

ČIŠTĚNÍ NÍZKOHLUČNÝCH POVRCHŮ VOZOVEK A ZMĚNA JEJICH HLUČNOSTI NA ÚZEMÍ ČR SLEDOVANÁ METODOU CPX

CLEANING LOW NOISE PAVEMENTS AND CHANGES IN THEIR NOISINESS IN THE CZECH REPUBLIC MONITORED BY THE CPX METHOD

VÍTĚZSLAV KŘIVÁNEK, JOSEF STRYK, JIŘÍ JEDLIČKA

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

SOUHRN

Problematika hluku patří mezi klíčové problémy dlouhodobého provozu na pozemních komunikacích z hlediska jejich negativních vlivů na životní prostředí a zdraví člověka, která je do značné míry ovlivňována technickým stavem komunikace – obrusné vrstvy. Hluk generovaný kontaktem pneumatiky s vozovkou převládá u osobních vozidel od rychlosti cca 40 km/h, proto v posledních letech představují nízkohlučné povrchy efektivní protihlukové opatření. Na území ČR se jednalo v roce 2010 o jednotky případů pokládky specializovaného povrchu, v roce 2013 se již jednalo o desítky případů realizací. U nízkohlučných povrchů byla prokázána rychlejší akustická degradace, která může souviset i s tím, že čištění těchto specializovaných krytů vozovek se v ČR neprovádí. Článek uvádí výsledky měření pomocí metody CPX provedeného v rámci projektu TAČR č. TE01020168 – „Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu“ – CESTI, kdy srovnává změny akustického tlaku A měřené na styku pneumatika/vozovka nízkohlučných povrchů vozovek na nichž bylo provedeno čištění, a to opakovaně několik let po sobě.

Klíčová slova: hlučnost povrchu vozovky, metoda CPX, hluk – snižování

SUMMARY

The issue of noise is among the key issues of long-term road transport in terms of its negative impacts on the environment and human health, which is considerably affected by technical the condition of the road – road wearing course. Noise generated by contact of the tyre with the road surface occurs in vehicles from the speed of approx. 40 km/h and higher, therefore low-noise road pavements have recently been used as anti-noise measures. Although there were just several cases of specialized surface installation in the Czech Republic in 2010, in 2013 there were already dozens of cases. Faster acoustic degradation has been found with low-noise surfaces, which may be related to an aspect of absence of cleaning of these specialized surfaces in the Czech Republic. The article shows measurement results with the use of the CPX method performed within the project of the Technological Agency of the Czech Republic No. TE01020168 – “Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure” – CESTI, and compares changes of acoustic pressure A measured at the interface tyre/road surface of low noise road pavements which were repeatedly cleaned for several years.

Key words: road surface noise, CPX method, noise – reduction

<http://dx.doi.org/10.21101/hygiena.a1470>

Úvod

Včasná výměna obrusné vrstvy vozovky může výrazně přispět ke snižování negativních účinků na životní prostředí a zdraví člověka (1, 2) i k udržitelnému rozvoji dopravy. Snižování hlučnosti vznikající mezi pneumatikou a vozovkou, představuje významné opatření na straně zdroje hluku (3). K tomuto účelu se v dnešní době především využívá specializovaných povrchů (4) – tzv. povrchy se sníženou hlučností (nízkohlučné povrchy), kdy k efektu tiššího povrchu vozovky dochází okamžitě po pokládce (5).

Akustické i drenážní vlastnosti nízkohlučných asfaltových povrchů se s časem zhoršují. Mezery a dutiny se

časem zanáší (zimní údržba, prašnost, znečištění vozidel, apod.), zejména na málo pojížděných pruzích a zpevněných krajnicích. Předpokládá se, že zhoršování akustických vlastností nízkohlučné vozovky neprobíhá lineárně, ale zmírňuje se postupně (6). Stáří úpravy je jen jeden z faktorů. Velmi významný vliv má počasí v zimním období (množství sněhových srážek, mrazové cykly, intenzita tání atd.) a následný způsob zimní údržby i druh dopravy na dané komunikaci (celkové dopravní zatížení komunikace). Pro zachování pozitivních vlastností nízkohlučných úprav povrchů vozovek je třeba se snažit vhodnou údržbou o prodloužení efektivnosti (7).

