



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

**AKUSTICKÉ VLASTNOSTI VODOROVNÉHO
DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ**

ACOUSTIC PROPERTIES OF ROAD MARKINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Drnovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL RADIMSKÝ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
PRACOVIŠTĚ	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Ondřej Drnovský
NÁZEV	Akustické vlastnosti vodorovného dopravního značení
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	Ing. Michal Radimský, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017
V Brně dne 31. 3. 2016	

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Literatura:

Příslušné ČSN, TP a Vzorové listy.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Předmětem diplomové práce je posouzení akustických vlastností vodorovného dopravního značení při pojíždění vozidlem. Měření bude provedeno na několika různých vzorcích vodorovného dopravního značení. Cílem práce je vyhodnotit vliv jednotlivých typů VDZ na řidiče vozidla.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Michal Radimský, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá ověřením akustických vlastností vodorovného dopravního značení v reálných podmínkách pojezdy vozidlem. Teoretická část obsahuje základní informace o akustice, o zdrojích hluku z dopravy a o metodách měření hluku. Dále jsou popsány základní informace o vodorovném dopravním značení a jeho vlivu na bezpečnost. Praktická část obsahuje popisy, výsledky, zhodnocení realizovaných měření a následně ekonomické posouzení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodorovné dopravní značení, měření hluku, hladina akustického tlaku, metoda CPX, strukturální, profilované, zvučící, efekt

ABSTRACT

The thesis deals with verifying the acoustic properties of road markings in real conditions the vehicle travels. It contains basic information about the acoustics of the sources of traffic noise and methods of measuring noise. Below are the main information about the horizontal signposts and its impact on safety. The practical part contains descriptions of results, estimation of measurement and subsequently implemented economic assessment.

KEYWORDS

Road markings, noise measurement, noise level, CPX method, structural, profiled, sounding, effect

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Ondřej Drnovský *Akustické vlastnosti vodorovného dopravního značení*. Brno, 2016. 90 s.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací.
Vedoucí práce Ing. Michal Radimský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Ondřej Drnovský
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Radimskému, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce. Dále Ing. Radce Matuszkové za pomoc při realizaci měření a také za cenné rady a ochotu věnovat mi čas při konzultacích. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu po celou dobu studia.

Obsah

1	ÚVOD	10
2	ZÁKLADNÍ POJMY V AKUSTICE.....	11
2.1	Akustika	11
2.2	Zvuk	11
2.3	Hluk.....	11
2.3.1	Metody snižování hluku	12
2.3.2	Hygienické limity hluku.....	13
2.4	Hladina akustického výkonu L_w	13
2.5	Hladina akustického tlaku L_p	14
2.6	Ekvivalentní hladina akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$	14
2.7	Hladina akustického tlaku $A L_{pA}$	15
3	HLUK Z DOPRAVY.....	16
3.1	Primární zdroje hluku	17
3.1.1	Náraz dezénového bloku	17
3.1.2	Air pumping - sání vzduchu	17
3.1.3	Tření mezi pneumatikou a povrchem	18
3.1.4	Adheze (stick-snap)	18
3.2	Sekundární zdroje hluku.....	19
3.2.1	Zesílení účinků pomocí "horn effectu"	19
3.2.2	Helmholtzovy rezonátory	19
3.2.3	Vibrace kostry pneumatiky.....	20
3.2.4	Vnitřní akustická rezonance	20
3.3	Shrnutí	21
4	METODY MĚŘENÍ DOPRAVNÍHO HLUKU	22
4.1	Close-Proximity method (CPX)	22
4.2	Statistical Pass-by (SPB).....	23
4.3	Controlled Pass-by (CPB).....	24
4.4	Coast-by (CB)	24
4.5	On Board Sound Intensity method (OBSI).....	24
5	VODOROVNÉ DOPRAVNÍ ZNAČENÍ.....	25
5.1	Rozdělení VDZ podle druhů použitých hmot.....	25
5.2	Přísady	28

5.3	Požadavky na VDZ	29
5.4	Provádění pokládky VDZ.....	29
5.5	Způsoby pokládky VDZ	31
5.6	Vliv VDZ na bezpečnost	33
6	VLASTNÍ REALIZACE MĚŘENÍ	35
6.1	Metodika měření.....	35
6.1.1	Umístění mikrofونů.....	35
6.1.2	Měřicí aparatura.....	36
6.1.3	Měřicí vozidlo	37
6.2	Metodika vyhodnocení dat	38
6.3	Popis úseku.....	38
6.4	Popis vzorků.....	40
6.5	Měření 1 (24. 9. 2016).....	43
6.5.1	Metoda 1	43
6.5.2	Metoda 2	49
6.5.3	Porovnání metod.....	52
6.6	Měření 2 (8. 10. 2016).....	53
6.6.1	Metoda 1	53
6.6.2	Metoda 2	59
6.6.3	Porovnání metod.....	62
6.7	Měření 3 (23. 10. 2016).....	64
6.7.1	Metoda 1	64
6.7.2	Metoda 2	70
6.7.3	Porovnání metod.....	73
6.8	Shrnutí výsledků	74
6.8.1	Metoda 1	74
6.8.2	Metoda 2	77
6.9	Ekonomické posouzení.....	79
7	Závěr.....	82

1 ÚVOD

Nejen v České republice, ale i celosvětově se objevují kampaně pro zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích. Hlavním předmětem většiny kampaní je snižování rychlosti, prevence proti únavě, omezení pití alkoholu řidiči, používání bezpečnostních pásů a dále používání cyklistických přileb. Ovšem tyto programy jsou zaměřeny na chování řidičů, ale neřeší druhou polovinu toho, co přispívá ke zvýšení bezpečnosti, a tím je silniční prostředí. Dopravu je potřeba usměrňovat a řídit a tím zvyšovat bezpečnost na komunikacích. K tomu nám slouží nejen samotný návrh pozemní komunikace, ale také dopravní značení a zařízení, která se jsou nezbytná na všech pozemních komunikacích. Nedílnou součástí je vodorovné dopravní značení, které je tématem této diplomové práce.

Vodorovné dopravní značení je klíčovým prvkem silniční bezpečnosti. Řidiče navádí, informuje a vymezuje prostor, což řidiči pomáhá při usměrnění jízdy. Pro správnou funkci musíme toto značení udržovat, tj. obnovovat a čistit, aby i při zhoršených povětrnostních podmínkách, a hlavně v noci plnilo svou funkci. Dobře viditelné dopravní značení je základ pro bezpečnou jízdu. V současné době je na realizaci vodorovného dopravního značení na výběr velký počet materiálů, technologií a služeb.

Hlavní výzkumný pracovník ústavu pro výzkum v Pacifiku Ted R. Miller sumarizuje pozitivní přínosy pečlivě udržovaného dopravního značení: *Řízení vozidla na tmavé vozovce v noci v mlze je vždy velmi nepříjemné. Jediná pomoc přichází od středových a vodicích čar. Vyznačení jízdních pruhů je důležitou pomůckou při řízení vozidla. Vodorovné dopravní značení zachraňuje životy a snižuje kongesci.*

Vodorovné dopravní značení však nemá jen vodící funkci, v poslední době je čím dál tím více využívána i druhotná funkce dopravního značení, a to funkce zvučící a vibrační. Zvučící a vibrační efekt se projeví při přejetí vodící čáry pneumatikou vozidla. Touto funkcí se vyznačují především určité druhy strukturálního a profilovaného vodorovného dopravního značení. Funkce je klíčová především na komunikacích vyšších tříd, které se vyznačují širokou krajnicí a při vybočení řidiče z dráhy jízdního pruhu pomocí zvučícího a vibračního efektu řidiče upozorní na změnu dráhy.

V současných technických předpisech je pouze zmíněno, že u strukturálního a profilovaného vodorovného dopravního značení zvučící efekt existuje, nikde však není specifikováno, jak ho měřit a vyhodnocovat, což může být problémem při zadávání veřejných zakázek, kdy nemá investor jasnou specifikaci, co to zvučící efekt je a jakými rozdíly se oproti vozovce vyznačuje.

Cílem diplomové práce je ověření akustických vlastností vodorovného dopravního značení v reálných podmínkách pojezdy vozidlem. Práce obsahuje měření vlastní metodou, která je kombinací certifikované metody CPX a OBSI a vyhodnocování vlivu různého rozmístění příčných baret na akustický efekt při různých rychlostech. Dále bude následovat ekonomické posouzení jednotlivých vzorků v závislosti na zjištěném zvučícím efektu.

Práce je rozdělena na pět základních částí. V první části je stručně popsána teorie akustiky, kdy jsou popsány měřené veličiny a jejich jednotky. Druhá část obsahuje popis hluku z dopravy a jeho zdroje na styku pneumatika/vozovka. V další části jsou popsány metody měření hluku, které se používají pro vyhodnocování hlučnosti. Ve čtvrté části jsou popsány informace o vodorovném dopravním značení a jeho

vlivu na bezpečnost. Poslední část je pak věnována praktické části, která obsahuje vyhodnocení realizovaných měření vodorovného dopravního značení.

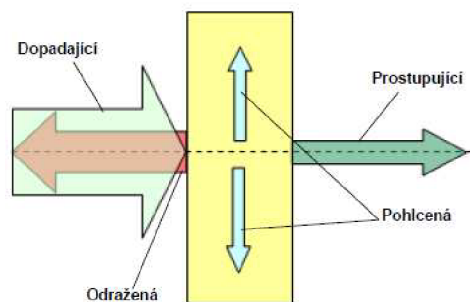
2 ZÁKLADNÍ POJMY V AKUSTICE

2.1 Akustika

Akustika je vědní obor, zabývající se komplexně zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem až po jeho vnímání lidskými smysly. [1]

2.2 Zvuk

Za zvuk je považováno každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem. Zvuk se šíří plyny, pevnými látkami i tekutinami. Kmitočet vnímaný lidským uchem se pohybuje v rozmezí 20 Hz - 20 kHz. Podle směru kmitání ho dělíme na podélné a příčné. Při podélném kmitání, částice pružného prostředí kmitají ve směru, kterým vlnění postupuje. V případě příčného kmitají kolmo na směr, kterým vlnění postupuje.



Obrázek 1: Pohlčení části vlny dopadem na překážku [1]

U plynů a kapalin se může vyskytovat pouze podélné vlnění, u materiálů elastických se může akustické vlnění vyskytovat v příčném i podélném směru, protože vykazují pružnost nejenom v tahu a tlaku, ale i smyku. Kombinaci z těchto namáhání vzniká i kmitání ohybové.

Zvuk se šíří od zdroje ve vlnoplochách. Ve volném prostředí mohou mít kulový nebo rovinný tvar, který se může měnit třeba při nárazu na překážku. Akustické pole je prostor, ve kterém se šíří zvuk. Podle charakteru zvukových vln dělíme pole na rovinné, kulové a difuzní (obecné, tvořené vlnami různých tvarů).

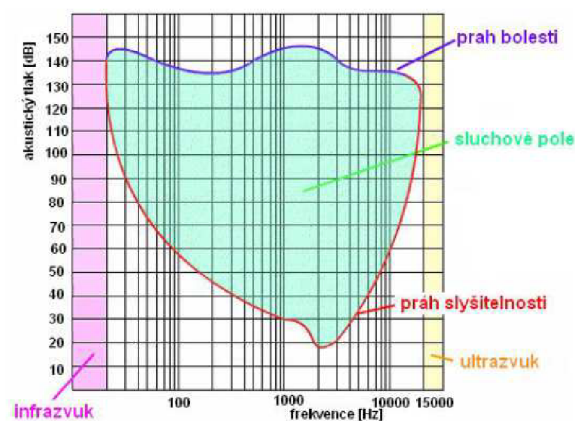
Při šíření zvuku v prostředí s překážkami (skutečné prostředí), dochází při dopadu vlny na překážku k mnoha jevům a k přeměně části zvuku na jinou formu energie (teplo). Obecně se část zvuku odrazí, část zvuku přemění na teplo, část projde překážkou nebo je překážkou pohlceno a šíří se v ní. Dále může dojít vlivem vlnění v rozkmitání překážky. Rozhodující je rozměr, tvar a složení překážky a také záleží na vlnové délce zvuku. [1]

2.3 Hluk

Hluk je specifická forma zvuku, vydávaná nepravidelným nebo náhodným kmitáním. Z hlediska subjektivního vnímání se tedy jedná o nepříjemný, rušivý, nežádoucí či škodlivý zvuk. Vnímání hluku je ovlivněno mnoha faktory, jako je informační obsah, doba trvání, věk, zdravotní stav nebo postoj posluchače. Nejčastějšími zdroji hluku je průmysl, bydlení, hudba a v neposlední řadě i doprava.

