

# Certifikovaná metodika

## HODNOCENÍ AKUSTICKÝCH PARAMETRŮ VÝHYBKY

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební  
Ústav železničních konstrukcí a staveb*

### Autoři

*Prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.*

*Prof. Ing. Luboš Pazdera, CSc.*

# Obsah

<b>1</b>	<b>Anotace.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Cíle metodiky .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Popis metodiky .....</b>	<b>4</b>
4.1	Poloha snímačů akustického tlaku.....	5
4.2	Navržené metody signálové analýzy .....	6
4.3	Definice a nastavení měřícího hardware .....	8
4.4	Obecné podmínky měření .....	9
4.5	Příklady analýzy .....	11
<b>5</b>	<b>Srovnání novosti postupů.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Popis uplatnění certifikované metodiky .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Ekonomické aspekty .....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Seznam publikací, výstupy z originální práce.....</b>	<b>14</b>

## **1 Anotace**

Metodika se zabývá měřením a analýzou akustických parametrů zjišťovaných při průjezdu vlakové soupravy výhybkou. Metodika využívá měření akustických parametrů ve vzdálenosti se zaměřením na valivý a impaktní hluk a v normové vzdálenosti. Analýza naměřených hodnot je provedena v časové a frekvenční oblasti.

## **2 Úvod**

Nadměrný hluk patří k nepříjemným formám ovlivňování životního prostředí. Hluk je průvodním jevem řady lidských činností a nepříznivě se projevuje nejen v době našeho pracovního vytížení, ale i v období našeho odpočinku. Jeho intenzita je sice proměnlivá v čase, nicméně v souladu s tzv. technickým pokrokem, resp. zvyšováním životní úrovně, podléhá neustálému zvyšování.

Významnou úlohu při zhoršování životního prostředí mají, jako zdroje hluku, různé druhy dopravních prostředků. Značný podíl na celkovém šíření hluku má také železniční doprava. Mezi důležitá místa ovlivňující okolní akustické poměry patří výhybky. U výhybek klasické konstrukce s pevným hrotem srdcovky kola vlakové soupravy musí překonat mezeru mezi hrotem srdcovky a křídlovou kolejnicí, přičemž vzniká poměrně velký dynamický ráz, který se projevuje zvýšenou hladinou impaktního hluku. Tato skutečnost může nabývat na významu zejména u výhybkových konstrukcí v rámci železničních stanic situovaných poblíž center měst. V těchto místech se tedy podílí na okolní akustické situaci jak valivý, tak poměrně významný impaktní hluk. Existují přístupy k snížení tohoto impaktního hluku jako např. zpružnění v oblasti kolejnicového upevnění, aplikace kolových a kolejnicových absorbérů případně jiná konstrukční řešení srdcovky.

Přestože existují navržené i používané postupy hodnocení hluku od kolejové dopravy, tak dosud nebyl vytvořen ucelený systém hodnocení akustických parametrů od kolejové dopravy projíždějících výhybkou.

## **3 Cíle metodiky**

Cílem navržené metodiky je definovat teoretické i praktické zásady pro měření a analýzu vlivu výhybek a výhybkových konstrukcí na okolní akustické poměry při pojezdu vlakových souprav.

Důraz je kladen na důkladné zdůvodnění navržených postupů i jejich srozumitelné vysvětlení. Navržené postupy jsou sestaveny tak, aby bylo možné je používat do různé

hloubky s ohledem na zaměření konkrétní analýzy. Aplikace metodiky poskytne důležité informace o šíření hluku od kolejové dopravy projíždějící výhybkou. Metodika zahrnuje obecné přístupy společné všem měřičským pracím. Tento požadavek vyplývá z potřeby srovnatelnosti i vhodné interpretace výsledků. Metodika zahrnuje popis měřících míst na konstrukci, použité veličiny, typy a vlastnosti snímačů, metody analýzy i základní rámec pro použité přístrojové vybavení. Každé pracoviště, které použije certifikovanou metodiku, má jistotu, že při jejím dodržení budou získané výsledky průkazné, opakovatelné a napříč oborem srovnatelné.

