

MĚŘENÍ A SROVNÁNÍ HLUČNOSTI RŮZNÝCH DRUHŮ KOMUNIKACÍ V ČR METODOU CPX

NOISE MEASUREMENT OF VARIOUS TYPES OF ROADS AND THEIR COMPARISON BY THE CLOSE PROXIMITY METHOD IN THE CZECH REPUBLIC

VÍTĚZSLAV KŘIVÁNEK, RUDOLF CHOLAVA, KAREL EFFENBERGER

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno

SOUHRN

Hluk patří v dnešní době k nejrozšířenějším škodlivinám životního prostředí a způsobuje závažná civilizační onemocnění. V současné době v ČR nejsou známy v dostatečné míře relevantní poznatky o hlučnosti jednotlivých typů povrchů vozovek a jejich změnách. Předkládaný článek se zabývá měřením povrchů vozovek metodou malé vzdálenosti (CPX) dle návrhu normy ISO 11819-2. Proto jsou podrobně diskutovány jednotlivé aspekty, jež mají v různé míře na vlastní měření v terénu vliv. Představeny jsou dílčí výsledky získané v rámci projektu TAČR č. TA01030459 – „Změna hluku povrchů vozovek v průběhu několika let používání“, které mají poskytnout základní informace o hladinách akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka různých typů i stáří povrchů vozovek používaných na území ČR. Výsledky potvrzují, že specializované „nízkohlučné povrchy“ mohou přispět ke snížení nadměrné hlukové zátěže ze silniční dopravy, ovšem je velmi důležité provádět měření v souladu s doporučením nejnovějších norem a u prezentovaných výsledků sledovat, jaká je zvolena srovnávací základna pro porovnání mezi běžným a „nízkohlučným“ povrchem.

Klíčová slova: zátěž hluková – snížení, hlučnost povrchu vozovky, metoda CPX

SUMMARY

Nowadays, noise ranks among the most common pollutants of the environment and causes serious civilization-linked diseases. In the Czech Republic, relevant information on the noise level of individual road surfaces and their changes are currently largely unavailable. The present article deals with the measurement of road surfaces by Close Proximity method (CPX) in accordance with the draft of standard ISO 11819-2. Therefore, individual aspects, which have different impacts on field measurement, are discussed in detail. Partial results obtained within a project of TAČR No. TA01030459 – “Change in the noise of road surfaces over several years of use” are presented. They are to provide basic information on the levels of acoustic pressure and the interface tyre/road of different road surface types and age used in the Czech Republic. The results confirm that specialized “low-noise surfaces” may help to reduce excessive noise from road transport, but it is necessary to perform measurements in compliance with recommendations from the latest standards, and to monitor the presented results regarding selected comparison bases for a comparison between common and “low-noise” surfaces.

Key word: noise load – reduction, road surface noise, Close-Proximity Method (CPX)

Úvod

Doprava se stala významným faktorem ovlivňujícím život člověka, a to jak v pozitivním, tak i negativním směru. Vyrůstající mobilita, rostoucí přepravní objemy a výkony v silniční dopravě jsou fenoménem několika posledních let. Prudce se zvyšuje množství osobních i nákladních vozidel, jejichž výroba a provoz jsou spojeny se zátěží životního prostředí. Silniční doprava v České republice představuje dominantní zdroj nadměrné hlukové zátěže, obdobně jako i v jiných vyspělých státech a představuje jeden z hlavních antropogenních faktorů, který při svém rozvoji nepříznivě ovlivňuje kvalitu životního prostředí (1). Hluk patří v dnešní době k nejrozšířenějším škodlivinám životního prostředí (2). V Evropě se problematika hluku v posledních několika letech stává jedním z nejčastěji diskutovaných témat a patří mezi pět klíčových problémů dlouhodobého provozu na po-

zemních komunikacích evropské silniční infrastruktury z hlediska jejich negativních vlivů na životní prostředí a zdraví člověka (3). Dlouhodobé působení hlukové zátěže může způsobovat u exponované populace závažná civilizační onemocnění (4, 5), jako například hypertenzi, infarkt myokardu, stresy, neurózy, chorobné změny krevního tlaku, poškození sluchu, apod.

Mezi zdroje automobilového hluku patří především následující části: hnací jednotka vozidla (motor, chladič, převodová soustava, výfuk), pneumatiky vozidla (odvalování pneumatik po povrchu vozovky), aerodynamika vozidla (obtékání vzduchu kolem vozidla), brzdy vozidla, karoserie vozidla (její „drnčení“), náklad vozidla. Při nízkých rychlostech (cca do 40 km/h u osobních vozidel a cca do 60 km/h u nákladních vozidel) je u vozidel vybavených spalovacím motorem dominantním zdrojem hluku hnací jednotka (6). Při vyšších rychlostech začíná převládat hluk od pneumatik, způsobený jejich

odvalováním po vozovce, který je dominantní přibližně až do rychlosti 200 km/h. Při ještě vyšších rychlostech se stává dominantním zdrojem hluku aerodynamický hluk, zapříčiněný obtékáním vzduchu kolem vozidla (7). Vyobrazení závislosti mezi převládajícím hlukem a rychlostí je na obr. 1.

