

AKUSTICKÉ LISTY

České akustické společnosti

ročník 10, číslo 2

červen 2004

Obsah

69. akustický seminář

3

Zemřel Alois Raffaj

3

Vliv akustického odporu varhanní píšťaly na její vlastnosti

Influence of sound resistance of organ pipe to its features

Josef Merhaut

4

Možnost odhadu změn dopravního hluku z výsledků měření jeho současného stavu

Estimation of traffic noise based on results of the measurement of its actual state

Pavel Urban

7

ČESKÁ AKUSTICKÁ SPOLEČNOST

69. akustický seminář

připravují OS „Stavební a prostorová akustika“ spolu s OS „Hluk a vibrace“, ve spolupráci s Českým institutem pro akreditaci, o. p. s.

Seminář se bude konat od 11. do 14. října 2004 v hotelu Lanterna ve Velkých Karlovicích – Léskové. Hlavními tématy semináře je stavební akustika a problematika dopravního hluku. Přijímány jsou ale příspěvky ze všech oblastí akustiky. Jeden den semináře bude věnován akreditaci zkušebních laboratoří. Tato část semináře je určena zejména akustikům ze zkušebních laboratoří, ale i úředním měřičům a všem, kteří se zabývají měřením a zkoušením. Zváni jsou také vybraní hlavní a externí posuzovatelé ČIA. Některé přednášky této části semináře připraví pracovníci ČIA. Na semináři budou vítáni i zástupci firem, které vyrábějí nebo dodávají konstrukce a výrobky pro stavební akustiku a snižování hluku.

V průběhu semináře se uskuteční společná veřejná schůze odborných skupin ČsAS a zasedání Technické komise ČIA pro akustické zkoušení.

Nabídky referátu nebo jiné aktivity (např. firemní prezentace) zašlete co nejdříve, nejpozději však do 3. září 2004.

Jindřich Schwarz

Zemřel Alois Raffaj



Alois Raffaj se narodil roku 1954 v rodině havíře ze Slovenska. Dětství strávil v Duchcově v Čechách společně s bratrem Ivanem Vávrou. Po absolvování ČVUT v Praze, fakulty elektrotechnické, odešel do Hradce Králové na vojnu. Hradec se mu zalíbil a již zde zůstal. Nastoupil do oddělení základního výzkumu Československých hudebních nástrojů, kde pracoval první roky pod vedením Karla Děkana, krátce zde spolupracoval s Jaroslavem Podobským. Z tohoto období se také datuje počátek jeho dlouholetého pracovního i osobního vztahu s Josefem Noskem.

Po svatbě se mu narodily dvě děti, Lojzík a Kamilek. Vztah k dětem měl velmi silný, rozvod byl pro něj celoživotní ranou. Dcera Gwen zůstala i jeho známým nadlouho utajena.

V oddělení výzkumu pracoval na akustice pian, kytar, harmonik a dechových nástrojů. Vyučil se kytarářem společně s Františkem Furchem. Nelze opominout ani jeho spolupráci s firmou Františka Furcha na snímačích pro vynikající elektroakustické kytary, které dnes používá mnoho našich renomovaných hudebníků.

Po sametové revoluci se ČSHN rozpadly, oddělení výzkumu přechází pod státní podnik PETROF, do kterého se souběžně vrací rodina původních majitelů. Zásluhou dr. Noska je vybudováno nové pracoviště výzkumu s unikátní bezodrazovou komorou. Aloisovým snem je vytvoření modelu pianu založeného na metodě konečných prvků. Postupně se věnuje všem podstatným částem – kladívkům, strunám, rezonanční desce a přenosu kmitů kobylkou. V roce 2000 dokončuje disertační práci nazvanou „Příspěvek k modelování soustavy pianová struna – ozvučná deska“ a získává doktorát.

Své poznatky rád sděluje svým osobitým způsobem účastníkům mnoha mezinárodních konferencí v Evropě i Americe a navazuje kontakty odborné i osobní, bez kterých není dobrá spolupráce možná.

K jeho celoživotním koníčkům – fotografii, lyžování a lásce k hudbě se v posledních letech přidávají ještě elektrolety. Alois byl technicky vysoce erudovaný člověk, během krátké doby dosáhl v leteckém modelářství výrazných úspěchů.