Základem určujícím účinek hluku je jeho intenzita. Člověk se necítí dobře v prostředí s nízkou hladinou akustického tlaku A. Hodnoty okolo 20 dB můžeme považovat za hluboké ticho. Hladinu 30 dB hodnotíme jako příjemné ticho. Od 60 dB výše se začínají projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních reakcí. V prostředí s hladinou akustického tlaku přesahující 85 dB již vznikají trvalé poruchy sluchu a zároveň se projevují další účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu. Při hladině akustického tlaku od 130 dB se účinky hluku mění na bolest a při 160 dB dochází k protržení bubínku.

Sluchový vjem je závislý na frekvenci a intenzitě zvuku, výsledný vjem je rovněž značně ovlivněn tím, zda posloucháme zvuk s jednou frekvencí nebo jejich více či méně složitou směs. Zvuky, které u posluchače vyvolají sluchový vjem lze zařadit do tzv. sluchového pole. Tvar sluchového pole je opět individuální pro každého člověka. Nebezpečí hluku spočívá v tom, že člověk nemá proti působení hluku obranné funkce. Problém ochrany sluchu není pouze v technickém řešení, ale také v ekonomické oblasti. Je proto nutno vždy zvolit optimální kompromis mezi technickými a ekonomickými možnostmi společnosti, přičemž hygienické limity jsou pro nás hlukovým kritériem. [1]



Obrázek 2: Sluchové pole [1]

2.3.1 Metody snižování hluku

Hluk a opatření pro jeho snižování obecně představují jedno z velmi důležitých témat a to zejména s dalším rozvojem dopravní infrastruktury a vlastní dopravy. Z průběžně prováděných průzkumů vyplývá, že ve vyspělých částech Evropy může hlukem dopravy být postiženo až 60 % zejména městské populace, přičemž například v sousedním Německu se u 16 % obyvatelstva eviduje dlouhodobější zdraví škodlivé překračování povolených hladin hluku.

Způsoby používané pro snižování účinků hluku jsou rozděleny do několika základních metod.

- I. Metoda redukce hluku ve zdroji - úplné odstranění nebo snižování hlučnosti zdroje. Je to nejúčinnější způsob boje s hlukem a to hlavně nízkými finančními náklady. Metoda je realizovaná už při konstrukci a stavbě strojů, technologických a dopravních zařízení, dopravních prostředku.
- II. Metoda dispozice - principem této metody je vhodné umístění zdroje hluku např. v územním plánování, projekci průmyslových závodů nebo letišť.
- III. Metoda izolace - metoda spočívá ve zvukovém odizolování zdroje. Ve stavebnictví se využívají izolační příčky, stropy, kryty apod. Ve strojírenství se využívají kryty nebo zákryty

- IV. Metoda aplikuje poznatky prostorové akustiky a využívá zejména zvukové pohltivosti, což je vlastnost některých hmot a konstrukcí, jejichž úkolem je pohlcovat akustickou energii a přeměňovat ji na teplo.
- V. Metoda spočívá v používání osobních ochranných pomůcek. Uplatňuje se teprve tehdy, jestliže předcházející metody nebylo možno z určitých důvodů použít. V těchto případech musí pracovník používat osobních protihlukových pomůcek, jako jsou různé tlumící zátky vkládané do ucha, sluchátkové chrániče a přilby. [1] [3]

2.3.2 Hygienické limity hluku

Hygienické limity hluku jsou stanoveny dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Konečné určení hygienických limitů hluku však náleží orgánu ochrany veřejného zdraví.

Tabulka 1: Základní limity pro venkovní hluk [2]

venkovní hluk	den (6:00-22:00)	noc (22:00-6:00)
základní limit - pro hluk jiný, než z dopravy	50 dB	40 dB
pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
pro hluk z železniční dopravy	55 dB	50 dB
pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
pro hluk v ochranných pásmech drah	60 dB	55 dB
pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB
pro starou hlukovou zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

U venkovního hluku stanoví nařízení vlády zvlášť limity pro hluk ze stavební činnosti a z leteckého provozu, pro zdravotnická zařízení, pro impulsní hluk, pro hudbu a řeč.

Tabulka 2: Základní limity pro vnitřní hluk [2]

vnitřní hluk	den (6:00-22:00)	noc (22:00-6:00)
základní limit	40 dB	30 dB
pro hluk ze silniční dopravy (neplatí pro stavby dokončené po 1.6.2006, u nich se použije základní limit)	45 dB	35 dB
pro hluk z hudby, zpěvu a řeči	35 dB	25 dB

U vnitřního hluku stanoví nařízení vlády zvlášť limity pro zdravotnická zařízení a různé veřejné budovy (obchody, školy apod.).

Dále byl charakterizován pojem "stará hluková zátěž", kterým se rozumí stav hlučnosti způsobený silniční a železniční dopravou před rokem 2000. Speciální limit pro starou hlukovou zátěž byl stanoven proto, aby se především v okolí hlavních silnic dosáhlo snadného splnění limitu bez nutnosti zásadních stavebních úprav a nákladných investic. [1] [2]

2.4 Hladina akustického výkonu L_w

Akustický výkon W je měřítkem celkové akustické energie, která je vyzářena ze zdroje nebo která prochází danou plochou. Je to základní a nejdůležitější veličina popisující akustické vlastnosti zdroje zvuku.

Podle Weber-Fechnerova zákona lze prokázat logaritmickou závislost mezi objektivními akustickými veličinami a subjektivním vjemem člověka. V technické akustice byl zaveden pojem "hladina" jednotlivých akustických veličin, jejichž jednotkou je "decibel" [dB].

Hladina akustického výkonu L_w [dB] je dána vztahem:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ [dB]} \quad W - \text{sledovaný akustický výkon}$$
$$W_0 - \text{referenční výkon, } W_0 = 10^{-12} \text{ W}$$

Zvýšení akustického výkonu o jeden řád odpovídá zvýšení hladiny o 10 dB např. 1 W a 10^{-12} W je v decibelových stupnicích konstantní rozdíl 120 dB. [1]

2.5 Hladina akustického tlaku L_p

Nejslabší zvukový signál, který je ještě schopen zaznamenat nepoškozený lidský sluch, odpovídá dvaceti miliontinám základní jednotky tlaku 1 Pa, což je akustický tlak 20 μ Pa. Tato hodnota je $5 \cdot 10^9$ krát menší než normální barometrický tlak. Změna tlaku o 20 μ Pa je tak malá, že vyvolává vychýlení membrány lidského sluchového orgánu o hodnotu menší než je průměr jednoho atomu. Lidské ucho je schopno snášet akustické tlaky více než 10^6 krát větší. Navíc lidský sluchový orgán rozlišuje tzv. barvu zvuku, což souvisí se schopností rozpoznávat zvuky různých kmitočtů.

Pro akustický tlak byla zavedena příslušná hladina, kterou je nutno vztahovat vždy k určitému kmitočtu, nebo pásmu kmitočtů. Jinak nemá pouhý údaj hladiny akustického tlaku význam, neboť nevyovídá nic o poloze signálu na kmitočtové ose. [1]

Hladina akustického tlaku L_p [dB] je dána vztahem:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]} \quad p - \text{sledovaný akustický tlak}$$
$$p_0 - \text{referenční tlak, } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

2.6 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$

V praxi se můžeme setkat s případy hlukové expozice. Nejjednodušší případ nastane, když je signál časově ustálený a přitom se předpokládá, že se hladina akustického tlaku nemění o více jak 5 dB.

Naproti tomu hluk proměnný je takový, jehož hladina akustického tlaku se v závislosti na čase mění o více jak 5 dB. Hluk, který je po většinu času ustálený, ale v krátkých časových okamžicích náhle mění, můžeme pojmenovat proměnný přerušovaný hluk a jeho typickým příkladem je kompresor.

V případech, kdy hluk výrazněji kolísá s časem, není možno jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A . Proto byla pro hodnocení proměnných akustických signálů zavedena ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB]. Je to fiktivní ustálená hladina akustického tlaku A , která má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T , jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas. [1] [4]

Hladina expozice zvuku L_{AE} [dB] je dána vztahem:

$$L_{AE} = 10 \log \frac{1}{\tau_0} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{p_A^2(\tau)}{p_0^2} d\tau \quad [dB]$$

$\tau_2 - \tau_1 [s]$ dostatečně dlouhý časový interval, stanovený tak, aby obsáhl veškerý podstatný zvuk posuzované hlukové situace
 $\tau_0 [s]$ referenční časový interval

2.7 Hladina akustického tlaku A L_{pA}

Tato veličina vyjadřuje měření hladiny akustického tlaku A při použití váhového filtru, který upravuje naměřené hodnoty akustického tlaku podle lidského ucha.

Váhový filtr A je aproximací křivek stejné hlasitosti pro oblast nízkých hladin akustického tlaku a je celosvětově využíván. [1]

3 HLUK Z DOPRAVY

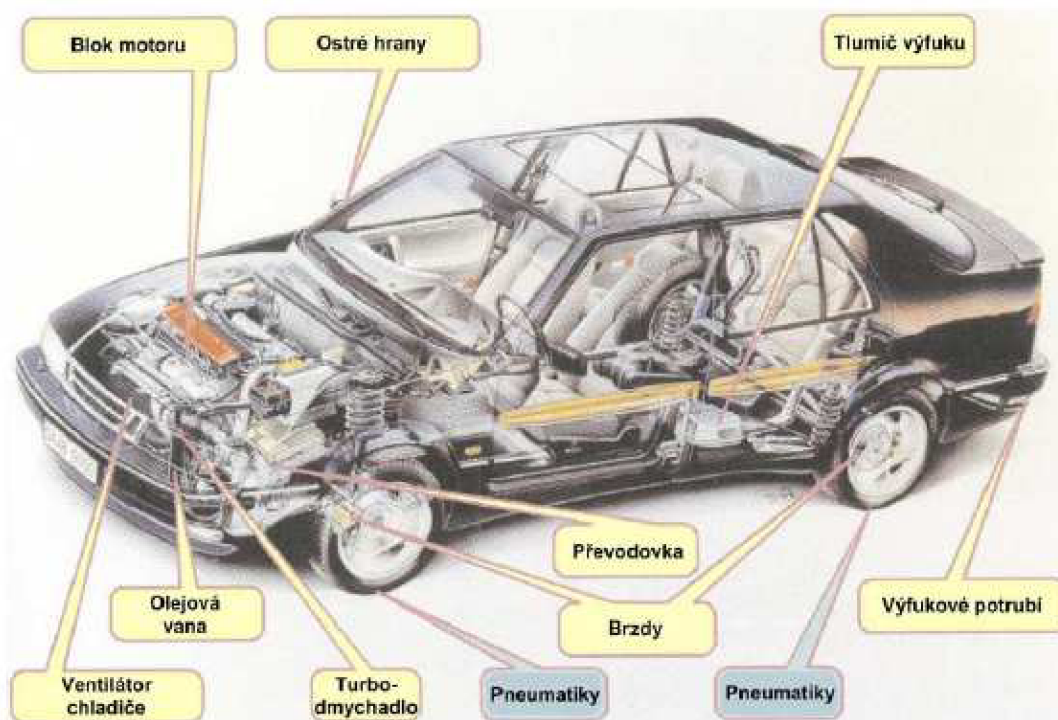
Hluk z dopravy je široký pojem, proto se nadále dělí na hluk z leteckého provozu, kolejový hluk a automobilový hluk. Nás nejvíce zajímá hluk z automobilové dopravy, který se dále dělí na vnitřní a vnější.

Vnitřní hluk nejčastěji vytváří hnací ústrojí dopravního prostředku a má vliv pouze na cestující ve vozidle. Má minimálně splňovat požadavek na dobré dorozumívání mezi posádkou a zároveň je jedním z ukazatelů komfortu vozidla.

Naopak vnější hluk má vliv na okolní prostředí, a to zejména na obyvatele v sídelních útvarech podél pozemních komunikací. Na vnější hluk máme přísnější požadavky dané hygienickými předpisy a normovými podklady, které určují maximální přípustné hladiny vnějšího hluku z různých dopravních prostředků.