#### **4 Popis metodiky**

Současně s analýzou dynamických účinků na železniční svršek je vhodné realizovat analýzu akustických parametrů. Je to proto, že železniční svršek a jeho jednotlivé části mají výrazný vliv na šíření hluku z valení kol po hlavě kolejnice. Tato skutečnost se týká také kolejových vozidel. Hluk vytvářený pojezdem kolejové dopravy po železničním svršku lze obecně rozdělit na:

1. hluk z pohybu kola po kolejnici
2. hluk z přenosových systémů a pomocných zařízení (hnací soustrojí, převody, kompresory, ventilační a klimatizační vybavení)
3. aerodynamický hluk

Při pojezdu soupravy převažuje ve vnějším prostoru při rozjezdu a malých rychlostech hluk hnacích soustrojí a pomocných zařízení. Při vyšších rychlostech (cca od 40 km·h<sup>-1</sup>) převažuje hluk generovaný kontaktem kola a kolejnice a nad 200 km·h<sup>-1</sup> je již dominantní hluk aerodynamický. Nejvýznamnější složkou hluku u kolejových vozidel po železničním svršku, kde styk kolo/kolejnice je typu kov/kov, je hluk způsobený pohybem kola po kolejnici. Tento hluk se dále dělí na:

1. hluk valivý,
2. hluk kvílivý,
3. hluk nárazový (impaktní).

Valivý hluk vzniká interakcí nerovností (drsnosti) na povrchu kola a kolejnic. Drsnost kolejnic je hlavním ovlivňujícím parametrem akustických emisí vznikající valením kola po kolejnici. Dalším klíčovým přispívatelem pro hluk valení je také drsnost oběžných ploch kol.

Intenzita a frekvence kmitů jsou pak převážně určovány amplitudou a vlnovou délkou nepravidelností jízdny plochy kola a pojížděné plochy hlavy kolejnice. Valivý hluk je tedy široko-pásmový zvuk generovaný elastickými vibracemi mezi kolem a kolejnicí. Povrch kola a kolejnice je nepravidelný (s různou drsností, případně vadami). Valení a relativní posunutí kola a kolejnice vyvolává vibraci v kolech a generuje vlny v kolejnicích, čímž vznikají akustické vlny.

U výhybek a výhybkových konstrukcí přistupuje k hluku z valení tzv. impaktní hluk. Jedná se obzvláště o oblast srdcovky výhybky, kde dochází k velkému dynamickému rázu při přechodu kol vlakové soupravy z křídlové kolejnice na hrot srdcovky, v případně opačného směru průjezdu naopak. Tento ráz se projevuje zvýšenou hladinou impaktního hluku. Podotkněme, že z dřívějších výzkumných prací je ukázáno, že existují jednotlivá vertikální pásma, v kterých účinkují jednotlivé složky hluku od kolejové dopravy:

- 0 - 0,5 m od kontaktu kolo-kolejnice se do okolí šíří hluky valivý a impaktní, které jsou vyvolány valením kola po kolejnici, případně rázy
- 0,5 - 2 m dochází také k šíření valivého a impaktního hluku, ale dále přibývá hluk z přenosových systémů a pomocných zařízení, kvilivý hluk, hluk způsobený bržděním
- 2 - 4 m od paty kolejnice se do okolí emituje hluk z přenosových systémů a pomocných zařízení
- nad 4 m pak hluk z přenosových systémů a hluk aerodynamický

#### **4.1 Poloha snímačů akustického tlaku**

Na základě výše uvedeného je navržena metodika měření vlivu výhybek a výhybkových konstrukcí na okolní akustické poměry. Tato částečně vychází z normy ČSN EN ISO 3095 (280350): Železniční aplikace - Akustika - Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly.

V rámci komplexnosti metodiky jsou navrženy dvě vzdálenosti umístění snímačů akustického tlaku. První pozice je orientována na valivý a impaktní hluk. Na základě měření a analýz je zvolena pozice 0,25 m nad temenem kolejnice a 3 m od hrotu srdcovky v pozici na straně srdcovky. Druhá pozice je orientována na celkový hluk od průjezdu vlakové soupravy výhybkou a vychází z normy ČSN EN ISO 3095. Proto umístění snímače akustického tlaku je ve vzdálenosti 7,5 m od osy hlavní koleje, ve výšce 1,2 m nad niveletou srdcovky. Podotkněme, že druhá pozice je v rámci textu označena jako normová. V této vzdálenosti

naměřené akustické charakteristiky popisují komplexní chování průjezdu soupravy po dané železniční konstrukci.

Ke snímání akustických parametrů slouží mikrofony. Ve vzdálenosti se zaměřením na valivý a impaktní hluk metodika doporučuje využití lehkých čtvrtpalcových mikrofonů (např. M 360) umístěném na přenosném stativu (Obr. 1). Pro normovou vzdálenost doporučuje využití půlpalcových mikrofonů pro snímání vzdáleného pole (např. 4189 od spol. Bruel&Kjaer) umístěném rovněž na stativu (Obr. 1).



