

Kristýna Neubergová, Lukáš Týfa, David Vašica, Libor Ládyš

## VLIV RŮZNÝCH KONSTRUKCÍ ŽELEZNIČNÍHO SVRŠKU NA HLUK ZE ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

*Příspěvek je zaměřen na problematiku hluku ze železniční dopravy. Klíčovým tématem je vliv různých konstrukcí železničního svršku na hladinu akustického tlaku. V úvodu jsou diskutovány obecné zákonitosti vzniku a šíření hluku ze železniční dopravy. Následuje část věnovaná vlastním terénním měřením, která probíhala v letech 2011 a 2012. Pro měření byly vybrány takové lokality, které umožňovaly měření průjezdu jedné vlakové soupravy vždy současně na dvou místech vybrané trati s rozdílným stavem železničního svršku. Tato část je doplněna o fotodokumentaci, která dokresluje výběr lokalit i samotný průběh měření. V závěru příspěvku jsou pak naměřená data vyhodnocena, a to jak v textové, tak také v grafické podobě a získané výsledky jsou shrnuty a zobecněny.*

**Klíčová slova:** železniční doprava, hluk, hladina akustického tlaku, měření hluku

### 1. ÚVOD

Problematika hluku z dopravy patří mezi aktuální témata dneška. Přestože se o ní větší měrou hovoří v souvislosti s dopravou silniční, ani doprava železniční nezůstává mimo zájem odborníků a veřejnosti. Když bylo v roce 2007 na základě směrnice 2002/49/ES provedeno hlukové mapování, jehož cílem bylo zjistit současný stav v oblasti zatíženosti obyvatel dopravním hlukem, zjistilo se, že hlukem ze silniční dopravy přesahujícím 55 dB je přes den dotčeno téměř 90 milionů obyvatel EU. Přičemž podle World Health Organization již hluk nad 55 dB je do velké míry obtěžující a může způsobit celou řadu

onemocnění [3]. Počet obyvatel zasažených hlukem ze železniční dopravy je sice nižší, jedná se o cca 10 milionů obyvatel EU, kteří jsou přes den vystaveni hluku nad 55 dB, ale rozhodně to není číslo zanedbatelné. Hlukové mapování v České republice sice potvrdilo předpoklad, že se na prokázaném obtěžování hlukem podílí z více než 95 % doprava silniční, přesto rozhodně nelze hluk z dopravy železniční považovat za marginální.

Tématem předloženého příspěvku je shrnutí výsledků měření hluku ze železniční dopra-

vy, která probíhala v uplynulých dvou letech. Cílem těchto měření bylo získání a vyhodnocení hodnot akustického tlaku v závislosti na železničním svršku. V rámci projektu TAČR s názvem „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jezdících vlaků“ (2011–2013), na jehož řešení se podílejí ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů a firma EKOLA group, spol. s r.o., proběhla měření hluku ve vybraných lokalitách a prvotní výsledky jsou shrnuty v závěru příspěvku.

### 2. HLUK ZE ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY, JEHO ZDROJE A ŠÍŘENÍ

Zvuk je nedílnou součástí životního prostředí člověka, jehož prostřednictvím člověk získává důležitý podíl informací o okolním světě. Zvuk je postupné podélné mechanické vlnění pružného prostředí, které vnímáme sluchem. Hluk je pak chápán jako každý nechtěný zvuk, který nás obtěžuje či ruší a který má škodlivé účinky na lidské zdraví.

Legislativně zavedeným deskriptorem pro hodnocení hluku v životním prostředí je ekvivalentní hladina akustického tlaku  $L_{Aeq,T}$ , která se vždy vztahuje k určitému časovému intervalu. Tato veličina je definována jako hladina akustického tlaku zvuku ustáleného, který by měl v daném časovém intervalu energetický obsah stejný jako daný zvuk proměnný a tedy i předpokládané stejné škodlivé účinky. Stanoví se jako energetický průměr z hladin akustického tlaku A vyskytujících se v daném intervalu, udává se v decibelech [dB] a její hodnota je frekvenčně korigovaná pomocí pásmového váhového filtru, který je použit z důvodu nestejné citlivosti lidského ucha na hluk různého kmitočtu.