V rámci většiny hlavních komunikací a povolených rychlostních limitů, je převládající složkou hluku styk pneumatiky s vozovkou, který je způsoben kombinací různých fyzikálních procesů (8, 9). Snižování hluku, vznikajícího mezi pneumatikou a vozovkou, představuje významné opatření na straně zdroje (10). Obecně emise hluku, které nevznikají, nemusí být nákladně snižovány dalšími protihlukovými opatřeními (11). K tomuto účelu se v dnešní době využívá specializovaných „nízkohlučných“ povrchů, kdy k efektu tiššího povrchu vozovky dochází okamžitě po pokládce (8). Monitoring a včasná výměna obrusné vrstvy vozovky může výrazně přispět k trvale udržitelnému rozvoji dopravy i snižování negativních účinků na životní prostředí a zdraví člověka díky účinnému omezení nadměrné hlukové zátěže ze silniční dopravy (12, 13).

Z akustického hlediska jsou důležité některé vybrané vlastnosti vozovek, především vrchní vrstvy povrchu – textura, pórovitost a tuhost povrchu (14, 15). Z hlediska bezpečnosti silničního provozu jsou důležité naprosto jiné parametry např. protismykové vlastnosti a schopnost odvodu vody z povrchu vozovky (16). Je nutné zmínit i ekonomické hledisko – cena realizace a potřebná údržba, životnost. Samozřejmě existuje mnohem širší spektrum vlastností vozovek, jež mohou být posuzovány, přičemž většina parametrů jde proti sobě a proto je nutné hledat kompromis (17).

Metodika měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk

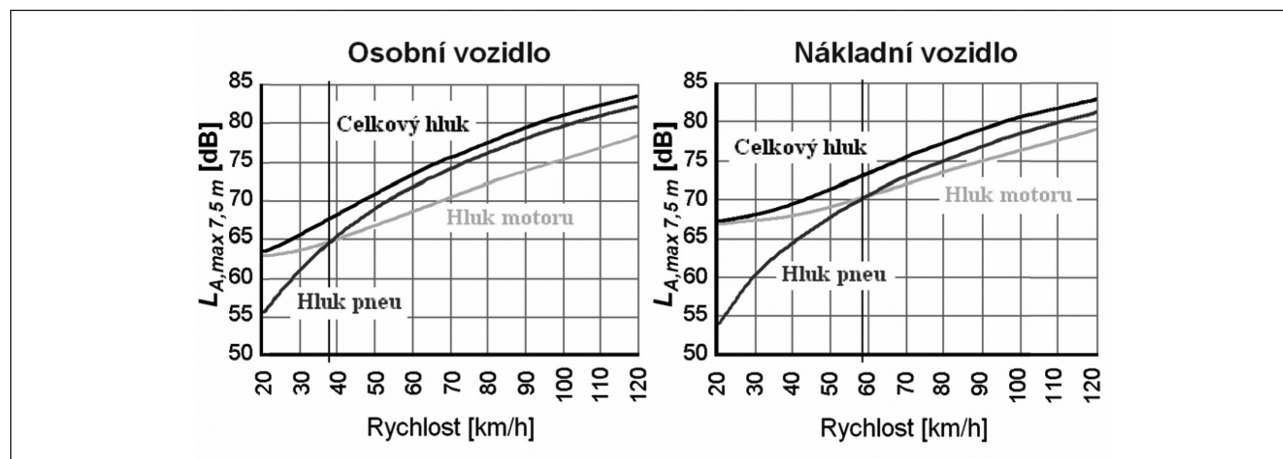
Měření hluku styku pneumatika/vozovka lze povést statistickou metodou při průjezdu SPB (náročná na měřící místo) (18). Jde o statickou metodu, měří se v jednom bodě a není známa hluková situace o pár metrů dále (19). V praxi se častěji využívá dynamická metoda CPX (20, 21). Měření metodou CPX se provádí dle návrhu norem ISO/DIS 11819-2 Acoustics – measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2 a ISO/TS 11819-3 Acoustics – method for measuring the influen-

ce of road surfaces on traffic noise. Part 3 od rychlosti cca 40 km/h (22), není závislé na hustotě okolního dopravního proudu (23) a pojiždění komunikace, lze provádět kdykoliv při splnění meteorologických podmínek, kdy vyhodnoceny mohou být krátké a dlouhé úseky komunikací i navazující úseky, podrobnější popis měření uveden v (24). CPX se využívá pro porovnání hlučnosti jednotlivých typů povrchů vozovek, ověření účinnosti aplikace nízkohlučných povrchů vozovek, monitorování akustického chování vozovky v průběhu několika let používání, aj. (15). Metoda CPX je na rozdíl od jiných měření rychlejší, ekonomičtější, praktičtější, méně náročná na podmínky měření a lze vyloučit dílčí rušivé části (22), nevýhodou je zaznamenávání pouze hluku pneumatika/vozovka (tj. nepostihuje vliv okolního prostředí na útlum) a větší minimální délka měřeného úseku. V rámci projektu TAČR TA0103045 probíhá měření metodou CPX, kdy výsledky a poznatky lze uplatnit pro (25, 26):

- hodnocení současné situace (porovnání hlučnosti různých typů povrchů vozovek a tím na základě znalosti hlučnosti jednotlivých povrchů přispět k možnosti zlepšení posuzování zdravotních rizik (27) – hodnocení environmentálních dopadů hluku v okolí silnic při různých typech povrchů),
- návrh nových komunikací s ohledem na snížení hladiny hluku konstrukce obrusné vrstvy vozovky (posouzení účinků snížení hlukové zátěže při použití nízkohlučných povrchů, vyčíslení nákladů a přínosů, testování hlučnosti a konfrontace s požadavky uvedenými v zadávací dokumentaci),
- úpravy vstupních údajů pro použití hlukových modelů (v rámci projektu EU CNOSSOS mají být stanoveny hlukové údaje o komunikacích jednotlivých zemí metodou CPX, tj. stanovení korekce na jednotlivé typy povrchů pro modelování),
- porovnání získaných výsledků měření hluku při daných podmínkách na vybraných vozovkách s poznatky v jiných zemích.