Ověření změn hlučnosti povrchů komunikací v čase nezávisle na intenzitě dopravního proudu, v daném mís-

tě komunikace, lze realizovat měřením hluku vznikajícího při styku pneumatika/vozovka pomocí dvou metod – statické (SPB – Statistical Pass-By, dle ISO 11918-1) a dynamické (CPX – Close ProXimity, dle ISO 11819-2). Podle posledních závěrů evropské mezinárodní pracovní skupiny CEN TC 227/WG5, která proběhla v listopadu 2015 ve Vídni, vyplývá doporučení volit pro akustickou charakterizaci povrchu vozovky pouze měření metodou CPX. Vlastní ISO norma je stále ve schvalovacím administrativním procesu (8), lze však využít schválenou certifikovanou metodiku „*Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže*“ (2), která shrnuje a obsahuje zásady a pracovní postup metody CPX. Podrobnosti lze nalézt v předcházejícím článku (9), stejně tak diskusi nad podmínkami měření a princip metodiky lze vyčíst např. v článcích (10, 11), proto nebudou uváděny dílčí podrobnosti o metodě CPX, kterou využívá Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. (dále CDV) pro výzkum dlouhodobého monitoringu stavu komunikací na území ČR včetně posuzování nízkohlučných povrchů.

Údržba nízkohlučných povrchů

V literatuře lze nalézt dílčí informace (12), že čištěním se dá situace zlepšit, avšak počátečního snížení hluchnosti se docílit již nedá (13), ovšem je tak možné prodloužit „životnost vlastní nízkohlučné úpravy“ (14). V (15) se konstatuje, že pravidelným čištěním se podařilo v Bratislavě i po několika letech zajistit snížení hluchnosti drenážního koberce. V (16) na str. 93 se doporučuje provádět čištění vozovek po dešti, když jsou již nečistoty v mezerách měkčí a snáze se odstraní. K čištění povrchů komunikací lze použít například vysokotlaký proud vody nebo kartáčové stroje, které jsou opatřeny vodními tryskami, sacími tryskami a navíc mají ještě několik systémů kartáčů. K tomuto účelu lze použít specializované stroje. Zkušenosti se stroji mají v Dánsku, Japonsku, Kanadě, Spojených státech amerických a ve Velké Británii (17).

U některých nízkohlučných krytů vozovek se lze dočíst, že mají „samočisticí efekt“. Za silného deště (nebo pokud vzniká na povrchu tenká vrstva vody např. táním) je při přejíždění vozovky automobily voda nárazově vtlačována do vlastní konstrukce vozovky. Tento efekt se efektivně začíná uplatňovat až od rychlosti 70 km/h a výše (18). Tento účinek je tím silnější, čím je rychlost projíždějících vozidel vyšší. Z toho lze usuzovat, že pokud je kryt použit na rychlostních nebo dálničních typech komunikací, kde můžeme předpokládat vyšší rychlosti jízdy, kryt se do jisté míry částečně pročistí „sám“ a není zde nutné provádět speciální údržbu, což dokládají i první naměřená data z komunikace D1 před Prahou. Ve městech, kde není možné dosáhnout vyšších rychlostí, pokud mají být nízkohlučné vlastnosti povrchu co nejdéle zachovány, je naopak nutné použít pravidelnou údržbu povrchů pomocí specializovaných čistících strojů, jak dokládají výsledky měření níže.

V rámci projektu CESTI bylo provedeno pokusné ověření účinnosti čištění obrusných vrstev provedených v minulých letech technologií Viaphone® tlakovou vodou ve spolupráci CDV a firmy Eurovia. Měření hluchnosti povrchů vozovek bylo provedeno metodou CPX. Měření v jednotlivých letech 2013, 2014 a 2015 proběh-

lo ve dvou fázích, a to před čištěním a po čištění. Čištění bylo provedeno speciálním vysokotlakým čistícím vozem Slovenské správy ciest, nebo společností Pražské služby, za použití předmytí detergentem Ultralon®, nástřikem vody a odsátím nečistot, dále následovalo odsátí zbytkové vody s použitým detergentem. Obě použité technologie dosahovaly srovnatelných výsledků (19).