Do hlavních zdrojů automobilového hluku můžeme zařadit hlavně pneumatiky, hnací jednotku vozidel, obtékání vzduchu kolem automobilu. Jako další zdroje působí brzdy, karoserie, převodovka i výfuk. Vývojem výrobců automobilů došlo ke snížení hluku z hnací soustavy a samotné karoserie. V posledních letech se výzkum zaměřuje na pneumatiky, kde se snaží vhodným uspořádáním dezénu snížit valivý odpor, a tím dochází i snížení hladiny hluku.

Pneumatika samotná není zdrojem hluku, ke vzniku hluku dochází při styku s povrchem vozovky. Na vznik hluku z pneumatiky má tedy vliv rychlost jízdy vozidla. Studie prokázaly, že při nízkých rychlostech, cca do 40 km/h u osobních vozidel a 65 km/h u nákladních, je hlavním zdrojem hluku hnací jednotka vozidla. Při vyšších rychlostech až do 200 km/h začíná převládat hluk z valení pneumatiky po vozovce. Při rychlostech vyšších jak 200 km/h má největší vliv hluk aerodynamický. [5] [6]

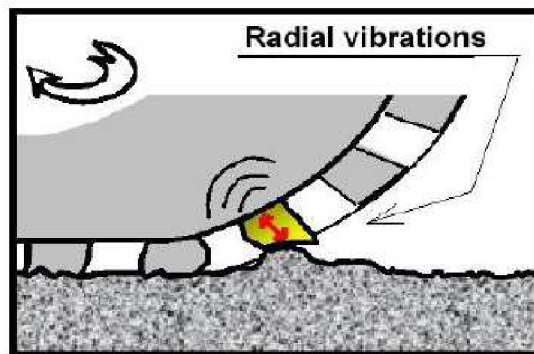


Obrázek 3: Zdroje hluku z automobilu [7]

3.1 Primární zdroje hluku

3.1.1 Náraz dezénového bloku

Každá pneumatika má na běhounu kolem celého obvodu vzorek složený z lamel a drážek. Tomuto vzoru říkáme dezén. Závodní pneumatiky jsou bez dezénu a říkáme jim "slick". Při jízdě vozidla dochází postupně k nárazu jednotlivých dezénových bloků na povrch vozovky tzv. kontaktní zóně (Obr. 4). Lze si to představit jako úder gumové paličky. Reakcí na to je vznik radiální vibrace pneumatiky. Pokud bychom dezénový blok i povrch vozovky považovali za pružný, potom by se uvolňující energie snížila. Na další změnu charakteru zvuku má velký vliv i uspořádání zrn kameniva ve struktuře povrchu. Snížení hladiny hluku lze tedy dosáhnout pomocí pružného povrchu s malou velikostí kameniva. [5] [6]

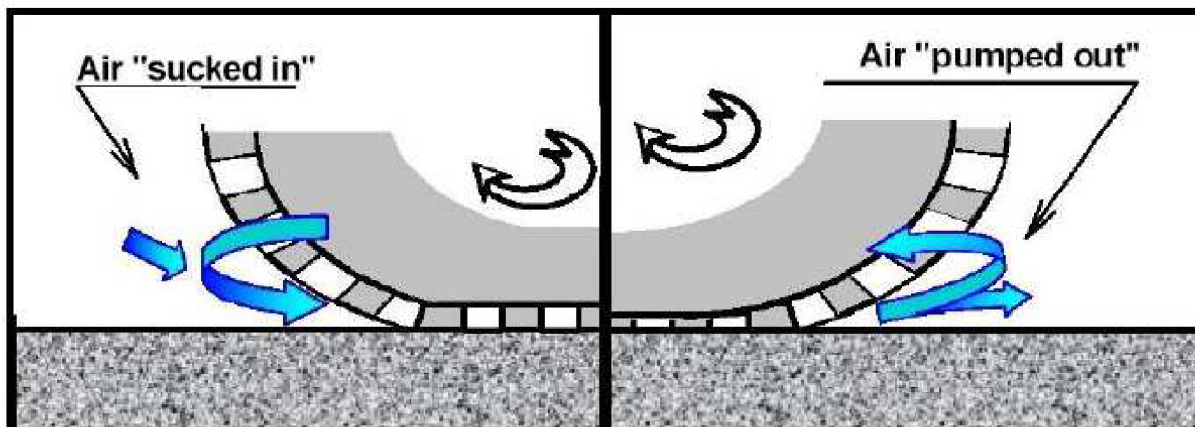


Obrázek 4: Náraz dezénového bloku [5]

3.1.2 Air pumping - sání vzduchu

Tento jev se skládá ze dvou fází, v první fázi dojde k vytlačování vzduchu ("pumped out") a ve druhé k nasátí vzduchu ("sucked in"). Na kontaktní ploše jsou drážky mezi dezénovými bloky postupně stlačovány a deformovány. Z drážek je postupným otáčením pneumatiky a následným zvyšováním tlaku na sousedící dezénové bloky vytlačován vzduch. Při dalším pootočení pneumatiky dochází k uvolnění napětí a do drážky je na zadní straně kontaktní zóny opět nasáván vzduch (Obr. 5). Po opuštění kontaktní zóny se prvky běhounu prudce vrátí do původní velikosti. Rychlý pohyb bloků běhounu tzv. "snap out" dále způsobuje radiální a tangenciální vibrace pneumatiky. Stlačováním vzduchu a jeho následným nasáváním je vyzařována energie. Podobný jev lze pozorovat při tleskání rukou.

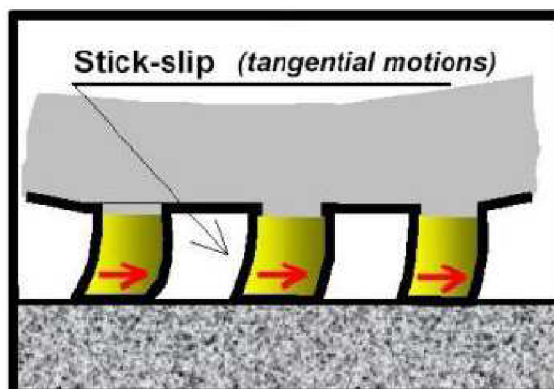
Hluk související se vzorkem pneumatik je vyzařovaný v rozsahu vysokých frekvencí 1 000 až 2 000 Hz. Pro redukci tohoto hluku lze možné použít kryt s otevřenou strukturou. [5] [6]



Obrázek 5: Znárodnění sání a pumpování vzduchu [5]

3.1.3 Tření mezi pneumatikou a povrchem

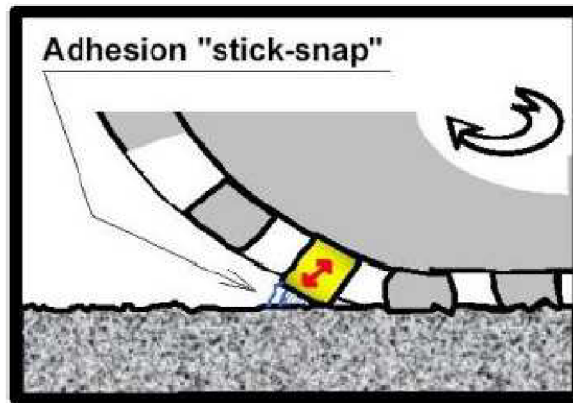
Na rozhraní pneumatika/vozovka dochází k jevu, kterému říkáme tření. Dochází k němu téměř u všech materiálů. Pneumatika je zakřivená a snaží se vyrovnat povrchu vozovky a povrch pneumatiky se snaží přizpůsobit makrotextuře vozovky. Tření, které vzniká v kontaktní zóně, označujeme jako hysterezní. K největšímu tření dochází zejména při akceleraci nebo brzdění vozidla, kde vznikají vodorovné síly, a může dojít k uklouznutí. Tento jev je podobný se vznikem pískavého zvuku při běhání v sálových botách ve sportovní hale. Redukce tohoto hluku je závislá na typu pneumatiky. [5] [6]



Obrázek 6: Tangenciální pohyb pneumatiky po povrchu vozovky [5]

3.1.4 Adheze (stick-snap)

Na kontaktu mezi dezénovými bloky a povrchem vozovky dochází k adhezi (přilnavost). Toto chování můžeme srovnat s chováním klasické přísavky. Při otáčení pneumatiky dochází k přitlačování dezénu k vozovce adhezní silou a následné uvolnění bloku dezénu způsobuje zvukovou energii a vibraci kostry pneumatiky. [5]

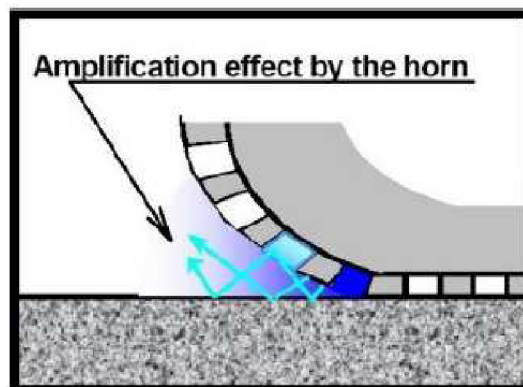


Obrázek 7: Adheze mezi dezénem a povrchem vozovky [5]

3.2 Sekundární zdroje hluku

3.2.1 Zesílení účinků pomocí "horn effectu"

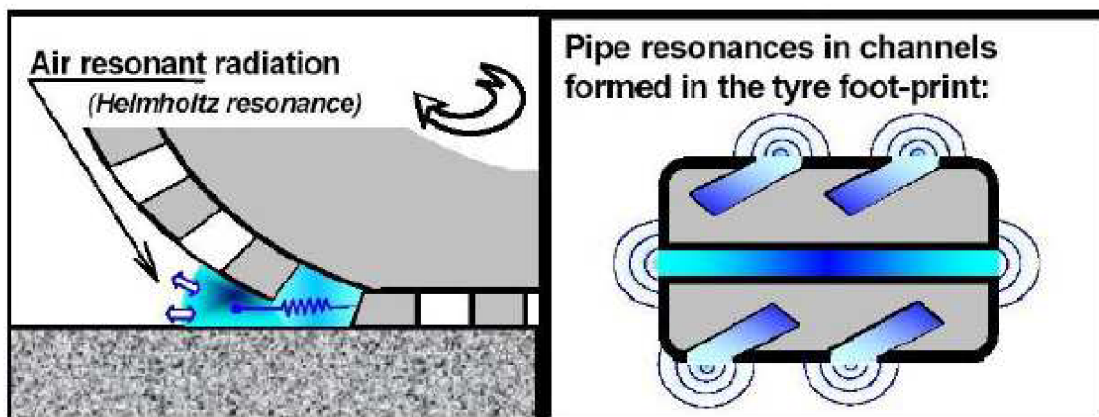
Pneumatiky lze díky své geometrii považovat za malé žesťové nástroje. Tvarem se sice hudebním nástrojům nijak nepřibližují, ale zvuk vytvořený primárními zdroji v blízkosti "hrdla trubky" je díky trubkovitému efektu zesílen. [5] [6]



Obrázek 8: Trubkový efekt vytvořený pneumatikou [5]

3.2.2 Helmholtzovy rezonátory

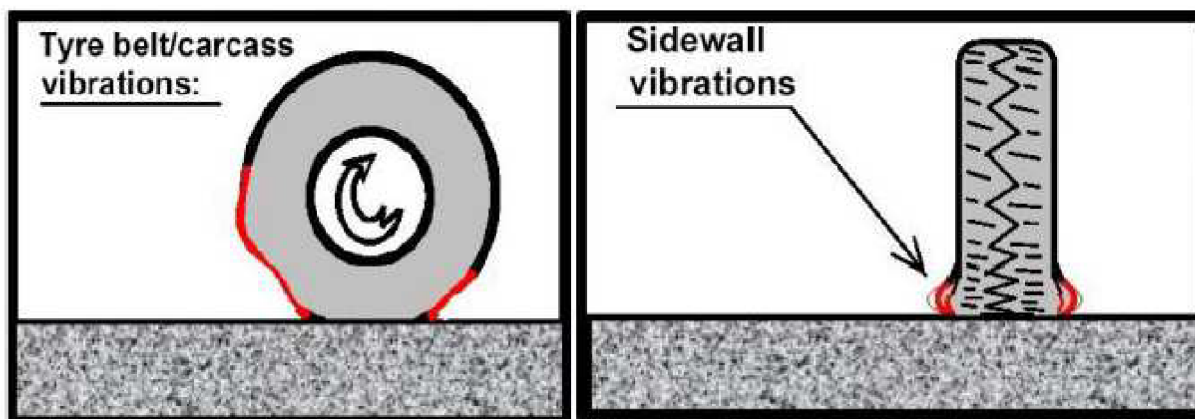
Boční drážky dezénu pneumatiky v kontaktní zóně se díky své tvarové charakteristice chovají jako akustické systémy, které navyšují vyzařování zvuku. Přirovnání se nabízí k systému rezonance varhanních píšťal a Helmholtzových rezonátorů, které produkují zvuk jako při pískání přes hrdlo lahve. [5] [6]