Diskuse nad podmínkami měření

Při měření metodou CPX Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. (dále CDV) striktně postupuje v souladu s normami ISO/DIS 11819-2 a ISO/TS 11819-3 pro zajištění dlouhodobé opakovatelnosti a možnost porovnání



Obr. 1: Vliv rychlosti na hladinu akustického tlaku.

výsledků i se zahraničními údaji v delším časovém horizontu. Při nedodržení množství podmínek (např. měření probíhá pokaždé na jiných pneumatikách, na jiném typu auta, není známa rychlost měření, teplota povrchu) se zvyšuje nepřesnost (chyba) měření a není možné výsledky objektivně mezi sebou porovnávat.

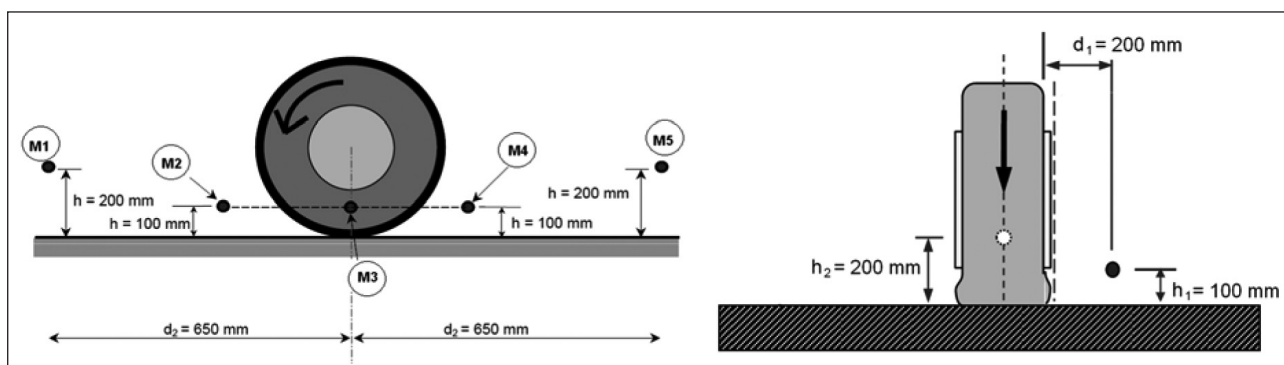
Vliv zvolené měřicí pneumatiky představuje největší nejistotu měření hluku styku pneumatika/vozovka (28). Dezény běžných pneumatik se mění přibližně v řádu dvou let a výsledky měření nelze použít pro jakékoliv další srovnávání (29). CDV dle doporučení ISO 11918-3 používá k měření pneumatiku Tigerpaw Uniroyal 225/60 R16 SRTT, která je doporučena v automobilovém průmyslu jako standardní pneumatika pro referenční testy dle ASTM F2493-06 (30). SRTT pneumatika je vyráběna stále stejným způsobem a pouze jediným výrobcem, tj. jsou zaručeny stálé vlastnosti této pneumatiky. Provedená měření CDV nových pneumatik stejného rozměru (31), ukazují rozdíl v ekvivalentní hladině akustického tlaku mezi nejhlučnější a nejtichší pneumatikou na úrovni cca 3,5 dB. Další rozdíl v hlučnosti je způsoben vlastním opotřebením a degradací pneumatiky, proto CDV každý rok vyměňuje používanou SRTT pneumatiku. Hluk pneumatika/vozovka je ovlivňován i okolní teplotou a rychlostí při níž měření probíhá (32). Pro zajištění co nejpřesnějších výsledků je vhodné provést korekci na referenční rychlost a teplotu, tj. je nutné tyto parametry v průběhu celého měření kontinuálně získávat (využit infračervený senzor a GPS modul). Měření samotné je realizováno pěti mikrofony umístěnými v definovaných polohách dle normy, viz obr. 2, jejichž výsledky se průměrují (24) (využit pŕpalcový mikrofón v třídě přesnosti 1, citlivost 50 mV/Pa, frekvenční rozsah 6,3 Hz–20 kHz a dynamický rozsah 14,6–146 dB).

Splnění akustických podmínek a zajištění požadovaného zatížení na měřené pneumatice je dosaženo specializovaným přívěsem CPX o rozměrech cca 3 x 5 m, viz obr. 3. Pro potlačení nežádoucích odrazů a zvuků je celá konstrukce tvořena válcovými profily bez ostrých hran, brzd, blatníků a se vzduchovým odpružením. Vzdálenost referenční pneumatiky od hnací jednotky vlastního tažného, protijedoucího či předjíždějícího vozidla dosahuje cca 4 m – velká vzdálenost zaručuje odstup měřeného signálu (hluk pneumatika/vozovka) od projíždějícího vozidla (šum – rušení) na úrovni cca 20 dB u nákladních a cca 25 dB u osobních vozidel (33) – nelze dosáhnout na běžných automobilech (34).