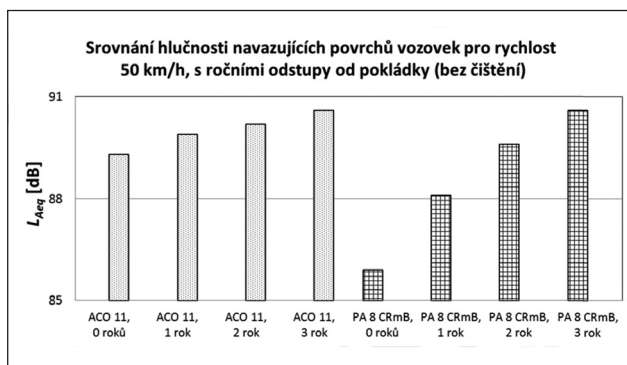
V případě vysokotlakového čistícího vozu byl tlak vody v tryskách nastaven tak, aby nedošlo k poškození povrchové vrstvy vozovky, ale zároveň, aby došlo k co největšímu vyčištění porů povrchové vrstvy silničního povrchu (20). Vysokotlakým čištěním může dojít k narušení kontaktů mezi kamenivem a asfaltem, vytrhávání zrn a nerovnostem na povrchu. Tento jev byl pozorován po vysokotlakém čištění na dvouvrstevném drenážním koberci v Belgii, kdy měřením bylo zjištěno, že k poškození vozovky dochází při tlaku větším než 1,5 MPa (21). Proto při čištění s vysokotlakými čističi je třeba opatrnosti. Mají se respektovat podmínky výrobce a čištění nejprve vyzkoušet na malém úseku. Tím se vyloučí jen případ, když by byl použitý tlak tak velký, že by došlo k okamžitému narušení povrchu vozovky (22). Určité narušení vazeb mezi pojivem a kamenivem, které se neprojeví okamžitě, ale může vést ke snížení životnosti, nelze z vizuálního hodnocení malého úseku rozpoznat. Osádka čistícího zařízení Slovenské správy ciest prováděla čištění rychlostí 7–8 km/hod, kdy tlak v systému při stříkání byl 1,0 MPa, což bylo blízko horní hranice tlaku, kterou by mohl systém vyvinout (1,2 MPa). Při realizaci popsaného experimentu nebylo na žádné lokalitě vizuální kontrolou pozorováno narušení povrchu vozovky čištěním.

Výsledky měření

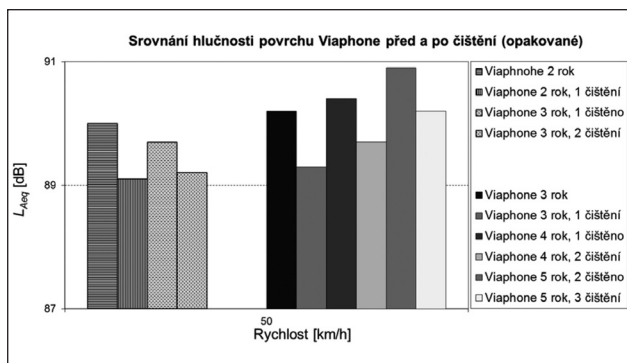
Veškerá dílčí měření na území ČR byla prováděna dle návrhu metody malé vzdálenosti (CPX). Jedná se o normu ISO/CD 11819-2 - Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The Close Proximity method, kdy jednotlivé úseky byly měřeny vždy stejnou celosvětově uznávanou referenční pneumatikou (23), dle návrhu normy ISO 11819-3, v souladu s certifikovanou metodikou Ministerstva dopravy č. j. 104/2014-710-VV/1 „*Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže*“. Hlavním výstupem z měření je ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka LAeq [dB] korigovaná na referenční podmínky (24). Pro změřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka je nutné aplikovat rychlostní a teplotní korekce (25). Výsledky měření v rámci projektu CESTI přehledně shrnují následující obr. 1–3.

Zobrazeny jsou výsledky na základě opakovaných měření na území ČR mezi roky 2013–2015 pomocí metody CPX. Na obr. 1 je naznačena změna vývoje hluchnosti dvou na sebe navazujících asfaltových úseků a to při ročních odstupech měření hluchnosti. Komunikace na tomto místě je bez údržby, kdy po běžné asfaltové směsi ACO 11 bezprostředně následuje nízkohlučný povrch PA 8 CRmB. Z obr. 1 je patrný rychlý nárůst hluchnosti u neudržované specializované nízkohlučné směsi.

