

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Ing. Vítězslav Křivánek Ph.D.

Měření hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Možnosti měření hlučnosti povrchů komunikací

Staticky

- ▶ Dle ISO 1996-2 (určování hladin hluku prostředí)
- ▶ Dle ISO 11819-1 metoda SPB (Statistická metoda při průjezdu)

Dynamicky

- ▶ Dle ISO 11819-2 metoda CPX (metoda malé vzdálenosti)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

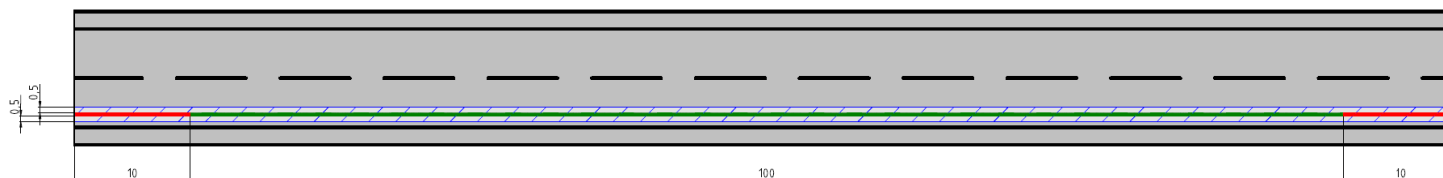
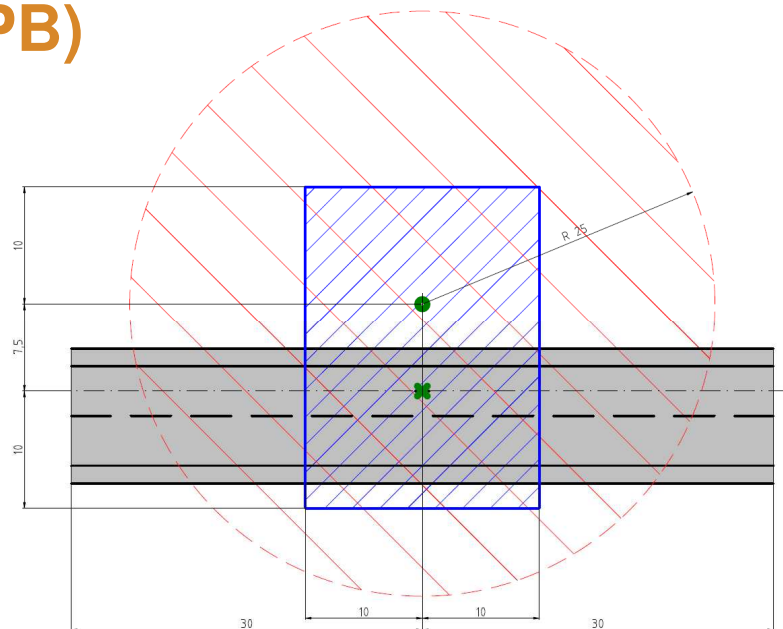
3

Možnosti měření hlučnosti povrchů komunikací

Statistical Pass-By (SPB)

X

Close-proximity (CPX)

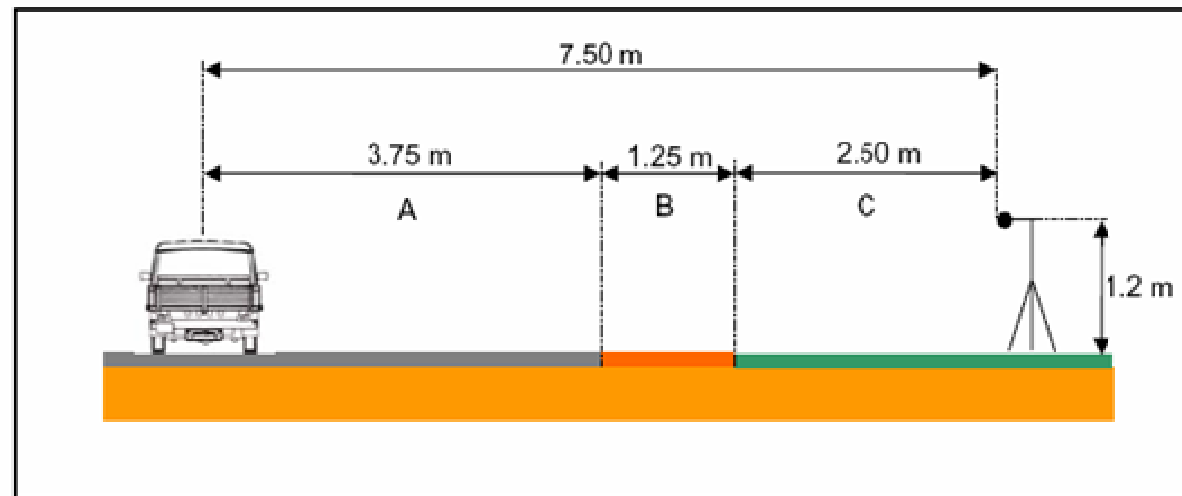


Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Statistická metoda při průjezdu - SPB

Měří se současně maximální hladiny akustického tlaku A statisticky významného počtu jednotlivých vozidel při průjezdu na určeném místě vozovky spolu s jejich rychlostí

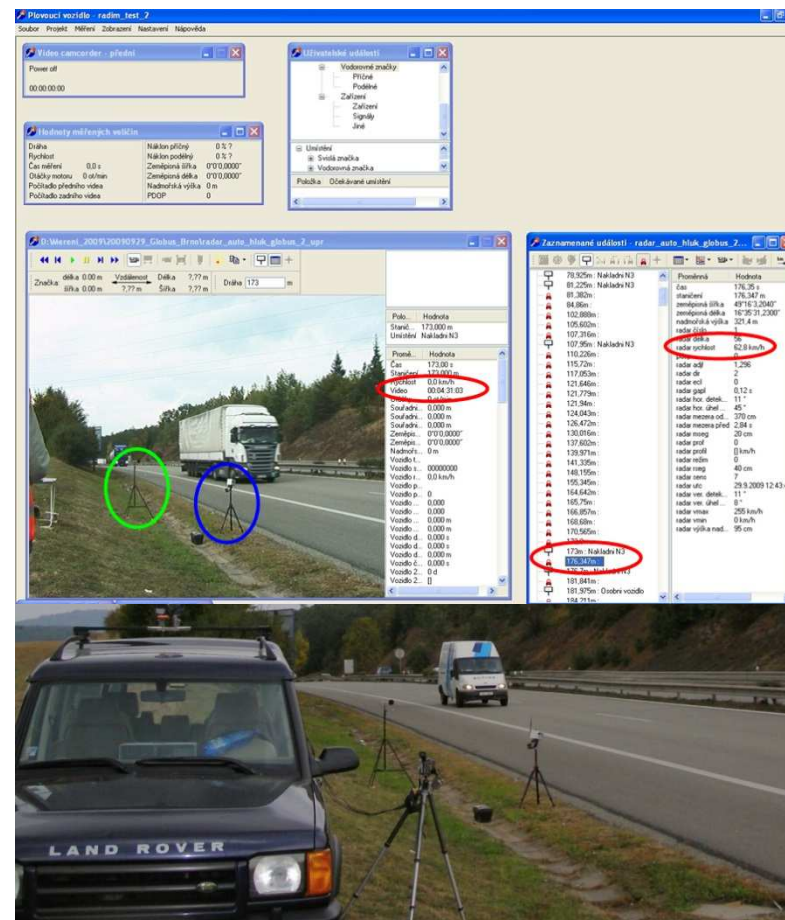
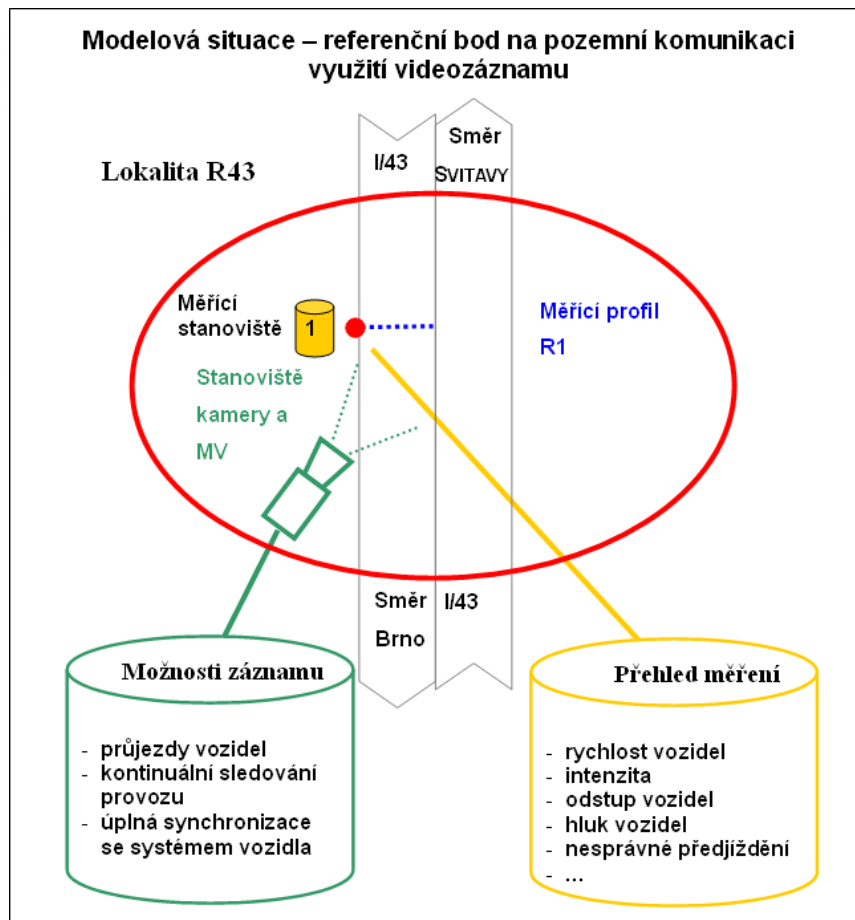
3 kategorie vozidel, 3 referenční rychlosti → Statistický index při průjezdu (SPBI)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

5

Statistická metoda při průjezdu - SPB



Měření a vyhodnocení hluchosti povrchů pozemních komunikací

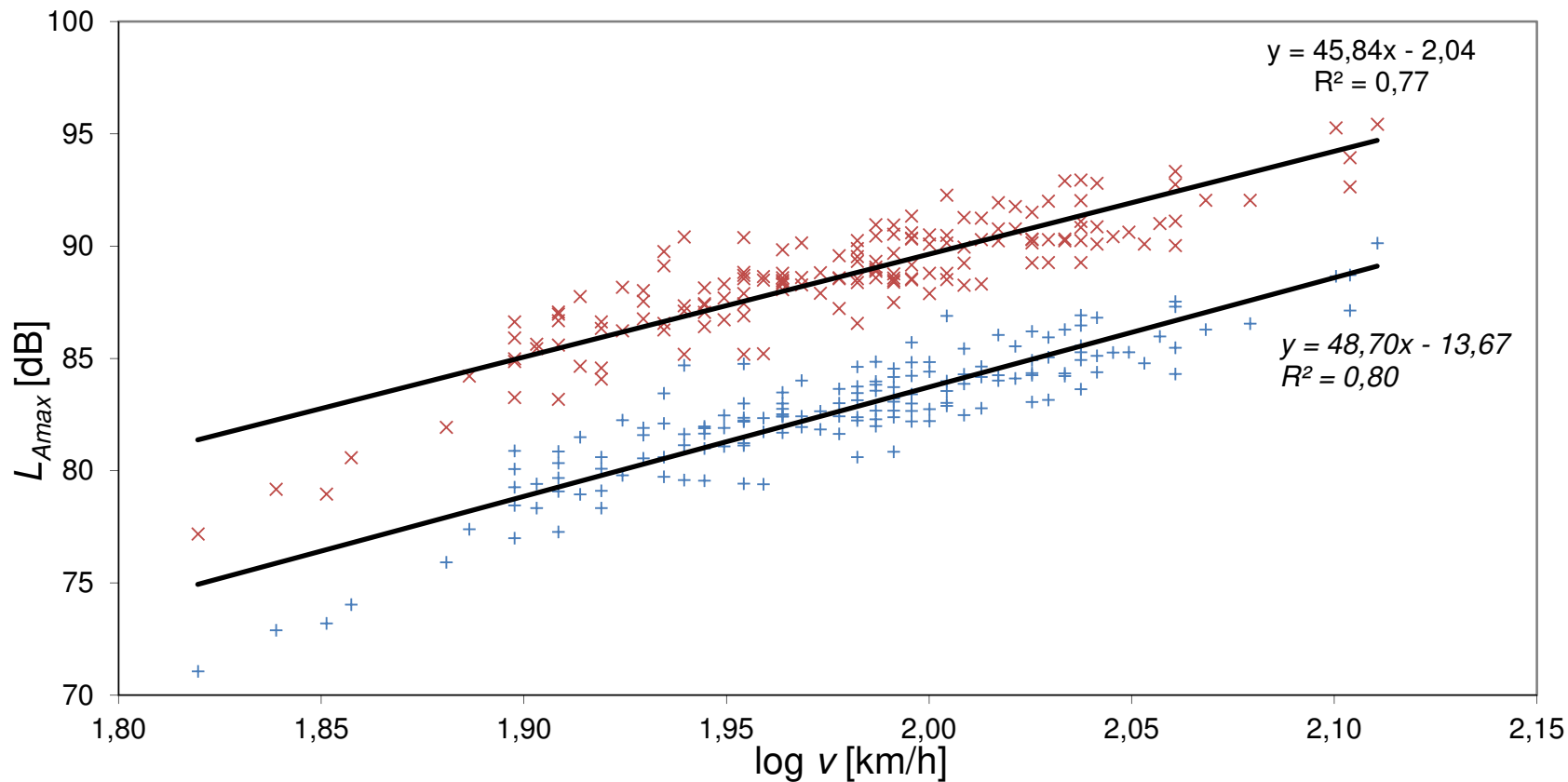
Statistická metoda při průjezdu - SPB



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Statistická metoda při průjezdu - SPB