Z hlediska přesnosti výsledků není měření příliš závislé na intenzitě okolního dopravního proudu, hluk okolního provozu měření neovlivňuje (33). Hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka je závislá na rychlosti zkoušky, viz obr. 4. Měření by tedy mělo probíhat při konstantní rychlosti (využíván tempomat, sledování rychlosti pro korekci pomocí GPS). Z hlediska probíhající zkoušky v terénu je tedy problematičtější udržet stálou konstantní rychlost v běžném provozu, než se zabývat šumem (hlukem) okolního provozu.

Výsledky měření

Hlavním výstupem z měření je ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka a třetino-oktávová charakteristika daného úseku dle ISO 11819-2. Jelikož se jedná o měření, která mají vliv na lidský organizmus, jsou všechna měření upravována váhovým filtrem A. Získaná data byla podrobena postprocessingu v rámci programu PULSE LabShop, kde byly případně odstraněny rušivé vlivy. Následným exportem



Obr. 2: Poloha měřicích mikrofónů CPX dle návrhu normy ISO/DIS 11819-2.



Obr. 3: Celkový pohled na měřicí přívěs CPX s tažným vozidlem.

Tab. 1: Naměřené hodnoty L_{Aeq} a pomocné údaje pro korekci pro různé povrchy (zdroj: výzkumný projekt č. TA01030459)

Povrch	Stáří povrchu v době měření	Skutečná rychlost [km/h]	Skutečná teplota povrchu [°C]	Skutečná teplota vzduchu [°C]	Změřená L_{Aeq} [dB]	Korigovaná L_{Aeq} na ref. hodnoty [dB]
SMA 8 LA (nenormová směs)	1 rok	48,81	30,4	25,5	87,3	88,0 ± 1,0
Viaphone (nenormová směs)	1 rok	51,07	21,4	19,4	88,2	88,0 ± 1,0
PA 8 CRmB	1 rok	50,97	27,5	21,1	88,5	88,3 ± 1,0
BBTM 8B	1 rok	51,23	29,2	20,5	88,4	88,4 ± 1,0
SMA 11	1 rok	50,96	22,1	18,3	89,7	89,4 ± 1,0
ACO 16	1 rok	50,36	25,6	20,4	89,7	89,8 ± 1,0
ACO 16	cca 10 let	49,62	28,4	22,6	91,9	92,5 ± 1,0
Litý asfalt	cca 10 let	50,25	28,2	23,4	92,2	92,5 ± 1,0
SMA 11	cca 10 let	49,77	33,4	24,6	92,1	92,8 ± 1,0
Dlažební kostky	cca 10 let	51,12	27,9	20,1	96,5	96,4 ± 1,0

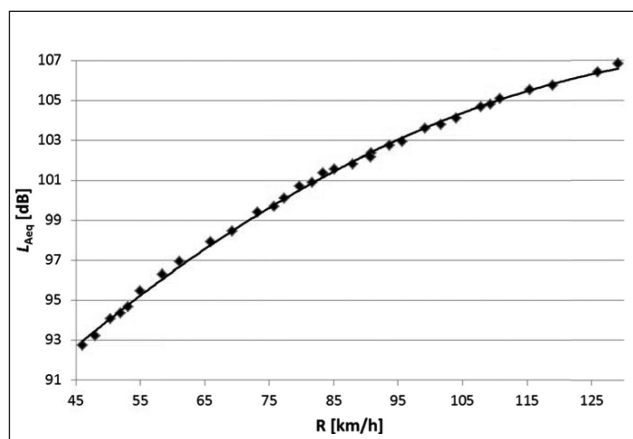
Poznámka:

Zkratky udávají příslušné směsi: SMA – Stone Mastic Asphalt (původní označení AKMS – asfaltový koberec mastixový), LA – Lärmarm (nízkohlučný), PA – Porous Asphalt (původně AKD – asfaltový koberec drenážní), CRmB – asfalty modifikované pryžovým granulátem, BBTM – Bétons bitumineux très minces (asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy, původně AKT – asfaltový koberec tenký), AC – Asphalt Concrete (ACO – asfaltový beton pro obrusnou vrstvu, původně AB – asfaltový beton). Číslo udává maximální velikost frakce použitého kameniva ve směsi v mm.