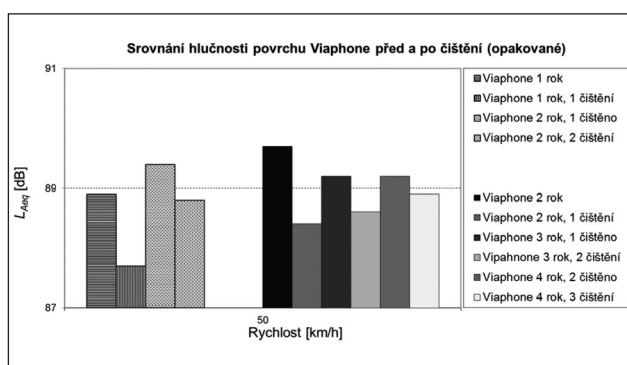
Dále mezi roky 2013–2015 proběhla pomocí metody CPX opakovaná měření před a po čištění vybraných



Obr. 1: Výsledky měření hlučnosti navazujících povrchů. (Běžný povrch – ACO 11 vlevo; nízkohlučný povrch PA 8 CRmB vpravo.)



Obr. 2: Výsledky měření hlučnosti povrchu Viaphone před a po čištění. (Vlevo úsek na ulici 5. Května v Praze směr Brno střední jízdní pruh; vpravo úsek na ulici Slezská v Praze.)



Obr. 3: Výsledky měření hlučnosti povrchu Viaphone před a po čištění. (Vlevo úsek na ulici Rokycanské v Plzni, rychlý jízdní pruh; vpravo úsek na ulici 5. Května v Praze směr centrum pomalý jízdní pruh.)

Pozn: Zkratky udávají příslušné směsi. PA – Porous Asphalt (původně AKD – asfaltový koberec drenážní), CRmB – asfalty modifikované pryzovým granulátem, AC – Asphalt Concrete (ACO – asfaltový beton pro obrusnou vrstvu, původně AB – asfaltový beton). Číslo udává maximální velikost zrna (kameniva) ve směsi v mm. Viaphone je obchodní název produktu firmy Eurovia jedná se o specializovanou nízkohlučnou asfaltovou směs, křivka a mezerovitost neodpovídají žádné z norem řady 13108, nejbližší možné normové označení SMA LA 8: SMA – Stone Mastic Asphalt (původní označení AKMS – asfaltový koberec mastixový), LA – Lärmarm (nízkohlučný).

nízkohlučných povrchů. Ze získaných, naměřených a vyhodnocených dat pomocí metody CPX je zřejmé, že prováděné čištění specializovanými stroji ať vysokotlakým proudem vody nebo předmytím detergentem Ultralon s nástríkem vody a odsátím nečistot i zbytkové vody na komunikacích v obcích, kde se nemůže uplatnit samočisticí efekt, mělo svůj pozitivní účinek na specializovaný nízkohlučný povrch, viz obr. 2 a 3.

Popis specializované nízkohlučné asfaltové směsi v obr. 2 a 3 je následující. Za obchodním názvem směs-

si následuje stáří vrchní obrusné vrstvy v době měření, další údaj uvádí, o kolikátou sérii čištění na daném místě se jedná, popřípadě kolikrát již byl daný povrch vyčištěn. Zápis „Viaphone 5 rok, 2 čištění“ znamená, že tento úsek v daném roce měření byl již 5 roků starý, a že již byl dvakrát vyčištěn (tedy jedná se o měření těsně před čištěním). Zápis „Viaphone 5 rok, 3 čištění“ znamená, že tento úsek v daném roce měření byl již 5 roků starý, a že se bylo provedeno již o třetí kolo čištění na zmíněné lokalitě (tedy jedná se o měření těsně po čištění). Opakovaná měření na jednotlivých úsecích byla prováděna s roční periodicitou – měření probíhala na přelomu června/července, kdy jeden den probíhalo měření před čištěním, další den bylo provedeno vlastní vyčištění povrchu a následující den bylo provedeno měření po čištění. Prezentovaná měřená místa byla vždy bez viditelného povrchového znečištění.