Dalším deskriptorem, který je používán především tam, kde je hluk prostředí výsledkem řady identifikovatelných hlukových událostí (diskrétní hlukové události, např. jednotlivé průjez-

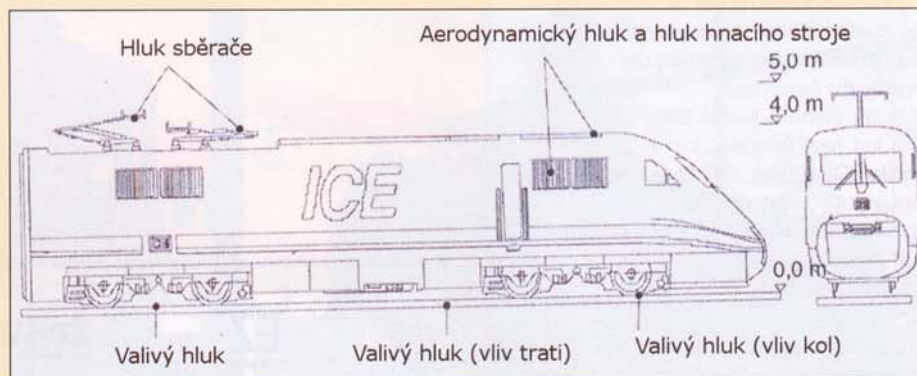
dy vozidel daným úsekem, přelety letadel), je hladina expozice zvuku  $L_{Ae}$ . V tomto případě je naměřený akustický tlak hodnocený v libovolně dlouhém časovém intervalu vztažen na normovanou dobu 1s. To umožňuje porovnávat jednotlivé události mezi sebou. Pokud známe hodnoty hladiny expozice zvuku jednotlivých událostí a jejich četnost, můžeme na základě definovaného vztahu určit ekvivalentní hladinu akustického tlaku v daném místě za zvolené časové období.

V rámci železniční dopravy lze rozlišit čtyři hlavní příčiny generované akustické energie, a to jízda vlaků po širé trati, činnost roz-

hlasových zařízení pro informaci zaměstnanců a veřejnosti, provoz na železničních stanicích, zejména na seřadovacích stanicích s regulací rychlosti odvěsů kolejovými brzdami, a dále pak se jedná o zvukové návěsti.

Další text je zaměřen pouze na první okruh, tedy na hluk indukovaný jízdou vlaků po širé trati. Obecně lze říci, že hluk vlaku pohybujícího se po trati působí na okolí souborem hluků vyzařovaných z několika zdrojů (viz obr. 1 [1]).

Mezi základní zdroje hluku z železniční dopravy řadíme aerodynamický hluk, hluk hna-



Obr. 1 Typy hluku

[1]

ciho agregátu a pomocných pohonů a hluk valivý. U elektrické trakce je ještě zhruba ve výšce 5 metrů generován hluk sběrače. Aerodynamický hluk, který se zvyšuje s rychlostí jízdy (u vlaků vysokorychlostních převládá tento typ hluku nad ostatními), vzniká v důsledku proudění vzduchu a turbulence vzduchu kolem vozů, jejich podvozků a oko-

lo sběračů. Hluk z hnacích agregátů a pomocných pohonů zahrnuje hluk hnacích motorů, převodů, polovodičových měničů a chladicích ventilátorů. Valivý hluk je vyvolán zejména stykem dotykové plochy kola s kolejnici, vzniká také ale ve všech místech v podvozku, kde se vlivem otáčení dvojkolí vyskytuje tření.