Nízkohlučný asfaltový koberec mastixový s označením SMA LA je v poslední době používán zejména v Německu. Povrch sice nedosahuje tak vysokého účtu jako asfaltové koberce drenážní, na druhé straně je však jednodušší z hlediska provádění a následné údržby. Výhody SMA LA ve srovnání PA jsou následující: méně problematická technologie výroby asfaltové směsi, delší životnost, bezproblémové provádění běžné a zimní údržby, odpadající nutnost provádění těsnicí vrstvy. Další směs v ČR představuje VLAPHONE (původní receptura z Francie). Jedná se o asfaltovou směs zrnitosti 8 mm vzhledem k frakcím kameniva vyráběným v ČR, s přetřžitou křivkou zrnitosti v oblasti 2–4 mm a vysokým obsahem hrubého kameniva frakce 4/6 nebo 4/8. Obecně se jako pojivo používá silniční asfalt s přísadkou organických vláken. Relativně vysoký obsah pojiva zlepšuje zpracovatelnost směsi VLAPHONE a usnadňuje pokládku. Jemnozrnnost, mezerovitost a negativní textura povrchu VLAPHONE snižuje valivý hluk při zachování velmi dobrých protismykových vlastností. I přes vyšší mezerovitost má VLAPHONE velmi dobrou odolnost proti trvalým deformacím. Asfaltové koberce drenážní (PA) dosahují snížení dopravního hluku pomocí vysoce mezerovité obrusné vrstvy (mezerovitost nad 15 %). Mezerovité obrusné vrstvy umožňují také zvýšit bezpečnost silničního provozu lepším odváděním srážkové vody z povrchu komunikace, zlepšit protismykové vlastnosti vozovky a snížit nebezpečí vzniku aquaplaningu a tvorby vodní mlhy za vozidly. Nevýhodou je nutnost vyššího obsahu modifikovaného pojiva, kvalitní kameniva a dodatečné stavební úpravy pro odvod srážkové vody. Často se používají speciální vysoce modifikované asfalty polymery (PmB) nebo asfalty modifikované pryžovým granulátem (CRmB) – využití odpadních pneumatik. Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy (BBTM 8B) se vyznačuje snížením hluku oproti SMA 11 o cca 3 dB, je odolný vůči trvalým deformacím a vzniku trhlín. Jedná se o směs s vyšším dávkováním pojiva a nižším obsahem drobného kameniva se zrnitostí do 8 mm a mezerovitostí cca 15 %. Vyznačuje se dobrými protismykovými vlastnostmi a má jednotný povrch s makrotexturou. Proti výše uvedeným výhodám mezerovitých obrusných vrstev stojí vyšší pořizovací náklady na asfaltové koberce, specializovaná výroba a pokládka, nutnost častější a šetrnější údržby, případně nižší životnost či rychlejší se zhoršující další parametry vozovky.

naměřených hodnot do prostředí MS Excel bylo provedeno statistické vyhodnocení a potřebné korekce, k čemuž slouží naměřené hodnoty skutečné rychlosti, teploty vzduchu a teploty povrchu vozovky, viz tab. 1, kde změřená ekvivalentní hladina akustického tlaku A je korigována na referenční rychlost 50 km/h a referenční teplotu 20 °C.

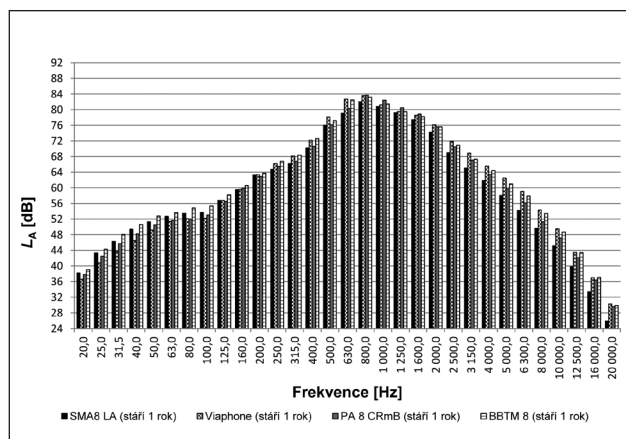
Pro podrobnější srovnání rozdílů jednotlivých povrchů je vhodný další výstup a to třetino-oktávová charakteristika daného úseku v minimálním rozsahu



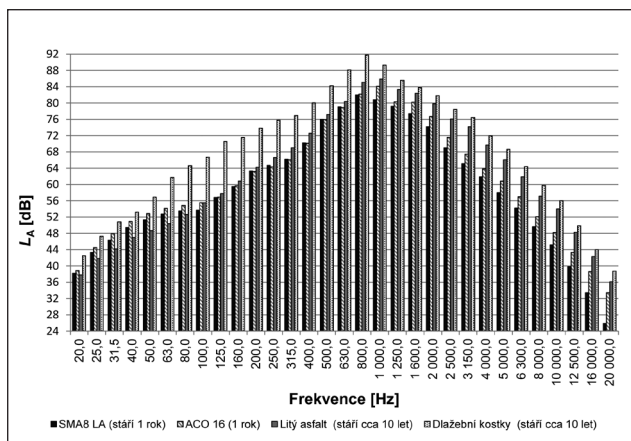
Obr. 4: Závislost vlivu rychlosti na generovaném hluku styku pneumatika/vozovka na vybraném typu povrchu komunikace, stáří cca 10 let.

315–5000 Hz, viz obr. 5 a 6, kde je ukázka vybraných typů povrchů pro rozsah 20–20 000 Hz.

Třetino-oktávová charakteristika lépe vyjadřuje, kde dochází ke zvýšení, či naopak ke snížení hlukové emise, viz obr. 6. Běžné asfaltové povrchy (SMA, ACO) dosahují nejvyšší hlučnosti na frekvenci 1000 Hz, zatímco u nízkohlučných směsí špička nastává již při frekvenci 800 Hz. U nízkohlučných povrchů dochází ke snížení hlučnosti právě od frekvence 1000 Hz a vyšší, což je dáno velikostí zvukové vlny, která se „lámá“ ve vzdu-



Obr. 5: Změřená třetino-oktávová charakteristika akustického tlaku A pro rychlost 50 km/h, pro nízkohlučné povrchy z tab. 1.