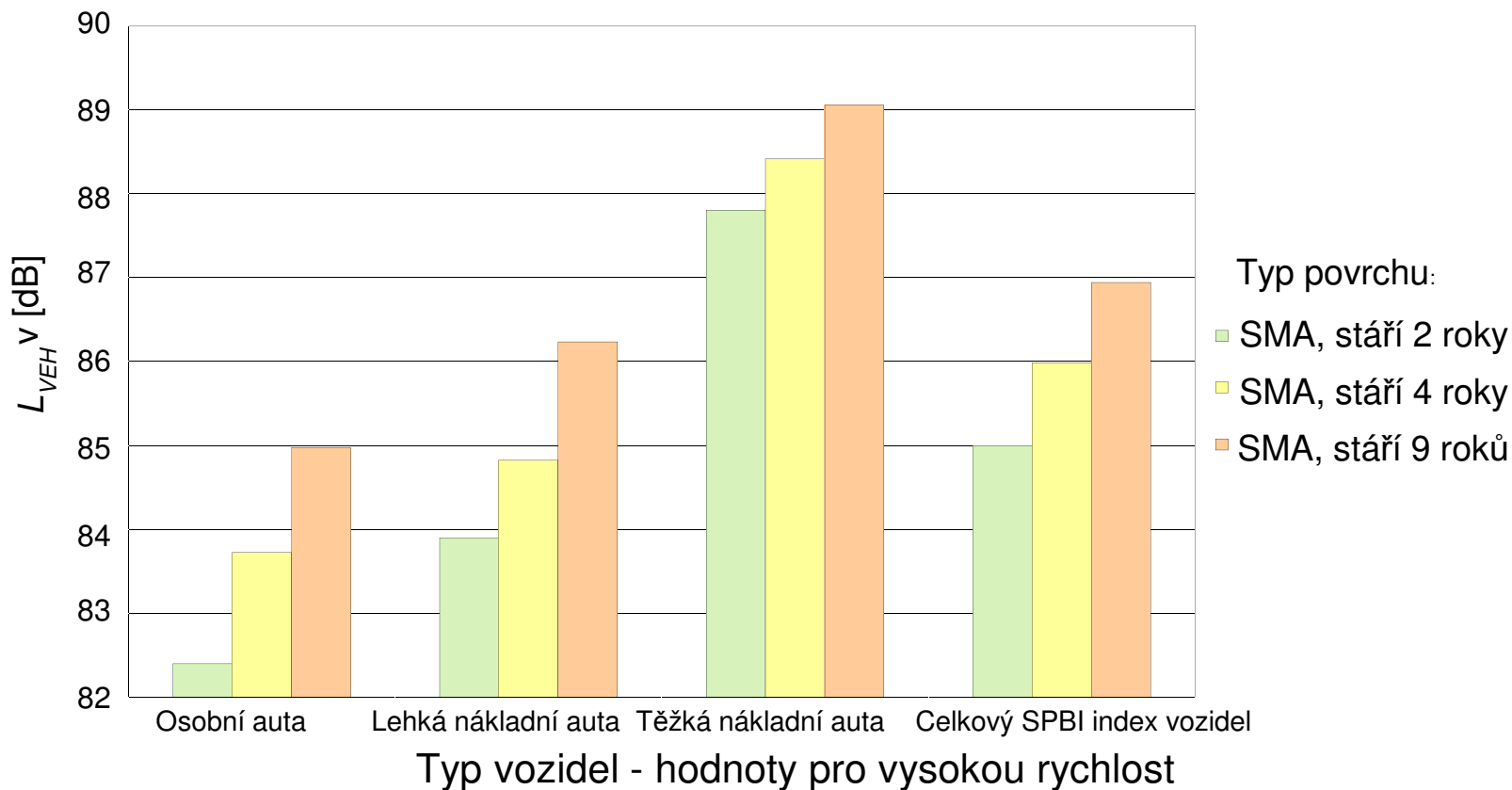
Kategorie 1 - osobní vozidla, srovnání SPB dle ISO 11819-1 a ISO 11819-4



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Statistická metoda při průjezdu - SPB

Srovnání hlučnosti povrchu SMA různého stáří z různých míst



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Statistická metoda při průjezdu - SPB

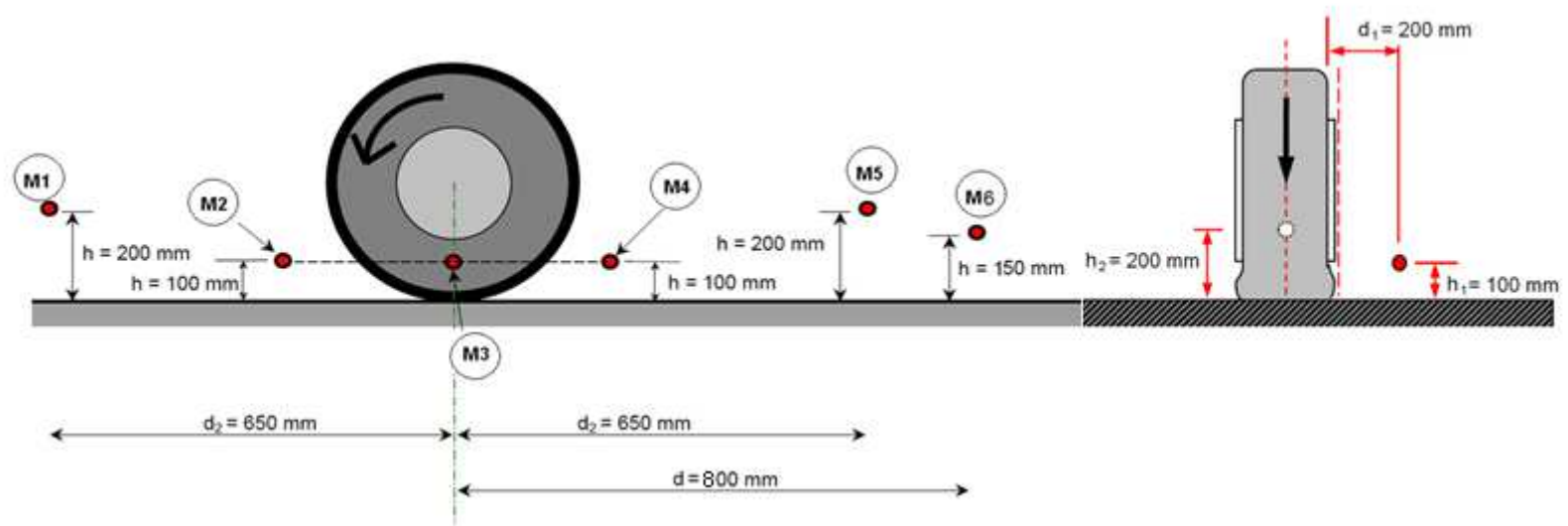
Závěr k SPB:

- ▶ Na základě doporučení technické komise TC 227/WG5 Evropského výboru pro normalizaci CEN a výsledků evropského projektu ROSSANE je **pro akustickou charakterizaci povrchů vozovek upřednostňována metoda CPX dle ISO 11819-2**, metodu SPB dle ISO 11819-1 či ISO/TS 11819-4 lze využívat jako doplňkovou.
- ▶ Menší požadavky na potřebné měřicí vybavení, ale vyšší organizační i časová náročnost měření. Nemožné i nevhodné v městské zástavbě. Nevhodná pro přesný srovnávací monitoring hlučnosti povrchů komunikací z více měřících míst a pro dlouhý časový monitoring.
- ▶ Metoda SPB je vhodnější pro aktuální hodnocení vlivu hluku šířícího se v okolí komunikace (větší vzdálenost).

Metoda malé vzdálenosti - CPX

Měří se ekvivalentní hladina akustického tlaku A na kontaktu pneumatika/vozovka pomocí referenční pneumatiky

2 – 6 mikrofonů, 1 – 2 referenční pneumatiky, 3 ref. rychlosti (50, 80 a 110 km/h)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

11

Metoda malé vzdálenosti - CPX



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Metoda malé vzdálenosti - CPX

V průběhu měření se kontinuálně zaznamenává:

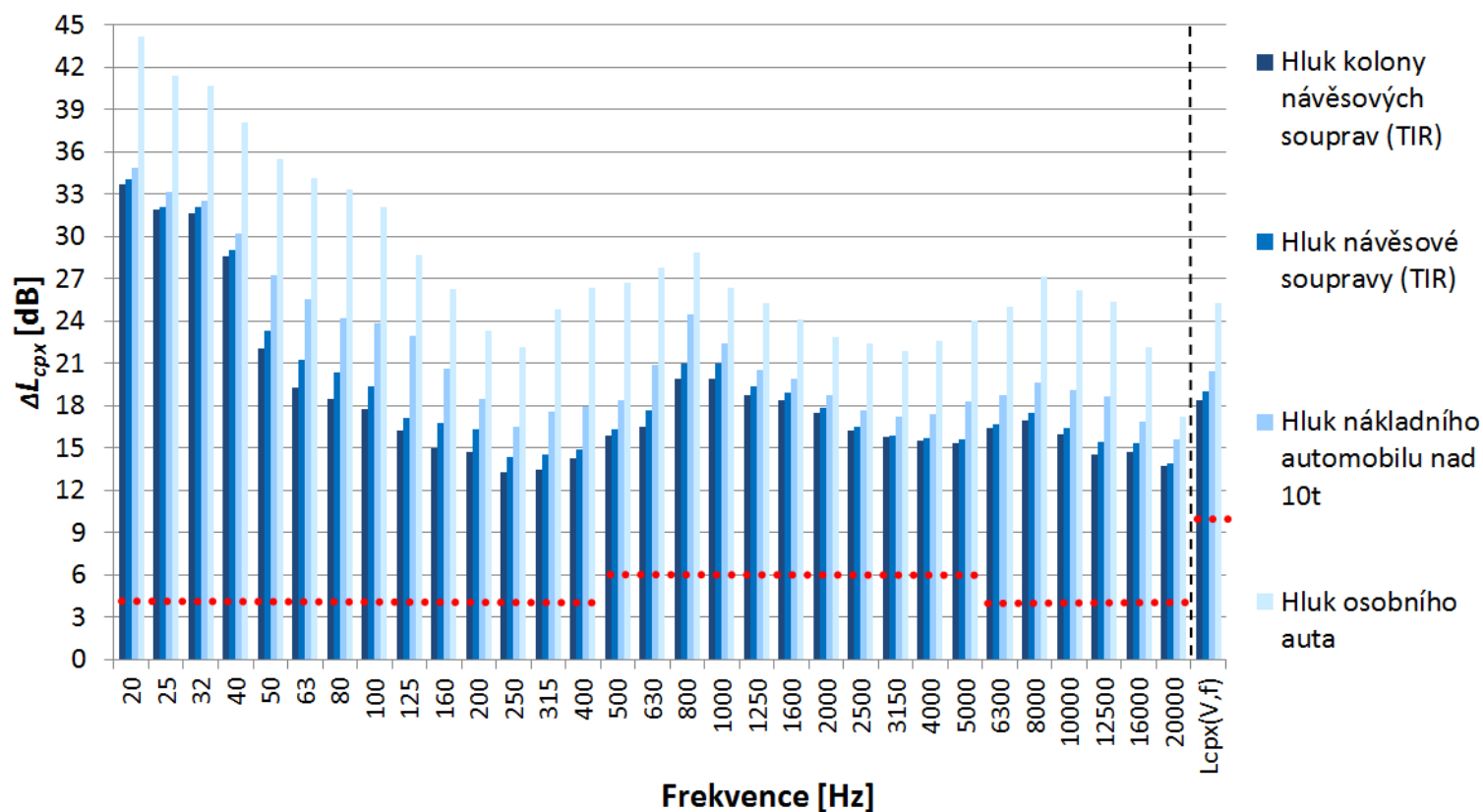
- ▶ Hladina akustického tlaku na každém z měřících mikrofonů (minimálně 2) v pravé jízdni stopě pomalého pruhu pozemní komunikace
- ▶ Rychlost jízdy v každém měřícím úseku (doporučeno GPS)
- ▶ Teplota okolního vzduchu v každém měřícím úseku
- ▶ Teplota povrchu v každém měřícím úseku (doporučené)
- ▶ Video (kamerový záznam) čelního pohledu z měřícího vozidla a okolí měřící referenční pneumatiky (doporučené)

Pro měření je nutné:

- ▶ Použít měřící systém splňující podmínky ISO 11819-2 (potlačení nechtěných odrazů a nežádoucích zvuků – hnací jednotka, brzdy, okolní provoz aj.)
- ▶ Použít zvukový analyzátor, nebo ekvivalentní měřící systém (splňující požadavky na přístroje typu 1 dle normy IEC 61672-1)
- ▶ Použít standartní referenční pneumatiku P1 (Uniroyal Tigerpaw 225/60 R16 SRTT (ISO/TS 11819-3), pravidelně měřit její tvrdost, mít ji správně nahuštěnou, zatíženou a zahřátou na provozní teplotu