Obrázek 9: Schéma rezonátoru [5]

3.2.3 Vibrace kostry pneumatiky

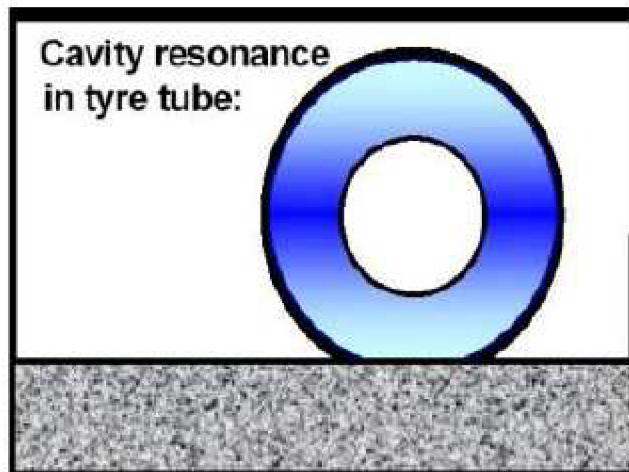
Vibrace vytvořené na rozhraní pneumatika/vozovka jsou zvyšovány odezvou kostry pneumatiky. Vzniklé vibrační vlny se šíří běhounem pneumatiky. Běhoun je základní konstrukční prvek pneumatiky, který se nachází v těsné blízkosti dezénu. Tyto vlny vytvářejí zvuk, který je vyzařován z kostry pneumatiky. Dále bočnice kola v blízkosti kontaktní zóny vibrují a vyzařují hluk.



Obrázek 10: Vibrace kostry pneumatiky [5]

3.2.4 Vnitřní akustická rezonance

Vzduch uvnitř pneumatiky, který je zde jako výplň pneumatiky, také přispívá ke tvorbě hluku. V určitých frekvencích, spojených s vlastní frekvencí prstencovitého prostoru uvnitř pneumatiky, dojde k rezonanci vzduchu. Odezva vzduchu uvnitř pneumatiky je dostatečná, aby tyto rezonance byly slyšitelné a zesilovaly primární zdroje.



Obrázek 11: Akustická rezonance vzduchu uvnitř pneumatiky [5]

3.3 Shrnutí

Problémy s hlukem při styku vozovky s pneumatikou jsou rozděleny do několika sfér. Všechny primární zdroje hluku byly shledány jako rozhodující pro určité kombinace vozovky a pneumatiky. Tudíž záleží na podmínkách, který ze zdrojů se podílí na tvorbě hluku nejvíce. Proto je složité rozvíjet strategie, které budou schopné omezit zdroje hluku (například rychlost vozidla nebo stav vozovky). Navíc, pokud si jsou zdrojové mechanismy podobné, co se týče jejich síly, strategie potlačit jeden mechanismus nebude mít tak velký efekt na celkový hluk, protože ostatní zdroje se stanou dominantními.

Strategie pro dosažení redukce nežádoucího hluku komplikují také zmíněné sekundární zdroje. Příspěvky těchto zdrojů jdou často obtížně rozlišit jeden od druhého, a tudíž není vždy jasné, který z mechanismů je rozhodující pro určité povrchy a podmínky. Mělo by být také zdůrazněno, že mechanismy pro generování či zesílení hluku z vozovky a pneumatiky jsou přímo zahrnuty v charakteristikách rozhraní pneumatika/vozovka. Ohled by se měl brát především na požadavky bezpečnosti, trvanlivosti a ceny.

Hluk na rozhraní pneumatika/vozovka je náročným problémem a metody pro jeho eliminaci nejsou prozatím jednoznačné. [5][6]

Nicméně pro praktické měření zvučícího efektu vodorovného dopravního značení je vznik hluku na styku pneumatiky a vozovky, respektive vzorku vodorovného dopravního značení žádoucí jako jeden z prvků bezpečnosti pro vyjetí vozidla z trasy.

4 METODY MĚŘENÍ DOPRAVNÍHO HLUKU

4.1 Close-Proximity method (CPX)

Metoda se používá pro detailní studie nebo kontrolu povrchů vozovek a pneumatik. Jde o metodu měření, ve které je referenční pneumatika umístěna na přívěsu taženém za automobilem, nebo může být namontována přímo na automobilu. Od pneumatiky odvalující se po povrchu vozovky vzniká valivý hluk, který měříme nejméně dvěma mikrofony v bezprostřední blízkosti vzniku hluku. Aerodynamický hluk i hluk z dopravy může ovlivňovat výsledky měření, a proto je přívěs vybaven krytem, který chrání mikrofony. Díky krytu můžeme měřit i při plném provozu na komunikaci. Jako referenční rychlosti používáme 50, 80 a 110 km/h. Odchylka od referenční rychlosti by neměla být větší jak $\pm 20\%$ nebo ± 15 km/h. Hladinu akustického hluku zaznamenáváme pro každý dvacetimetrový úsek. Výsledkem je CPXI (Proximity Sound Index). Pokud je referenční pneumatika umístěna na vozidle, hluk měříme dvěma mikrofony, které jsou chráněny čepičkami.



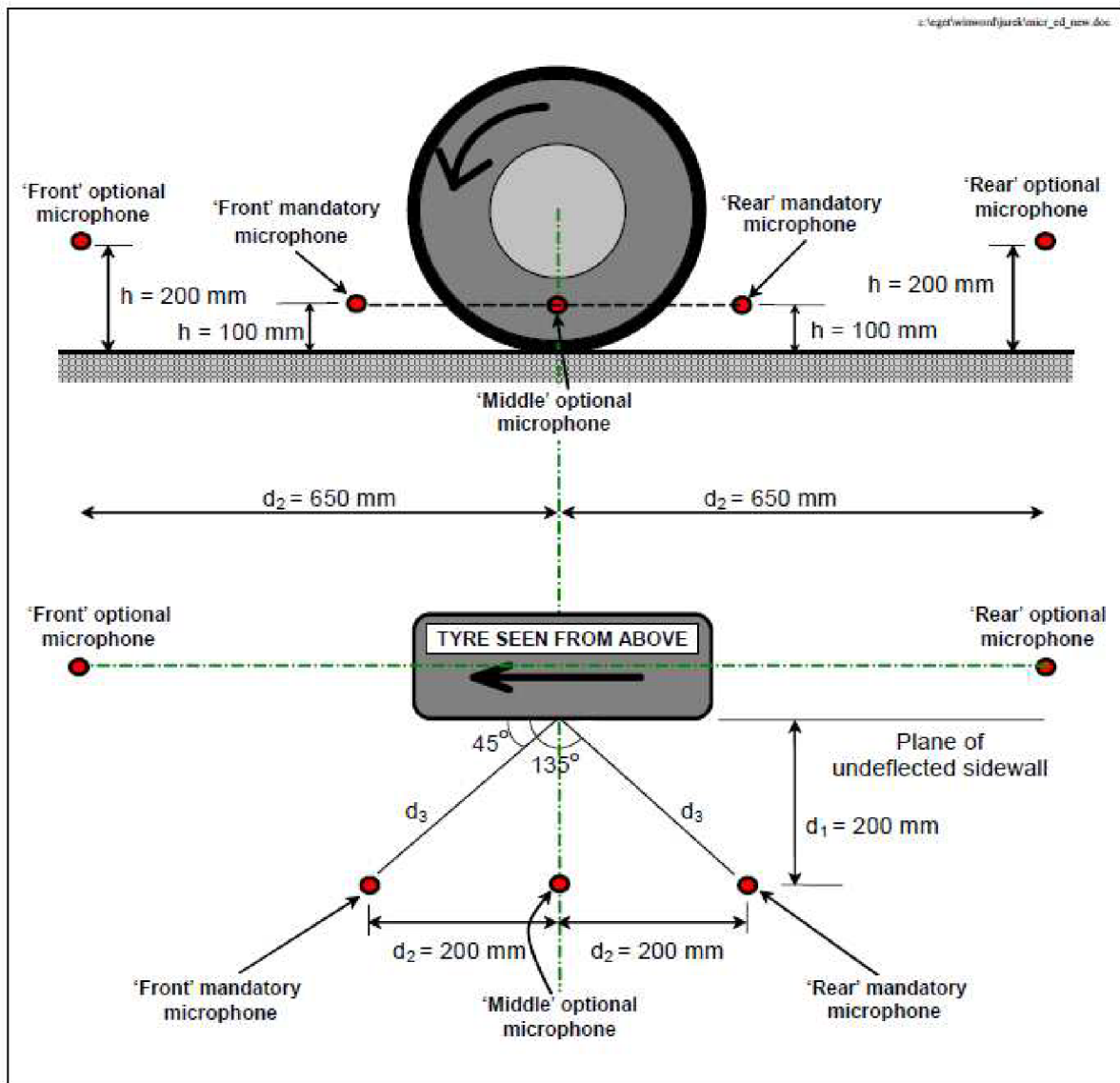
Obrázek 12: Metoda CPX - vozidlo a přívěs [8]

Měření musíme provádět nejlépe v noci nebo o víkendech, kdy je intenzita dopravy nižší. Při vyšší intenzitě provozu dochází k ovlivňování výsledků okolním hlukem. Oproti přívěsu je výhodou manipulace a skladnost.

Na pneumatiku jsou kladeny určité požadavky. Pneumatika nemá být zcela nová, měla by mít najeto cca 100 km. Zatížení na pneumatiku dle standardů je stanoveno na 3200 kN (± 200 kN) a tlak na hodnotu 170 kPa (± 10 kPa). Hluk v pozadí by měl být nižší jak 10 dB než hluk od valící pneumatiky. Teplota okolního prostředí by měla být v rozmezí 5 - 30 °C, teplota povrchu vozovky v rozmezí 5 - 50 °C. Další informace jsou napsány v normě ISO/CD 11819-2. Dalším ovlivňujícím faktorem metody CPX je délka zkoumaného úseku.

Existují 3 parametry pro výběr správného úseku [5][6][9][10]

- Délka úseku - každý měřený úsek má mít délku alespoň 200 m. Pro dosažení referenční rychlosti je zapotřebí mít dostatečnou rozjezdovou dráhu a na konci úseku mít brzdovou dráhu pro zastavení. Celková délka závisí na referenční rychlosti, celkově činí cca 500 m. Nesmíme opomenout i prostor pro otáčení a manipulaci s měřicí aparaturou.
- Podélný sklon úseku - není vhodné, aby se úseky nacházely v příliš velkém stoupání. Měření by bylo ovlivněno více hlukem z motoru než valením pneumatiky po vozovce.
- Stav vozovky - prostor ve vzdálenosti 0,5 m od běhounu pneumatiky by měl být čistý a suchý. Povrch vozovky by měl být bez trhlin, výtluků a jiných nerovností.