Obr. 6: Změřená třetino-oktávová charakteristika akustického tlaku A pro rychlost 50 km/h, pro vybrané povrchy z tab. 1.

chových pórech povrchu, čímž se částečně přeměňuje na teplo. Při snížení mezerovitosti (ucpání vzduchových pórů) dochází k rychlejšímu nárůstu hlučnosti nízkohlučných povrchů, řešení představuje pravidelná údržba, což potvrzují první výsledky v rámci jiného výzkumu (TE01020168).

Diskuse

Existují různé měřicí metody pro zjištění hlučnosti styku pneumatika/vozovka. Každá z těchto metod má své opodstatnění, výhody a nevýhody. Zde byla představena metoda CPX, jež má oproti alternativním přístupům několik zásadních výhod spočívajících především v minimální náročnosti na okolí měřené komunikace, nezávislosti na skladbě dopravního proudu, umožňující rychle a efektivně měřit i dlouhé úseky komunikací v terénu, kdy lze snadno aplikovat k monitorování akustického chování vozovky v průběhu několika let používání. Proto měření v rámci výzkumného projektu Technologické agentury ČR č. TA01030459 – „Změna hluku povrchů vozovek v průběhu několika let používání“ probíhají metodou CPX.

Z dílčích představených výsledků měření v terénu na území České republiky, které byly získány v rámci výzkumného projektu, je zřejmé, že v mnoha případech z akustického hlediska lze díky náhradě stávajícího krytu vozovky novým krytem, případně specializovaným nízkohlučným povrchem dosáhnout významného snížení hlukové zátěže ze silniční dopravy. Na základě prvních výsledků měření (33) nízkohlučných povrchů je nutné z akustického hlediska počítat s možnou rychlejší degradací pozitivních účinků snížení hlukové emise i z důvodu nedostatečné údržby těchto specializovaných povrchů (35, 36). (Změnám hlučnosti vlivem čištění nízkohlučných povrchů se věnuje projekt TAČR č. TE01020168 – „Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu“ – CESTI, v rámci dílčích aktivit pracovního balíčku WP 5 Ochrana životního prostředí a zelená dopravní infrastruktura). Hluk styku pneumatika/vozovka zcela nových povrchů, se dle prvních, ještě ne zcela ověřených měření, pohybuje v závislosti na typu povrchu v úrovních cca 86–87 dB. Vyšší nárůst hlučnosti v prvních rocích po zprovoznění u všech typů specializovaných nízkohlučných povrchů je způsoben skutečností, že se vždy jedná o povrchy s vysokou mezerovi-

tostí (37, 38), kdy se zvuk vyšších vlnových délek dostává ve větší míře do těchto mezer, kde dojde k přeměně energie na teplo, ovšem tyto mezery jsou zanášeny nečistotami (prach, obrus z pneumatik, zemina z pole aj.) (39). Zanesení pórů komunikace omezuje účinnost těchto specializovaných povrchů (40), a proto u nich dochází k rychlejšímu nárůstu hlučnosti i vzhledem k uvedené skutečnosti, že není prováděna potřebná údržba, která ucpané póry v povrchu vyčistí a tím částečně obnoví funkčnost těchto povrchů.

Z analýzy třetino-oktávového akustického spektra, viz obr. 6, vyplývá výraznější zvýšení hlukové emise pro téměř všechny frekvence (od 315 Hz výše) u starého povrchu z litého asfaltu. Vyšší emise hluku pravděpodobně odpovídají vysoké degradaci povrchu vlivem stáří (41). Dále je z obr. 6 zřejmé, že rozdíl mezi novým povrchem (ACO) a novým nízkohlučným povrchem (SMA 8 LA) je dán ve frekvenční oblasti dřívější špičkou akustického tlaku nízkohlučného povrchu, která pak nedosahuje ve středních a vyšších frekvencích tak vysokých hodnot. Při zanesení pórů nízkohlučných povrchů nečistotami jsou však hodnoty akustického tlaku v třetino-oktávové charakteristice i ve vyšší části spektra obdobné a proto dochází k rychlejší akustické degradaci vůči běžným povrchům. Pro ukázkou je zde uvedena i charakteristika spektra z dlažebních kostek. V obr. 5 je srovnání čtyř různých typů nízkohlučných směsí od různých výrobců, jež jsou v ČR v běžném provozu používány. Je zřejmé, že cca po roce užívání mají všechny typy povrchů přibližně stejnou charakteristiku, což ovšem nevypovídá nic o počátečních hodnotách, které mohou být rozdílné, tak jako tyto povrchy mohou vykazovat rozdílné charakteristiky za pět let svého užívání.

Srovnáním výsledků, které byly prozatím v terénu na území ČR získány, a které odpovídají zahraničním poznatkům (42, 43) lze konstatovat, že z akustického hlediska lze dosáhnout významného snížení hlukové emise o cca 3–4 dB použitím specializovaného nového nízkohlučného povrchu oproti novému běžnému povrchu (SMA, ACO). Dalšího významného snížení hlukové emise o cca 3–4 dB lze dosáhnout náhradou starého běžného povrchu, který je bez viditelných vad (hluboké vyjeté koleje, výtluky, nerovné vysprávk, u CB krytů nerovnost desek, rozbité kanálové výusti aj.) za tentýž, ovšem nový. Pokud se však bude jednat o srovnání starého běžného povrchu bez viditelných vad vůči povrchu z dlažebních kostek (kočičí hlavy) nebo běžného starého povrchu, který již vykazuje podstatné poruchy vrchního krytu komunikace, lze dosáhnout dalšího významného snížení hlukové emise o cca 3–5 dB, dle typu poruch.