Diskuse

Z obr. 2 a 3 je patrné, že nejvyšší účinnost mělo první čištění, bez ohledu na to jestli v době čištění daný povrch byl starý jeden, dva nebo tři roky. Dosažené zlepšení po prvním čištění komunikace bez viditelného znečištění je v úrovni 0,9–1,4 dB. Další opakovaná čištění se pohybují v úrovni cca 0,4–0,8 dB. V případě viditelného znečištění (např. výjezd vozidel ze stavby) po vyčištění bylo dosaženo na dílčích místech navíc zlepšení o dalších cca 1,2–1,8 dB. Z naměřených hodnot je zřejmé, že po vyčištění hlučnost povrchu poklesne, po roce provozu hlučnost postupně naroste, však většinou nedosahuje původní úrovně hlučnosti. Dalším opakovaným čištěním, již nelze dosáhnout takové úspěšnosti ve snížení hlučnosti, přesto hlučnost se opět sníží, však je nemožné dosáhnout hodnoty po prvním čištění, jelikož některé degenerativní procesy povrchu komunikace jsou nevratné (síťové trhliny, deformace vozovky, hloubková koroze uvolňováním kameniva, vyjeté koleje, příčné nebo podélné trhliny, vznik schůdků aj.). Tedy po dalším roce provozu hlučnost opět naroste, kdy opětovným čištěním lze dosáhnout snížení hlučnosti, které je mírně nad úroveň druhého čištění, což souvisí s nevratnými procesy změny povrchu komunikace, jež nemusi být okem viditelné.

Nárůst hlučnosti na ulici 5. Května v Praze mezi 1. a 3. čištěním, tj. za dva roky používání, je 0,5 respektive 0,9 dB. Tyto výsledky odpovídají chování běžných asfaltových směsí v prvních letech od pokládky, viz závěr předcházejícího článku v (9) „...nejvyšší nárůst hlučnosti je první cca 3 roky po pokládce než se povrch „zujede“, kde u nízkohlučných povrchů v tomto časovém období v zastavěném území obcí nárůst hlučnosti může dosahovat úrovně až 1–2 dB/rok, přičemž na rychlostních komunikacích díky „samočisticímu efektu“ rychlost nárůstu hlučnosti je zřetelně pomalejší a téměř odpovídá běžným asfaltovým směsím (např. SMA), která zpočátku je na úrovni cca 0,5 dB/rok“. Výsledky jsou též patrné z analýzy třetiooktávového frekvenčního spektra, které byly v daném článku taktéž popsány (9).

Pro porovnání vývoje hlučnosti je ukázán vývoj na komunikaci II. třídy, která vede skrz obec, kdy část této komunikace je položena v běžném asfaltovém povrchu a na ihned navazující část je položen specializovaný porézní nízkohlučný povrch, viz obr. 1. V této lokalitě ne-

bylo provedeno čištění, navíc v bezprostřední blízkosti je kamenolom popřípadě probíhá intenzivní zemědělská činnost. Rozdíl v době pokládky byl cca 3,4 dB ve prospěch nízkohlučného povrchu, však jak naznačují výsledky měření po třech letech provozu komunikace je hlučnost stejná na nízkohlučném i běžném povrchu komunikace, kdy za tři roky stoupla hlučnost běžné asfaltové směsi o 1,3 dB, zatímco nízkohlučné o 4,7 dB.

Na základě zjištěných měření lze konstatovat, že benefit (účinnost) nízkohlučných asfaltových směsí bez patřičné údržby v intravilánu obcí dosahuje přibližně 3 roků. Pokud je prováděna každoroční pravidelná řádná čistící procedura lze prodloužit účinnost nízkohlučnosti specializovaných asfaltových směsí přibližně na dvojnásobek.