Milý úsměv Aloise Raffaje zná většina hudebních akustiků z celého světa z pravidelných mezinárodních symposií o hudebních nástrojích.

Tento citlivý člověk, který si život bez hudebních nástrojů nedokázal představit, nás náhle opustil 17. května.

Jan Skala, 24. 5. 2004 v Hradci Králové

Vliv akustického odporu varhanní píšťaly na její vlastnosti

Josef Merhaut

Dvouletky 341, 10000 Praha 10
email: jos.merhaut@worldonline.cz

According to the common meaning, the acoustic resistance of an organ pipe is very small and may be by calculation neglected. It is in most cases true, but as will be shown, this is some cases invalid and has to be respected. This may happen at the pipes with a relatively small cross-section, where its influence is large enough to be taken into consideration.

1. Úvod

Na přednášce při symposiu 10. září 2002 [1] ukazoval Václav Syrový se svými spolupracovníky z AMU výsledky měření na varhanních píšťalách 985 mm a 656 mm, při kterých se vyskytovaly velké odchylky od běžně vypočtených hodnot u malých průměrů píšťal. Ukázalo se, že i při opakovaném měření k těmto odchylkám docházelo. Vyskytlo se dokonce podezření na správnost použité měřicí metody při měření těchto trubíc. V naší práci je ukázáno, že uvedené odchylky nejsou chybné, jsou teoreticky oprávněné a jsou způsobeny u úzkých píšťal třením uvnitř trubice. V této práci je ukázáno, že výpočet zkrácení varhanní píšťaly z průměru jejího otvoru $0,3D$, nebo $0,41D$ nestačí a je nutno respektovat také vliv tření v trubici. V souhlasu se zmíněným měřením se uvedený rozbor týká trubíc s jedním vyzařovacím otvorem, a tedy čtvrtvlnových.

2. Vlnovod stálého průřezu, konečné délky

Pro vlnovod stálého průřezu S , určitého průměru D_i a délky l , při respektování ztrát třením, platí pro přenos výraz (5-63) podle [4], který lze upravit na tvar

$$z_1 = \frac{\cosh \gamma l + \frac{1}{z_2} \sinh \gamma l}{\sinh \gamma l + \frac{1}{z_2} \cosh \gamma l}. \quad (1)$$

V tomto vzorci značí $z_{1,2}$ normované impedance, odpovídající akustickým impedancím připojeným na vlnovod. Pro normované akustické impedance platí vztahy $z_{1,2} = Z_{a1,2}S/z_0$. Zde $Z_{a1,2}$ značí akustickou impedanci připojenou na koncích 1–1, resp. 2–2 (viz obrázek 1) a z_0 vlnový odpor vzduchu. Protože platí

$$\gamma = \frac{r_n}{2} + \frac{j\omega}{c_0}, \quad (2)$$

přičemž r_n znamená specifický odpor v trubici na jednotku délky, c_0 rychlost zvuku a $\omega = 2\pi f$ kruhovou frekvenci.

Protože u zvukovodu s jedním vyzařujícím otvorem je konec označený 2–2 uzavřen, a platí tedy pro něj $z_2 \rightarrow \infty$, druhé členy rovnice (1) jsou v čitateli i jmenovateli nulové.

3. Normované vyzařovací impedance na koncích píšťaly

Vzhledem k tomu, že rozměry vyzařujícího otvoru jsou značně menší než vlnová délka a otvor píšťaly vyzařuje do celého prostoru, byl pro vyzařovací impedanci Z_{a1} na svorkách 1–1 použit model pulzující koule [4]. Jeho normovaná impedance odpovídající akustické impedanci Z_{a2} má hodnotu nulovou, takže platí

$$z_{1v} = \frac{j\omega R_0}{c_0 \left(1 + \frac{j\omega R_0}{c_0}\right)}. \quad (3)$$

Poloměr koule R_0 volíme tak, aby měla plochu rovnou ploše vstupního otvoru píšťaly, tedy $R_{0i} = D_i/4$.