Závěr

Někteří propagátoři nízkohlučných povrchů udávají snížení hlukové emise až o 10 dB, což je možné, ale při posuzování snížení hlukové emise je velmi důležité, jaký byl pro posouzení efektu zvolen výchozí stav. Budeme-li porovnávat hlukovou emisi několik let starého rozbitého povrchu komunikace a správně nově položeného specializovaného nízkohlučného povrchu ihned po provedení rekonstrukce krytu vozovky, je to možné. Je však nutné mít na zřeteli, že snížení hlukové emise o 10 dB je dosaženo tím, že 3–4 dB tvoří vlastní nízkohlu-

hlučný povrch, 2–4 dB tvoří náhrada starého, z akustického hlediska degradovaného povrchu za nový a 2–5 dB tvoří odstranění viditelných vad.

I když je z akustického hlediska životnost specializovaných nízkohlučných povrchů bez zajištění pravidelného a správného čištění velmi omezená, nelze tyto povrchy jako navrhovaná protihluková opatření odmítat. K jejich degradaci, a tím i zvyšování hlučnosti vyvolané stykem pneumatika/vozovka, dochází postupně, plynuje a v rozsahu, který lidský sluchový aparát není schopen vyhodnotit jako změnu akustické situace.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl na základě aktivit finančně podpořených v rámci projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy – operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace č. ED2.1.00/03.0064 – Dopravní VaV centrum a Technologické agentury ČR č. TA01030459 – Změna hluku povrchů vozovek v průběhu několika let používání.

LITERATURA

- Hellmuth T. Věcný záměr zákona o hluku z pohledu regulace hluku z dopravy. In: Doprava, zdraví a životní prostředí: V. česko-slovenská konference; 31.10.-2.11.2012; Blansko, ČR. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2012. p. 77-84.
- Potužníková D, Hellmuth T, Bednarčík P, Šušolík O, Fiala Z. Změna metodiky hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb ve vztahu k hodnocení zdravotních rizik. Hygiena. 2012;57(4):149-53.
- Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Off J Eur Communities. 2002 Jul 18;45(L 189):12-25.
- Pierrette M, Marquis-Favre C, Morel J, Rioux L, Vallet M, Vignon S, et al. Noise annoyance from industrial and road traffic combined noises: A survey and a total annoyance model comparison. J Environ Psychol. 2012;32(2):178-86.
- Státní zdravotní ústav. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu životnímu prostředí: souhrnná zpráva za rok 2010. Praha: SZÚ; 2011.
- Sandberg U, Ejsmont JA. Tyre/road noise reference book. Kisa: Informex; 2002.
- Raitanen N. Measuring of noise and wearing of quiet surfaces [dissertation]. Espoo: Helsinki University of Technology; 2005.
- Morgan P, editor. Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces. FEHRL Report 2006/02. Brussels: FEHRL; 2006.
- Bernhard RJ, Wayson RL. An Introduction to tire/pavement noise. Final report SQDH 2005-1 HL 2005-2. West Lafayette (IN): Purdue University; 2005.
- Ahamed MA, Tighe SL. Quiet pavements: a sustainable and environmental friendly choice. In: Transportation – a key to a sustainable future: 2008 Annual Conference & Exhibition of the Transportation Association of Canada; 2008 Sep 21-24; Toronto, Ontario. Available from: <http://conf.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2008/docs/x1/ahamed2.pdf>.
- Rasmussen RO, Bernhard RJ, Sandberg U, Mun EP. The Little book of quieter pavements. Report no. FHWA-IF-08-004. Washington, DC: US Department of Transportation, Federal Highway Administration; 2007.
- Máca V, Urban J, Melichar J, Krivánek V. Metodika oceňování hluku z dopravy. Praha: Univerzita Karlova; 2012.
- Vandasová Z, Vencálek O, Dobšík O. Dvě desetiletí monitorování hluku: vývoj hluku v městských lokalitách České republiky. Hygiena. 2013;58(3):100-5.
- Valentin J, Mondschein P. Snížování hluku možnými úpravami obrusné vrstvy vozovky. Silnice železnice. 2010 Příklad 5.
- Mak KL, Hung WT, Lee SH. Exploring the impacts of road surface texture on tyre/road noise - A case study in Hong Kong. Transport Res Part D Transport Environ. 2012;17(2):104-7.
- Stryk J, Šachlová Z, Nekula L, Krivánek V. Aktivita evropské normalizační skupiny CEN TC 227/WG5: Povrchové vlastnosti vozovek. Silniční obzor. 2013;74(12):311.
- Ongel A, Kohler E, Lu Q, Harvey J. Comparison of surface characteristics and pavement/tire noise of various thin asphalt overlays. Road Mater Pavement Des. 2008;9(2):333-44.
- Donavan PR, Lodico DM. Estimation of vehicle pass-by noise emission levels from onboard sound intensity levels of tire-pavement noise. Transp Res Record. 2009;(2123):137-44.
- Höjer M, Nilsson NÅ. A single wheel trailer for tire/road noise measurements enabling both the CPX- and pass-by methods. J Acoust Soc Am. 2008;123(5):3687.
- Paje SE, Bueno M, Terán F, Viñuela U. Monitoring road surfaces by close proximity noise of the tire/road interaction. J Acoust Soc Am. 2007;122(5):2636-41.
- Wong KW, Leung AYT, Lee RYY, et al. A new methodology of measuring tyre/joint noise in Hong Kong. In: 4th International Symposium on Environmental Vibration: Prediction, Monitoring and Evaluation; 2009 Oct 28-30; Beijing, China. Beijing: Science Press; 2009. p. 599-604.
- Mak KL, Lee SH, Ho KY, Hung WT. Developing instantaneous tyre/road noise profiles: A note. Transport Res Part D Transport Environ. 2011;16(3):257-9.
- Ejsmont JA, Mioduszeński P. Certification of vehicles used for tire/road noise evaluation by CPX method. Noise Control Eng J. 2009;57(2):121-8.
- Krivánek V. Measurement of noise from road surface using dynamic method. Transp Sci. 2013;6(3):117-24.
- Hajek JJ, Blaney CT, Hein DK. Framework for environmental assessment of tire-pavement noise. Transp Res Record. 2008;(2058):140-6.
- Descornet G, Goubert L. Noise classification of road pavements. Task 1: Technical background information. Draft report. Brussels: European Commission; 2006.
- Potužníková D, Hellmuth T, Bednarčík P, Fiala Z. Zkušenosti z hodnocení zdravotních rizik expozice hluku ze silniční dopravy. Hygiena. 2012;57(3):100-4.
- Morgan P, Sandberg U, Van Blokland G, Schwanen W. The selection of new reference test tyres for use with the CPX method, to be specified in ISO/TS 11819-3. In: Bolton JS, Burroughs C, Gover B, editors. 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2009 (INTER-NOISE 2009); 2009 Aug 23-26; Ottawa, Canada. Ashland: Noise Control Foundation; 2009. p. 462-70.
- Kropp W, Sabiniarz P, Brick H, Beckenbauer T. On the sound radiation of a rolling tyre. J Sound Vibr. 2012 Apr 9;331(8):1789-805.
- ASTM F2493-08 Standard specification for P225/60R16 97S radial standard reference test tire. West Conshohocken (Pa): ASTM International; 2008.
- Krivánek a kol. Výzkum hlučnosti různých typů pneumatik pomocí metody CPX v závislosti na rychlosti (2. měřicí cyklus). Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2013.
- Van Leeuwen H, Kok A, Reubsat J. The uncertainty of acoustical measurements on road surfaces using the CPX method. In: 36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. INTER-NOISE 2007 ISTAN-