**Obr. 1** Příklad možného umístění mikrofonů

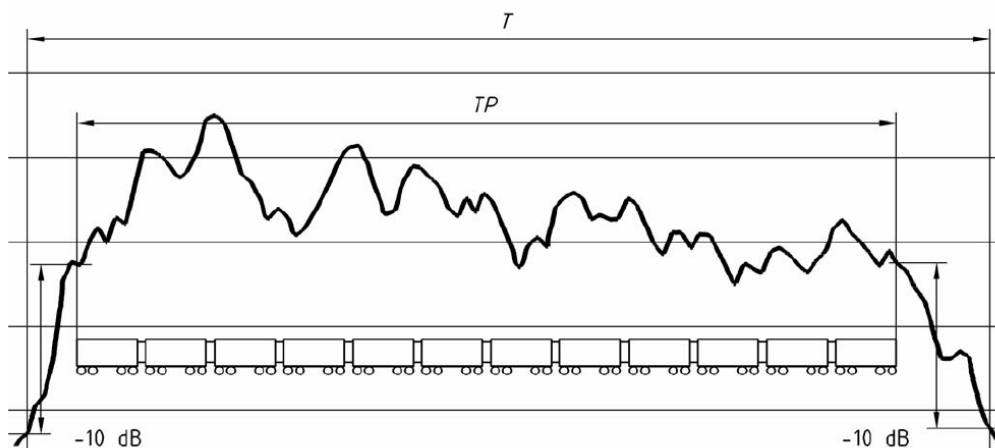
#### **4.2 Navržené metody signálové analýzy**

Pro analýzu hluku od kolejové dopravy je vhodné použití hladiny expozice průjezdu *TEL*. Jde o váženou hladinu expozice hluku s filtrem *A* průjezdu vlaku, naměřenou v časovém intervalu *T* a normalizovanou na dobu průjezdu *T<sub>p</sub>*. Doba průjezdu vlaku *T<sub>p</sub>* v [s] se vypočítá podle základního vzorce pro rychlost, tedy jako celková délka vlaku (od nárazníku k nárazníku) *v* [m] dělená rychlostí průjezdu *v* [m/s]. Časový interval *T* musí být dostatečně dlouhý tak, aby zahrnul veškerou akustickou energii daného průjezdu vlaku. *TEL* je dána vztahem 1.

Požadavek na časový interval měření je součástí české technické normy ČSN EN ISO 3095. Měření akusticko-dynamických parametrů začíná ve chvíli, kdy vážená hladina akustického tlaku *A* dosáhne hodnoty o 10 dB nižší, než hladina zjištěná v okamžiku, kdy se čelo vlaku nachází před místem mikrofonu. Analogicky je pak měření ukončeno ve chvíli, kdy hladina akustického tlaku *A* klesne o 10 dB oproti hladině *A* změřené v okamžiku, kdy je konec vlaku před měřicím profilem. Doba mezi těmito dvěma mezními okamžiky pak udává časový interval měření.

Čelo a konec vlaku před mikrofonem lze zjišťovat pomocí záznamové kamery nebo pomocí infračervených brán, které jsou hardwarově propojeny s měřicí ústřednou.

Vzhledem k tomu, že lidský sluch má obecně rozdílnou citlivost při různých frekvencích, zavádí se různé váhové filtry. Při časové analýze naměřených dat naměřených při průjezdu vlakové soupravy se doporučuje dle ČSN EN ISO 3095 využít váhový filtr A.



**Obr. 2** Časový interval měření akusticko-dynamických parametrů trati

Hladina *TEL* se vypočte dle vztahu

$$TEL = 10 \log \left[ \frac{1}{T_p} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad (1)$$

kde

- TEL** - je vážená hladina expozice průjezdu A, měřená v **dB**;
- T** - je časový interval měření v **s**;
- T<sub>p</sub>** - je doba průjezdu vlaku v sekundách, což je celková délka vlaku v (**m**), dělená jízdni rychlostí vlaku v (**m/s**).
- p<sub>A</sub>(t)** - je okamžitý vážený akustický tlak A v **Pa**;
- p<sub>0</sub>** - je referenční hodnota akustického tlaku 20  $\mu$ Pa podle ISO 1996-1:2003.

Vyjádření nestacionárního hluku pouze jednou hodnotou nedává podrobný přehled o hlukové expozici v průběhu měření. Hodnocení musí respektovat i okamžité extrémní hodnoty a četnost výskytu hladin hluku v měřeném časovém úseku. Proto metodika doporučuje kromě výpočtu hodnoty *TEL* doplnění analýzy statistickými hladinami *L<sub>min</sub>* a *L<sub>max</sub>*. Poznamenejme, že jde o jednu nejnižší, případně nejvyšší hodnotu v měřeném intervalu.