Normovaná hodnota celé soustavy, kterou dostaneme po dosazení výrazů (1), (2) a (3), má proto na svorkách 1–1 připojení hodnotu z_{1v}

$$z_{iv} = \frac{\cosh \left(\frac{n_a l_i}{2} + \frac{j\omega_1 l_i}{c_0} \right)}{\sinh \left(\frac{n_a l_i}{2} + \frac{j\omega_1 l_i}{c_0} \right)} + \frac{j\omega_1 D_i}{4c_0 \left(1 + \frac{j\omega_1 D_i}{4c_0}\right)}, \quad (4)$$

kde $i = 1, 3, 5, 7, \dots$

4. Určení rozměrů píšťaly

Předpokládáme, že je dána určitá základní frekvence píšťaly f_1 , které odpovídá konstantní hodnota kruhové frekvence ω_1 . Z rovnice (4) lze postupně stanovit pro různé průměry D_i a daný odpor tření v píšťale n_a hodnoty délky trubice l . Pro rezonanci platí podmínka $\Im(z_{iv}) = 0$, takže musí být splněna rovnice

$$\Im \left(\frac{\cosh \left(\frac{n_a l}{2} + \frac{j\omega_1 l}{c_0} \right)}{\sinh \left(\frac{n_a l}{2} + \frac{j\omega_1 l}{c_0} \right)} + \frac{j\omega_1 D_i}{4c_0 \left(1 + \frac{j\omega_1 D_i}{4c_0}\right)} \right) = 0. \quad (5)$$

Argument hyperbolických funkcí v rovnicích (4) a (5) je komplexní, nastává zde vlivem tření fázový posuv a pro danou rezonanční frekvenci a zvolený průměr píšťaly řešení rovnice (5) nalezneme pro zvolený průměr D_i pouze



Obrázek 1: Náhradní schema varhaní píšťaly

imaginární komponentu délky l_{im} . Dosazením výrazu l_{im} do rovnice (6) najdeme odpovídající reálnou část l_r :

$$l_r = \frac{\cosh\left(\frac{n_a}{2}l_{im} + \frac{j\omega_1}{c_0}l_{im}\right)}{\sinh\left(\frac{n_a}{2}l_{im} + \frac{j\omega_1}{c_0}l_{im}\right)} + \frac{j\omega_1 D_i}{4c_0\left(1 + \frac{j\omega_1 D_i}{4c_0}\right)}. \quad (6)$$

Pro celkovou délku píšťaly pak platí:

$$l_k = \sqrt{l_{im}^2 + l_r^2}. \quad (7)$$

Je-li délka čtvrtvlny $l_z = c_0/(4f_1)$, pak zvýšení této délky vlivem tření ve varhanní trubici činí

$$\Delta x = l_k - l_z. \quad (8)$$

5. Výsledky výpočtu

Metodou popsanou v předchozí části byl proveden výpočet zvětšení Δx oproti l_z u varhanní píšťaly kruhového průřezu, délky $l_z = 1,31498$ m pro základní frekvenci $f_1 = 65,4$ Hz. Byl proveden postupně pro různě zvolené průměry D_i v rozmezí od 2 cm do 16 cm. Předpokládáme, že pro odpor tření platí hodnota $n_{a1} = 0,000\,008 (D_i/2)^2$, resp. $n_{a2} = 0,000\,025 (D_i/2)^2$. Volbu zvolených hodnot lze posoudit podle křivek časového průběhu signálu při $f_1 = 65,4$ Hz. Tyto průběhy jsou znázorněny na obrázku 2.

Pro činitele tření n_{a1} a n_{a2} je vypočtený průběh prodloužení píšťaly vyneseno na obrázcích 3 a 4. Na křivkách jsou důležité významné hodnoty D , ve kterých křivka prochází nulovou hodnotou zvětšení délky Δx . Tam má totiž píšťala právě délku $\lambda/4$ a jsou vytvořeny podmínky pro existenci všech lichých harmonických tónů.

6. Závěr

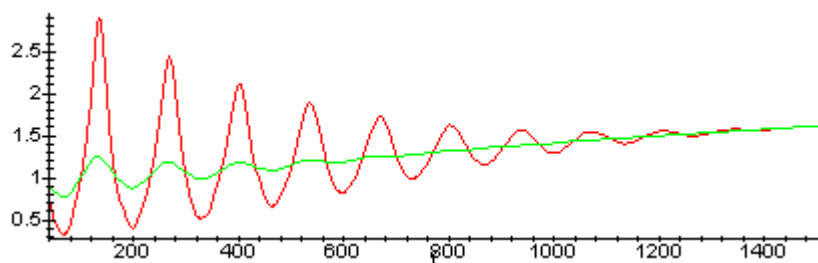
V článku popsaná metoda nemá jen význam zcela teoretický, ale též ekonomický, protože usnadňuje určit analytickou cestou délku poměrně drahé trubice píšťaly. Podle autorova soudu je pro její použití nutno znát přesněji velikosti tření na metr u trubic pro píšťaly, které se budou používat. Autor si je vědom, že dostupné hodnoty z literatury nemají požadovanou přesnost, a zatím byly pouze odhadnuty.