- BUL; 2007 Aug 28-31; Istanbul, Turkey. Turkish Acoustical Society; 2007. p. 4394-9.
33. Křivánek V a kol. Změna hluku povrchů vozovek v průběhu několika let používání. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2013.
34. Cho DS, Mun S. Study to analyze the effects of vehicles and pavement surface types on noise. Appl Acoust. 2008;69(9):833-43.
35. Ho KY, Hung WT, Ng CF, Lam YK, Leung R, Kam E. The effects of road surface and tyre deterioration on tyre/road noise emission. Appl Acoust. 2013;74(7):921-5.
36. Nilson RN, Westergren PE. Improved acoustical sustainability using effective cleaning equipment. In: Crocker MJ, Ivanov N, Pawelczyk M, editors. 18th International Congress on Sound and Vibration 2011 (ICSV 18); 2011 Jul 10-14; Rio de Janeiro, Brazil. Auburn: International Institute of Acoustics & Vibration; 2011. p. 1151-8.
37. Paje SE, Luong J, Vázquez VF, Bueno M, Miró R. Road pavement rehabilitation using a binder with a high content of crumb rubber: influence on noise reduction. Constr Build Mater. 2013;47:789-98.
38. Méline J, Van Hulst A, Thomas F, Karusisi N, Chaix B. Transportation noise and annoyance related to road traffic in the French RECORD study. Int J Health Geogr. 2013 Oct 2;12:44. doi: 10.1186/1476-072X-12-44.
39. Pigasse G, Jensen MP, Bendtsen H. Cost-benefit analysis of a poroelastic road surface. In: Euronoise Prague 2012 Proceedings; 2012 Jun 10-13; Prague, Czech Republic [CD-ROM]. Prague: Czech Acoustic Society; 2012.
40. Pereira SMS, Oliveira JRM, Freitas EF, Machado P. Mechanical performance of asphalt mixtures produced with cork or rubber granulates as aggregate partial substitutes. Constr Build Mater. 2013;41:209-15.
41. Sandberg U, Goubert L. PERSUADE - a European project for exceptional noise reduction by means of poroelastic road surfaces. In: 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011 (INTER-NOISE 2011); 2011 Sep 4-7; Osaka, Japan. Tokyo: Institute of Noise Control Engineering Japan & Acoustical Society of Japan; 2011. p. 673-83.
42. Sandberg U, Goubert L, Biligiri KP, Kalman B. State-of-the-Art regarding poroelastic road surfaces. Swedish Road and Transport Research Institute, Belgian Road Research Centre; 2010.
43. Li ML, van Keulen W, Ceylan H, Van de Ven M, Molenaar A. Influence of changes in surface layer properties on tire/pavement noise. Noise Control Eng J. 2013;61(4):417-24.

Došlo do redakce: 24. 5. 2014

Přijato k tisku: 2. 7. 2014

*Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.
Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.,
Lázeňská 33a
636 00 Brno
E-mail: vitezslav.krivanek@cdv.cz*