Šíření akustických vln je charakterizováno závislostí hodnot akustických hladin na frekvenci. Proto je nezbytné k vyhodnocení použít frekvenční analýzu. Obvykle jsou měřeny

hodnoty hladin akustického tlaku v oktávách nebo třetinách oktáv. Případně se využívá podrobného amplitudového spektra vypočteného pomocí Fourierovy transformace.

Pro frekvenční analýzu se často používá vyjádření oktávových, třetino-oktávových příp. n-oktávových charakteristik. Tato pásma jsou určena středními frekvencemi  $f_s$ , které jsou geometrickým průměrem mezních krajních frekvencí (spodní  $f_l$  a horní  $f_h$ ), tedy frekvenčním intervalem  $\langle f_l, f_h \rangle$ . Platí, že  $f_s = \sqrt{f_l \cdot f_h}$  a  $f_h = \sqrt[3]{2} \cdot f_l$ . Poznamenejme, že střední třetino-oktávové frekvence pak jsou pro akustická měření dána normou. A použitá frekvenční pásma mají konstantní relativní šířku, tj. platí, že

$$\frac{\Delta f}{f_s} = \frac{f_h - f_l}{f_s} = konst. \quad (2)$$

tedy kolikrát je vyšší střední frekvence, tolikrát je větší šířka pásma.

Navržená metodika zahrnuje následující parametry a postupy analýzy:

- Základní akustické hladiny  $TEL_A$ ,  $L_{min}$  a  $L_{max}$ , jednotka dB(A)
- Časového zobrazení průběhu akustického tlaku, jednotka Pa
- Frekvenční analýzy s využitím průběhu amplitudového spektra v lineární ose v rozsahu 10 Hz až 10 kHz (pro přechod z časové do frekvenční oblasti použit algoritmus rychlé Fourierovy transformace), jednotka Ps
- Třetino-oktávové charakteristiky ve frekvenčním rozsahu 10 Hz až 10 kHz, jednotka dB(A)

V rámci srovnání je výhodné rozdělit srovnávané vlaky do tří základních skupin podle druhu vlaku. První skupinou představují osobní vlaky, druhou skupinu tvoří rychlíky a vlaky EuroCity, do poslední srovnávané kategorie náleží nákladní vlaky. Zároveň metodika doporučuje zaměřit se na druh vlaku, jeho rychlost, typ lokomotivy a počet vozů.

### 4.3 Definice a nastavení měřícího hardware

Metodika zahrnuje optimalizovaný počet snímačů akustického tlaku. Tento vychází z velkého množství předchozích měření a analýz. Z toho vychází také hardwarové požadavky na měřicí systém. Metodika využívá dvoukanalový měřicí systém. Vzhledem k využívanému frekvenčnímu intervalu je použitá frekvence vzorkování pro každý kanál zvolena více než 2,5 násobek nejvyšší požadované frekvence (10 kHz), tedy 25 kHz nebo vyšší. Měřicí systém musí poskytovat 16 bitové, případně 24 bitové rozlišení při snímání měřených veličin s napěťovými nebo ICP vstupy a simultánní vzorkování. Dynamický rozsah vstupů



minimálně 80 dB. Systém musí být vybaven anti-aliasingovým filtrem pro každý kanál. Doporučuje se, aby každý měřicí kanál byl vybaven horno-propustným filtrem 10 Hz a dolno-propustným filtrem 10 kHz. Na základě požadovaného frekvenčního intervalu se doporučuje využít při měření i analýze pásmové propusti 10 Hz až 10 kHz.

Doporučuje se vybavení měřicího systému kamerovým záznamem, případně hardwarovým spouštěním měřicího systému (infra-bránami).

#### **4.4 Obecné podmínky měření**

Místo měření (zkušební stanoviště) musí být takové, aby se hluk mohl volně šířit. Aby se této skutečnosti dosáhlo, musí být povrch terénu rovný a se sklonem vůči hornímu povrchu kolejnice 0 m až -1 m. Prostor kolem mikrofonů na obou stranách o poloměru rovnajícím se alespoň trojnásobku měřené vzdálenosti musí být bez velkých odrazivých objektů, jako jsou bariéry, kopce, skály, mosty nebo budovy. V blízkosti mikrofonů nesmějí být žádné překážky, které by mohly narušovat zvukové pole. Proto mezi mikrofony a zdrojem hluku nesmějí být při měření žádné osoby. Pozorovatel musí být na takovém místě, aby výrazně neovlivňoval měřenou hladinu akustického tlaku. Prostor mezi vozidlem a mikrofony nesmí být zamokřen a musí být v maximální míře bez látek pohlcujících hluk (např. sněhu, vysoké vegetace, jiných kolejí) nebo s odrazivým povrchem (např. voda, led). Povrch terénu musí být popsán v protokolu o zkoušce.