Poděkování

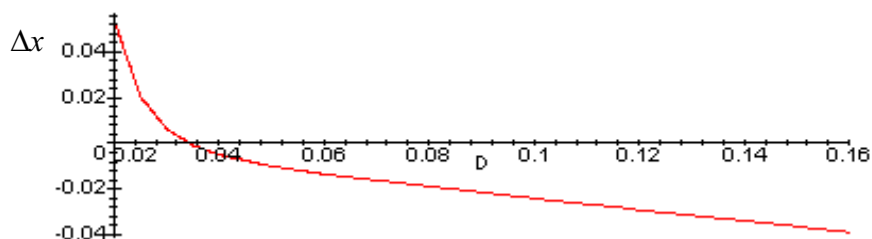
Tato práce vznikla v rámci spolupráce s Akademií múzických umění v Praze.

Reference

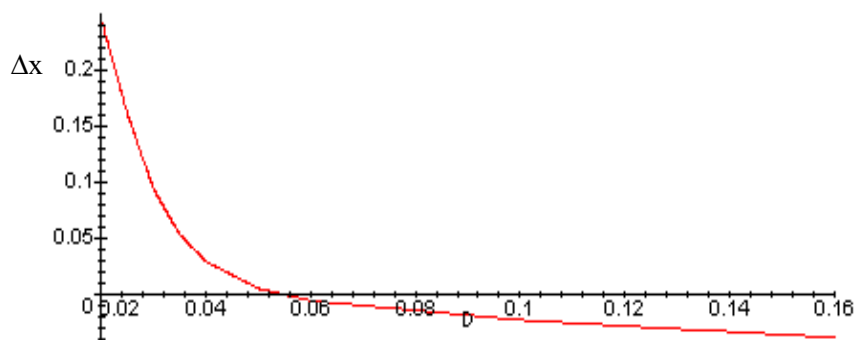
- [1] V. Syrový, R. Jindra, J. Štěpánek: *Air column resonance frequencies and their dependencies in cylindrical tubes*, the 32nd International Acoustical Conference, B. Štávnice, September 10–12, 2002.
- [2] V. Syrový: *Impulse measurements on woodwind musical instruments*, Proceedings of ISMA, 1989.
- [3] J. W. Rayleigh: *Theory of Sound*, Dover Publications, 1945.
- [4] J. Merhaut: *Teoretické základy elektroakustiky*, Academia Praha, 1985.



Obrázek 2: Časové průběhy signálů o frekvenci 65,4 Hz, pro koeficienty tření n_{a1} a n_{a2}



Obrázek 3: Průběh zvětšení délky Δx u varhanní píšťaly základní délky $l = \lambda/4 = 1,31498$ m (v metrech) vlivem činitele tření n_{a1}



Obrázek 4: Průběh zvětšení délky Δx u varhanní píšťaly základní délky $l = \lambda/4 = 1,31498$ m (v metrech) vlivem činitele tření n_{a2}

Možnost odhadu změn dopravního hluku z výsledků měření jeho současného stavu

Pavel Urban

ÚVMV Praha

The proposed method concerns assessment of planned traffic changes in nonspecific spacial conditions on traffic noise. Method is based on measurement of traffic noise in real conditions together with count up of the flowing traffic. Result of multidimensional regression analysis of the noise measurement and of count up of the traffic makes it possible to predict the influence of expected traffic changes.

1. Úvod

Pro výpočet dopravního hluku existují dnes řady výpočetních postupů, které berou v úvahu počty projíždějících vozidel různých kategorií, vzdálenost měřicího bodu a konfiguraci terénu mezi zdrojem dopravního hluku a místem hodnocení dopravního hluku.