Závěr

Používání nízkohlučných povrchů není samospasitelné, byť představují efektivní řešení problémů s nadměrnou hlukovou zátěží v místech, kde není možné jiné řešení (26). V současné době však řešení problémové situace končí položením vybrané nízkohlučné směsi a již se dále neprovádí případný monitoring změny hlučnosti vlastní vrchní obrusné vrstvy komunikace – změna hlučnosti povrchu v čase, a v podstatě na žádných místech se neprovádí adekvátní údržba těchto povrchů – jejich řádné vyčištění. Přičemž prezentované výsledky jasně prokazují, že nárůst hlučnosti je nejvyšší první roky po pokládce a obzvláště u povrchů nízkohlučných, u kterých je možné prodloužit jejich akustickou životnost v intravilánu obcí patřičnou údržbou (27). Vlastní provedení monitoringu a následné provedení údržby, stojí peníze, které byt' jsou oproti nákladům na vlastní realizaci pokládky zanedbatelné, již nejsou na tuto činnost alokovány a vydávány. Důsledkem je pak skutečnost, že po pokládce specializovaného nízkohlučného povrchu dojde ke skokovému výraznému zlepšení hlukové situace, což obyvatelstvo pozitivně vnímá (28), ovšem v intravilánu obcí se v průběhu přibližně tří let vrátí zatížení hlukovou zátěží na původní úroveň, kdy tento velmi pozvolný nárůst obyvatelstvo nevnímá, avšak zajisté působí na zdraví obyvatelstva (29). V rámci projektu TAČR č. TE01020168 – „Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu“ je v plánu provést ještě další opakovaná měření v letech 2016 a 2017 především se zaměřením na sledování změn hlučnosti nízkohlučných povrchů a účinnosti jejich čištění.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl na základě aktivit finančně podpořených v rámci projektu Technologické agentury ČR č. TE01020168 – „Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu“ – CESTI a podpory MŠMT v rámci programu NPU I, projektu Dopravní VaV centrum (LO1610) na výzkumné infrastrukturuře pořizované z operačního programu výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

LITERATURA

- Li M, van Keulen W, van de Ven M, Molenaar A, Tang G. Investigation on material properties and surface characteristics related to tyre-road noise for thin layer surfacings. *Constr Build Mater*. 2014;59:62-71.
- Křivánek V a kol. Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2014.
- 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.
- Sandberg U, Ejsmont JA. Tyre/road noise reference book. Kisa: Informex; 2002.
- Licitra G, Teti L, Cerchiai M. A modified close proximity method to evaluate the time trends of road pavements acoustical performances. *Appl Acoust*. 2014;76:169-79.
- Angst A, Bürgisser P, Beckenbauer T. Investigation machine for pavement acoustic durability; impact testing of low noise road surface [Internet]. In: 5th Euraspalt & Eurobitume Congress; 2012 Jun 13-15; Istanbul, Turkey. Istanbul; 2012 [cited 2016 Oct 4]. Available from: <http://www.impbaustest.ch/upload/cms/user/2012-06-A5EE-293.pdf>.
- Winroth J, Andersson PBU, Kropp W. Importance of tread inertia and damping on the tyre/road contact stiffness. *J Sound Vibr*. 2014;333(21):5378-85.
- Křivánek V a kol. Změna hluku povrchů vozovek v průběhu několika let používání. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2015.
- Křivánek V, Marková P. Změna hlučnosti povrchů vozovek na území ČR sledovaná metodou CPX. *Hygiena*. 2015;60(4):137-42.
- Křivánek V. Measurement of noise from road surface using dynamic method. *Trans Transp Sci*. 2013;6(3):117-24.
- Křivánek V, Cholava R, Effenberger K. Měření a srovnání hlučnosti různých druhů komunikací v ČR metodou CPX. *Hygiena*. 2014;59(3):116-22.
- Haider M, Bendtsen H, Berengier M, Nilsson R. Silence: guidelines for low-noise road surface maintenance and rejuvenation. Sixth Framework Programme [Internet]. 2008 [cited 2016 Oct 4]. Available from: http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP_F/SILENCE_FD10_20080130_arsenal_final_v2.pdf.
- Descornet G, Goubert L. Noise classification of road pavements. Task 1: Technical background information. Draft report [Internet]. Brussels: European Commission; 2006 [cited 2016 Oct 4]. Available from: [http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Documentaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica/Noise%20classification%20road%20pavements%20\(technical\).pdf](http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Documentaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica/Noise%20classification%20road%20pavements%20(technical).pdf).
- Morgan P, editor. Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces. FEHRL Report 2006/02. Brussels: FEHRL; 2006.
- Kušnier M. Splnené očakávanie - vozovka s asfaltovým kobercom drenážnym AKD na D1 v Bratislave. In: Poznatky zo stavieb diaľnic a rýchlostných ciest: XVII seminár Ivana Poliačka; 22.-23. november 2012; Bratislava. Bratislava: Kongres Studio; 2012. s. 36-42.
- Sandberg U. The global experience in using low-noise road surfaces: a benchmark report [Internet]. Hong Kong Environmental Protection Department, project No. AN 06-004 Reviewing the Trial of Low Noise Road Surface (LNRS); 2009 [cited 2016 Oct 4]. Available from: <http://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/environment-tinhk/noise/studytrpts/files/LNRS-final.pdf>.
- Sandberg U, Masuyama Y. Japanese machines for laying and cleaning double-layer porous asphalt - observations from a study tour. Rijkswaterstaat; 2005.
- Bergiers A, De Visscher J, Denolf K, Destrée A, Vanhooreweder B, Vuye C. Test sections to study the acoustical quality of thin noise reducing asphalt layers. In: Sas P, Denayer