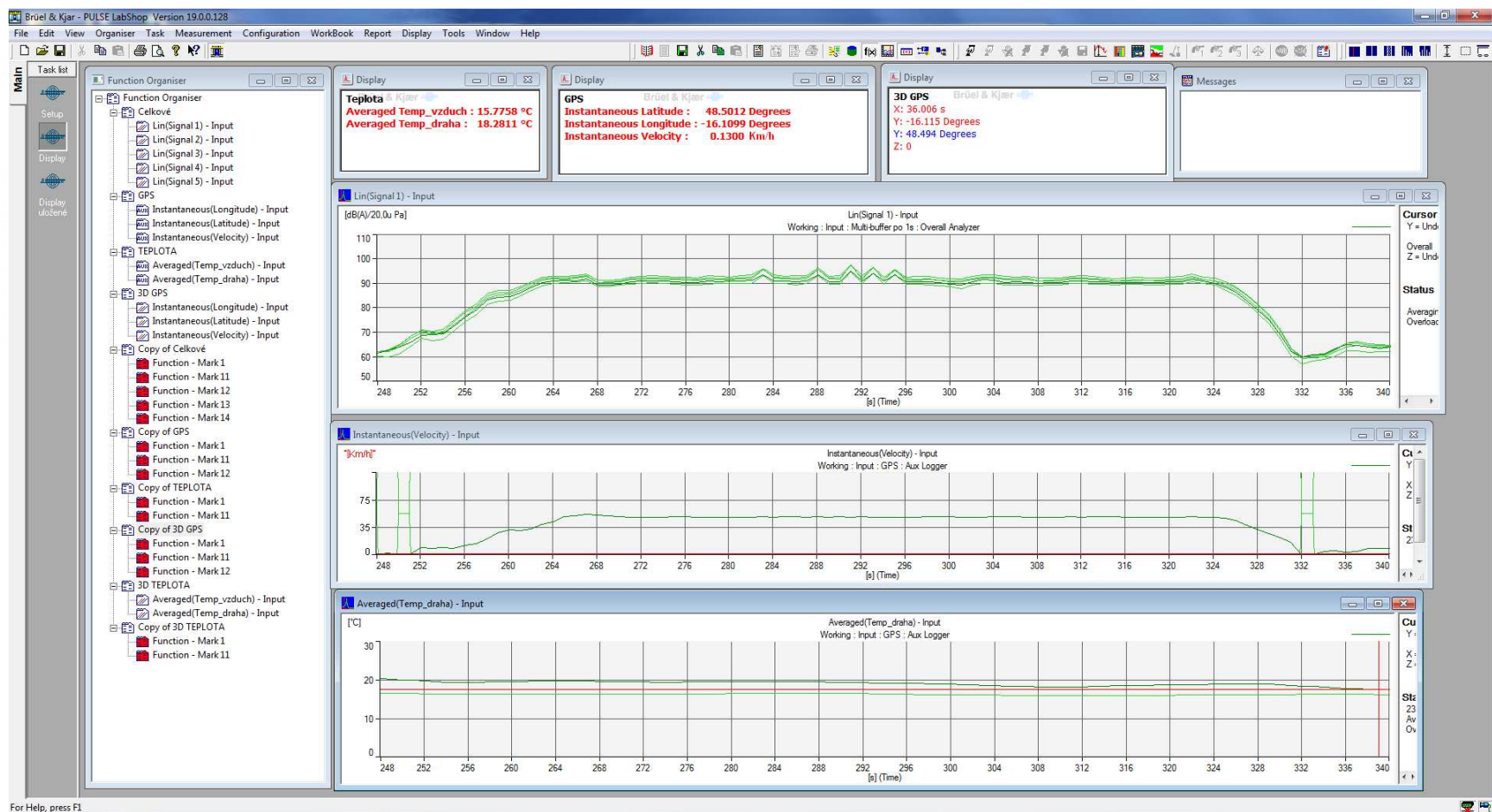
Metoda malé vzdálenosti - CPX

Odstup signálu od šumu (ref. rychlost 80 km/h, povrch ACO stáří 2 roky)
 (rozdíl hodnot mezi měřením metodou CPX v daném místě a průjezdem rušivého dopravního prostředku dle kategorie)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Metoda malé vzdálenosti - CPX



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací



Měřicí systém CPX, 2009 – první zkouška



Měřicí systém CPX, 2012 – první měření



Měřicí systém CPX, 2016



Měřicí systém CPX, 2017 – aktuální verze

Metoda malé vzdálenosti - CPX



Měřicí zařízení VUT v Brně.



Měřicí zařízení Ekola group s.r.o.

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

20

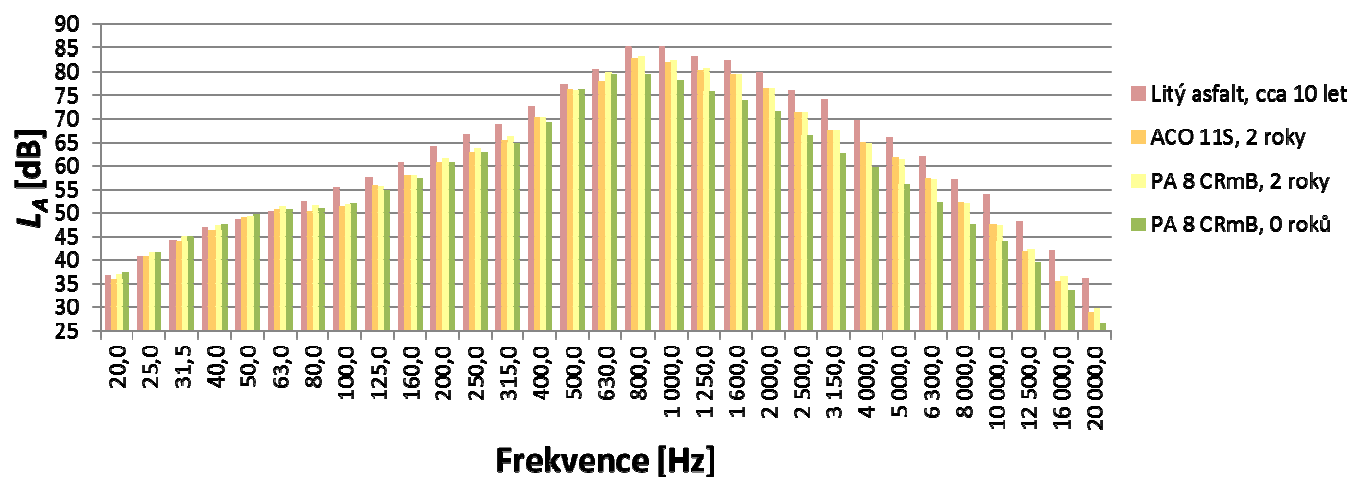
Metoda malé vzdálenosti - CPX

Zpracování:

- ▶ Každý posuzovaný úsek povrchu vozovky musí mít délku nejméně 100 m, přičemž celková měřená posuzovaná vzdálenost (i v rámci opakovaných měření) musí být alespoň 200 m. Počet měření závisí na délce konkrétního úseku (na objemu získaných dat pro hodnocení).
- ▶ Segmenty měření, kde je hlučnost prokazatelně narušována hlukem z ostatních zdrojů, musí být vyřazeny. Totéž platí pro dílčí segmenty, kde je rušení (zkreslení měření) způsobováno anomáliemi na vozovce (náhodná porucha komunikace, znečištění komunikace, kanálové poklopy, mostní závěry aj.) či nevyhovující trasou komunikace.
- ▶ Měření se provádí vždy v jízdní stopě daného pruhu pozemní komunikace. Pokud se jedná o směrově rozdělenou pozemní komunikaci s více jízdními pruhy v jednom směru, potom se upřednostní ten jízdní pruh, který je zatíženější.

Metoda malé vzdálenosti - CPX

Třetino-oktávové frekvenční spektrum akustického tlaku při použití filtru A různých povrchů vozovek, pro ref. rychlost 50 km/h



Povrch	Stáří povrchu v době měření	Referenční rychlost [km/h]	Referenční teplota [°C]	Skutečná rychlost [km/h]	Skutečná teplota [°C] povrchu	Skutečná teplota [°C] vzduchu	Změřená L_{Aeq} [dB]	Korigovaná L_{Aeq} na ref. hodnoty [dB]
Litý asfalt	cca 10 let	50,00	20,0	50,25	28,2	23,4	92,2	92,5 ± 1,0
ACO 11	2 roky	50,00	20,0	50,29	31,2	24,2	89,4	89,8 ± 1,0
PA 8 CRmB	2 roky	50,00	20,0	50,34	25,1	22,6	89,1	89,3 ± 1,0
PA 8 CRmB	0 roků	50,00	20,0	49,82	27,7	23,9	85,9	86,3 ± 1,0

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

22

Metoda malé vzdálenosti - CPX

Výstup:

► Výstupem z měření je změřená ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka a doplňkově třetinooktávové frekvenční spektrum daného úseku. Pro změřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka je nutné aplikovat následující korekce: **rychlost** (dle ISO 11819-2), **teplota** (doporučeno dle ISO/TS 13471-1), **tvrdost pneumatiky** (doporučeno dle ISO/TS 11189-3) nebo využít korekcí dle národního předpisu, který definuje místní podmínky. **Výstupem je korigovaná ekvivalentní hladina akustického tlaku pneumatika/vozovka na referenční hodnoty.** Ze všech validních měření daného úseku je proveden aritmetický průměr, který je udáván jako závěrečný výsledek v protokolu o zkoušce. Jednotlivé údaje jsou zaokrouhlovány na jedno desetinné místo.

Metoda malé vzdálenosti - CPX

Normy:

- ▶ **ISO/DIS 11819-2 Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method (03/2017)**
- ▶ **ISO/TS 11819-3 Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference Tyres (03/2017)**
- ▶ **ISO/TS 13471-1 Acoustics — Temperature influence on tyre/road noise measurement — Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method (03/2017)**

(Poznámka: V současné chvíli ÚNMZ, TNK 8 Akustika řeší překlad normy ISO 11819-2. V plánu v roce 2018 je zahájit i překlad normy 11819-3.)

Metoda malé vzdálenosti - CPX

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

METODIKA

Dlouhodobé hodnocení hlučnosti povrchů vozovek



T A
Č R

Program Alfa

TP 259

TP 259

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

ASFALTOVÉ SMĚSI PRO
OBRUSNÉ VRSTVY SE
SNÍŽENOU HLUČNOSTÍ

listopad 2017



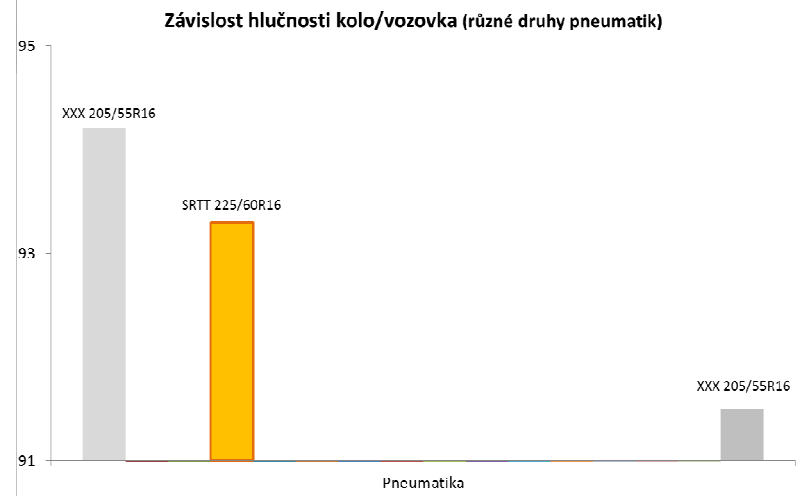
Metoda malé vzdálenosti - CPX

Závěr k CPX:

- ▶ Na základě doporučení technické komise TC 227/WG5 Evropského výboru pro normalizaci CEN a výsledků evropského projektu ROSSANE je **pro akustickou charakterizaci povrchů vozovek upřednostňována metoda CPX dle ISO 11819-2**, metodu SPB dle ISO 11819-1 či ISO/TS 11819-4 lze využívat jako doplňkovou.
- ▶ Vyšší požadavky na měřicí vybavení a přísnější požadavky normy, ale nižší organizační i časová náročnost měření. Díky méně náročným požadavkům na okolí je možnost využití v terénu je daleko vyšší.
- ▶ Metoda CPX je vhodná pro přesný srovnávací monitoring hlučnosti povrchů komunikací a to i z více měřících míst popřípadě pro dlouhý časový monitoring.

Další aplikace metody CPX

- ▶ Měření akustických vlastností různých povrchových nátěrů vozovek pozemních komunikací
- ▶ Měření hlučnosti jednotlivých typů pneumatik (místo referenční pneumatiky je referenční povrch)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

27

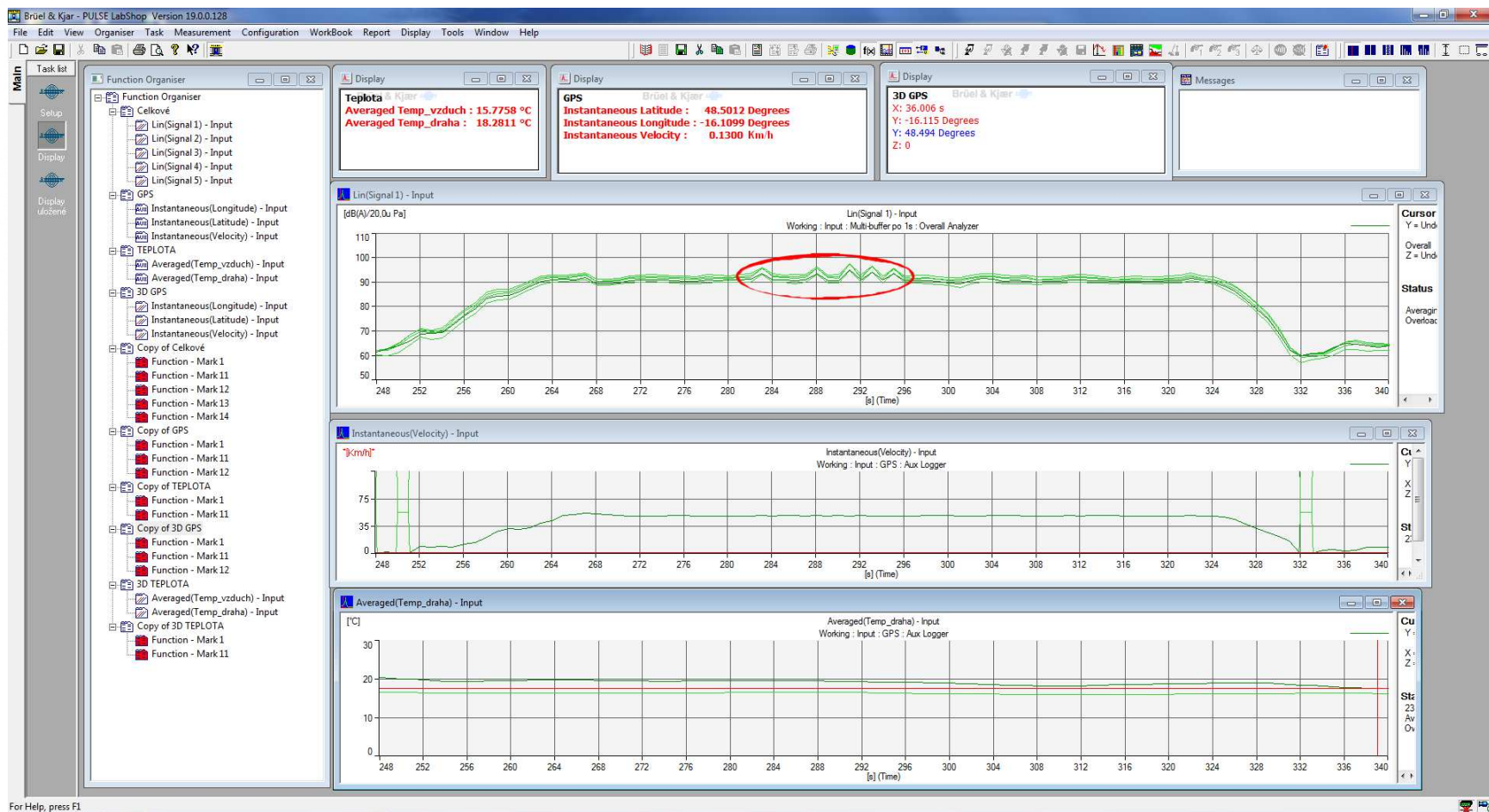
Další aplikace metody CPX

- Měření akustických vlastností různých druhů vodorovného dopravního značení pozemních komunikací, vibračních pásů