Správná funkčnost snímačů akustického tlaku i celého měřicího řetězce musí být před a po měření ověřena akustickým kalibrátorem na frekvenci 1 kHz s generovanou hodnotou 1 Pa. Spouštění a zastavení záznamu měření je možné jak ruční s viditelným nastavením značek nebo pomocí hardwarového řešení (např. infračervené spouštěcí brány, případně jiný spouštěcí systém). Doporučuje se vybavení měřicího systému kamerovým záznamem, případně hardwarovým záznamem průjezdu začátku a konce vlakové soupravy pozicí mikrofonu.

V průběhu měření je vhodné zaznamenávat základní meteorologické údaje (teplota okolí, teplota kolejnic, vlhkost, atmosférický tlak). Metodika doporučuje interval měření 1 hod. Měření je možné provádět pouze při rychlosti větru menší než 5 m/s, měřeno ve výšce mikrofonu, a neprší-li, nesněží či není mlha, tj. za příznivých meteorologických podmínek.

V průběhu měření vlakových souprav je měřena rychlost pojezdu souprav. Při srovnání jednotlivých řešení se předpokládá měření a analýza podobných vlakových souprav jedoucích přibližně stejnou rychlostí (rozdíl do 10 km/h). Metodika doporučuje orientaci na různé typy vlakových souprav.

Součástí každého realizovaného měření musí být protokol o realizaci měření. Ten musí zejména obsahovat kompletní údaje o realizované zkoušce. Patří sem místo zkoušky, geometrie (profil a poloha na trati), vegetace, popis konstrukčního řešení výhybky (včetně pražců, kolejnicových podložek, upevňovadel), okolní teplota, vlhkost, barometrický tlak, rychlost a směr větru, popis měřicího zařízení, typy použitých mikrofonů s datem poslední kalibrace a hladina akustického tlaku pozadí. U akustických měření se doporučuje, je-li to možné, také měřená drsnosti pojezdových částí. Při typové zkoušce (a při zkoušce podle TSI, Subsystem – hluk) musí být hladina akustického tlaku pozadí s filtrem A alespoň o 10 dB nižší než naměřená hodnota hladiny akustického tlaku s filtrem A zjištěná měřením hluku vyzařovaného vozidlem při hluku pozadí. Při kmitočtové analýze musí být tento rozdíl v každém kmitočtovém pásmu alespoň 10 dB.

Při kontrolních zkouškách musí být hladina akustického tlaku A pozadí alespoň o 5 dB nižší než naměřená hodnota hladiny akustického tlaku A zjištěná měřením hluku vyzařovaného vozidlem. Je-li tento rozdíl menší než 10 dB, musí být naměřená hodnota korigována podle následující tabulky tab. 1.

Rozdíl mezi hladinou akustického tlaku A zjištěnou při měření hluku vyzařovaného vozidlem při hluku pozadí a vlastní hladinou akustického tlaku A pozadí dB	Korekce, která se má přičíst k hladině akustického tlaku A zjištěné při měření hluku vyzařovaného vozidlem při hluku pozadí dB
>10	0
6 až 9	-1
5	-2

**Tab. 1** Tabulka korekcí v případě nestandardního pozadí

Teplota kolejnic se má podle SŽDC S 3/2 měřit kalibrovaným teploměrem s přesností čtení na 0,1 °C. Doporučuje se rovněž podle SŽDC S 3/2 digitální kontaktní teploměr přikládat na zastíněnou stojinu kolejnice. Měření teploty kolejnic při praktických aplikacích však ukazují na problematiku určení skutečné vnitřní teploty kolejnic. Zkušenosti ukazují, že tuto skutečnou teplotu nelze získat, protože je ovlivněna teplotním spádem v kolejnici a lokálními klimatickými vlivy, takže se k této teplotě můžeme jen přiblížit. Zásadní pro přesnost je v tomto případě množství měřených bodů na povrchu kolejnice. S přibývajícím počtem měřených bodů se tak zvyšuje přesnost určení skutečné teploty kolejnice, na druhé straně se však zvyšuje nepřesnost naměřených hodnot s ohledem na dobu potřebnou k měření.