- H, Moens D, editors. 26th International Conference on Noise and Vibration Engineering (ISMA 2014); 2014 Sep 15-17; Leuven, Belgium. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven; 2014. p. 1707-22.
19. Křivánek V, Pávková A, Tögel M, Jedlička J, Cholava R. Cleaning low-noise surfaces as a basic condition for improving pavement's acoustic absorption capability. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2016;41(2):425-31.
 20. Li M, van Keulen W, van de Ven M, Molenaar A, Tang G. Investigation on material properties and surface characteristics related to tyre-road noise for thin layer surfacings. *Constr Build Mater*. 2014;59:62-71.
 21. Goubert L, Descornet G, Bendtsen H. Performance management of low noise pavements, a decision support guide: technical report [final version: november 2007]. Danish Road Institute; 2007.
 22. Gwilym K. Operations and Maintenance. UW WSU Puget Sound Partnership Permeable Pavement LID Workshop. Series 3 Presentations [Internet]. 2014 [cited 2016 Oct 4]. Available from: <https://svrdesign.squarespace.com/s/SvR-Operations-Maintenance2014.pdf>.
 23. Wozniak R, Taryma S, Mioduszewski P. Tire camber angle influence on tire-pavement noise. *Noise Control Eng J*. 2015;63(3):216-24.
 24. Nekula L, Křivánek V. Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací: část 13 - hlukové emise, díl 2: výsledky měření - vyhodnocení naměřených dat. *Silnice mosty*. 2015(3):19-23.
 25. Bühlmann E, Sandberg U, Mioduszewski P. Speed dependency of temperature effects on road traffic noise. In: *Inter Noise 2015*, 2015 9-12 Sep, 44th Inter-Noise Congress & Exposition on Noise Control Engineering, San Francisco, California USA [Internet]. 2015 [cited 2016 Oct 4]. Available from: <http://www.gundp.ch/servlet/delivered/Speed%20dependency%20of%20temperature%20effects%20on%20road%20traffic%20noise.pdf?magic=cm-Vzb3VyY2U9MGY4YjgxOS8wMjB1ZWJmMy1jMzllLTQzNWMtOTA5Mi05NWJlN2NiYWlWZDcucGRmJm-1pbWU9YXBwbGljYXRpb24vcGRm&name=020eebf3-c39e-435c-9092-95be7cbab0d7.pdf>.
 26. Hellmuth T, Potužníková D, Bednarčík P, Fiala Z. Návrh metodiky „Stanovení rozumně dosažitelné míry protihlukových opatření“. *Hygiena*. 2014;59(1):27-31.
 27. Licitra G, Cerchiai M, Teti L, Ascari E, Fredianelli L. Durability and variability of the acoustical performance of rubberized road surfaces. *Applied Acoust*. 2015;94:20-25.
 28. Miljkovic M, Radenberg M, Gottaut C. Characterization of noise-reducing capacity of pavement by means of surface texture parameters. *J Mater Civ Eng*. 2014;26(2):240-9.
 29. Kephelopoulos S, Paviotti M, Anfoso-Ledee F. *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2012.

Došlo do redakce: 11. 4. 2016

Přijato k tisku: 4. 10. 2016

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