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Metoda malé vzdálenosti - CPX



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

29

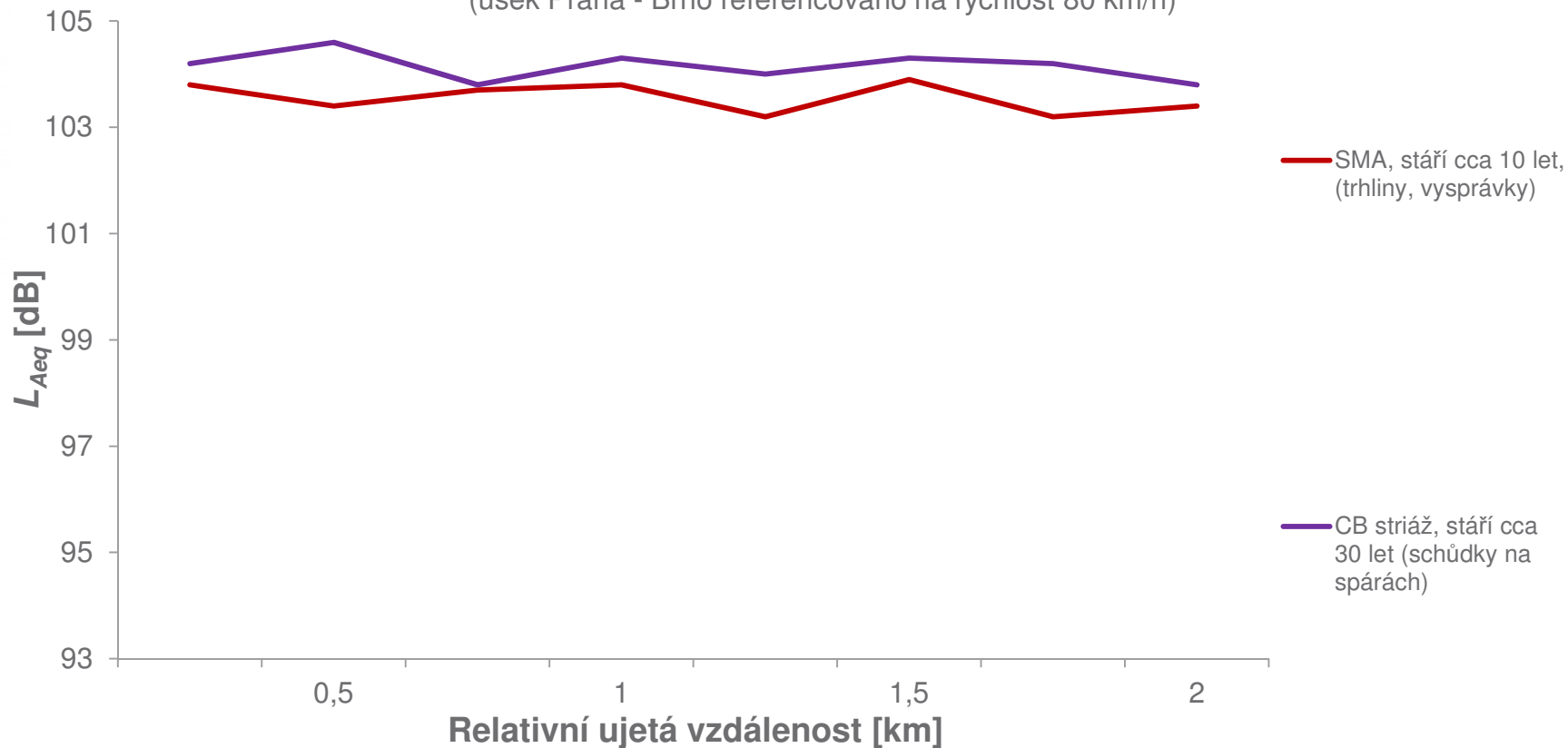
Vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Hodnocení hlučnosti pozemních komunikací metodou CPX - „srovnávací základna“

- ▶ !!! Při posuzování snížení hlukové emise je velmi důležité, jaký byl pro posouzení efektu této úpravy zvolen výchozí stav !!!
- ▶ Pro porovnávání je stanovena referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka.
- ▶ Definováno v TP 259 „*Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností*“ i v certifikované metodice „*Dlouhodobé hodnocení hlučnosti povrchů vozovek*“

Referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A

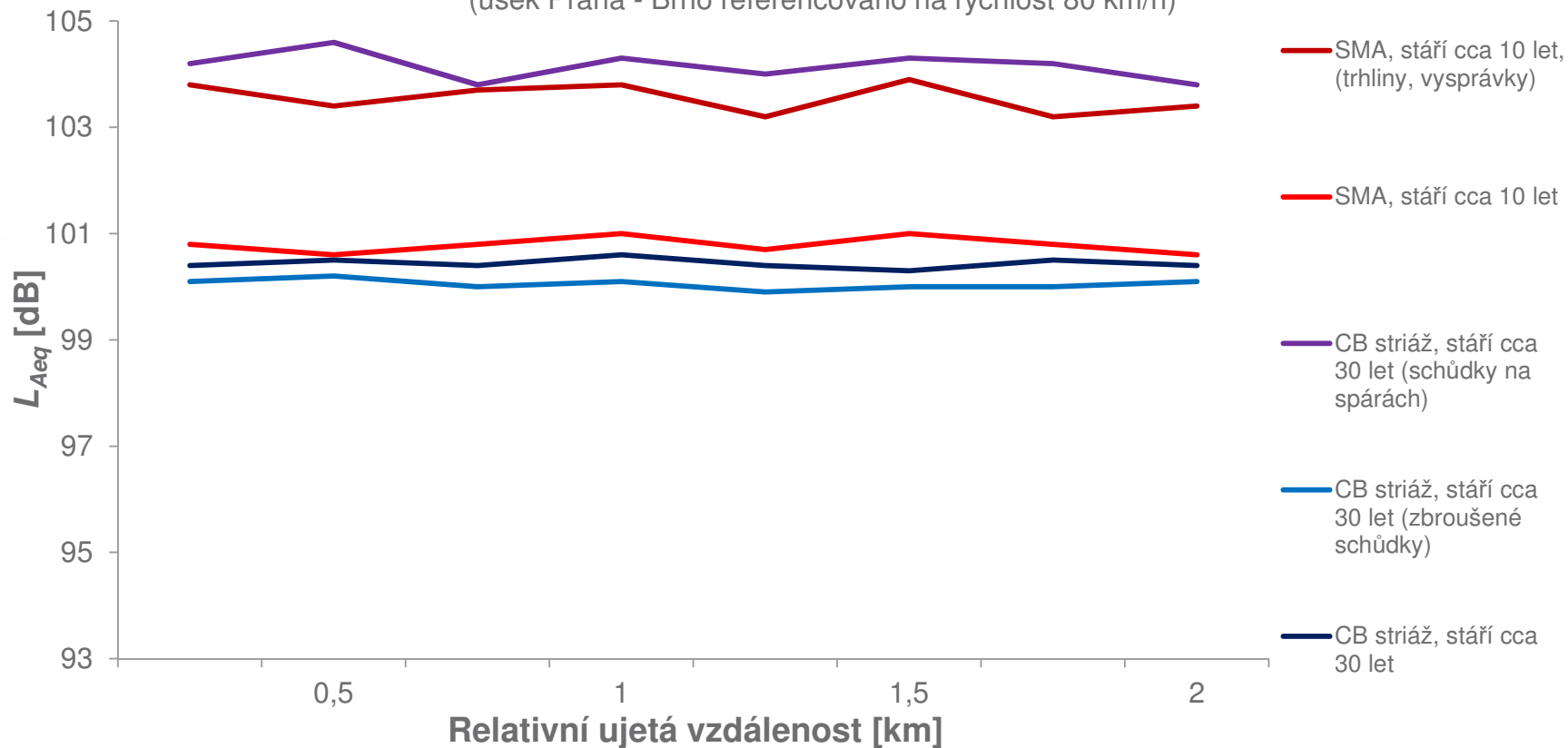
Ukázka hlučnosti povrchů vybraných úseků pozemní komunikace D1
(úsek Praha - Brno referencováno na rychlost 80 km/h)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A

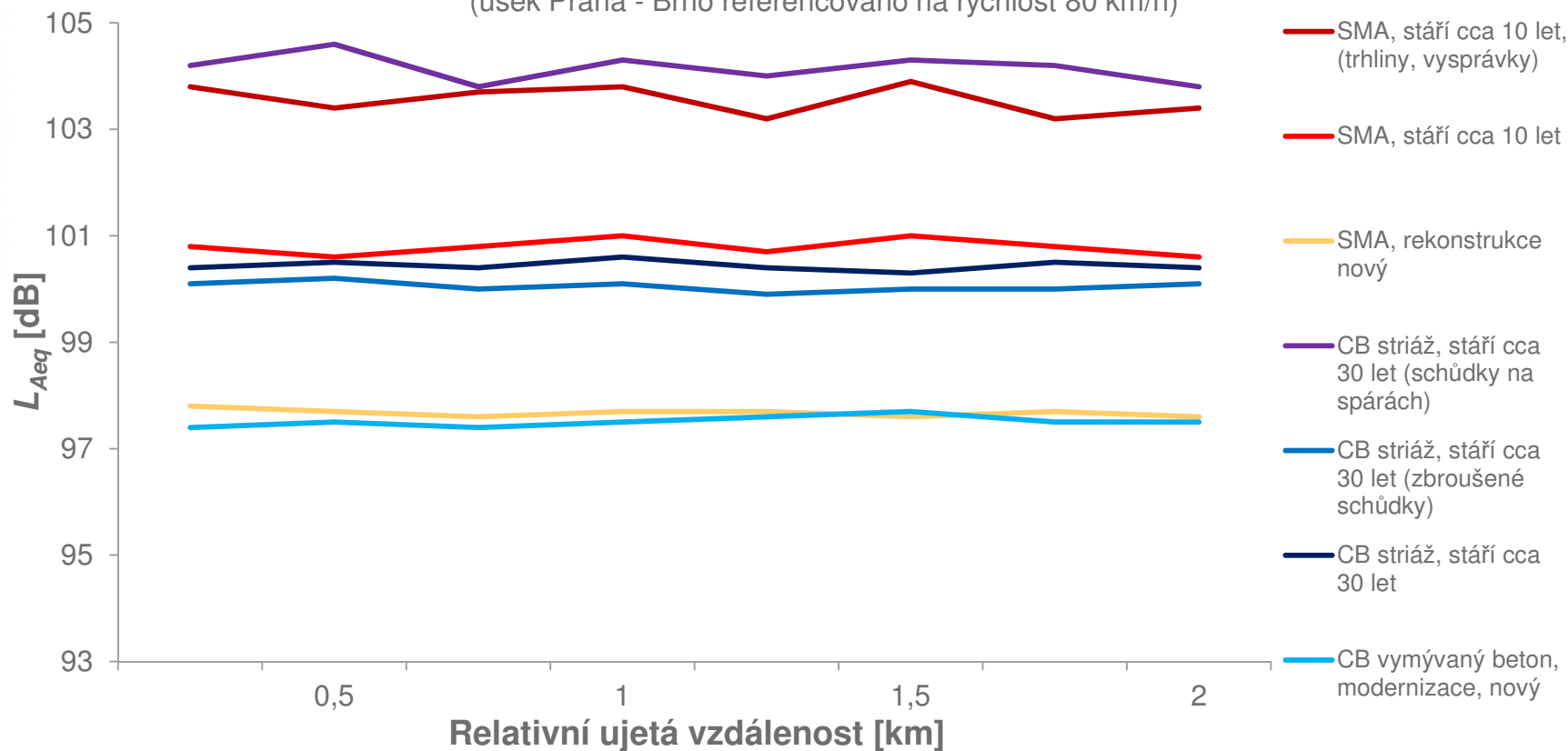
Ukázka hlučnosti povrchů vybraných úseků pozemní komunikace D1
(úsek Praha - Brno referencováno na rychlost 80 km/h)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A