V městské zástavbě se mohou vyskytnout tak složité terénní konfigurace (stínění, odrazy, křižovatky aj.), že výpočet může být nazván jen určitým odborným odhadem. Pro takové situace je možno využít postupu, který je popsán dále v tomto příspěvku a který byl v ÚVMV poprvé ověřen již v roce 1972. Pokud je autorovi známo, nebyl však v praxi dosud využíván pro tehdy obtížné výpočetní postupy vícerozměrné regresní analýzy.

Jelikož postupy vícerozměrné regresní analýzy by při dnešní výpočetní technice neměly činit potíže, dovoluje si autor tuto metodu připomenout a její výhody doložit příklady skutečného měření a z možnostmi jejího využití pro další odhady po regresní analýze změřených a odečítaných údajů.

2. Měřené a zjišťované hodnoty

Jako podklady pro vícerozměrnou regresní analýzu je třeba získat:

- dostatečný počet výsledků měření hladin akustického tlaku ($L_{A,eq}$, případně $L_{A90\%}$) za určité časové intervaly (počítatelně stejně dlouhé), pokud možno výsledků značně odlišných (za značně rozdílných hustot provozu – viz dále);
- ke každému výsledku změřené hladiny akustického tlaku počet vozidel, která za sledované období projela, počet vozidel je třeba sčítat odděleně pro různé významné kategorie vozidel, u složitých stavů (např. křižovatek) i pro různé trajektorie těchto kategorií.

V příkladech, které jsou popsány dále (jedná se vždy o měření dopravního hluku z jediné dopravní komunikace), byly výše uváděné podklady zjišťovány takto:

- ekvivalentní hladina $L_{A,eq}$ byla měřena v půlhodinových intervalech v období od 23.30 do 18.00 hodin včetně;

– odečítán byl průjezd vozidel v kategoriích:

- osobní a dodávkové automobily (n_O),
- nákladní automobily (n_N),
- autobusy (n_A) (mj. měřicí stanoviště bylo v blízkosti zastávek autobusů MHD, tj. měření zahrnuje i dojezdy do stanic a rozjezdy ze stanic),
- tramvaj (n_T).

Výsledky měření hladin $L_{A,eq}$ jsou uvedeny na obrázku 1. Na obrázku 2 jsou uvedeny výsledky sčítání projíždějících vozidel.

3. Zpracování výsledků a odečtů

Výsledky měření a odečtů byly podrobeny vícerozměrné regresní analýze a výsledkem této analýzy je rovnice pro výpočet ekvivalentní hladiny $L_{A,eq}$:

$$L_{A,eq} = 10 \cdot \log (65,58 + n_O + 2,823 \cdot n_N + 0,324 \cdot n_A) + 47,17,$$

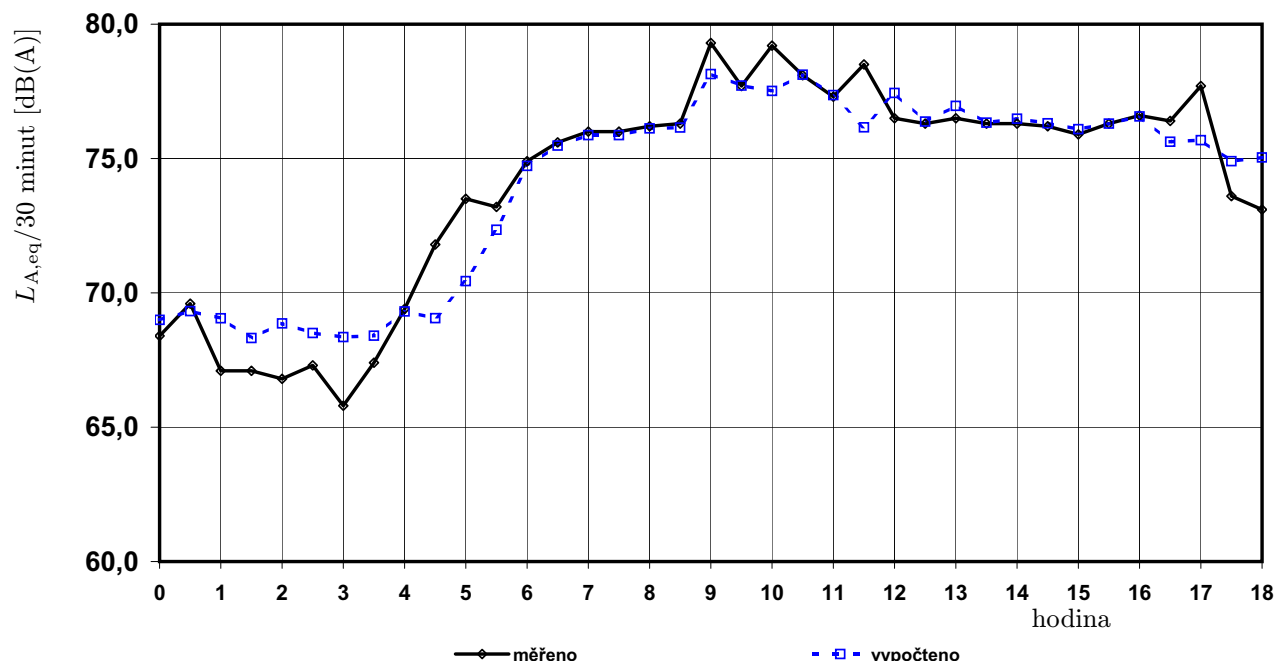
kde n_O , n_N a n_A jsou definovány výše.

