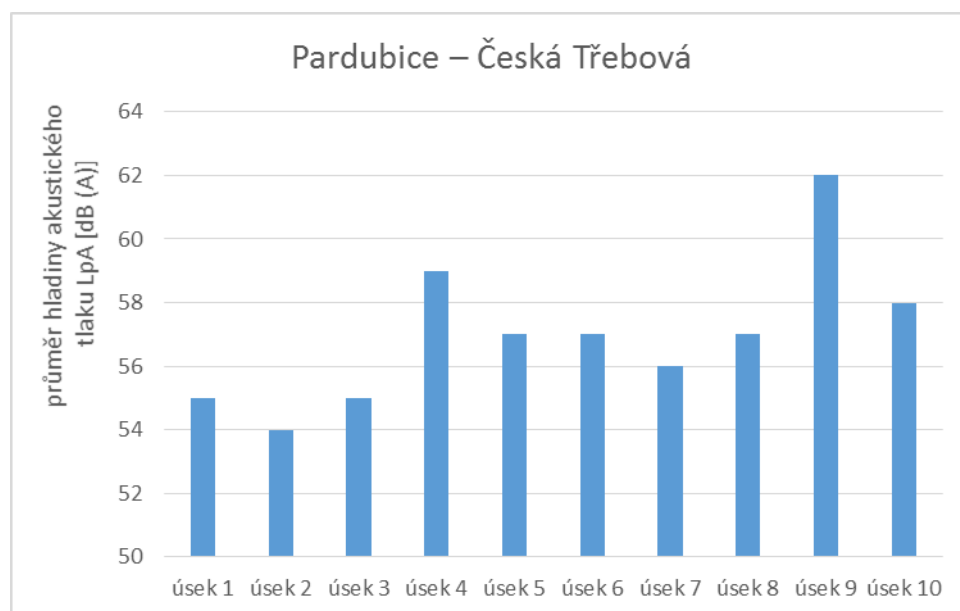
číslo měřeného úseku	měřený úsek	číslo měřeného úseku	měřený úsek
1	Moravany - Kostěnice	6	Moravany - Uhersko
2	Kostěnice - Pce Černá za Bory	7	Uhersko - Zámorsk
3	Pce Černá za Bory - Pardubice	8	Zámorsk - Sruby
4	Pardubice - Pce Černá za Bory	9	Choceň - Brandýs nad Orlicí
5	Kostěnice - Moravany	10	Brandýs nad Orlicí - Bezprávi

Měřením jsme získali velké množství dat s přesností na čtyři desetinná místa. Hodnoty byly zpracovány a stanovena střední aritmetická hodnota, každé sady měření, a poté zaokrouhlena na nejbližší celý decibel. Takto zpracovaná data jsou uvedena v následující tabulce 5.

Tabulka 5 - Naměřené hodnoty na trati Pardubice - Česká Třebová

číslo měřeného úseku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
počet naměřených hodnot	372	512	162	356	434	420	512	432	512	512
průměr hladiny akustického tlaku L_{pA} [dB (A)]	55	54	55	59	57	57	56	57	62	58

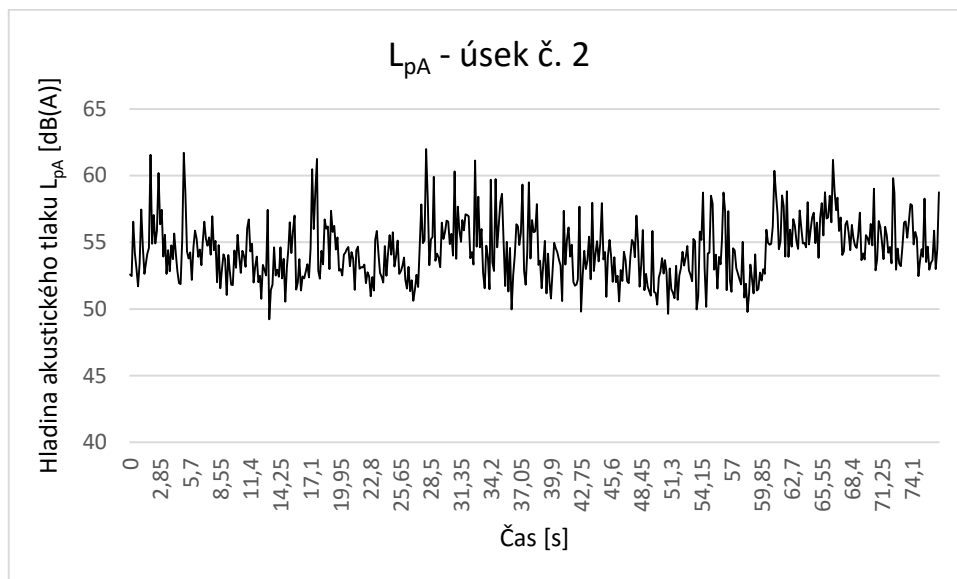
Na obrázku 32 jsou sloupcově porovnány průměry hladin akustického tlaku L_{pA} , zaokrouhlené na celé dB, měřených úseků.