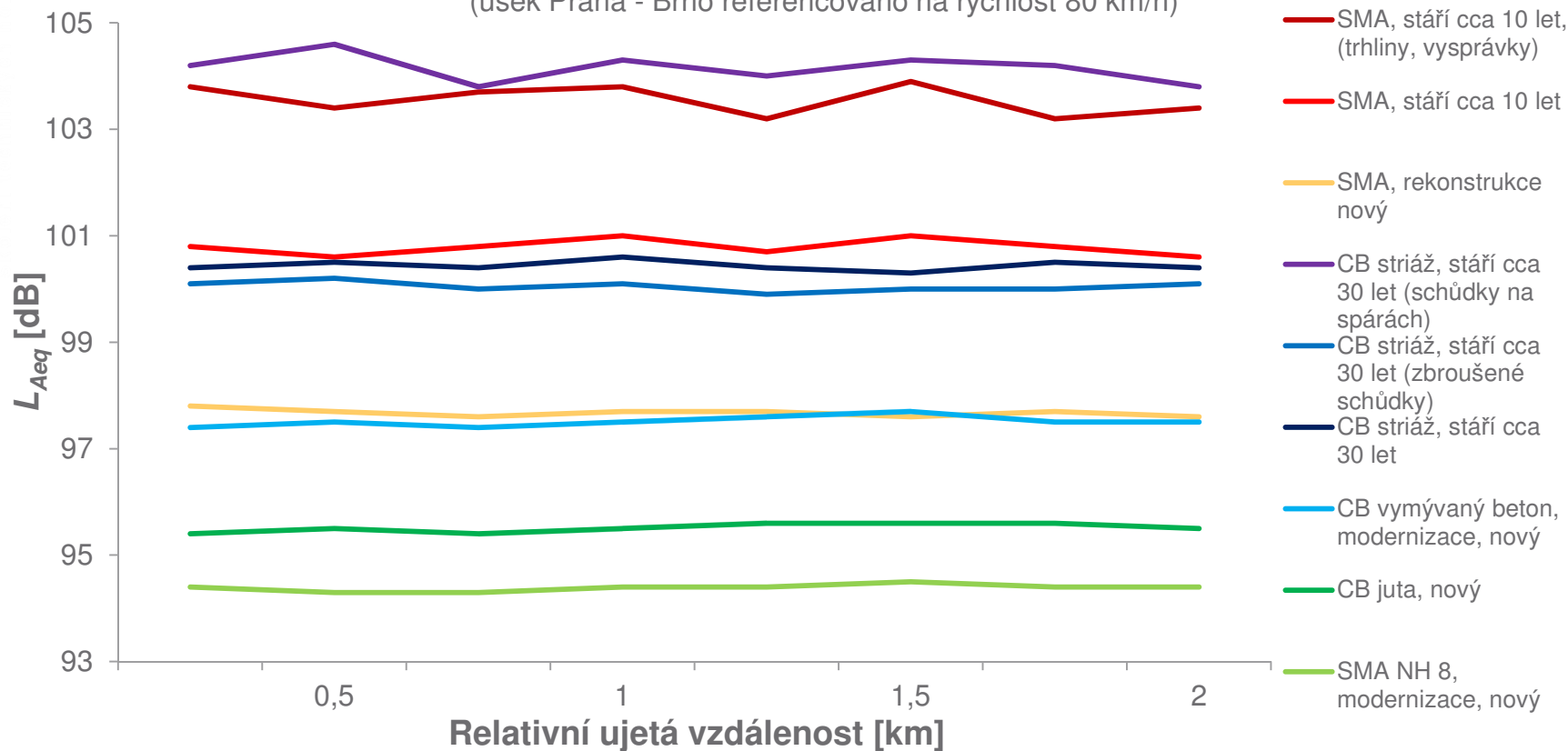
Ukázka hlučnosti povrchů vybraných úseků pozemní komunikace D1
(úsek Praha - Brno referencováno na rychlost 80 km/h)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A

Ukázka hlučnosti povrchů vybraných úseků pozemní komunikace D1
(úsek Praha - Brno referencováno na rychlost 80 km/h)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Hodnocení hlučnosti pozemních komunikací metodou CPX - „srovnávací základna“

▶ **! Při posuzování snížení hlukové emise je velmi důležité, jaký byl pro posouzení efektu této úpravy zvolen výchozí stav !**

▶ Na základě provedených měření in-situ i zahraničních zkušeností je referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka stanovena hodnotou:

▶ **90 dB pro rychlost 50 km/h**

▶ **98 dB pro rychlost 80 km/h**

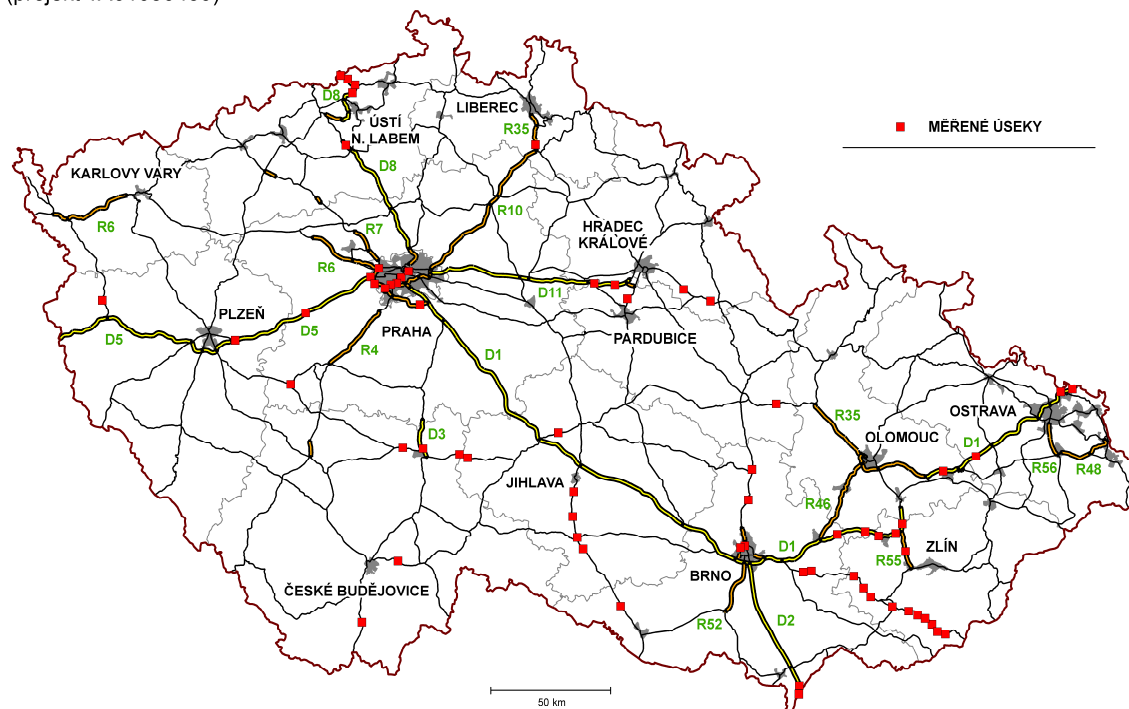
při použití SRTT pneumatiky P1 (dle ISO/TS 11189-3, Uniroyal Tigerpaw 225/60 R16 – definice v ASTM F2493:2014).

Dlouhodobý monitoring - výsledky

► Od roku 2012 – 2014 v rámci projektu TA01030459

PŘEHLED MĚŘENÝCH ÚSEKŮ V ROCE 2012

(projekt TA01030459)



(celková délka proměřených pozemních komunikací cca 1 000 km)

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

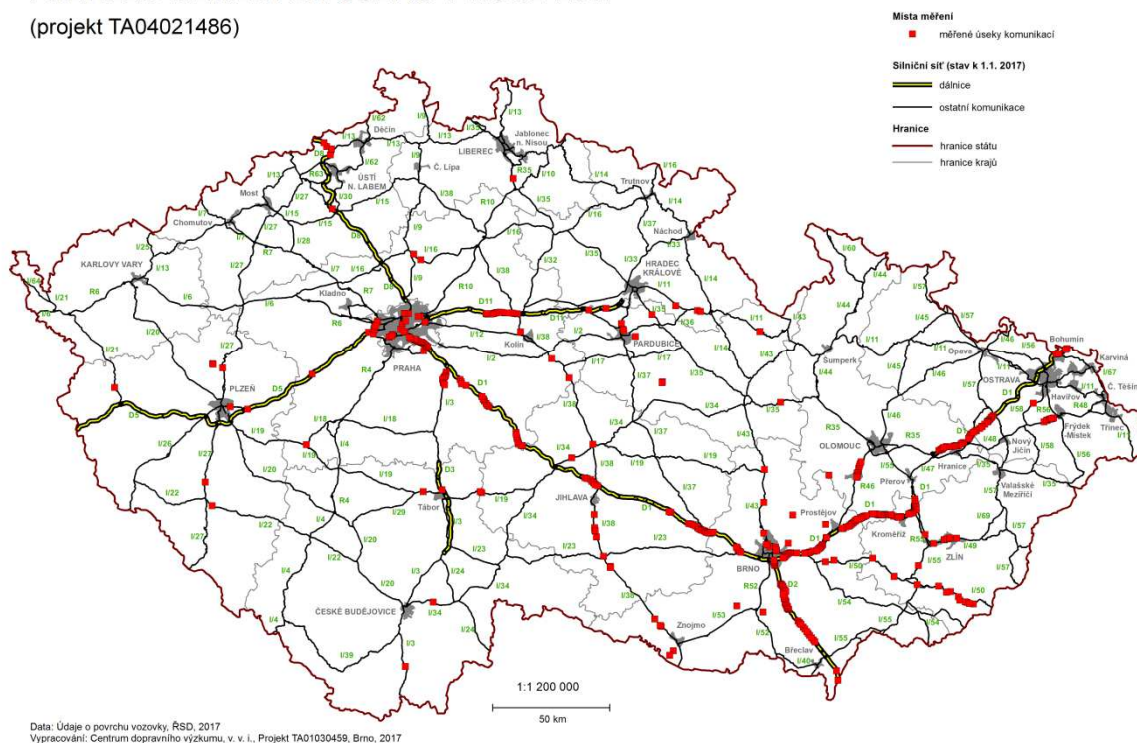
37

Dlouhodobý monitoring - výsledky

► Od roku 2015 – 2017 v rámci projektu TA04021486

PŘEHLED MĚŘENÝCH ÚSEKŮ V ROCE 2017

(projekt TA04021486)



(celková délka proměřených pozemních komunikací cca 1 500 km)

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

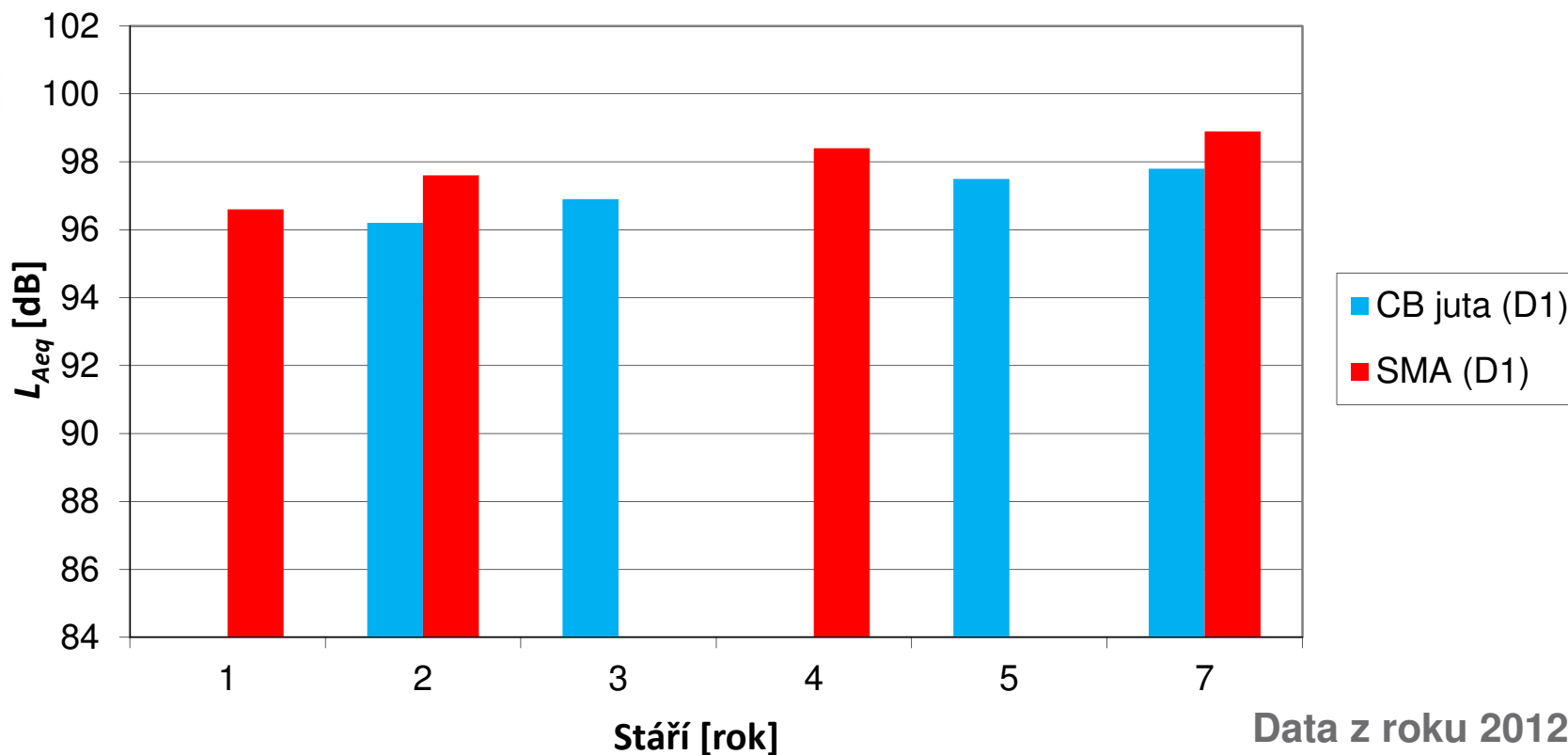
- ▶ Od roku 2013 – 2017 v rámci projektu TE01020168, proměřeno cca 500 km pozemních komunikací
- ▶ Další výzkumné projekty a aktivity od roku 2010 – 2017, proměřeno cca 500 km pozemních komunikací

- ▶ Vyžádaná měření pro soukromé subjekty (komerční zakázky) od roku 2010 – 2017, proměřeno cca 500 km pozemních komunikací

Celková délka proměřených úseků pozemních komunikací cca 4 000 km

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Srovnání hlučnosti pozemní komunikace D1 s obrusnou vrstvou
CB juta vs. SMA (rychlost 80 km/h)