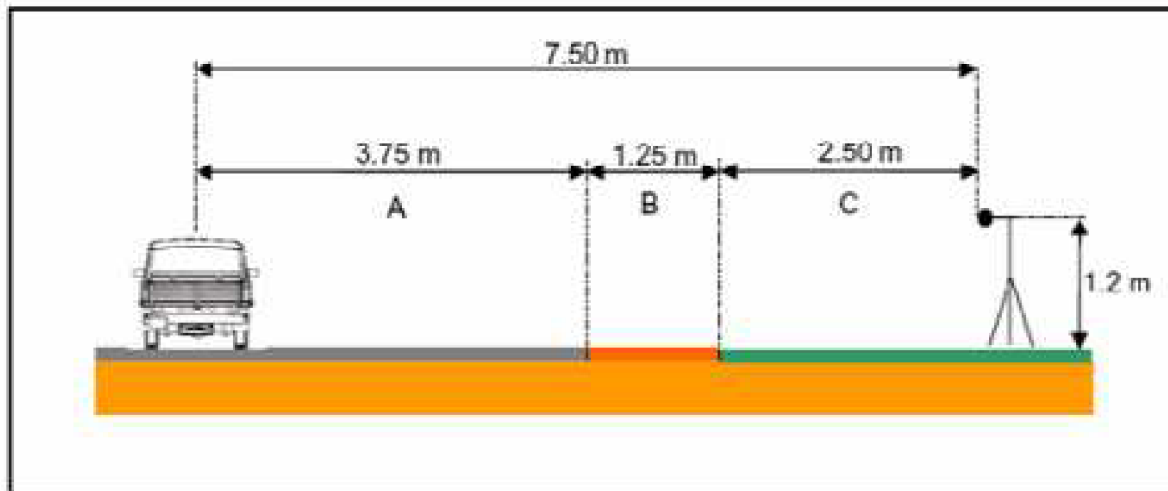


Obrázek 13: Metoda CPX - umístění mikrofonů [11]

4.2 Statistical Pass-by (SPB)

Principem metody je, že měřící zařízení snímá vozidla, která projíždí náhodně testovaným úsekem. Pomocí mikrofonů snímáme maximální hladinu akustického tlaku pro každé vozidlo, které projede. Podle evropských standardů je mikrofon umístěn ve vzdálenosti 7,5 m (50 stop podle amerických standardů) od osy jízdního pruhu a 1,2 m nad povrchem. Typ vozidla a rychlost se zaznamenává pomocí radaru. Referenční rychlosti jsou pro osobní automobil 50, 80 a 110 km/h a pro nákladní automobil 50, 70, 85 km/h a pro tyto rychlosti počítáme normalizovanou hladinu hluku. Zjištěná data jsou následně zpracována počítačem a výsledkem je Statistical Passby Index (SPBI), který se používá pro porovnání jednotlivých typů vozovek. Měření touto metodou zahrnuje veškeré zdroje dopravního hluku, a to i hluku motoru i hluku aerodynamického. Při měření musí být dopravní proud usměrnit tak, aby kolem mikrofonu projelo pouze jedno vozidlo. Musíme dbát na to, aby měření nebylo ovlivněno okolním hlukem a také nedocházelo k odrazům hluku. Hodnoty okolního hluku by měli být o 10 dB nižší než hluk z měření dopravy.

Metoda se používá pro obecnější měření povrchů vozovek. Tato metoda je časově i pracovně náročná, ale poskytuje nejlepší důkaz vlivu hluku na obyvatele a okolní zástavbu podél pozemní komunikace. [5][12]



Obrázek 14: Schéma metody SPB (A - minimální oblast, která je pokryta materiálem s podobnou pohltivostí jako zkoumaný povrch; B - Oblast s libovolným povrchem (tráva nesmí být příliš vysoká, prohlubně musí být zakryty; C - Oblast, na kterou nejsou kladeny zvláštní požadavky [11][12])

4.3 Controled Pass-by (CPB)

Tato metoda je obdobná s metodou Statistical Passby. Liší se pouze v tom, že jsou testovány pouze dvě vozidla (jedno malé, druhé velké) s vybranými pneumatikami, která mívají mikrofon. K měření dochází mimo dopravní proud. Vozidla projíždí referenční rychlostí kolem měřícího zařízení. Měří se maximální hladina akustického hluku, která může být zvýšena projetím vozidla blíže k mikrofónu. Pro konkrétní rychlost dále spočítáme průměrnou hodnotu hluku.

CPB se používá pro detailní zkoumání různých povrchů, které pak bývají porovnány pro každé vozidlo v závislosti na rychlosti. Metoda CPB je časově méně náročná oproti metodě SPB, která trvá přesně hodinu. Díky nízkému počtu vozidel, může být hodnocení méně vypovídající, což je nevýhoda oproti SPB. [5]

4.4 Coast-by (CB)

Principem metody CB je, že testovací automobil s testovacími pneumatikami projíždí kolem mikrofónu s vypnutým motorem při různých rychlostech. Obvykle se hluk měří pro referenční rychlosti 80 km/h pro osobní a 70 km/h pro nákladní automobil. Metodu využijeme pro detailní studie pneumatik a povrchů vozovek. [6]

4.5 On Board Sound Intensity method (OBSI)

Metoda OBSI se používá především ve Spojených státech amerických a je podobná CPX metodě, která se používá v Evropě. Rozdíl je v použitých mikrofónech. Metoda CPX využívá mikrofón na měření hladiny akustického tlaku, oproti tomu metoda OBSI používá mikrofón akustické intenzity, který není citlivý na okolní hluk. Metodu lze využít pro detailní studie povrchů a pneumatik a také ke kontrole práce při povrchových úpravách. [6]

5 VODOROVNÉ DOPRAVNÍ ZNAČENÍ

Vodorovné dopravní značení je důležitým informačním prvkem na komunikaci, který slouží k optickému vedení řidiče a usměrnění pohybu vozidel i ostatních účastníků provozu na pozemní komunikaci. Pod pojmem vodorovné dopravní značení si můžeme představit podélné čáry, šipky, příčné čáry, texty a další symboly. Toto značení je umístěno přímo na vozovce a je tak přímo v zorném poli řidiče a nevytváří fyzickou překážku. Vodorovné dopravní značení v České republice musí být provedeno v retroreflexní úpravě, pro zvýšení bezpečnosti za snížené viditelnosti. Správné provedení a použití vodorovného dopravního značení přispívá ke zvýšení bezpečnosti. [13][14][19]

5.1 Rozdělení VDZ podle druhů použitých hmot

Pro vodorovné dopravní značení můžeme použít různé druhy hmot podle typu informací a funkcí, kterou nám předávají. Výrobky určené pro vodorovné dopravní značení se podle jejich zamýšleného použití na pozemních komunikacích rozdělují do dvou skupin a to na výrobky určené pro stálé vodorovné dopravní značení a na výrobky pro přechodné vodorovné dopravní značení.

Vodorovné dopravní značení, pro zvýšení bezpečnosti, provádíme v retroreflexní úpravě, a to použitím balotiny (skleněné kuličky) nebo směsi balotiny a zdrsňujících přísad. Neretroreflexní vodorovné dopravní značení můžeme provádět pouze pro vyznačení parkovacího stání, komunikací pro nemotorovou dopravu a pro účelovou komunikaci.

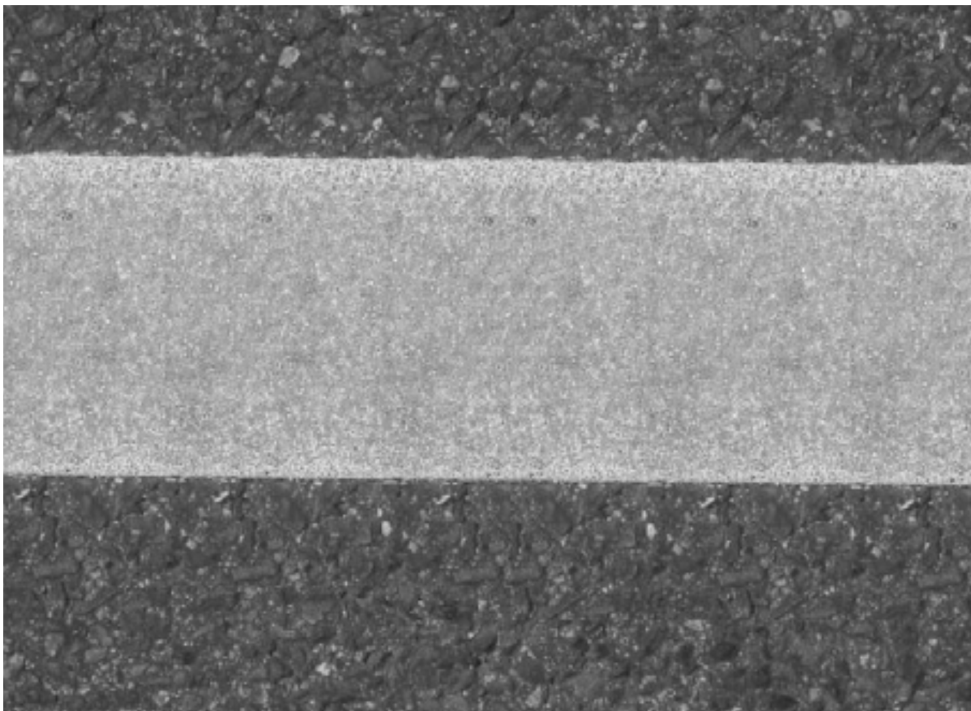
Vodorovné dopravní značení stálé i přechodné může být provedeno pomocí následujících materiálů:

1. Barvy:
 - podle typu použitého rozpouštědla:
 - vodouředitelné
 - rozpouštědlové
 - bez rozpouštědla
 - podle složek:
 - jednosložkové
 - vícesložkové
2. Plastické hmoty nanášené za studena:
 - podle báze:
 - vodní disperze
 - akryláty
 - podle typu složek:
 - extrudované plasty
 - stříkané plasty (vytvrzené suchou nebo tekutou složkou)
3. Termoplastické materiály:
 - podle formy:
 - prášek
 - granule
 - bloky
4. Předem připravené materiály:
 - podle aplikace:

- tlak
 - teplo
 - adheze
 - kombinace
 - podle materiálu:
 - termoplast
 - fólie
5. Ostatní materiály:
- Knoflíky lepené k povrchu a značkovací čepy přibíjené na povrch

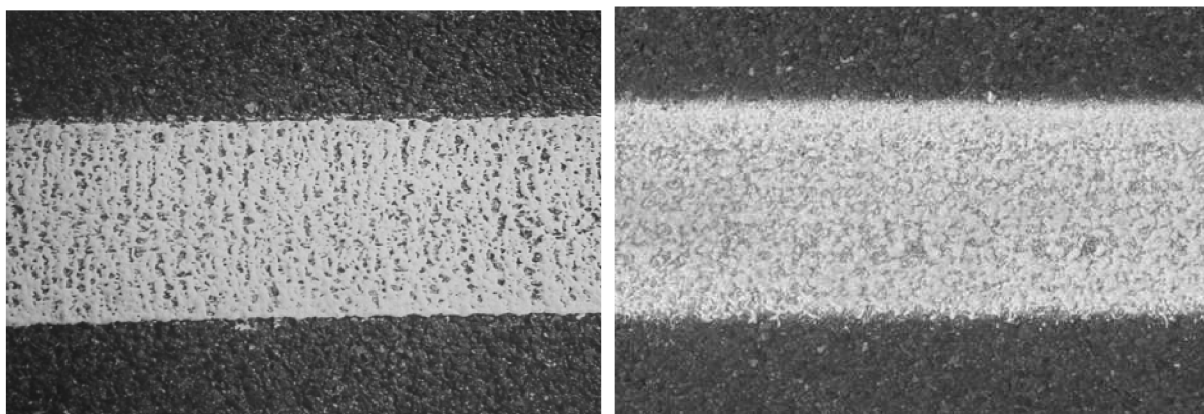
Vodorovné dopravní značení dělíme na dva typy. Typ I, u kterého se na hmotu nanáší dodatečný posyp balotinou, směsí balotiny a protismykových přísad nebo jsou tyto složky přidávány už během výroby (fólie). Ve vlhkých podmínkách a za deště se na VDZ typu I vytváří vodní film snižující retroreflexi. U toho typu VDZ není většinou splněna podmínka retroreflexe a používá se přednostně na silnicích II. a III. třídy a na místních komunikacích II. a III. třídy, dále také na parkovištích. Toto značení provádíme zejména z plastických hmot nanášených za studena.