Obrázek 32 - Průměry hladin akustického tlaku na jednotlivých úsecích

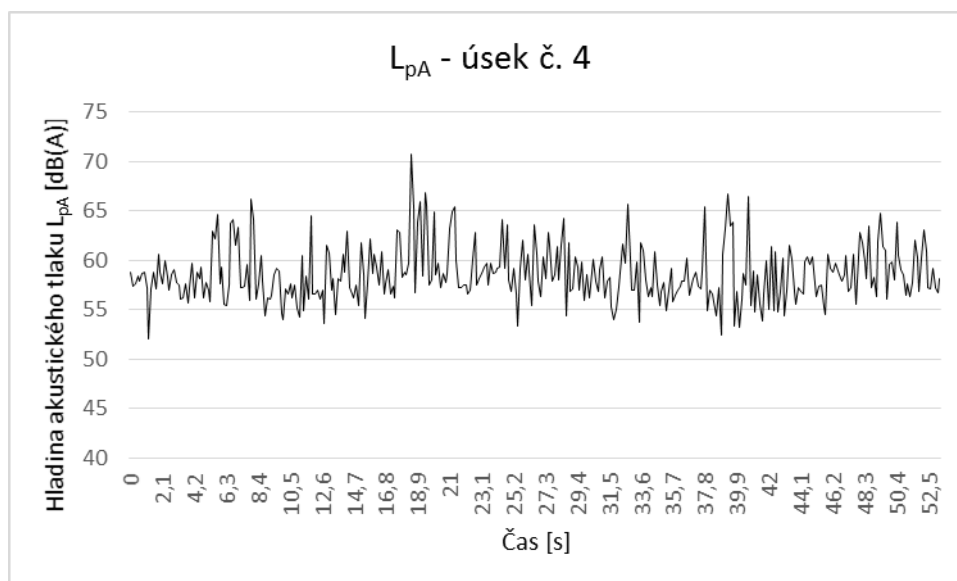
Pro srovnání přikládám spojnicové grafy znázorňující změnu hladiny akustického tlaku L_{pA} naměřených při průjezdu jednotlivými úseky trati. Při měření na vytížené trati Pardubice –

Česká Třebová sice nebylo možné zamezit míjení protijedoucích vlaků, ale o to zajímavější data byla získána. Byly vybrány grafy na obrázku 33, obrázku 34 a obrázku 35.