Moderní měřicí metody tuto nevýhodu stírají použitím více snímačů a zároveň použitím kontinuálního měření. Tím se dostáváme k dalšímu problému, který není v SŽDC S 3/2 vůbec

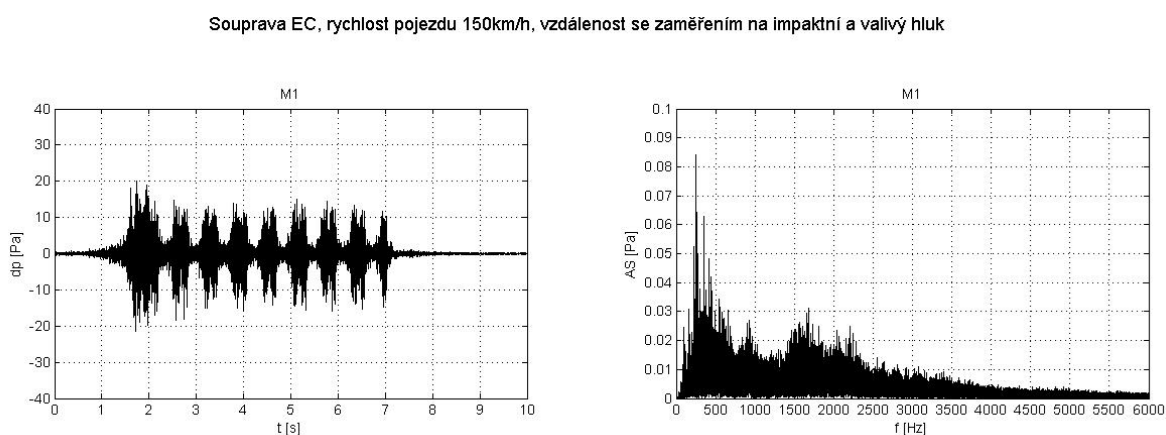
stanoven a to je srovnání teplot z různých měřících profilů. Kromě doporučení přikládat teploměr na zastíněnou stojinu kolejnice není stanoveno situování teploměru na stojině, vzdálenost míst měření teploty od závěrných svarů aj.

Experimentální měření prováděná za tímto účelem na sedmi bodech profilu kolejnice a ve dvou měřených profilech a to na levém i pravém kolejnicovém pásu, ukazuje na rozptyl od průměrné teploty až  $\pm 4,5$  °C a více než 5 °C od teploty na neosluněné stojině kolejnice, je při střední hodnotě upínací teploty  $+20$  °C  $\pm 3$  °C daleko za povoleným rozsahem. Důležitým poznatkem je, že tento rozptyl narůstal se zvyšující se teplotou kolejnic. Další podmínky nastavení měření vychází z platných norem a předpisů.

#### 4.5 Příklady analýzy

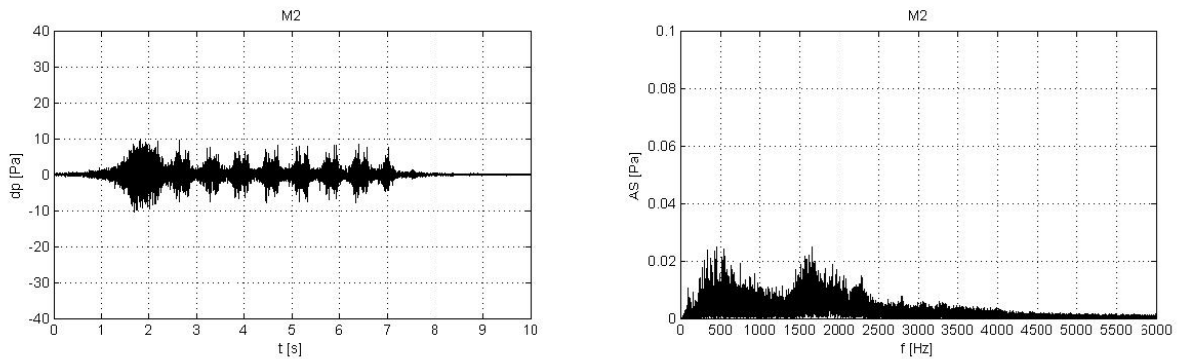
V této části jsou uvedeny doporučené grafové výstupy pro oba dva mikrofony. Na Obr. 3 jsou uvedeny grafy časových průběhů a frekvenčních amplitudových spekter pro mikrofon umístěný ve vzdálenosti se zaměřením na valivý a impaktní hluk.