Typ II naopak splňuje požadavek na viditelnost v noci za vlhka a za deště. Principem tohoto typu je, že část značení s materiálem na dodatečný posyp vyčnívá z povrchu a tím i z vodního filmu, což zlepšuje noční viditelnost. [13][19]



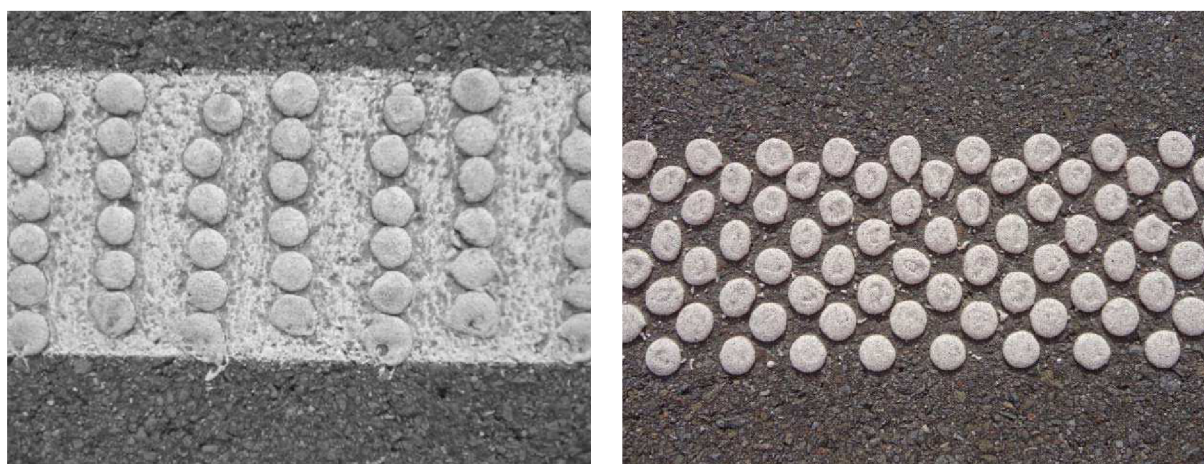
Obrázek 15: Příklad VDZ typu II s velkými zrny balotiny [13]

U některých VDZ typu II není hmota nanášena souvisle a umožňuje odtok vody, tomuto značení říkáme strukturální VDZ.

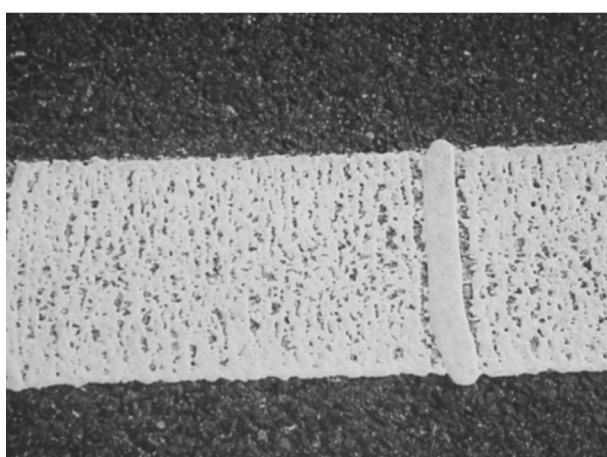


Obrázek 16: Příklady strukturálního VDZ typu II [13]

Profilované VZD, kde hmota vytváří v pravidelných intervalech příční výstupky, která s balotinou vyčnívají z vodního filmu.



Obrázek 17: Příklady profilovaného VDZ typu II [13]



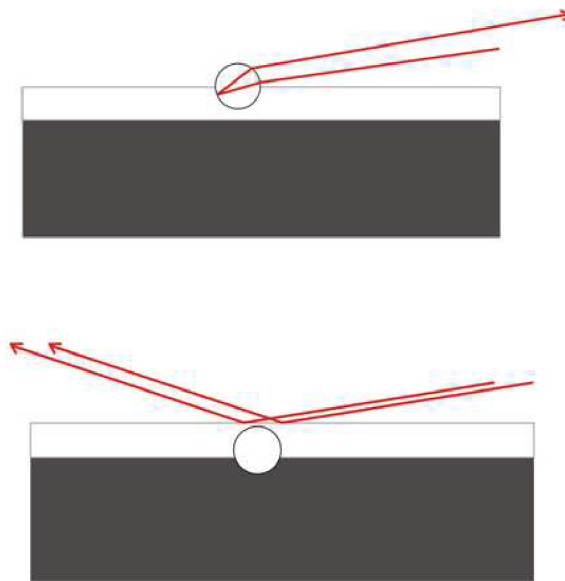
Obrázek 18: Příklady kombinace profilovaného a strukturálního VDZ typu II [13]

Strukturální a profilovaná VDZ se při přejezdu v závislosti na jejich způsobu provedení vyznačují zvučícím efektem a vibračním účinkem. [13]

5.2 Přísady

Důležitou součástí VDZ je materiál na dodatečný posyp, který se skládá z balotiny nebo směsí balotiny a protismykových přísad. Použitím těchto materiálů zvyšujeme kvalitu vodorovného dopravního značení.

Použitím balotiny docílíme vytvoření bezpečných jízdních podmínek při jízdě v noci nebo za snížené viditelnosti. Spotřeba balotiny závisí na tloušťce vrstvy, kde by měla být ponořena asi 60% svého objemu 250 - 500 g/m². Pouze při takovém množství lze docílit požadovaného efektu. Výroba balotiny je formou recyklace odpadního, které je před vložením do pece drceno a tříděno na základní velikosti. [13][19]



Obrázek 19: Správné a nesprávné uložení [20]

Rozdělení balotiny:

- podle technologie použití:
 - premixová balotina (do hmoty)
 - balotina na dodatečný posyp
 - balotina do fólií
- podle účelu použití:
 - do rozpouštědlových barev
 - do vodouředitelných barev
 - do plastických hmot
 - do termoplastických hmot
- podle zrnitosti:
 - normální balotina (velikost zrn cca 100-1000 μm)
 - balotina pro zvýšení viditelnosti za vlhka a za deště (velikost zrn cca 1000-200 μm)
 - premixová balotina (velikost zrn cca 60-200 μm nebo 100-600 μm)

Rozdělení protismykových přísad:

- cristobalit
- korund
- drcené sklo

5.3 Požadavky na VDZ

Minimální požadavky, které vodorovné dopravní značení musí splňovat během celé záruční doby na pozemních komunikacích v ČR tj. denní svítivost (barva, činitel jasu při difuzním osvětlení), noční svítivost (retroreflexe) a drsnost jsou uvedeny v Národní příloze ČSN EN 1436 a TP 70 stejně tak jako jejich přípustné odchylky. Obvyklé délky záručních dob jednotlivých materiálů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 3: Přehled záruční doby [21]

Materiál	Záruční doba (roky)
páska, typ II	4
zapuštěné vodorovné dopravní značení	4
systemy nanášené nástřikem, skládající se z provizorního vodorovného dopravního značení o tloušťce mokrého filmu $\geq 0,6$ mm + definitivního vodorovného dopravní značení, nanášeného na novou, případně rekonstruovanou obrusnou vrstvu vozovky	2
jiné systemy nanášené nástřikem	1
všechny jiné druhy vodorovného dopravního značení	2
provizorní vodorovné dopravní značení; vodorovné dopravní značení pokládané v období 1. 11. až 31. 3.	záruka se nepožaduje
vodorovné dopravní značení na krytech z dlažeb	záruku je nutno dohodnout pro konkrétní případ

Podle použitých hmot a způsobu provedení, intenzity dopravy a podílu těžkých vozidel, kvality vozovky a druhu posypového materiálu při zimní údržbě určíme délku záruční doby. Materiály VDZ musí být odolné proti působení chemických prostředků, vnějších sil a přírodních vlivů.

Vodorovné dopravní značení musí fungovat ve dne i za tmy a za všech povětrnostních podmínek. Faktory, které ovlivňují funkčnost, jsou materiál, balotina a pokládka. VDZ musí po celou dobu své životnosti splňovat minimální požadavky uvedené v TP 70. [13][21]

5.4 Provádění pokládky VDZ

Před vlastní pokládkou musíme provést přípravné práce, které zahrnují úpravu povrchu (čištění starého značení, zdrsňení povrchu, atd.) a v případě změny místa uložení se provádí předznačení.

Vodorovné dopravní značení lze provádět pouze za vhodných podmínek (kromě provizorního). Ovšem tyto podmínky nelze zobecnit a při pokládce musíme dodržovat pokyny výrobců/dodavatelů materiálů pro VDZ, kteří specifikují požadavky pro nanášení jednotlivých hmot. Musíme zejména dodržet klimatické podmínky (teplota vzduchu, teplota podkladu a hmoty, relativní vlhkost vzduchu atd.), rychlost pokládky, dávkování a zabudování balotiny, kalibraci přístrojů apod. Před zahájením

pokládky musíme ověřit, zda jsou tyto požadavky splněny, protože nedržení podmínek bude mít negativní vliv na trvanlivost, retroreflexi a celkové funkční charakteristiky a to i při minimální odchylce.

Při provádění VDZ zhotovitel zajistí, že:

- Se postupuje podle instrukcí výrobce/dodavatele týkajících se manipulace.
- Se postupuje v souladu se zadáním objednatele (např. dvoufázové značení, aplikace primeru, apod.)
- Zpracování a dávkování hmoty, hmota je homogenní.
- Materiál na dodatečný posyp neobsahuje shluky, které by zabraňovaly pravidelnému toku dávkovačem.
- Dávkování hmoty a materiálu na dodatečný posyp je správně nastaveno.
- Dávkování hmoty je rovnoměrné.
- Dávkování materiálu na dodatečný posyp je rovnoměrné a jednotlivá zrna jsou dostatečně zabudována.

Ověření nastavení dávkování hmoty a materiálu na dodatečný posyp se provádí vážením. Hmota i materiál na dodatečný posyp se používaným strojem nanese na podložku o známé hmotnosti a množství materiálů se zjistí odečtením hmotností (viz ČSN EN 1824). Dávkování barvy lze zjistit stanovením tloušťky mokré vrstvy barvy pomocí tloušťkoměru (viz ČSN EN 13197). Posouzení správnosti zabudování materiálu na dodatečný posyp se provádí vizuálně. Zhotovitel vede stavební deník, do kterého zapisuje data o procesu pokládky. Stavební deník musí obsahovat informace o druhu použité hmoty; materiálu na dodatečný posyp; rozměry provedeného vodorovného dopravního značení; množství nanesené hmoty; množství materiálu na dodatečný posyp; lokalitu a umístění provedeného vodorovného dopravního značení; relativní vlhkost vzduchu; teplotu vzduchu a podkladu; množství a druh ředidla pro barvu (pokud bylo použito).

Dále je nutné uvést jakékoliv podstatné údaje týkající se provádění pokládky, které by mohly ovlivnit kvalitu VDZ. Nově položené značení musíme chránit proti pojíždění a mechanickému poškození. [13][21]

Následující tabulka uvádí nedostatky a chyby při provádění, které mohou snížit trvanlivost VDZ.

Tabulka 4: Nedostatky při provádění [13]

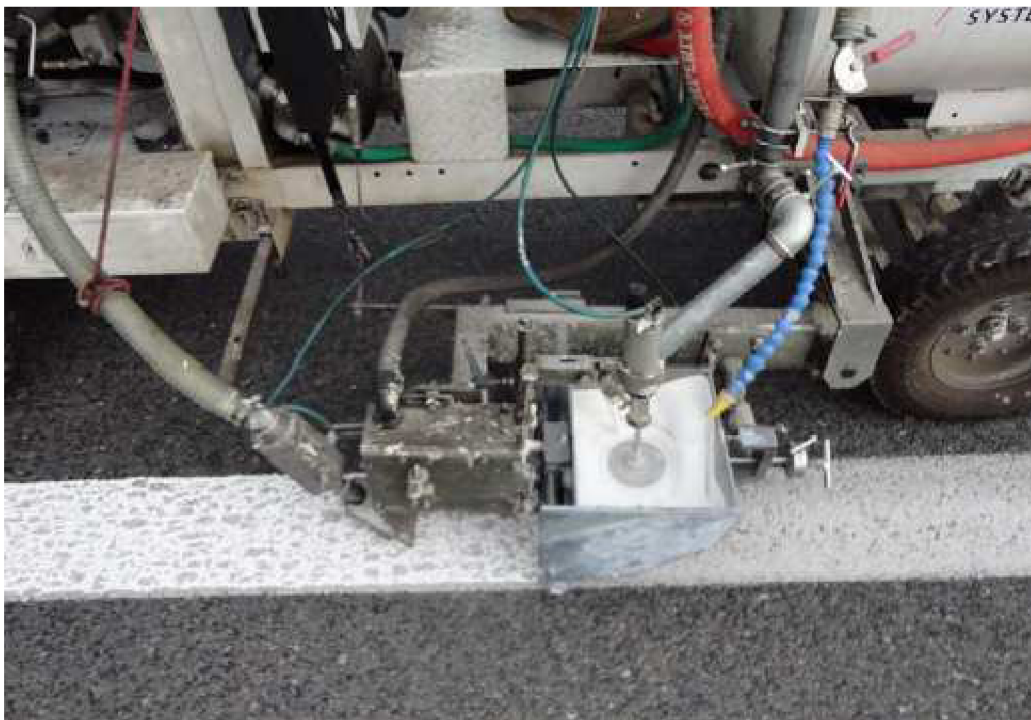
Nedostatek	Příčina
Podklad není stabilní nebo kompatibilní s použitou hmotou.	Látky snižující přilnavost v nových obrusných vrstvách, nekvalitní obrusná vrstva, větší počet vrstev starého vodorovného dopravního značení aj.
Nanášení vodorovného dopravního značení neodpovídalo návodu na použití.	Zanedbání nebo neznalost instrukcí výrobce/dovozce (návodu na použití). Nevhodné klimatické podmínky při aplikaci.
Nejsou nanášeny smluvně dohodnuté materiály.	Nedodržení smluvních podmínek.
Hmoty pro vodorovné dopravní značení, případně materiály na dodatečný posyp nejsou nanášeny v požadovaném dávkování.	Chyby při nanášení. Zanedbání nebo neznalost instrukcí výrobce/dovozce (návodu na použití).
Hmota pro vodorovné dopravní značení a materiál na dodatečný posyp nebyly naneseny rovnoměrně.	Chyby při nanášení. Nebyla ověřena rovnoměrnost dávkování hmoty.
Materiály na dodatečný posyp nejsou správně ponořeny ve hmotě pro vodorovné dopravní značení.	Chyby při nanášení. Nebylo ověřeno zabudování materiálu na dodatečný posyp.
Vodorovné dopravní značení není při uvolnění pro provoz ještě dostatečně zaschlé.	Chyby při kontrole zasychání. Nebylo ověřeno dostatečné zaschnutí hmoty, předčasné uvolnění provozu.