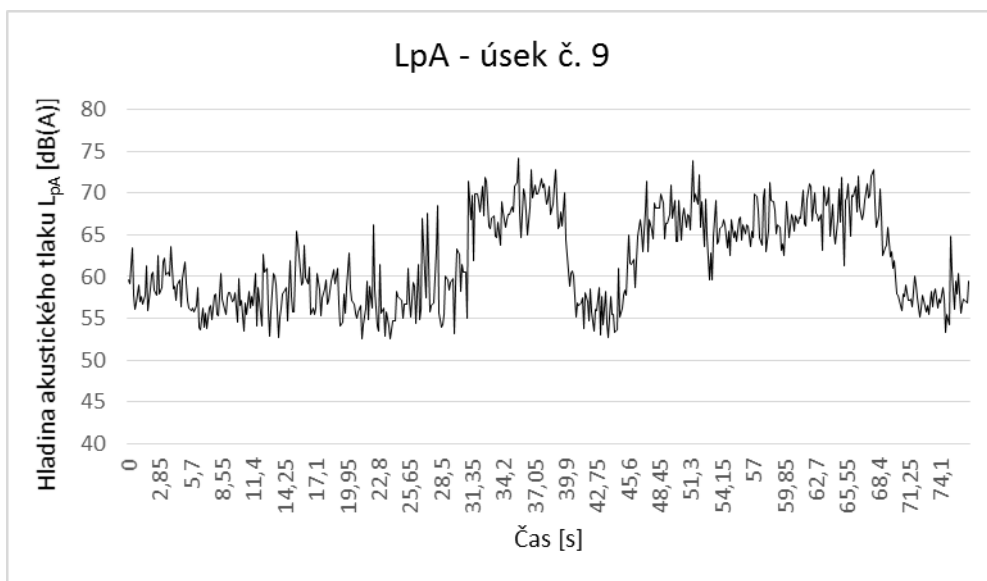
Obrázek 33 - Změnu hladiny akustického tlaku na 2. úseku

Úsek č. 2 byl vybrán, protože se jednalo o měření na úseku bez oblouků a bez míjení vlaků.



Obrázek 34 - Změnu hladiny akustického tlaku na 4. úseku

Měření na úseku č. 4 mělo určitá specifika, na tomto úseku je podél trati postavena protihluková stěna a na tomto úseku se během měření mýjely protijedoucí vlaky, a proto jsou naměřené hodnoty vyšší, než hodnoty naměřené na druhém úseku.



Obrázek 35 - Změnu hladiny akustického tlaku na 9. úseku

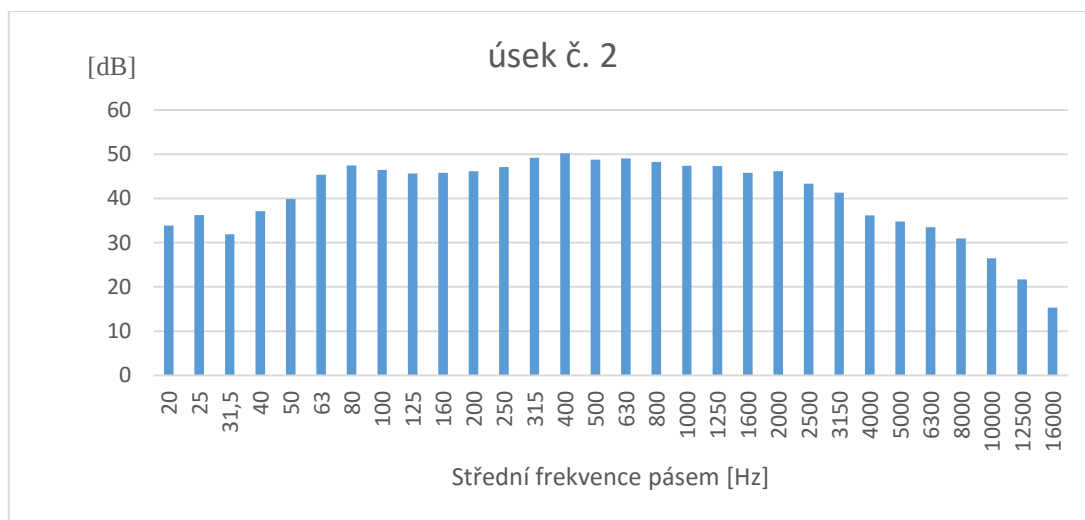
Obrázek 35 přehledně znázorňuje změnu hladiny akustického tlaku L_{pA} při jízdě vlakové soupravy v obloucích z Chocně do Brandýsa nad Orlicí.