Velikost nepříznivých vlivů hluku závisí především na způsobu vedení trasy železniční trati, druhu trakce, konstrukci a na technickém stavu železničního svršku, technickém stavu vozidel a na intenzitě a rychlosti provozu. Šíření hluku prostředím je závislé na klimatických podmínkách, konfiguraci a druhu povrchu okolního terénu.

### 3. MĚŘENÍ HLUKU ZE ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Před tím, než bude započato s měřením, je vždy třeba analyzovat jeho účel a stanovit cíle následného vyhodnocení. V první řadě je nezbytné zvolit vhodné lokality a konkrétní místa měření a stanovit v souladu s platnou legislativou metodiku měření. V rámci projektu probíhala synchronní měření na vybraných lokalitách vždy tak, aby byla zjištěna hluková expozice od jedné vlakové soupravy na různých konstrukcích železničního svršku a v různé míře opotřebenosti.

K měření byly použity integrální zvukoměry Norsonic, které byly na každém ze stanovišť umístěny vždy tři v různých výškách a vzdálenostech (ve vzdálenosti 7,5 m od osy koleje a výšce 1,2 m a 3,5 m nad temenem kolejničky a dále pak ve vzdálenosti 25 m od osy koleje a výšce 3,5 m nad temenem kolejničky).

Měření probíhala vždy současně na dvou místech traťového úseku s rozdílným železničním svrškem (odlišný typ upevnění, tvar kolejničky a materiál pražců, příp. použití klasické konstrukce v porovnání s pevnou jízdní dráhou, rozdílná míra opotřebenosti) tak, aby bylo možné díky stejným projíždějícím vlakovým soupravám vzájemně porovnat hlukové emise z obou stanovišť a lépe tak určit vliv konstrukce železničního svršku na hladinu akustického tlaku.

Pro vyhodnocení hluku ze železniční dopravy byla zvolena metoda porovnání hladin zvukové expozice  $L_{AE}$  při jednotlivých průjezdech vlaku. Deskriptor expozice zvuku  $L_{AE}$  tzv. sekundová hladina SEL (Sound Exposure Level), je podrobněji popsána v předcházející části tohoto textu.

Samotná měření pak probíhala v rámci měřicích kampaní, které sestávaly z osmi kroků. Prvním krokem bylo teoretické vytipování traťových úseků, následovalo vytipování praktické, které zahrnovalo také terénní průzkum. Třetím krokem byl výběr konkrétních lokalit na zvoleném úseku. Následovalo naplánování termínu měření a v pátém kroku pak jeho provádění, samozřejmě s ohledem na počasí a provozní mimořádnosti ve sledovaných traťových úsecích. Následoval šestý krok měřicí kampaně, kdy byla prováděna sumarizace dat. V sedmém kroku byla data připravena pro následné vyhodnocení, tzn. spárování dat o hluku z obou stanovišť k projíždějícím vlakům a doplnění údajů o dopravní charakteristice vlaků. V posledním, osmém, kroku byla data statisticky zpracována a expertně vyhodnocena.



Obr. 2 Měřené konstrukční typy upevnění kolejníc, a) pružné podkladnicové typu KS, b) tuhé podkladnicové typu K, c) pružné přímé typu W14

[autor]

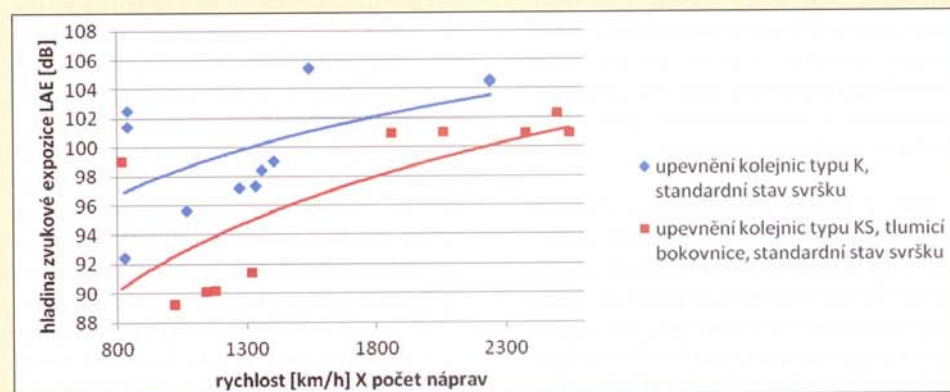
### 4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZHODNOCENÍ

V následujících grafech jsou zobrazeny dílčí výsledky pro vlaky osobní dopravy. Porovnávána je závislost hladiny zvukové expozice v dB (A) při jednotlivých průjezdech na rychlosti a počtu náprav (pro ilustraci a přehlednost je zvolen součin rychlosti a počtu náprav). Body v grafech odpovídají jednotlivým průjezdům vlaků, proloženy jsou logaritmickou spojnicí trendu. Všechna prezentovaná data pochází ze zvukoměrů umístěných ve vzdálenosti 7,5 m od osy měřené koleje a ve výšce 1,2 m nad temenem kolejničky.

V prvním grafu (obr. 3) jsou data z elektrické trakce, upevnění kolejníc pružné podkladnicové typu KS s tlumícími bokovnicemi a tuhé podkladnicové typu K.

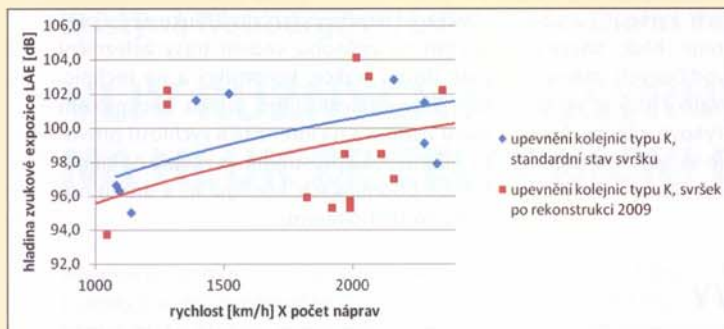
Průměrná rychlost změřených vlaků byla u obou stanovišť přibližně stejná, konstrukce

svršku vybavená tlumícími bokovnicemi kolejničových pasů tedy vykazuje nižší hlučnost.

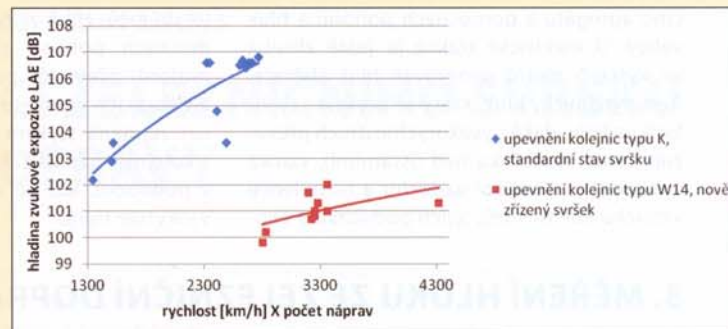


Obr. 3 Závislost hlukových emisí na rychlosti a počtu vozů – elektrická trakce

[autor]



Obr. 4 Závislost hlukových emisí na rychlosti a počtu vozů – elektrická trakce [autor]



Obr. 5 Závislost hlukových emisí na rychlosti a počtu vozů – elektrická trakce [autor]

V grafu následujícím (obr. 4) jsou data z měření (rok 2011) opět z elektrické trakce, a to upevnění tuhé podkladnicové typu K v běžném stavu a totéž upevnění po rekonstrukci, která proběhla v roce 2009. Průměrná rychlost vlaků na stanovišti s upevněním v normálně udržovaném stavu byla o necelých 10 km/h vyšší, nicméně měření nepotvrdilo zásadní rozdíly v hlučnosti.