Na Obr. 4 jsou uvedeny grafy časových průběhů a frekvenčních amplitudových spekter pro mikrofon umístěný v tzv. normové vzdálenosti V levé části obou obrázků jsou uvedeny časové průběhy akustického tlaku, v pravé části pak amplitudová spektra. Další obrázek Obr. 5 pak ukazuje příklad srovnání třetino-oktávových spekter v rámci obou vzdáleností a dvou konstrukčních řešení. Obrázek Obr. 5 zahrnuje jak srovnání základních hladin, tak třetino-oktávová spektra.

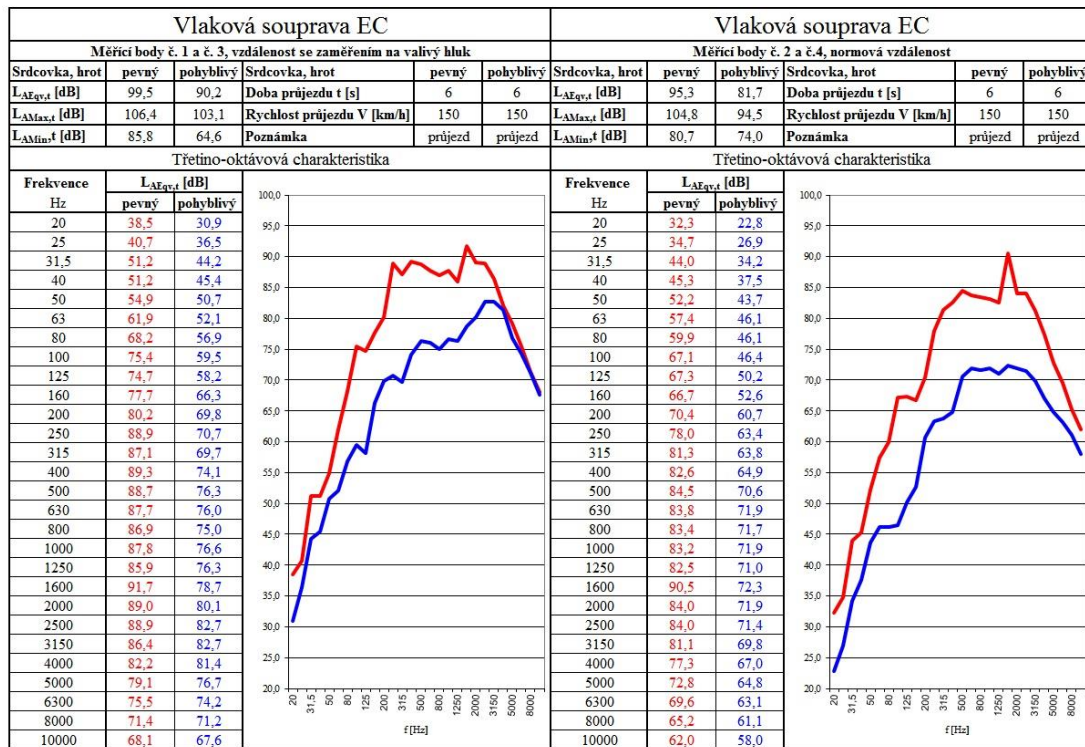


**Obr. 3** Analýza průjezdu výhybkou vlakovou soupravou EC, mikrofon ve vzdálenosti se zaměřením na valivý a impaktní hluk

Souprava EC, rychlost pojezdu 150 km/h, normová vzdálenost



**Obr. 4** Analýza průjezdu výhybkou vlakovou soupravou EC, mikrofon v normové vzdálenosti



**Obr. 5** Srovnání základních akustických hladin a třetino-oktávových spekter získaných při průjezdu vlakové soupravy EC

## 5 Srovnání novosti postupů

Metodika se zabývá měřením a analýzou akustických parametrů zjišťovaných při průjezdu vlakové soupravy výhybkou. Metodika využívá měření akustických parametrů ve vzdálenosti se zaměřením na valivý a impaktní hluk a v normové vzdálenosti. Analýza naměřených hodnot je provedena v časové a frekvenční oblasti. V současné době existuje

norma definující postupy měření a analýzu v rámci pojezdu vlakové soupravy po přímém úseku železniční dráhy (ČSN EN ISO 3095).