Pro frekvenční analýzu byl použit třetinooktávový kmitočtový rozsah, který se používá zejména pro určení zdrojů hluku – jednotlivých komponentů. Následující tabulka 6 znázorňuje střední a mezní, dolní a horní, frekvence třetinooktávových pásem:

Tabulka 6 - Přehled středních a mezních frekvencí třetinooktávových pásem

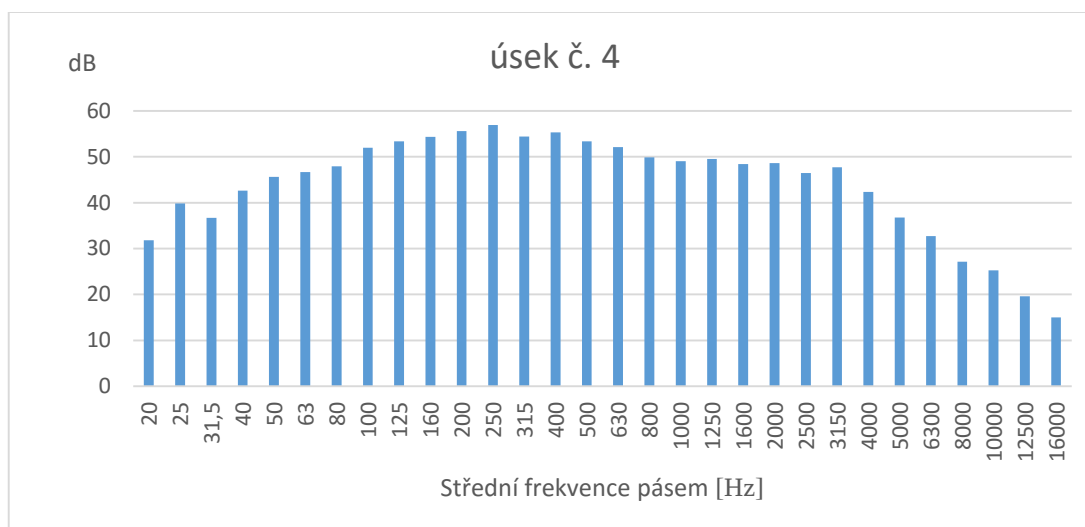
střední frekvence třetinooktávového pásma [Hz]	mezní frekvence		střední frekvence třetinooktávového pásma [Hz]	mezní frekvence	
	dolní [Hz]	horní [Hz]		dolní [Hz]	horní [Hz]
20	18	22	630	565	707
25	22	28	800	707	880
31,5	28	35	1000	880	1130
40	35	44	1250	1130	1414
50	44	57	1600	1414	1760
63	57	71	2000	1760	2250
80	71	88	2500	2250	2825
100	88	113	3150	2825	3530
125	113	141	4000	3530	4400
160	141	176	5000	4400	5650
200	176	225	6300	5650	7070
250	225	283	8000	7070	8800
315	283	353	10000	8800	11300
400	353	440	12500	11300	14140
500	440	565	16000	14140	17600

Pro porovnání frekvenční analýzy jsou zobrazeny grafy, na obrázku 36, obrázku 37 a obrázku 38, kmitočtových analýz pořízených na stejných úsecích, jako výše zobrazené grafy změn hladiny akustického tlaku L_{pA} .



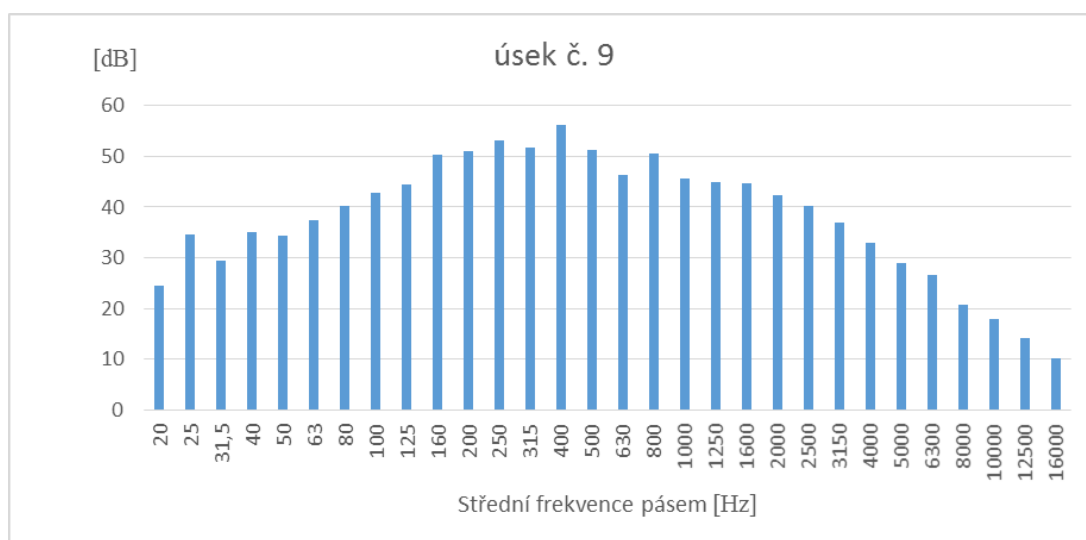
Obrázek 36 - Kmitočtová analýza na 2. úseku