V grafu na obrázku číslo 5 jsou data z elektrické trakce, tuhé upevnění podkladnicového typu K v běžném stavu a upevnění pružné přímé typu W14 s nově zřízeným svrškem.

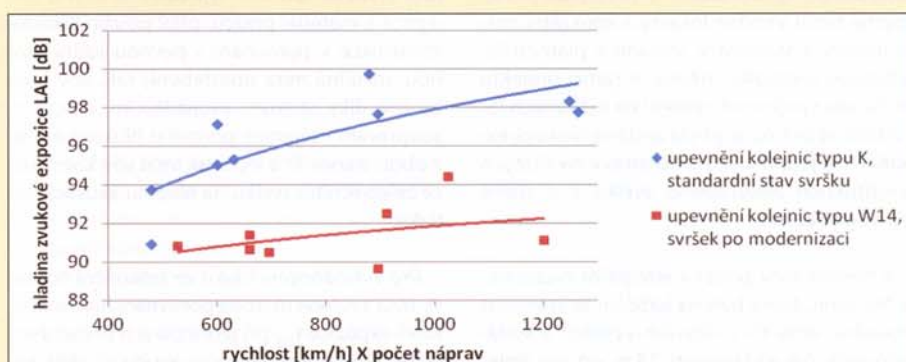
Přestože svršek s upevněním typu W14 je pojižděn vyššími rychlostmi (v průměru o více jak 20 km/h), jeho hlučnost je významně nižší v porovnání s upevněním typu K.

V grafu na obr. 6 jsou zpracovány hodnoty z trakce motorové. Jsou zde srovnána data tuhého uložení podkladnicového typu K a upevnění pružného přímého typu W14 po modernizaci svršku.

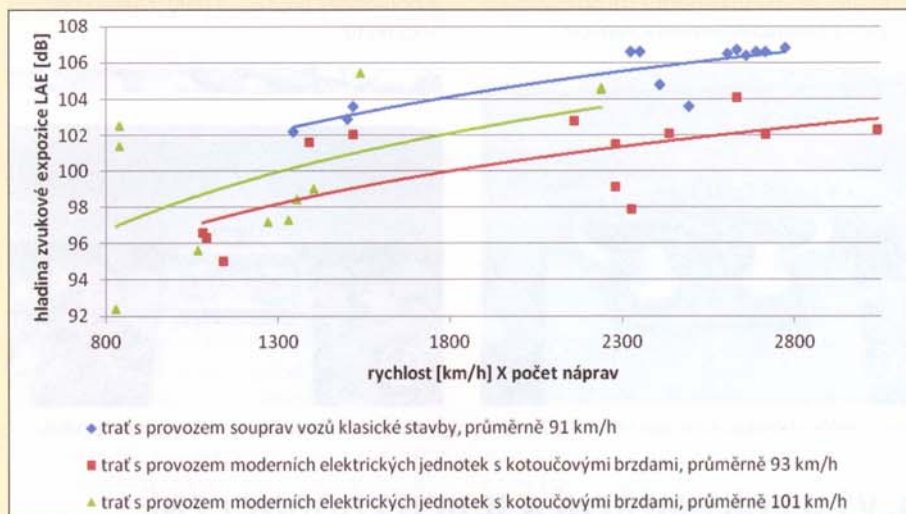
Průměrná rychlost vlaků u obou měřících stanovišť byla stejná, ovšem hladina expozice u upevnění typu W14 vykazovala nižší hodnotu, přestože u příslušného stanoviště byl zjištěn vyšší hluk pozadí způsobený přilehlou komunikací.

Vyhodnocením měření bylo taktéž zjištěno, že vliv na emise hluku má nejen technický stav vozů zařazených do souprav, ale především jejich konstrukce. Vlaky složené z moderních vozů vybavených kotoučovými brzdami a elektrických jednotek řady 471-071-971 vykazují nižší hladinu zvukové expozice při průjezdu v porovnání s vlaky složenými z vozů klasické stavby se špalíkovými brzdami.