5.5 Způsoby pokládky VDZ

Vodorovné dopravní značení můžeme aplikovat na vozovku mnoha způsoby např. stříkáním nátěru, mechanickým vytlačováním, ručně (štetce, válečkem, atd.) nebo pomocí předformovaného materiálu. Při realizaci zhotovitel používá speciální zařízení, které je plně funkční a vhodné pro aplikaci příslušného typu hmoty a materiálu pro dodatečný posyp. Toto zařízení musí zajistit rovnoměrné dávkování hmot v požadovaném množství. Můžeme použít malé stroje s ruční obsluhou, které jsou vhodné na malé úseky. Dále malé stroje s připojenou samostatnou pojezdovou jednotkou, samohybné stroje střední velikosti pro větší rozsahy práce na komunikacích I. třídy a dálnicích nebo velký kamionový stroj, který má nesrovnatelnou produktivitu a komfort práce oproti předchozím strojům. [13][21]



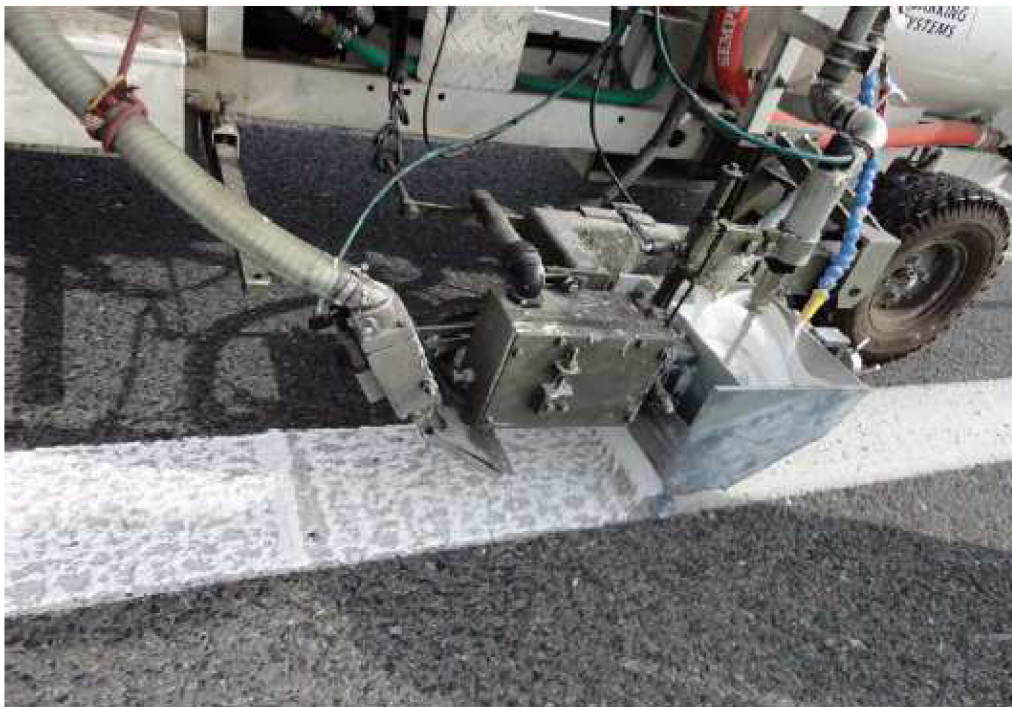
Obrázek 20: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]



Obrázek 21: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]



Obrázek 22: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]



Obrázek 23: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]

5.6 Vliv VDZ na bezpečnost

Pro řidiče vyššího věku může být vizuální vnímání vozovky složitější. Kontrastní citlivost oka se snižuje. Šedesátiletý řidič potřebuje asi 2,5krát větší kontrast, aby bylo dosaženo stejné viditelnosti jako u 23letého. Rozlišování jemných detailů se s postupným věkem zhoršuje. Dalším důležitým faktorem je oslnění. Oslnění zvyšuje citlivost oka a snižuje kontrast. Jak stárneme, tak schopnost zotavit se z oslnění se taky zhoršuje, proto na komunikacích používáme prvky kompenzující snížené vizuální schopnosti řidiče. Experiment, který proběhl v USA v Morris County v roce 1980, ukázal

výhody vodorovného dopravního značení pro starší obyvatele při použití vodorovného dopravního značení šířky 200 mm. Bylo zjištěno, že v průběhu sledovaných tří let se počet vážných nehod snížil o 10 %.

Ve studii o bezpečnosti na hlavních silnicích Západní Austrálie bylo prokázáno, že největší riziko a závažnost dopravních nehod je vyšší v noci než během dne a zejména v otevřeném prostředí (extravilánu), než ve městě. V otevřeném silničním prostředí se náklady u dopravních nehod v noci vyšplhaly na 108 mil. dolarů, což tvoří 46 % celkových nákladů v otevřeném prostředí. Z toho vyplývá, že polovina zdrojů na zvýšení bezpečnosti by měla být zaměřena na noční ošetření. V městských oblastech se náklady na dopravní nehody odhadují na 291 mil. dolarů, které tvoří 35 % z celkových nákladů dopravních nehod ve městě. V tomto případě výsledky naznačují, že třetina z bezpečnostních zdrojů městské dopravy by měla být zaměřena na noční ošetření.

Studie v Americe prokázali, že vodorovné dopravní značení má zásadní vliv na nehodovost. Během studie u Kalifornie na vozovku umístili středovou čáru, počet nehod se snížil o 64 %. Další studie ukázali, že po přidání vodících čar se počet nehod opět snížil, a to o 16-60 %.

U nás i ve světě se stále více používá vodorovné dopravní značení, které zlepšuje vizuální vedení po komunikaci a také vydává hluk při přejezdu. Toto značení při úmyslném nebo neúmyslném přejetí vydává hluk, který můžeme považovat za pozitivní, protože upozorní řidiče, že vybočil z dráhy. Tento hluk je užitečný jako prevence proti vybočení z trasy z důvodu mikrospánku řidiče, což je častá příčina dopravních nehod (v roce 2007 byl mikrospánek řidiče označen jako příčina dopravní nehody u 856 případů). Na kontaktu pneumatika/vozovka zároveň dochází ke vzniku vibrací, které způsobují vibrování karoserie vozidla a také napomáhají v prevenci vyjetí z jízdního pruhu. [16][17][25]

6 VLASTNÍ REALIZACE MĚŘENÍ

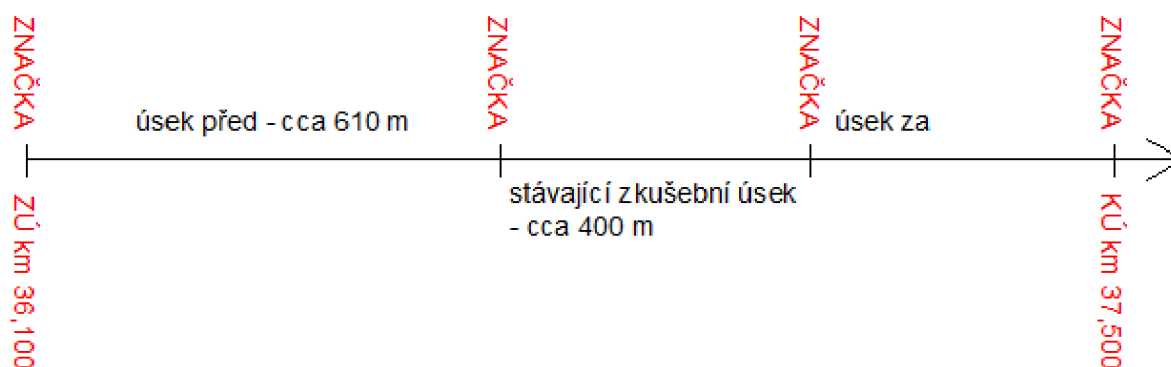
Jak bylo popsáno výše, některé druhy vodorovného dopravního značení se vyznačují tím, že při přejetí pneumatikou vydávají zvuk, který může řidiče upozornit na vyjetí z jízdního pruhu a odvrátit tak nehodu, a to především pokud je vyjetí z pruhu způsobeno mikrospánkem.

Přestože se o zvučícím efektu vodorovného dopravního značení hovoří i v technických předpisech nikde není stanoveno, jak se tento efekt měří a jak se stanovuje. Předmětem praktické části diplomové práce je provedení měření na vybraném úseku, kde byly v rámci výzkumného projektu aplikovány vzorky značení s různou roztečí barek. Získána data budou následně vyhodnocena dle níže popsané metodiky, aby byl zjištěn rozdíl zvučícího efektu mezi jednotlivými vzorky.

6.1 Metodika měření

Měření je prováděno pomocí specializovaného zařízení, které je kombinací metod CPX a OBSI a bylo vyvinuto na Vysokém učení technickém v Brně. Požadavky na přístroje (mikrofony, kalibrátory, teploměry atd.) a podmínky měření (teplota, povrch atd.) byly splněny dle norem zabývající se touto tematikou. [24]

Při každém měření se zaznamenává příslušná ekvivalentní hladina akustického tlaku A (L_{Aeq}) a k tomu příslušná referenční rychlost vozidla. Zkušební vzorky jsme pojížděli referenčními rychlostmi 50 km/h, 70 km/h a 90 km/h. Každý vzorek VDZ byl příslušnou rychlostí pojížděn pětkrát. Přilehlý povrch vozovky byl měřen třikrát pro každou rychlost. Vozovky byly pojížděny dvě. Vzorek byl pojížděn co největší plochou pneumatiky. V případě nesprávného pojíždění vzorku (sjetí kola z čáry) byla data vyřazena. Poloha vozidla byla s polohou VDZ ověřována pomocí GPS a navíc byly při samotném měření vytvářeny značky v datech, abych byla zajištěna vyšší přesnost.

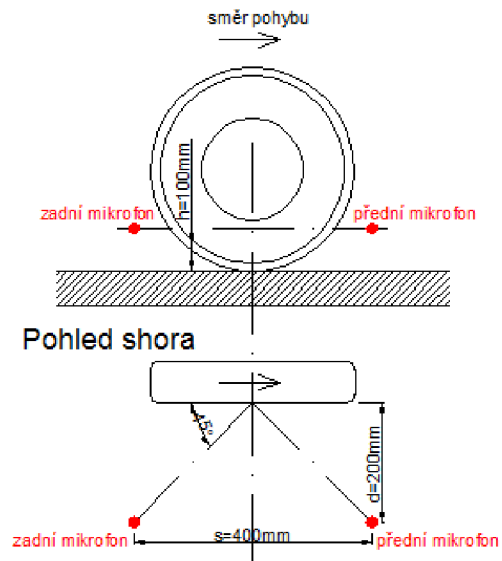


Obrázek 24: Důležité body pro zaznamenání dat při měření

6.1.1 Umístění mikrofonů

Měření jsme prováděli se dvěma mikrofony v blízkosti zadní pneumatiky. Rám byl uchycen na vozidlo pomocí přísavky a ložiska upevněného na osu kola. Umístění mikrofonů je dáno normou a jejich umístění je 10 cm nad vozovkou, 20 cm od pneumatiky a 40 cm vzájemně od sebe, spojnice mikrofonů je rovnoběžná s podélnou osou vozidla.