Úsek č. 2, trať bez oblouků a jiných výrazností.



Obrázek 37 - Kmitočtová analýza na 4. úseku

Úsek č. 4, trať je sice bez oblouků, ale v průběhu měření se na tomto úseku měly protijedoucí vlaky.



Obrázek 38 - Kmitočtová analýza na 4. úseku

Úsek č. 9 byl vybrán zejména proto, že se jedná o trať s oblouky, které se projevily, jak při měření hladiny akustického tlaku L_{pA} , tak při provádění kmitočtové analýzy.

Protože srovnáváme úseky velmi rozdílné, tak nejvyšší podíl v akustickém signálu u zobrazených analýz má střední frekvenční pásmo cca od 100 do 2500 Hz.

8 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval měřením hluku uvnitř osobních železničních vozů v oddílech 2. třídy. K tomuto měření jsem zvolil celkem tři různé traťové úseky: 1. Pardubice – Hradec Králové, 2. Pardubice Havlíčkův Brod a 3. Pardubice – Česká Třebová. Na první trati byla měřena ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ ve dvou typech železničních vozů, mezi typy železničních vozů je zhruba dvacetiletý rozdíl v letech výroby, na dvou zvolených úsecích této trati, které byly stanoveny tak, aby bylo možné porovnat naměřenou ekvivalentní trvalou hladinu akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ v ŽV, nejen mezi sebou, ale i při jízdě po železničním svršku z konce devadesátých let a železničním svršku, který byl kompletně zrekonstruován v roce 2015.

Při celkovém srovnání naměřených hodnot v obou ŽV a obou úsecích trati je možné si všimnout, že původní trať je s velkou pravděpodobností ve špatném stavu a železniční svršek správně neplní funkci pohlcování hluku, protože dle naměřených hodnot nejsou patrné rozdíly mezi jednotlivými typy ŽV. Nejen že jsou tyto vozy od sebe dosti vzdáleného roku výroby, ale vozu RegioPartner bylo při jeho výrobě využito modernějšího způsobu výroby, novějších technologií, lehčích materiálů a je aerodynamicky lépe navržen. Tyto zmíněné poznatky jen potvrzují srovnání naměřených hodnot na modernizovaném úseku, tam jsou rozdíly viditelné. Rozdíl průměru naměřených hodnot jsou sice jen 3 dB (A), ale z pohledu cestujícího, je tento rozdíl opravdu znatelný. Samozřejmě, že tento rozdíl cestující pocítí o to víc, když jede železniční souprava po trati, kde se střídají úseky položené v devadesátých letech s úseky kompletně modernizovanými. Problém je, že normativně stanovena maximální ekvivalentní trvalá hladina akustického tlaku $L_{pAeq, T}$, která musí být dodržena v osobních ŽV, je zavedena pouze taková smluvní hodnota a to 68 dB (A) pro vozy 2. třídy, tak pokud se podíváme ještě jednou na naměřené hodnoty, tak na trati z devadesátých let v úseku Semtín – Stéblová, Bdmtee - 69 dB (A), RegioPanter - 68 dB (A), nová souprava tuto hodnotu splnila přesně a starší vůz ji jen těsně, o 1 dB (A), převýšil. Na modernizovaném úseku Čeperka - Opatovice n/L, Bdmtee - 63 dB (A) RegioPanter - 60 dB, je doporučená hodnota dodržována.