Graf na obrázku 7 srovnává naměřené údaje ze tří stanovišť na stejném konstrukčním řešení svršku (upevnění kolejnic typu K), ale s provozem různých typů vozů při podobné rychlosti. Vozy s kotoučovými brzdami jsou zde zastoupeny elektrickými jednotkami 471-071-971, přičemž jejich podíl na celkovém počtu vlaků na daném stanovišti je v obou případech přibližně 50%.



Obr. 6 Závislost hlukových emisí na rychlosti a počtu vozů – motorová trakce [autor]

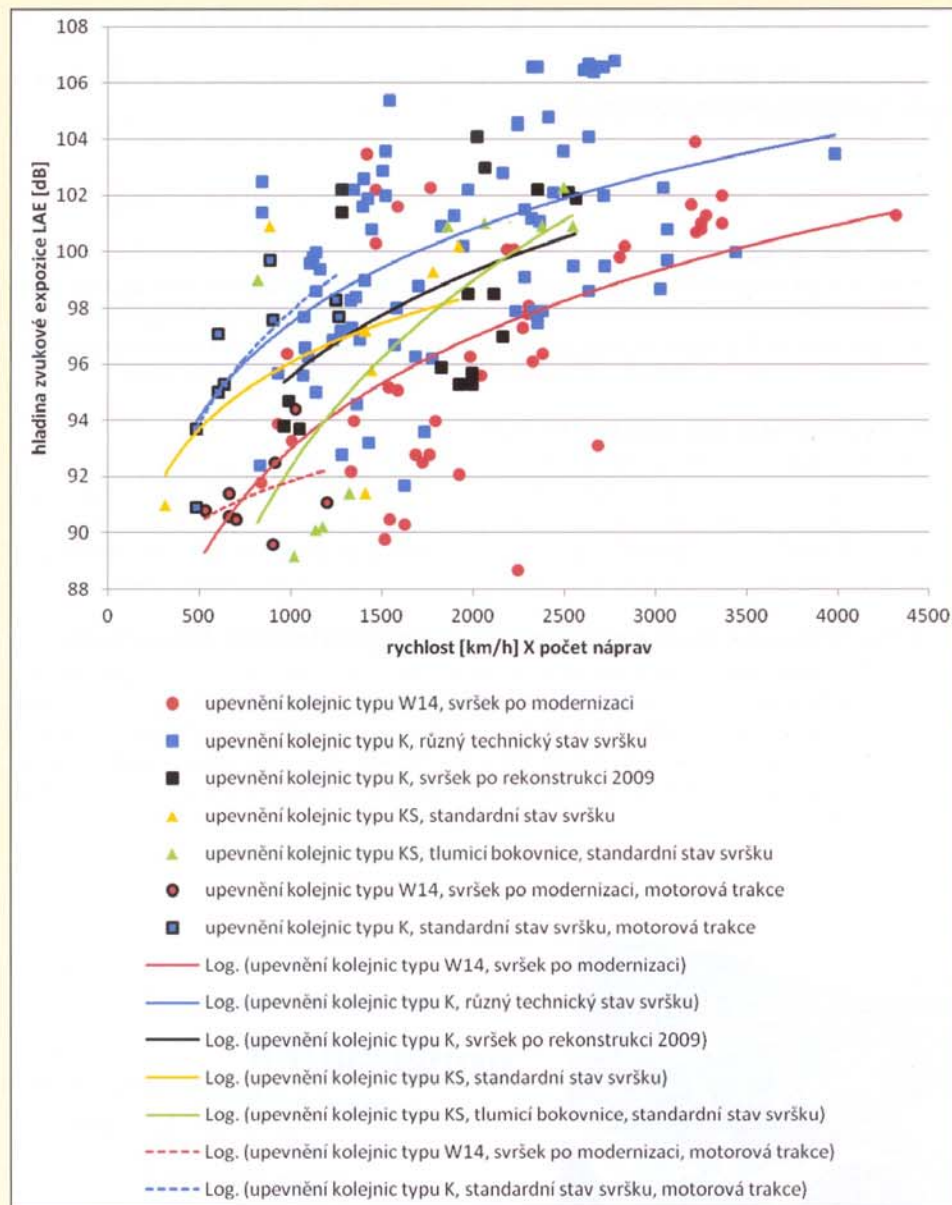


Obr. 7 Porovnání hlukových emisí vozů různé konstrukce na svršku s upevněním typu K [autor]

Poslední graf (obr. 8) článku je komplexní graf porovnávající konstrukce svršku s upevněním typu K, KS a W14. Znárodnuje závislost hladiny expozice zvuku na součinu rychlosti a počtu náprav vlaků u svršků s různým upevněním a jejich modifikacemi, jako např. tlumicích bokovnic, stav po rekonstrukci atd. Do upevnění typu K jsou zahrnuty úseky s různým technickým stavem, převážně se standardním, ovšem několik změřených průjezdů je i po silně opotřebovaných kolejnicích či celkově zanedbaném svršku (vegetace v kolejišti, koroze upevnění, deformované pryžové podložky). Upevnění typu W14 se zde vyskytuje pouze na kolejích, které v nedávné době prošly rekonstrukcí či modernizací.

Do vyhodnocení jsou rovněž zahrnuty všechny dostupné konstrukční typy vozů, většina dat pochází z elektrické trakce (motorová trakce je v grafu označena). Z dostupných dat lze usoudit následující:

- upevnění typu W14 vykazuje významně nižší hlučnost v porovnání s upevněním typu K,
- upevnění typu KS a typu K po rekonstrukci leží z hlediska hlučnosti někde uprostřed mezi dvěma v předchozím bodě zmíněnými,