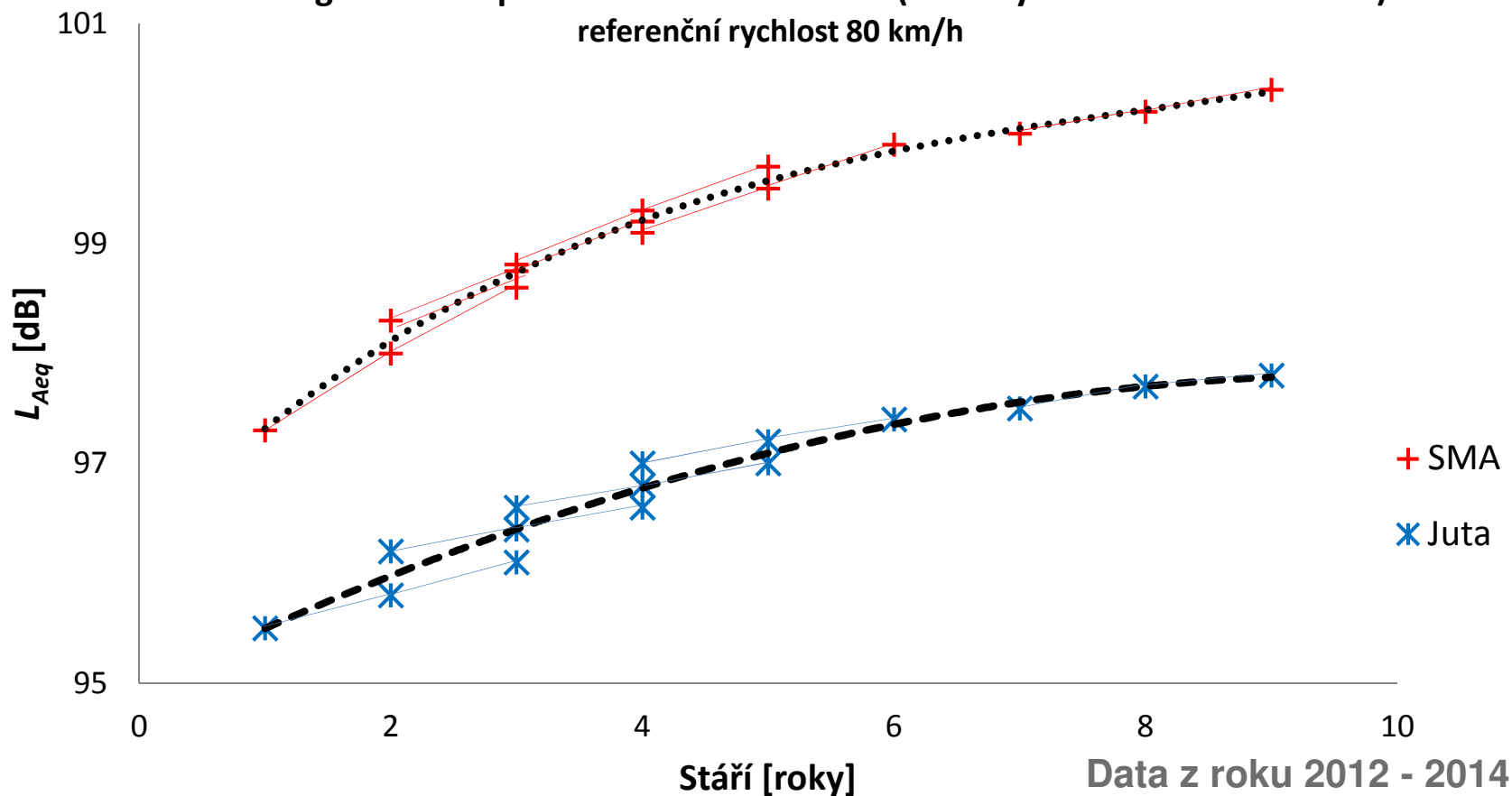


Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

40

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Monitoring hlučnosti pozemní komunikace D1 (úsek Vyškov - Hladké Životice)
referenční rychlost 80 km/h

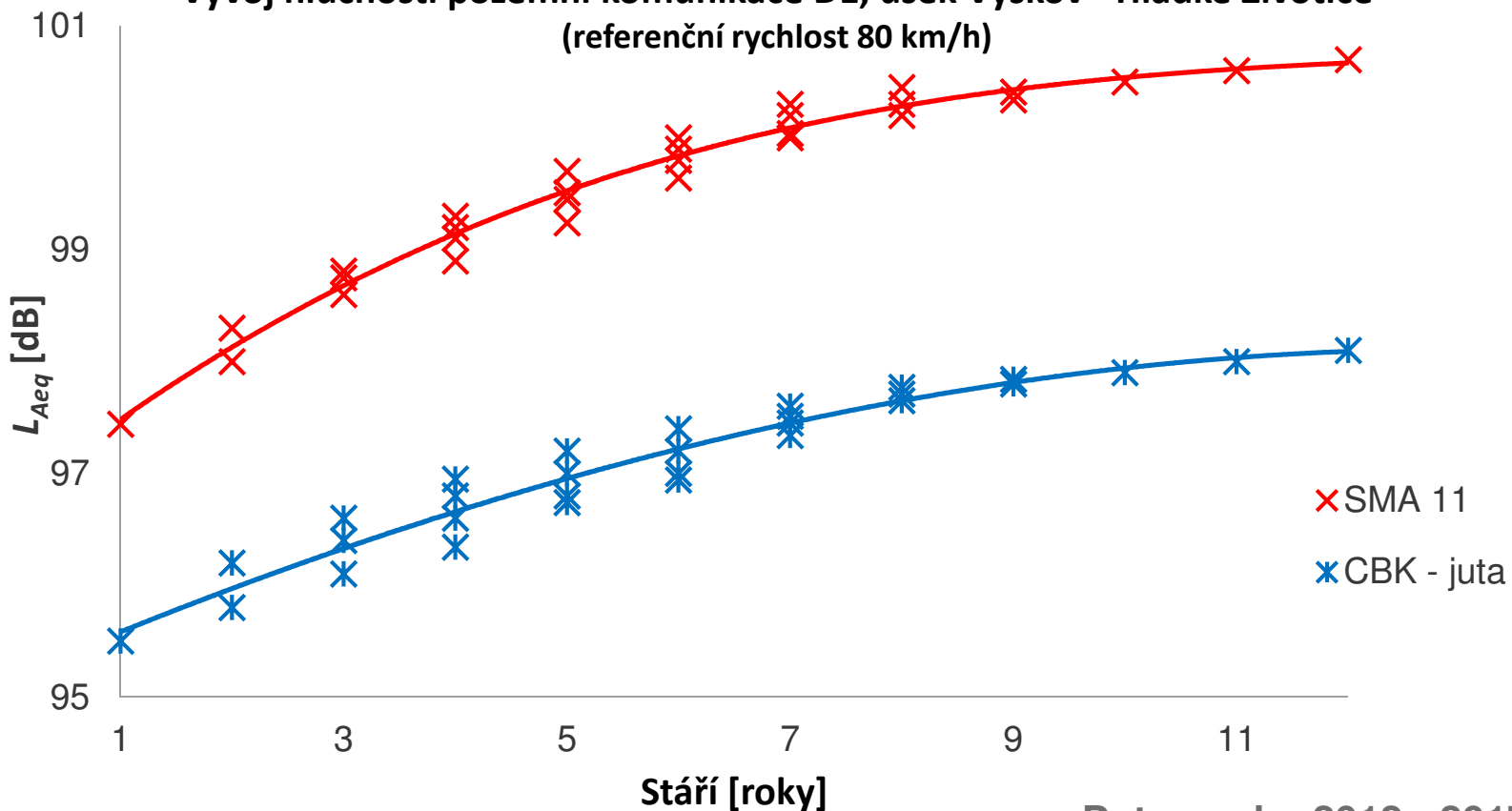


Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

41

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Vývoj hlučnosti pozemní komunikace D1, úsek Vyškov - Hladké Životice
(referenční rychlost 80 km/h)



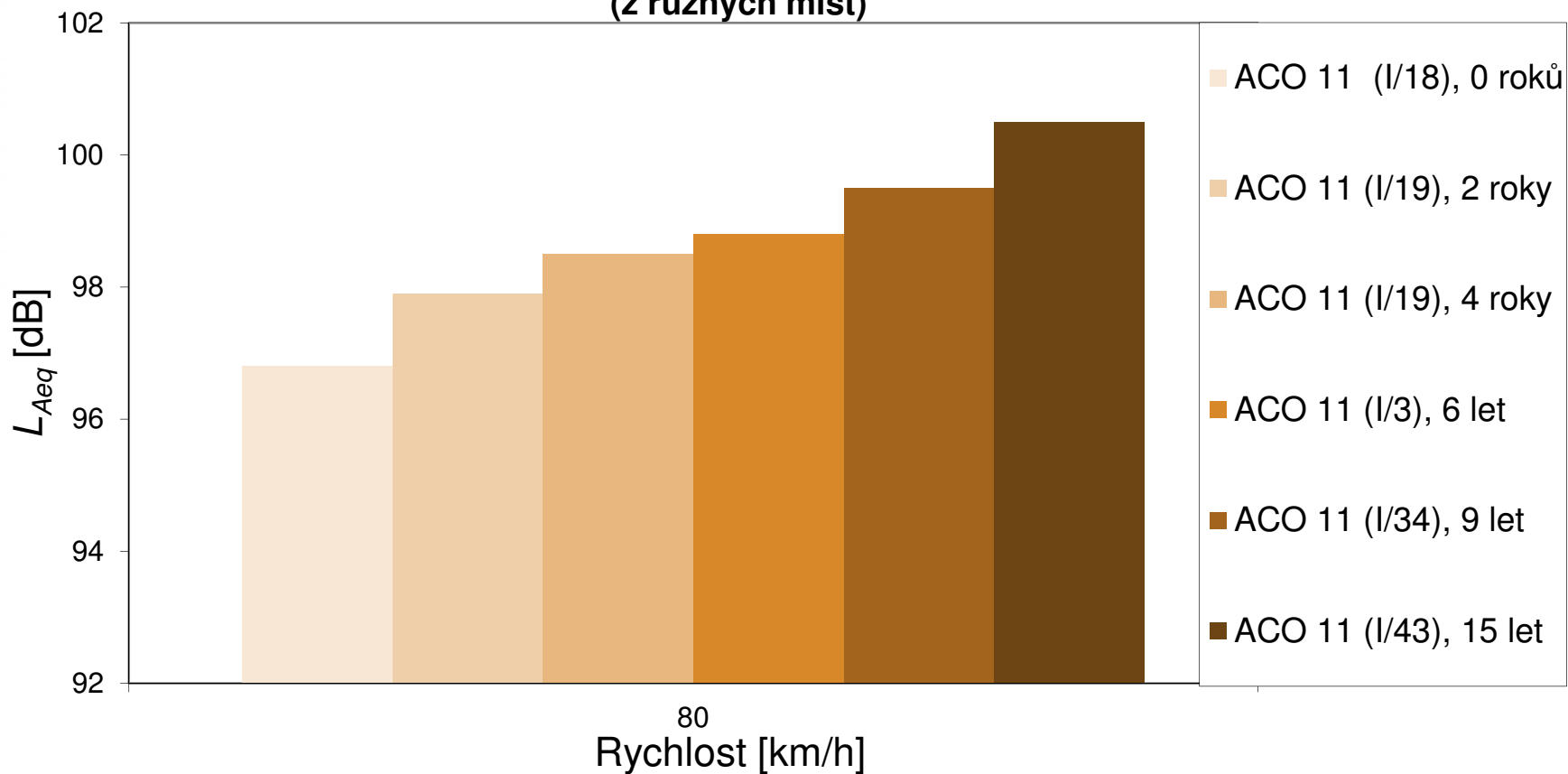
Data z roku 2012 - 2017

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

42

Dlouhodobý monitoring - výsledky

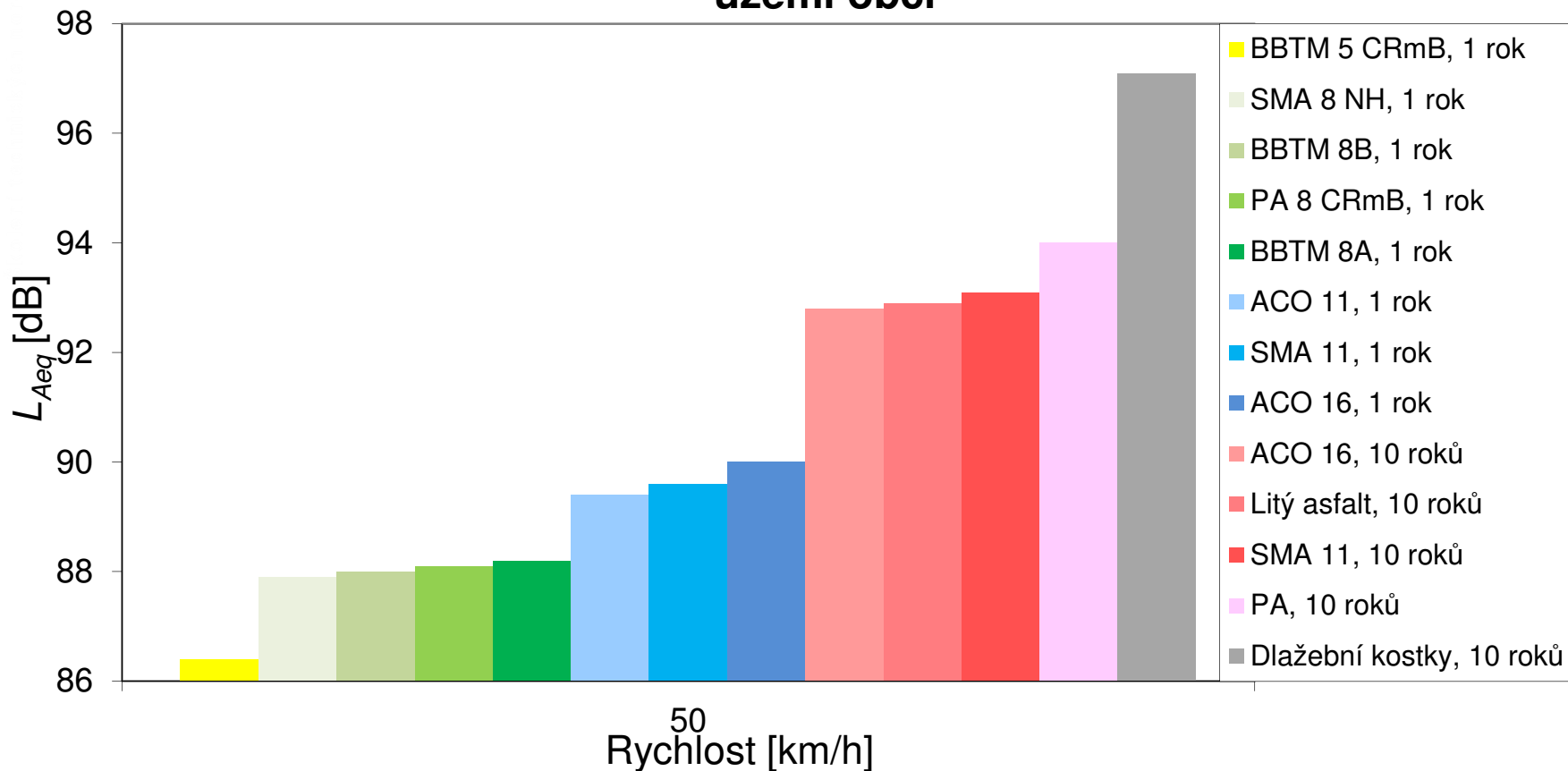
Srovnání hlučnosti vozovek s obrusnou vrstvou ACO 11
(z různých míst)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Srovnání hlučnosti různých obrusných vrstev v zastavěném území obcí