Navržená metodika rozšiřuje aplikaci těchto postupů na výhybky a výhybkové konstrukce. Zároveň rozšiřuje metody analýzy tak, aby bylo možné technicky srovnávat stávající i nová konstrukční řešení v oblasti vlivu výhybek a výhybkových konstrukcí na okolní akustické poměry. Umožní tak porovnávat např. nová konstrukční řešení v oblasti zpružnění upevnění kolejnic, podpražcových podložek, aplikace absorbérů případně analýzu nárůstu hodnot hlukových parametrů při zhoršujícím stavu srdcovky. Tato skutečnost může nabývat na významu zejména u výhybkových konstrukcí v rámci železničních stanic situovaných poblíž center měst. Metodika je navržena tak, aby bylo možné ji použít u všech typů výhybek. Podotkněme, že dosažené výsledky byly publikovány v odborných časopisech, na odborných konferencích a použity v diplomových a disertačních pracích.

## **6 Popis uplatnění certifikované metodiky**

Metodika je určena třem skupinám uživatelů. Do první náleží vědecká a vzdělávací pracoviště zabývající se problematikou železničních konstrukcí, zejména pak technické univerzity. Výsledky jsou používány při měření akustických účinků od železniční dopravy působících na výhybky a výhybkové konstrukce v rámci grantových projektů i další vědecké činnosti. Výstupy z metodiky umožňují srovnání stávajících i nových konstrukcí. Poskytnou důležité charakteristiky pro vývoj a srovnání nových progresivních řešení. Zároveň metodika poskytne vstupy do matematických modelů, případně jejich kalibraci.

Druhou skupinou potenciálních uživatelů představují vlastníci resp. správci železniční infrastruktury v ČR i zahraničí. Předmětná metodika poskytne údaje o akustických parametrech jednotlivých řešení k sestavení expertní databáze.

Třetím potenciálním uživatelem jsou výrobci a společnosti provádějící zakázková měření pro vývojová pracoviště a správce tratí. Těm poskytne detailní návod na realizaci měření a jejich analýzu. Každé pracoviště, které použije certifikovanou metodiku, bude mít jistotu, že při jejím dodržení budou získané výsledky průkazné, opakovatelné a srovnatelné.

## **7 Ekonomické aspekty**

Na sestavení metodiky hodnocení dynamických účinků od kolejové dopravy působících na výhybky mají zájem výrobci, správci drážních staveb, vývojová pracoviště i další kooperující firmy. Předmětná metodika poskytne údaje o akustických parametrech

jednotlivých řešení vhodné k sestavení databáze konstrukčních řešení. Zároveň metodika poskytne důležité informace o akustických dějích a tak se sníží náklady na vývoj nových konstrukčních řešení. Odpadne problém z hlediska přenosu a srovnávání různými způsoby naměřených dat.

## **8 Seznam použité literatury**

- [1.] Předpis SŽDC S3. Železniční svršek. Olomouc: TÚDC - Oddělení typové dokumentace, 2008. Změna 01. 2011.
- [2.] ČSN EN 15461+A1, Železniční aplikace - Emise hluku – Charakterizace dynamických vlastností úseků koleje pro měření hluku při průjezdech, Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3.] NOVÝ R.: Hluk a chvění. 3. vyd. Praha, ČVUT, 2009, ISBN 978-80-01-04347-9.
- [4.] ČSN EN ISO 3095, Železniční aplikace - Akustika - Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly, Praha, Český normalizační institut, 2006.

## **9 Seznam publikací, výstupy z originální práce**

- [1.] SMUTNÝ, J.; PAZDERA, L.: The experimental analysis of dynamic processes related to railway transport, monograph, ISBN 978-80-7204-827-4, AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, Brno, 2012.
- [2.] SMUTNÝ J., PAZDERA L.: Železniční stavby - Měřicí technika a dynamika železničních staveb, Brno, Akademické nakladatelství CERM, 1998, ISBN 80-214-0976-2.
- [3.] TURČÍKOVÁ H.: Analýza akustických a vibračních parametrů od železniční dopravy. Brno, 2014, 104 s., 177 s. příl., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb.

### **Uzavřené smluvní vztahy o využití výsledků**

- 1. Rámcová smlouva o provozním ověřování výhybek, výhybkových konstrukcí, jejich částí a součástí č. j. S15245/11 – OTH.
- 2. Smlouva o vzájemném poskytování technické dokumentace č.j. S49265/08 – OTH,
- 3. Smlouva o sledování č. j. S3267/11 – OTH.
- 4. Smlouva o měření a zjišťování na železniční dopravní cestě v rámci expertní a výzkumné činnosti VUT FAST.

## **Poděkování**

Metodika vznikla v rámci řešení projektu TA01031297, Zvýšení kvality jízdní dráhy ve výhybkách pomocí zpružnění Technologické agentury ČR