Z výpočtu vícenásobné korelace vyplývá, že 87,9 % akustické energie hluku v měřeném místě je vytvářeno silniční dopravou, z toho:

- 56,3 % vytváří doprava nákladními vozy,
- 30,4 % vytváří doprava osobními a dodávkovými automobily,
- 1,2 % vytváří doprava autobusy,
- tramvajová doprava je korelována s dopravou autobusy a z výpočtu vypadá.

Příklad rozdílů naměřených hladin a hladin vyčíslených z výše uvedené regresní rovnice uvádí obrázek 1. Vyšší měřené hodnoty jsou zřejmě způsobeny náhodnými hlukovými událostmi v době měření, které nesouvisely se silniční dopravou (např. přelet helikoptéry). Nižší měřené hodnoty v nočních hodinách jsou dány ohleduplnějším stylem jízdy řidičů.

Přehled hodnocené dopravy udává obrázek 2.

Obrázek 1: Vztah naměřených a vyčíslených hodnot $L_{A,eq}$

4. Možnost využití výsledků vícenásobné regresní analýzy

Obrázek 3 uvádí možnost stanovení, jaký vliv by na ekvivalentní hladiny $L_{A,eq}$ v měřeném místě měly dvě různé organizační úpravy v oblasti měření:

- zákaz nočního průjezdu nákladních automobilů,
- segregace nákladní dopravy (zákaz vjezdu nákladních vozidel do oblasti).

Obrázek 4 naproti tomu uvádí příklad odhadu vlivu plánovaných dopravních opatření v městské zástavbě, ve které je normálně povolen pouze vjezd osobních a dodávkových vozidel a na základě zvláštního povolení i velice omezeného počtu zásobovacích a obslužných nákladních vozidel.

V dané oblasti se plánuje velká stavební aktivita, která po dlouhou dobu zavede do oblasti v denní době (od 6.00 hodin) těžkou nákladní dopravu v počtu cca 100 vozidel za hodinu (50 vozidel za dobu 1 hodiny, po kterou se měří ekvivalentní hodnota $L_{A,eq}$). Závěry vyplývají z citovaného obrázku 4.