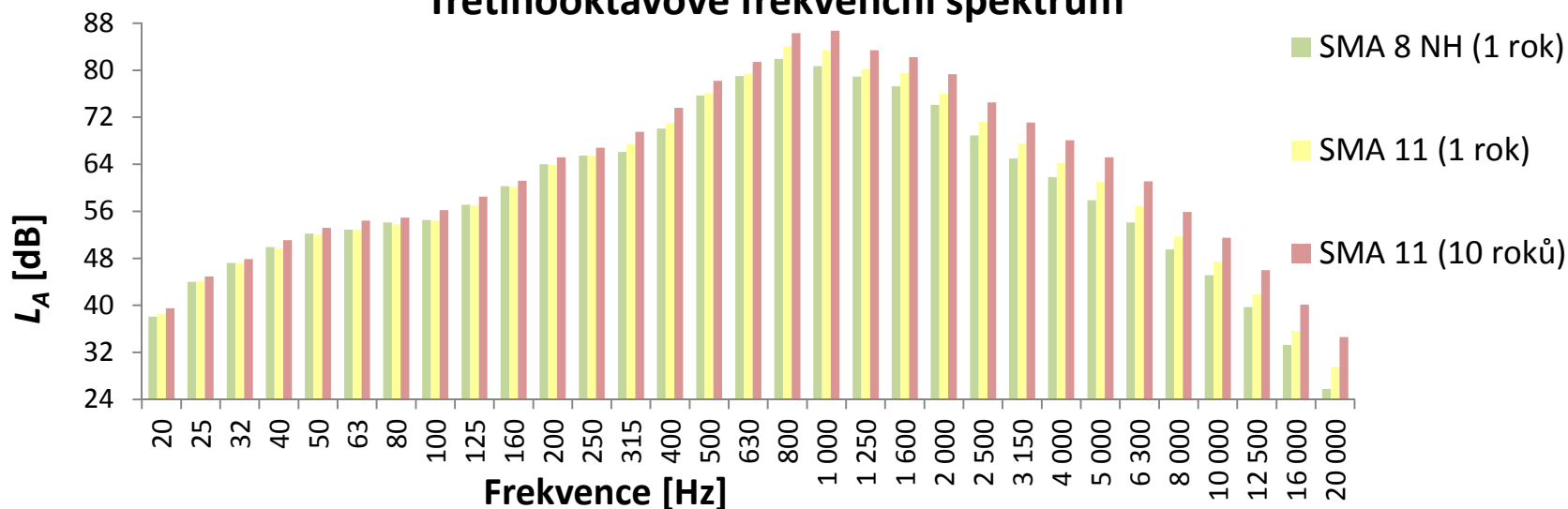


Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Povrch	Stáří v době měření [rok]	Ref. rychlost [km/h]	Naměřená rychlost [km/h]	Ref. teplota [°C]	N. teplota [°C] vzduch	N. teplota [°C] povrch	Změřená L_{Aeq} [dB]	Korigovaná L_{Aeq} na ref. hodnoty [dB]
SMA 8 NH	1	50,00	49,67	20,0	21,3	31,0	87,4	87,8± 1,0
SMA 11	1	50,00	50,81	20,0	19,4	26,2	89,8	89,7± 1,0
SMA 11	10	50,00	49,86	20,0	20,7	29,6	92,6	93,0± 1,0

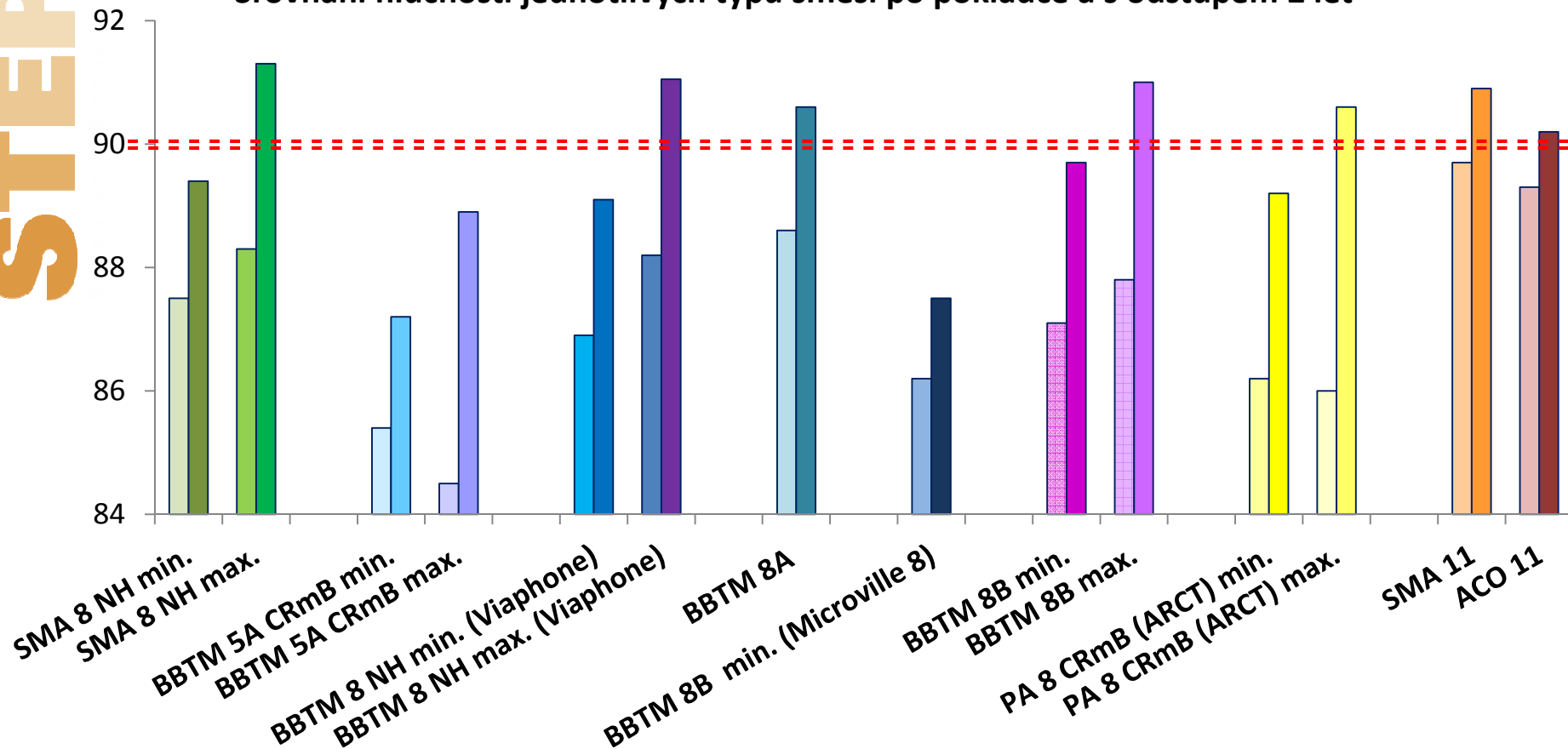
Třetinooktávové frekvenční spektrum



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

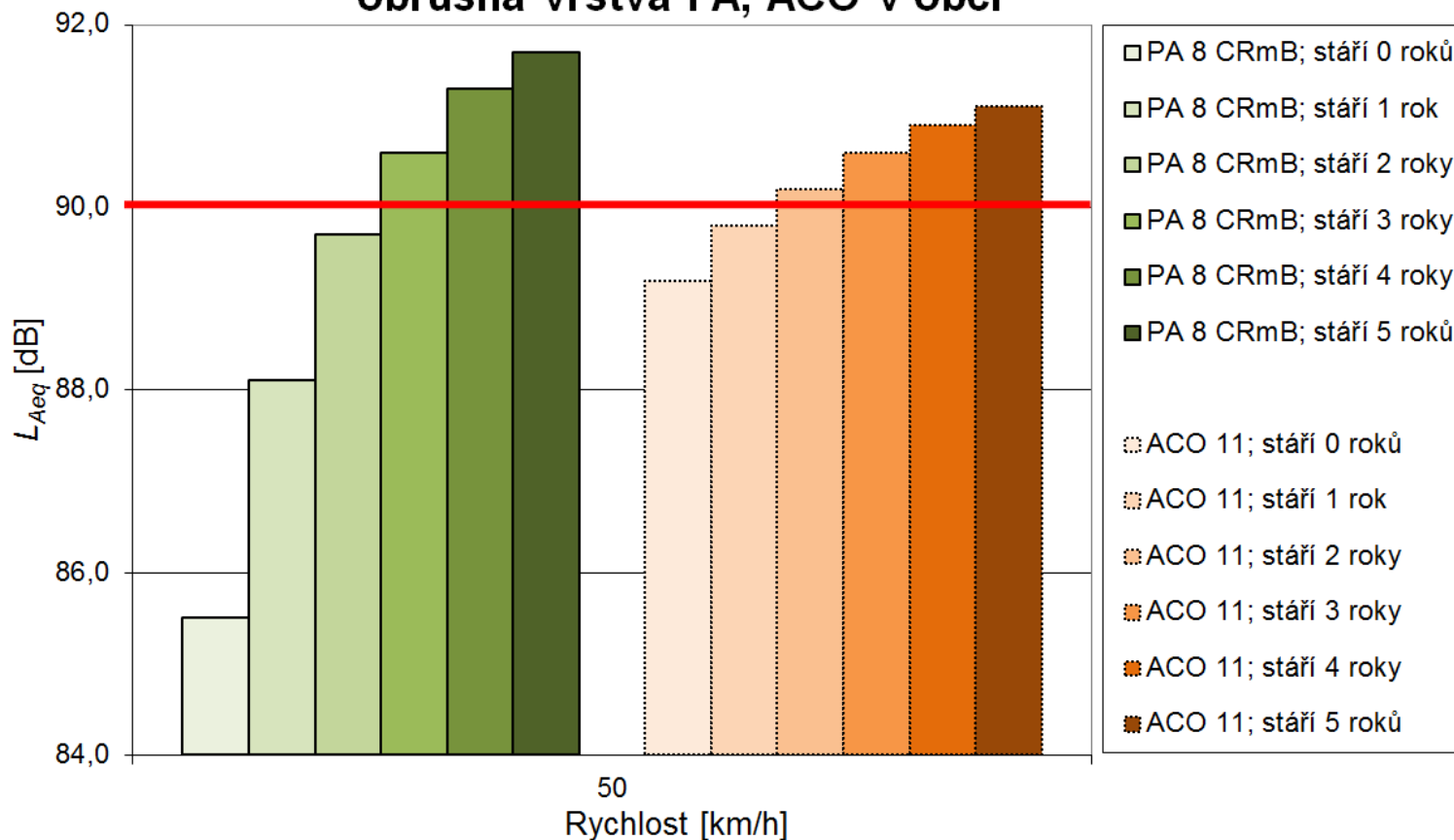
Srovnání hlučnosti jednotlivých typů směsí po pokládce a s odstupem 2 let



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

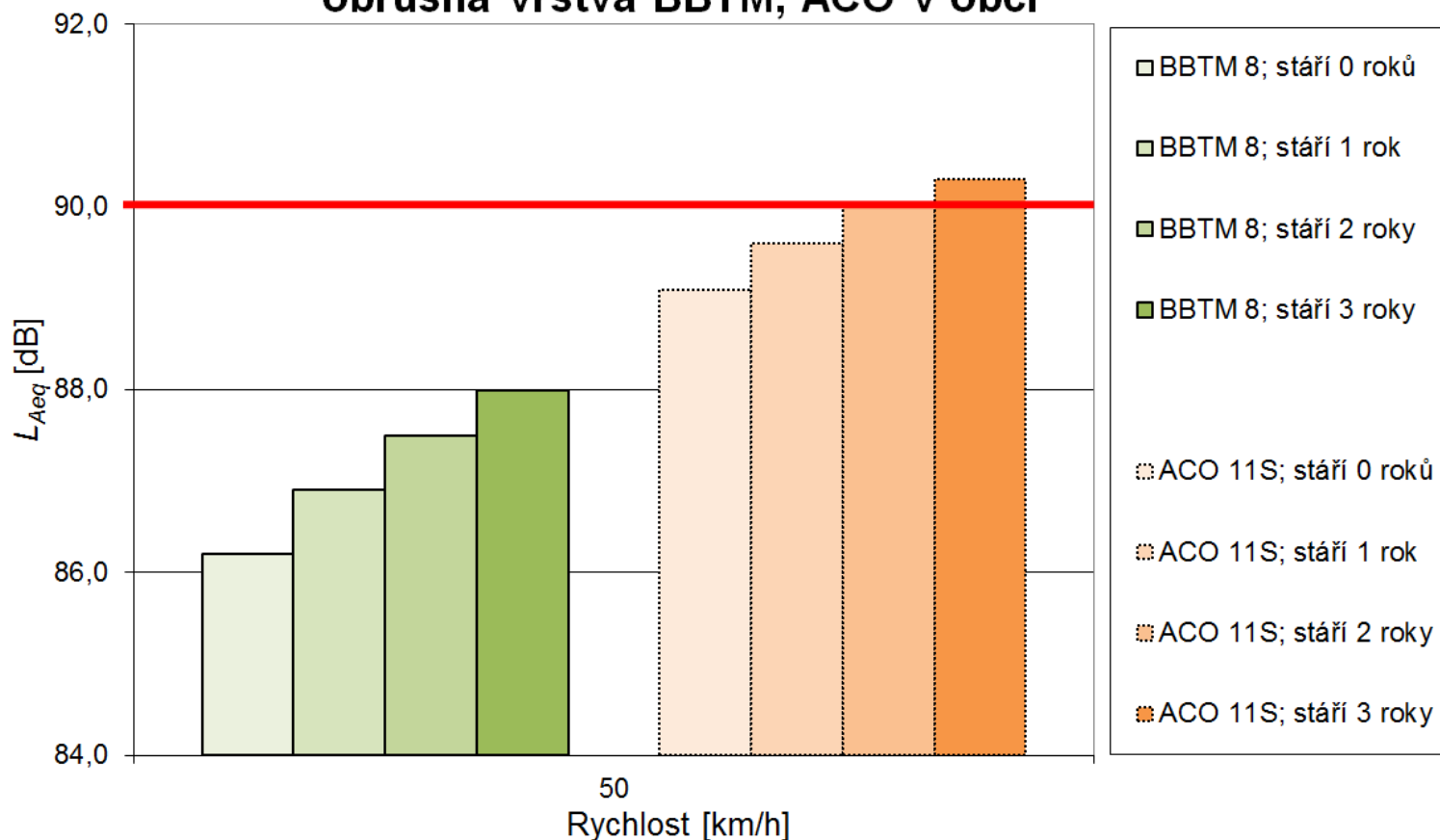
Vývoj hlučnosti vozovky pozemní komunikace, obrusná vrstva PA, ACO v obci