Pro měření na trati Pardubice – Havlíčkův Brod, za stejných podmínek, byly zvoleny motorové jednotky RegioNova, vozy řady 814, rozdílného roku výroby a celkového proběhu kilometrů, tak při celkovém srovnání, si opět můžeme všimnout, jak se na úseku, s před lety položeným železničním svrškem, St. Jesenčany - Medlešice téměř stírají rozdíly mezi naměřenými hodnotami u dvou železničních spojů RegioNov, RegioNova kraj Vysočina – 80 dB (A)

a RegioNova Pardubický kraj - 78 dB (A). Hodnoty jsou sice podobné, ale doporučených 68 dB (A) obě vybrané jednotky výrazně překračují. I když jsou na trati Pardubice – Havlíčkův Brod některé úseky rekonstruované, tak pokud vezmeme v úvahu, jak působí hluk na člověka, určitě nebude ze zdravotního hlediska v pořádku, pokud jsou osoby vystaveny hluku mezi 70 dB (A) a 80 dB (A) celou dvouhodinovou cestu například po pracovní době. Na zrekonstruovaném úseku Slatiňany - Zaječice jsou naměřené hodnoty sice výrazně nižší, RegioNova kraj Vysočina - 72 dB (A) a RegioNova Pardubický kraj - 67 dB (A), ale doporučenou hodnotu splňuje pouze jedna souprava. Hlavním důvodem výrazného snížení ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ je provedená rekonstrukce železničního svršku, ale i tak jsou naměřené hodnoty celkem vysoké, a protože bylo měření provedeno na rovném úseku bez oblouků, můžeme tyto vysoké hodnoty přisuzovat aktuálnímu stavu ŽV.

Na třetí trati Pardubice bylo provedeno měření na jedné železniční soupravě, známé jako InterPanter, pro srovnání ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ jednotlivých úseků a provedení třetinooktávové analýzy. Měřeno bylo na desíti vybraných úsecích této trati a nejvyšší průměrná hodnota hladin akustického tlaku L_{pA} byla 62 dB (A), což doporučenou hodnotu splňuje, přestože trať Pardubice – Česká Třebová je dle statistických údajů shromážděných SŽDC zařazena dle provozního zatížení do řádu 2, určuje se dle provozního zatížení trati v milionech hrubých tun, což znamená, že tato trať je značně namáhána a je náchylnější k opotřebení, než trať Pardubice – Hradec Králové v řádu 5 nebo Pardubice – Havlíčkův Brod v řádu 6. Elektrická jednotka InterPanter je téměř nová, v provozu je od dubna tohoto roku, ale vybraná trať není nově rekonstruovaná.

Dle provedených měření lze usoudit, že postupná modernizace železničního vozového parku Českých drah, a. s., přispívá sice ke zvýšení komfortu cestujících, stejně jako modernizace a kompletní rekonstrukce železničních svršků SŽDC, s. o., ale tyto úkony se odvíjí od dostupných prostředků. Toto ovšem neomlouvá stávající situaci na regionálních železničních tratích, na kterých jsou využívány k přepravě cestujících vozy, ve kterých je hodnota ekvivalentní trvalé hladiny akustického tlaku $L_{pAeq, T}$ opravdu vysoká a pro pravidelné delší cesty nevyhovující. Dle schválené směrnice 2002/49/ES, o hodnocení a snižování hluku ve venkovním prostředí, a jejím zapracování do právního řádu České republiky, by stálo za úvahu, zabývat se stanovením limitu hluku, který by musel být dodržován v železničních vozech, a podrobit tuto situaci podrobnému zkoumání.