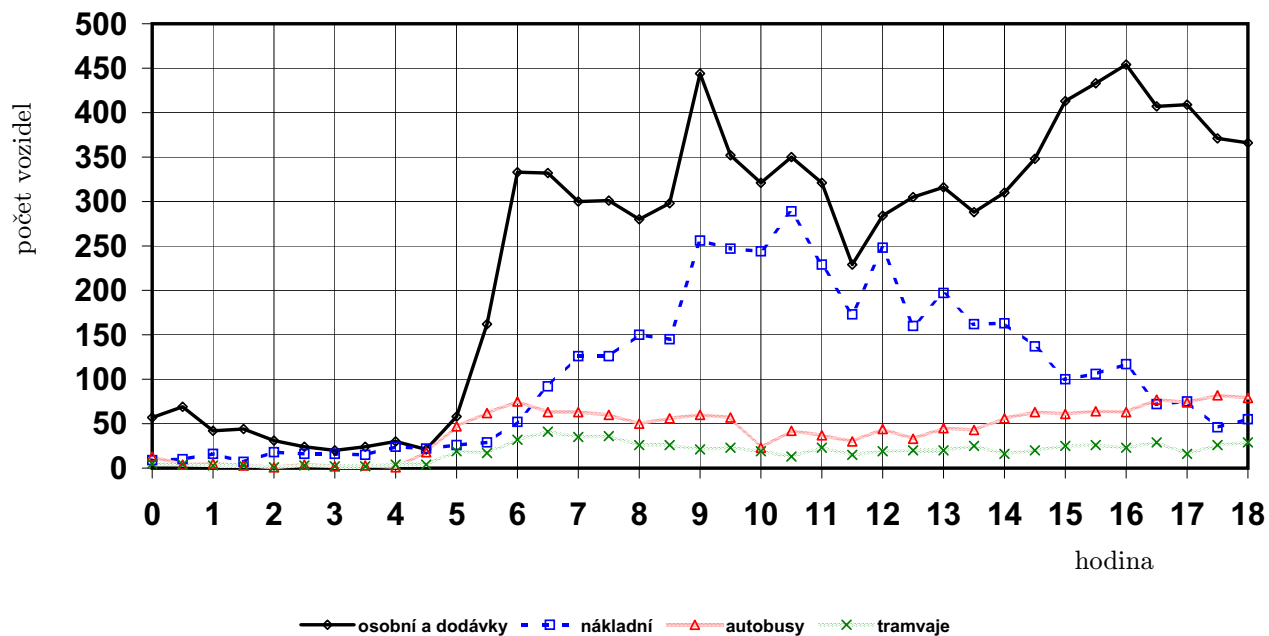
Uváděné výsledky zřejmě nepotřebují další komentáře.

5. Závěr

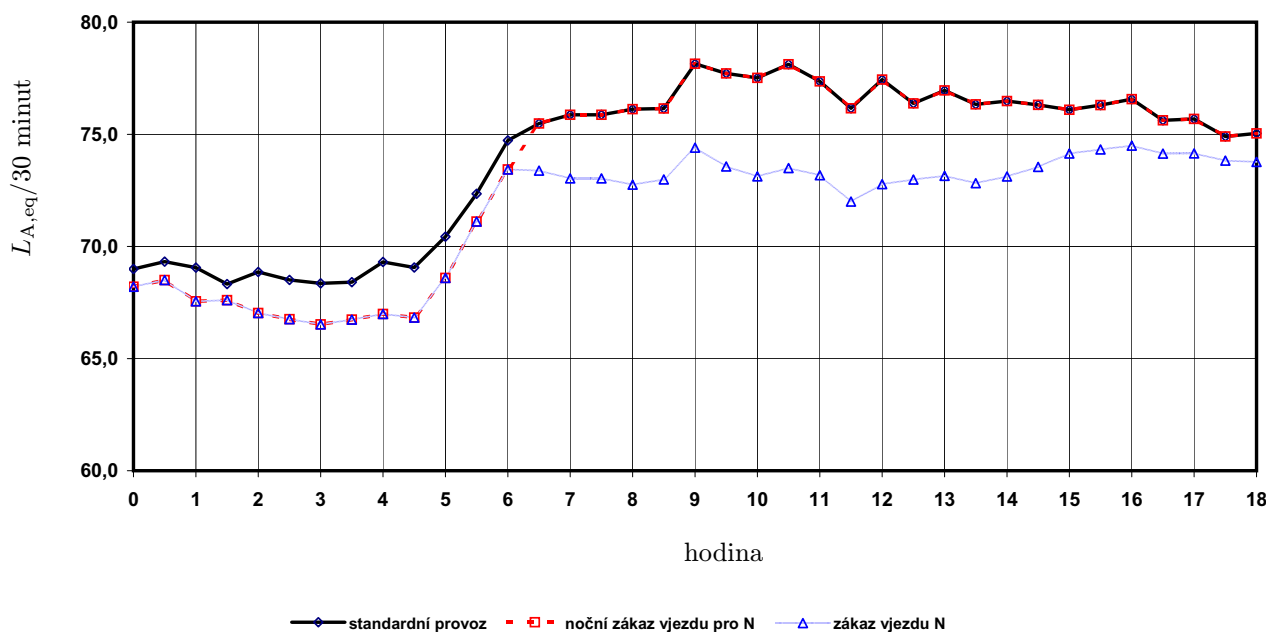
Příspěvek uvádí jednu z dosud nevyužívaných možností odhadu vlivu např. projektovaných dopravních opatření na současnou hlukovou situaci. Metoda vychází z vícerozměrné regresní analýzy výsledků měření hladin akustického tlaku a sčítání dopravy. Metoda je vhodná pro využití tam, kde složitá terénní konfigurace komplikuje nebo neumožňuje využití dnes běžně užívaných postupů výpočtu dopravního hluku.