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

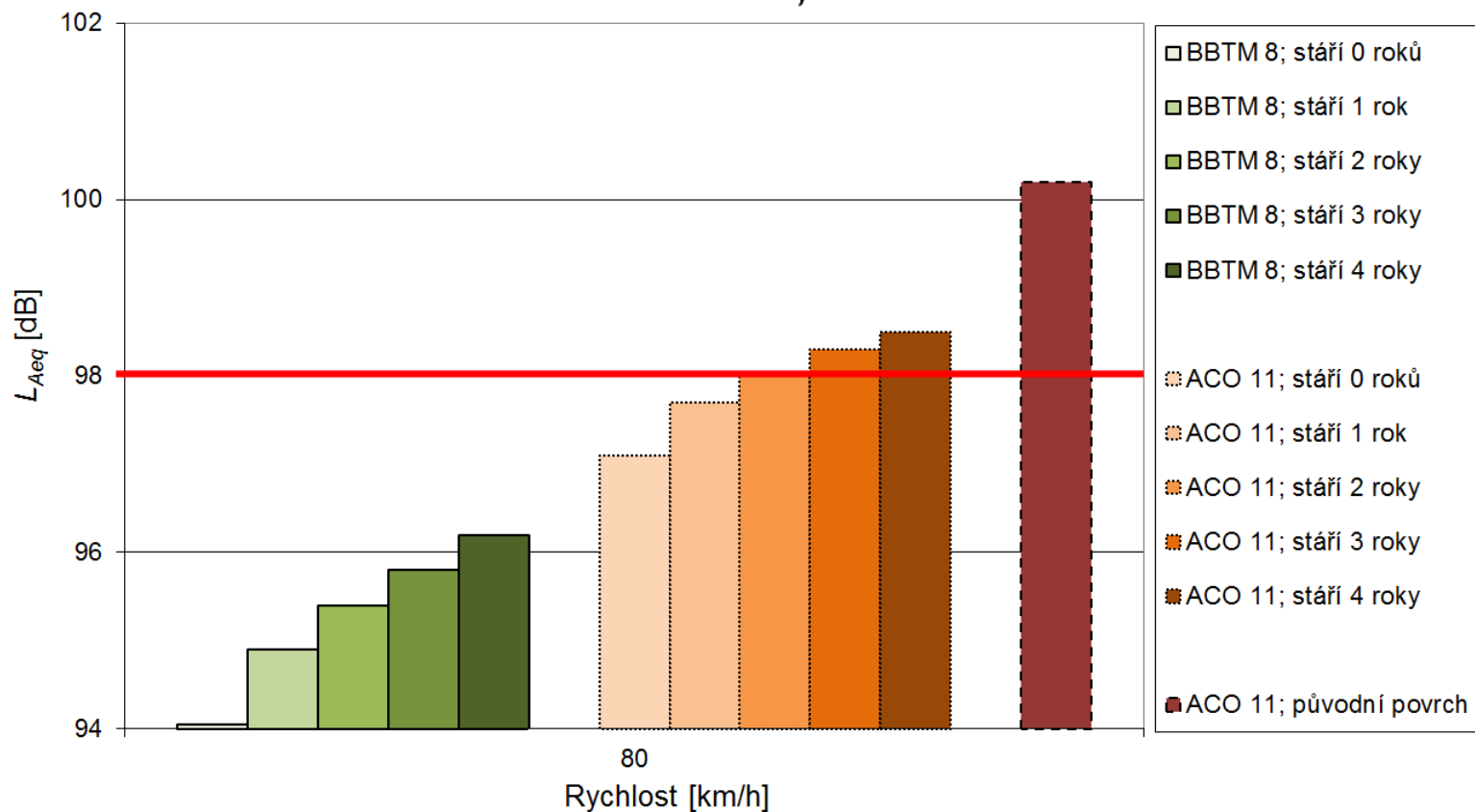
Vývoj hlučnosti vozovky pozemní komunikace,
 obrusná vrstva BBTM, ACO v obci



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

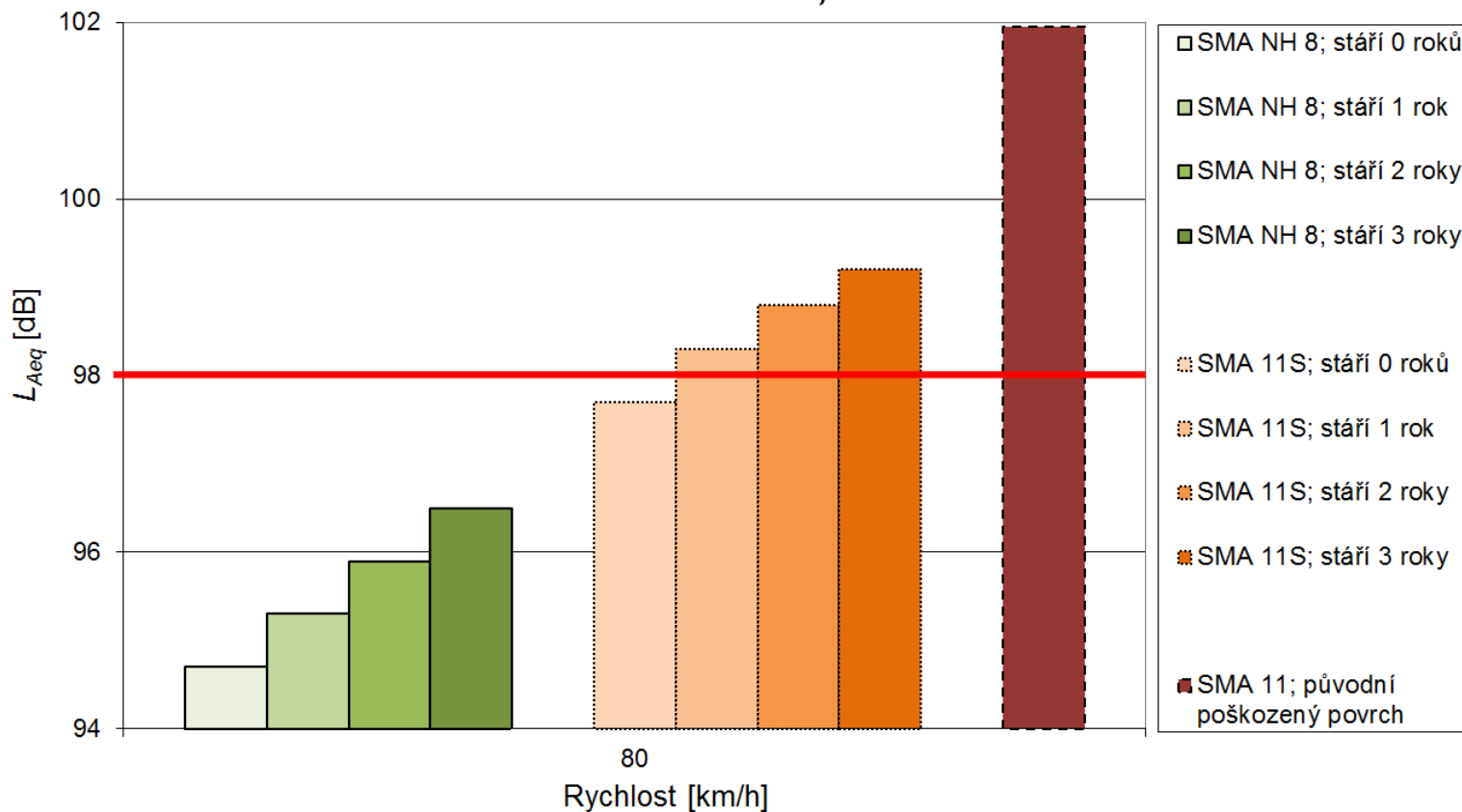
Vývoj hlučnosti vozovky pozemní komunikace, obrusná vrstva BBTM, ACO mimo obec



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Vývoj hlučnosti vozovky pozemní komunikace, obrusná vrstva SMA NH, SMA mimo obec



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Dlouhodobý monitoring - výsledky

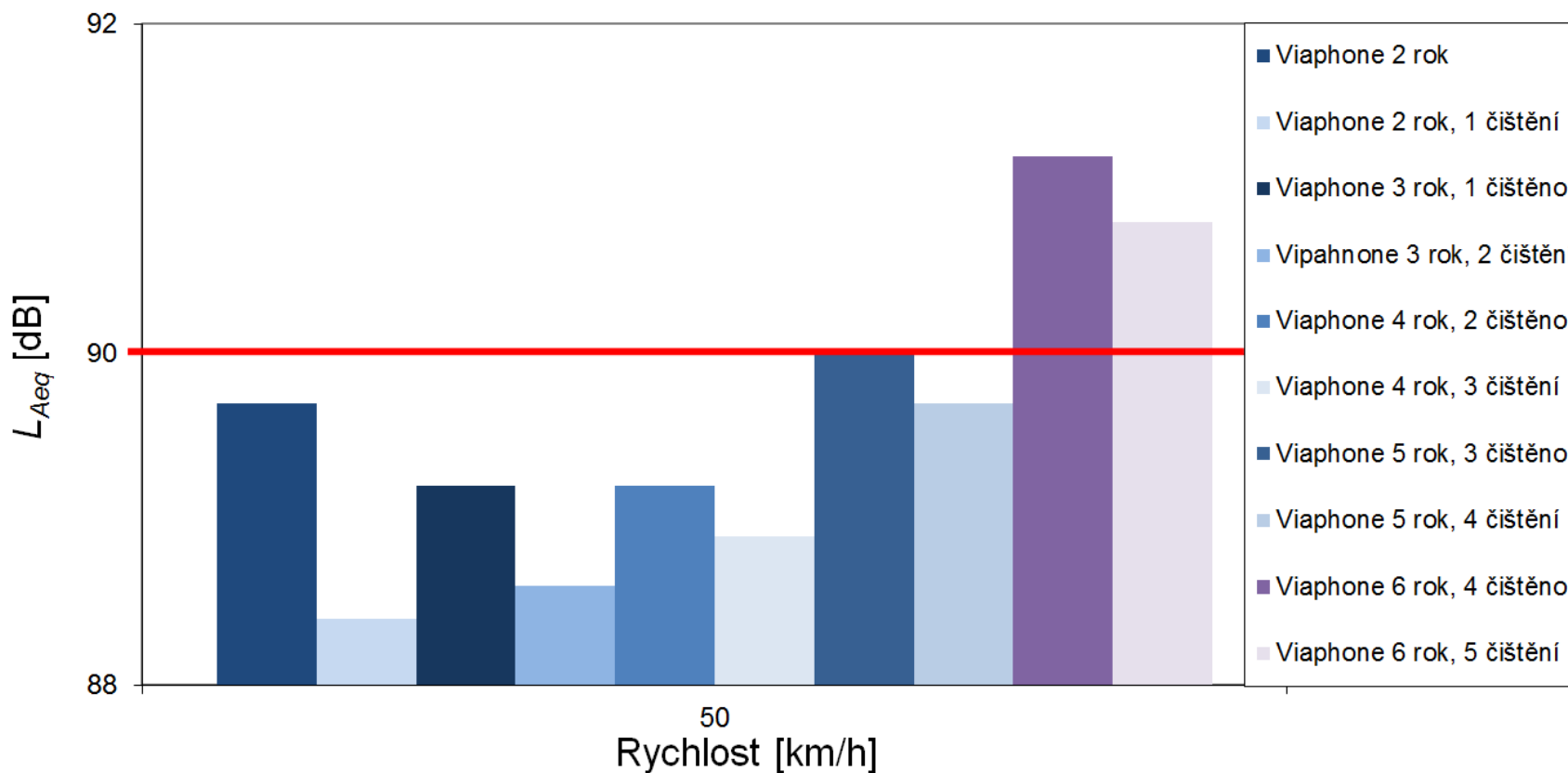


Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

51

Dlouhodobý monitoring - výsledky

Srovnání hlučnosti povrchu Viaphone před a po čištění (opakované)



Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

Hodnocení hlučnosti pozemních komunikací metodou CPX – dle TP 259

- ▶ Referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka stanovena hodnotou 90 dB pro rychlost 50 km/h a 98 dB pro rychlost 80 km/h při použití SRTT pneumatiky.
- ▶ Za obrusnou vrstvu pozemní komunikace se **sníženou hlučností** lze považovat libovolnou asfaltovou směs, jejíž hlučnost (korigovaná ekvivalentní hladina akustického tlaku styku pneumatika/vozovka na referenční rychlost, teplotu a tvrdost při použití SRTT pneumatiky P1) **po pokládce je minimálně o 2,0 dB nižší než stanovená referenční hodnota.**
- ▶ **Po dvou a více letech od uvedení do provozu** lze za obrusnou vrstvu pozemní komunikace se **sníženou hlučností** považovat libovolnou asfaltovou směs, jejíž hlučnost (korigovaná ekvivalentní hladina akustického tlaku styku pneumatika/vozovka na referenční rychlost, teplotu a tvrdost při použití SRTT pneumatiky P1) **nedosáhne stanovené referenční hodnoty, jak je uvedena výše.**
- ▶ Při uplatnění rozšířené kombinované standardní nejistoty měření metody CPX, která dosahuje **1 dB** při hodnocení naměřené ekvivalentní hladiny akustického tlaku vůči referenční hodnotě, se postupuje analogicky dle platného znění NV č. 272/2011 Sb.

Závěr

Měřit a hodnotit hlučnost povrchů pozemních komunikací

!! Lze a umíme !!



- ▶ Problémem jsou vstupní data k měření (kdy kde se co položí nebo položilo za obrusnou vrstvu komunikace)
- ▶ Dílčí data a charakteristiky hlučnosti povrchů komunikací již máme k dispozici
- ▶ Nelze mít „na počkání“ dlouhodobá data a charakteristiku hlučnosti povrchů pozemních komunikací, včetně jejich úprav

Měření a vyhodnocení hlučnosti povrchů pozemních komunikací

55

Děkuji za pozornost!

Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

E-mail: vitezslav.krivanek@cdv.cz

Mob.: +420 601 321 681