- upevnění typu KS s tlumicími bokovnicemi je v porovnání se standardním upevněním KS méně hlučnejší, ovšem naměřených dat je málo a je třeba toto dále prověřit.



Obr. 8 Hlukové emise u svršků s upevněním typu K, KS, W14 a jejich modifikací

[autor]

## 5. ZÁVĚR

Všechny tři hlavní složky hluku (hluk trakce, z valení a aerodynamický) jsou vzájemně provázané a nelze je jednoznačně oddělit, nicméně každá složka je dominantní v jiném rozsahu rychlosti vlaků. Pro hledání závislosti u různých konstrukcí železničního svršku je zásadní valivý hluk, který dominuje v rychlostním pásmu cca 60–200 km/h. K tomuto faktu je tedy nutné přihlížet při výběru lokalit pro měření a dále pak při zpracování naměřených dat. Hluk z valení se dále dělí na hluk z kola a hluk z kolejnice, přičemž oba zdroje jsou rovněž vzájemně provázané a v běžných provozních podmínkách, kdy měření probíhá, je nelze jednoznačně vzájemně separovat. Tady ovšem vyvstává problém – pro hledání závislosti hlukových emisí na různých typech železničního svršku je zásadní hluk z kolejnice, nicméně do naměřených údajů vstupuje i faktor vozového parku. Prozatím realizovaná měření potvrzují konstatování, že na emise hluku má významný vliv jak konstrukce koleje, tak konstrukce vozidel. Z uvedeného vyplývá, že celý problém hluku z kolejové dopravy je nutné řešit komplexně a systematicky v rámci všech ovlivňujících faktorů.

Cílem projektu je zjištění, jak se různá konstrukce železničního svršku projevuje na vzniku a šíření hluku od projíždějících vlaků. Výsledkem pak bude jednotná metodika, která v současné době v ČR chybí a jež umožní nadefinovat vhodné korekce do výpočtu u různých typů kolejí pro nejčastěji používané metodiky výpočtu hluku ze železniční dopravy.