POUŽITÁ LITERATURA

1. Zákony pro lidi, Zákon o drahách č. 266/1994 Sb., [online], [cit. 1. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266#cast1>
2. Základní pojmy z oblasti mechaniky v dopravě, [online], [cit. 6. 5. 2016], Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Zakladni_pojmy.htm
3. ČTK, Na železnici loni zahynulo o 44 lidí méně než v předešlém roce. Škody na majetku se zdvojnásobily [online], Poslední revize: 1. 3. 2016, [cit. 8. 5. 2016], Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/domaci/lidi-kteri-loni-zahynuli-na-zeleznici-ubylo-skody-na-majetku/r~effc2346df9c11e5819a002590604f2e/>
4. SŽDC, R1 - Organizační řád SŽDC, s. o., [online], [cit. 1. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.szdc.cz/documentpublisher/download?documentId=1%3B%23e1f88eeb-7fd1-4aab-ba5a-fbbbd6be9992&contentId=0>
5. Reichl J., Všeticka M. Encyklopedie fyziky, Akustika a její dělení, [online], [cit. 8. 5. 2016], Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/214-akustika-a-její-deleni>
6. Ústav fyziky a materiálového inženýrství, Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice [online], [cit. 8. 5. 2016], Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf
7. Wikiskripta, Biofyzika sluchu, [online], [cit. 10. 5. 2016], [ISSN 1804-6517], Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Biofyzika_sluchu
8. European Environment agency, *Good practice guide on noise exposure and potential health effect*, European Environment agency, 2010, ISBN 978-92-9213-140-1. [online], [cit. 2. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise>
9. Státní zdravotní ústav, *Zdravotní účinky hluku*, [online], [cit. 2. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>
10. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Obtěžování hlukem, [online], Poslední revize 01. 12. 2015, [online], [cit. 2. 5. 2016], Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/obtezovani-hlukem_3422_30.html

11. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Úvodní stránka SHM, [online], Poslední revize 03. 12. 2015, [online], [cit. 10. 5. 2016], Dostupné z:
http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/uvodni-stranka-shm_3375_30.html
12. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Principy SHM, [online], Poslední revize 30.11.2015, [cit. 10. 5. 2016], http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/principy-strategickeho-hlukoveho-mapovani_3400_30.html
13. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Kolo 2007, [online], Poslední revize 01. 12. 2015, [cit. 10. 5. 2016], http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3388_30.html
14. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Kolo 2012, [online], Poslední revize 01. 12. 2015, [cit. 10. 5. 2016], http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3392_30.html
15. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Kolo 2017, [online], Poslední revize 13. 12. 2015, [cit. 10. 5. 2016], http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3396_30.html
16. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Metodiky výpočtu SHM, [online], Poslední revize 30. 11. 2015, [cit. 11. 5. 2016], http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/metodiky-vypoctu-shm_3405_30.html
17. Zákony pro lidi, Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb., [online], [cit. 15. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
18. DUDOVÁ J., Aktuální otázky snižování hluku ve venkovním prostředí v kontextu ústavního práva, Právnická fakulta MU Brno, [online], [cit. 12. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.law.muni.cz/sborniky/Days-of-public-law/files/pdf/ustava/Dudova.pdf>
19. Zákony pro lidi, Vyhláška o hlukovém mapování č. 523/2006 Sb., [online], [cit. 18. 5. 2016], Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-523>
20. Zákony pro lidi, Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací č. 272/2011 Sb., [online], [cit. 16. 5. 2016], Dostupné z:
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>
21. Hluk a emise, Zdroje hluku a přehled nástrojů řešení, [online], [cit. 20. 5. 2016], Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/zdroje-hluku-a-prehled-nastroju-reseni/>

22. WIKIPEDIE otevřená encyklopedie, Vůz Bdmtee, [online] Poslední revize 9. 5. 2016 [cit. 16. 5. 2016]
https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C5%AFz_Bdmtee281,_275_%C4%8CD
23. WIKIPEDIE otevřená encyklopedie, RegioPanter [online], Poslední revize 5. 4. 2016 [cit. 20. 5. 2016], Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RegioPanter>
24. WIKIPEDIE otevřená encyklopedie, Motorová jednotka 814, [online], Poslední revize 28. 4. 2016 [cit. 20. 5. 2016], Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%A1_jednotka_814
25. WIKIPEDIE otevřená encyklopedie, InterPanter, [online], Poslední revize 15. 4. 2016 [cit. 20. 5. 2016], Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/InterPanter>