Reference

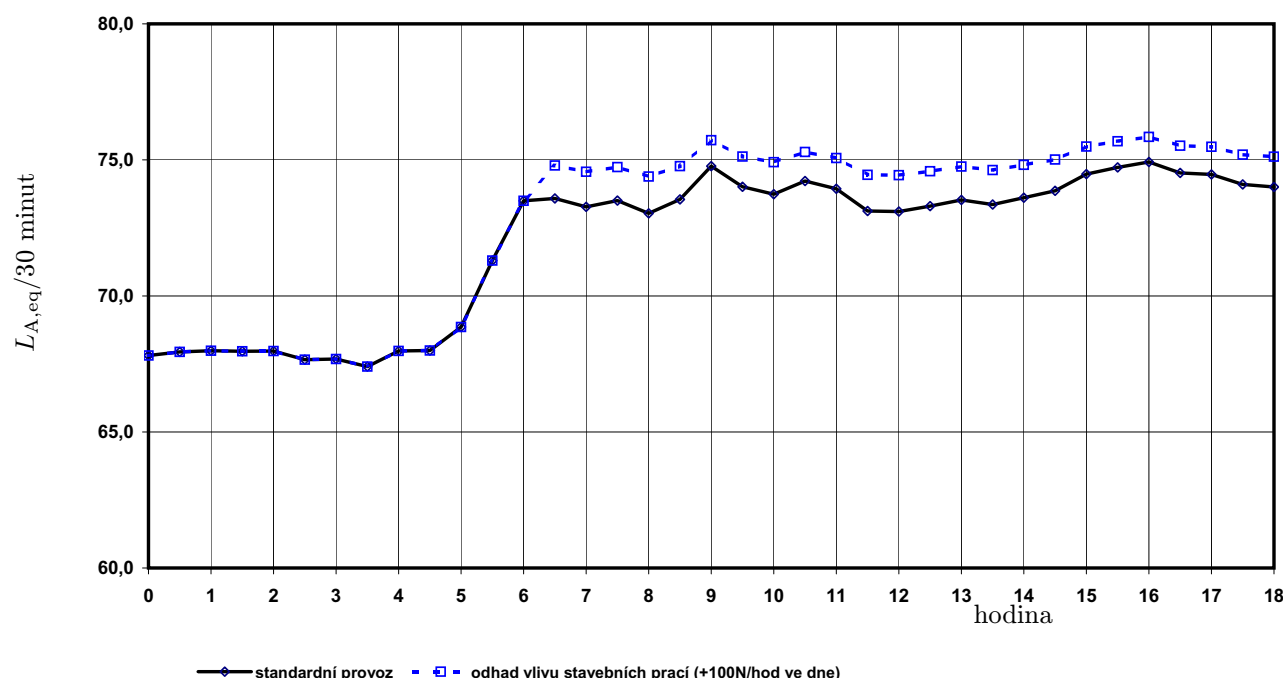
- [1] Dosud veřejně nepublikované interní výzkumné zprávy Ústavu pro výzkum motorových vozidel, Praha.
- [2] Jan Kozíšek: Statistická analýza, Ediční středisko ČVUT, Praha 1989.



Obrázek 2: Počty průjezdů vozidel za 30 minut



Obrázek 3: Vliv zákazu vjezdu nákladních vozidel



Obrázek 4: Očekávaný vliv plánovaných stavebních prací v oblasti

Akustické listy: ročník 10, číslo 2 červen 2004

ISSN: 1212-4702

Vydavatel: Česká akustická společnost, Technická 2, 166 27 Praha 6

Vytisklo: Ediční středisko ČVUT

Počet stran: 12 Počet výtisků: 200

Redakční rada: M. Brothánek, O. Jiříček, J. Kozák, R. Čmejla, F. Kadlec, J. Štěpánek, P. Urban

Jazyková úprava: R. Štěchová

Uzávěrka příštího čísla Akustických listů je 30. září 2004.

© ČsAS
NEPRODEJNÉ!