Závěrem je třeba konstatovat, že boj s dopravním hlukem, potažmo s hlukem z dopravy železniční, je boj nelehký a dlouhodobý. Ukázalo se například, že snížení hluku ze železniční dopravy je také významným „vedlejším“ produktem probíhajících modernizací a optimalizací železničních tratí a obnovy železničního vozového parku v České republice.

Lektorovali:

**RNDr. Miloš Liberko**

Poradenská a konzultační činnost

v oboru ekologie dopravy

**Ing. Karel Horníček**

Ředitelství silnic a dálnic ČR

## Poznámka

Príspevek vznikl s podporou projektu TAČR TA01030087 – „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků“.

## Literatura:

[1] Moehler, Udo, et al.: The new German prediction model for railway noise „Schall 032006“: Potentials of the new calculation method for noise mitigation of planned rail traffic. In Noise and Vibration Mitigation for Eail Transportation Systems: Proceedings of the 9th International Workshop on Railway Noise. Munich, Germany – (Germany), 2007. spp. 187–192

[2] Nelson, James.: Wheel/Rail Notes Kontrol Manual: Transit Kooperative Research Program Report 23 [online]. Washington (USA): National Academy Press, 1997 [cit. 2011-08-18]. ISBN 0309060605 Dostupné z: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp\\_rpt\\_23.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_23.pdf)

[3] Noise, facts and figures. In: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise/facts-and-figures>

[4] Vašica, David: Měření hluku ze železniční dopravy v rámci projektu TAČR. In: V. česko-slovenská konference Doprava, zdraví a životní prostředí. Brno: CDV – Centrum dopravního výzkumu, 2012, díl 1, s. 93–100. ISBN 978-80-86502-41-0



#### **INFLUENCE OF VARIOUS TRACK FORMS UPON RAILWAY NOISE**

*The paper is focused at the noise produced by the railway traffic. The key subject is the influence of various track forms upon the acoustic pressure level. At the beginning, the general principles of the origination and propagation of the railway noise are discussed. The following part concerns the field measurements carried out in the years 2011 and 2012. For the measurements, the localities enabling measuring of a train passing simultaneously two sites of the particular railway line featuring different track conditions were chosen. In the conclusion the authors evaluate the measurement data and generalise obtained results.*

#### **EINFLUSS DER VERSCHIEDENEN OBERBAUKONSTRUKTIONEN AUF DEN BAHNLÄRM**

*Der Beitrag wird der Bahnlärmproblematik gewidmet. Das Schlüsselthema stellt der Einfluss verschiedener Oberbaukonstruktionen auf den Pegel des akustischen Drucks dar. Einleitend diskutiert man die allgemeinen Grundsätze der Bahnlärmentstehung und –verbreitung. Es folgt die Beschreibung der Feldmessungen die in den Jahren 2011 und 2012 durchgeführt wurden. Für die Messungen wurden solche Lokalitäten gewählt, die die gleichzeitige Durchfahrt eines Zugs über zwei Meßstellen auf der gewählten Strecke mit verschiedenem Oberbauzustand ermöglichten. Zum Schluss werden die Messdaten bewertet und die Ergebnisse verallgemeinert.*

#### **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА ШУМ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*Статья обращается к проблематике шума от железнодорожного транспорта. Ключевой темой является влияние различных конструкций верхнего строения пути на уровень акустического давления. В введении дискутируются общие закономерности возникновения и распространения шума от железнодорожного транспорта. Потом следует часть, посвященная собственным полевым измерениям, которые производились на протяжении 2011–2012-ого годов. Для измерений были избраны такие места, которые позволяли измерить проезд одного железнодорожного состава одновременно на двух местах избранного участка пути с различным состоянием его верхнего строения. В заключении статьи оценены полученные данные и обобщены добытые результаты.*