Pohled z boku



Obrázek 25: Schéma umístění mikrofonů



Obrázek 26: Fotodokumentace umístění mikrofonů

6.1.2 Měřící aparatura

Pro měření byly použity dva mikrofony (iSemCON microphone EMM-13D082/H-P48*RM), které sloužily pro převod akustického signálu na signál elektrický. Dále časovač (NI 9401 8-Channel, 5 V/TTL High-Speed Bidirectional Digital I/O Module), který zaznamenával časový průběh měření. Data z měření byla zpracovávána softwarem NI LabView software. Pomocí tohoto softwaru byly zaznamenávány důležité body pro výpočet výsledků (viz obrázek 25). Tyto body zadával do programu pomocí přenosného počítače spolujezdec, který tuto aparaturu obsluhoval.



Obrázek 27: Použitý mikrofon [27]



Obrázek 28: Použitý časovač [28]

6.1.3 Měřící vozidlo

Pro měření bylo použito vozidlo Volkswagen Transporter Multivan 2,5 128kW. Příslušná referenční rychlost byla udržována tempomatem. Vzhledem ke způsobu vyhodnocení výsledků nemusí být další charakteristiky vozidla přesně specifikovány, protože se jedná o porovnání hodnot akustického tlaku a vozovky mezi sebou.

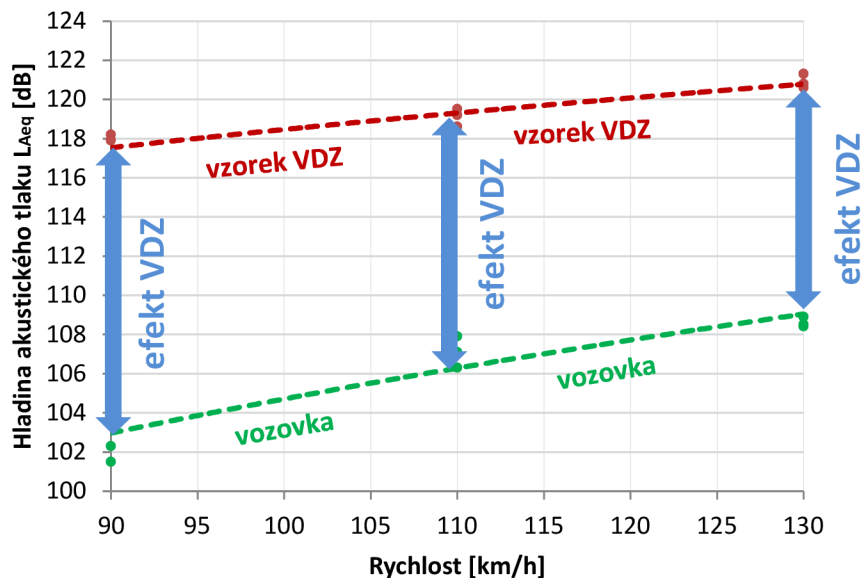


Obrázek 29: Měřící vozidlo [29]

6.2 Metodika vyhodnocení dat

Metodika vyhodnocení je založena na vyhodnocení efektu vodorovného dopravního značení (VDZ). Efekt VDZ znamená rozdíl naměřených hladin hluku při pojezdu VDZ a povrchu vozovky. Vzhledem ke způsobu zpracování výsledků se jedná o porovnání hodnot akustické tlaku vzorku a vozovky dopravního značení mezi sebou. Měření je tedy možné provádět za plného provozu a na různých površích vozovky.

Vyhodnocení naměřených hodnot probíhá na základě vynesení dat do grafu v závislosti rychlosti na hladině akustického tlaku. Tyto hodnoty jsou následně proloženy logaritmickou křivkou. Pomocí rovnice této křivky se dopočítají výsledné hladiny akustického tlaku pro jednotlivé rychlosti. Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku (vzorek VDZ a vozovka) jsou v příslušných referenčních rychlostech porovnány a z jejich rozdílu je určen efekt VDZ.



Obrázek 30: Schématické znázornění zjištění efektu VDZ

Pro vyhodnocení měření byly použity dvě metody vyhodnocení. V první metodě jsou do grafu vyneseny průměrné hodnoty hladin akustického tlaku pro jednotlivé měření a rychlost je rovna rychlosti referenční, tyto body se proloží logaritmickou křivkou. U druhé metody jsou do grafu vynášeny všechny naměřené hladiny akustického tlaku a jim příslušné rychlosti, a ty se proloží danou křivkou.

6.3 Popis úseku

Měřili jsme úsek na komunikaci I/53 u Pohořelic (Jihomoravský kraj) od staničení km 36,100 - km 37,500. Kategorie komunikace, na které je náš měřicí úsek je S 9,5 s dopravním zatížením TNV 2295 a SV 7337. Měřený úsek se skládá ze dvou protisměrných směrových oblouků o poloměrech $R_1=805$ m a $R_2=970$ m. Podélný sklon úseku ve směru staničení je $-0,41$ % a příčný sklon $1,8$ %. Tento úsek komunikace byl zvolen jako zkušební, protože vzorky jsou umístěny co nejvíce v přímé a tím omezíme možnost sjetí kola ze vzorku při manévrování ve směrovém oblouku. Dále má úsek nízký podélný sklon, který méně ovlivní rychlost vozidla.

Byly měřeny dva druhy vozovky, a to přímo v úseku pokládaného značení (označovaná jako stará vozovka) a v navazujícím úseku, kdy proběhla rekonstrukce vozovky v roce 2015 a povrchu tedy

disponuje velmi dobrými vlastnostmi (označovaná jako nová vozovka). Ojedinelé trhliny na vozovce v místě vzorků byly v roce 2016 opraveny asfaltovou záplavkou. Tyto vysprávkování mohou ojedinelé ovlivňovat naměřené hodnoty hladiny akustického tlaku. Nová vozovka je na silnici I/35 za křižovatkou silnice I/53 a silnice II/416 směrem na Branišovice.

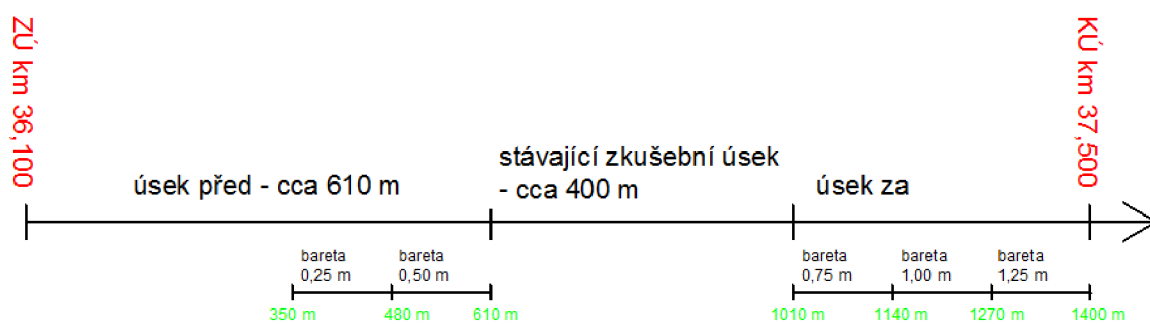


Obrázek 31: Mapa měřeného úseku [22]

Na tento úsek bylo aplikováno pět různých vzorků s rozdílnou vzdáleností baret. Každý vzorek má délku 130 metrů. Vzorky byly aplikovány jako pravá vodící čára ve směru staničení komunikace. Vzorky s roztečí baret 0,25 m a 0,50 m byly aplikovány za křižovatkou silnice I/53 a silnice II/416 a před stávajícím zkušebním úsekem. Vzorky baret 0,75 m, 1,00 m a 1,25 m jsou aplikovány za stávajícím zkušebním úsekem a před větví mimoúrovňové křižovatky silnice I/53 a silnice II/395. Pokládka probíhala v roce 2015.



Obrázek 32: Mapa měřených vzorků [23]



Obrázek 33: Staničení jednotlivých vzorků

6.4 Popis vzorků

Na úseku byly aplikovány následující vzorky:

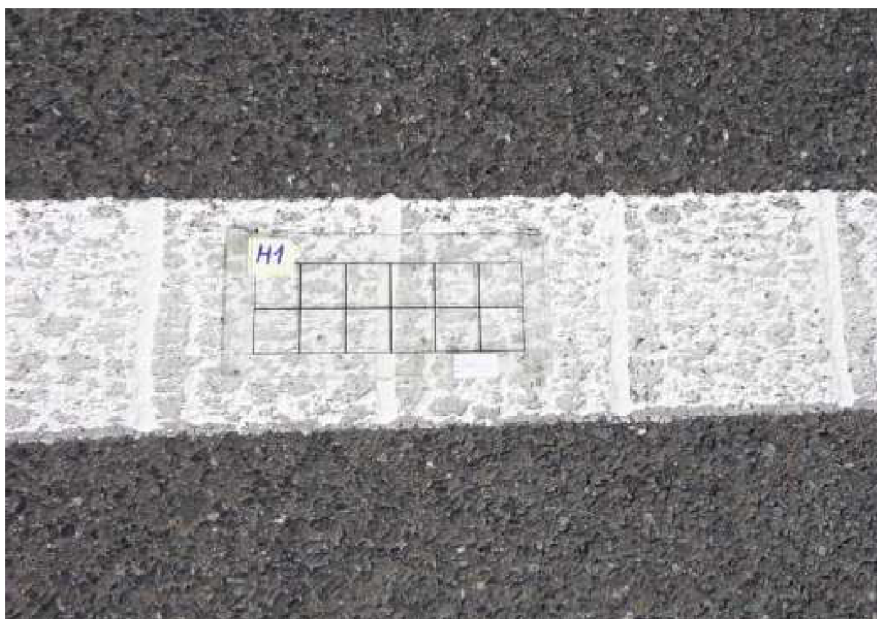
Vzorek 1

Provedení: strukturální s baretami

Vzdálenost baret: 0,25 m

Gramáž: 4600 g/m²

Cena: 266,8 Kč/m²



Obrázek 34: Vzorek 1 [24]

Vzorek 2

Provedení: strukturální s baretami

Vzdálenost baret: 0,50 m

Gramáž: 3550 g/m²

Cena: 205,9 Kč/m²



Obrázek 35: Vzorek 2 [24]

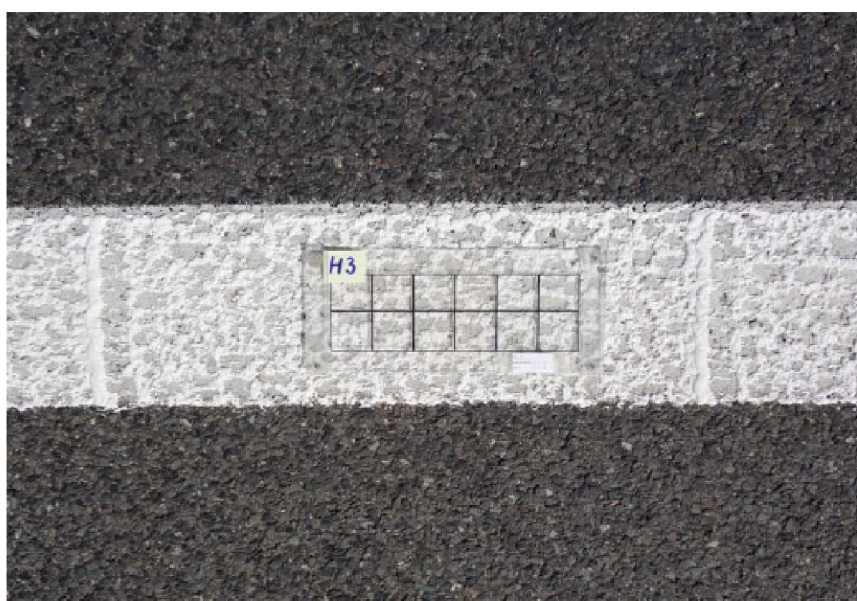
Vzorek 3

Provedení: strukturální s baretami

Vzdálenost baret: 0,75 m

Gramáž: 3200 g/m²

Cena: 185,6 Kč/m²



Obrázek 36: Vzorek 3 [24]

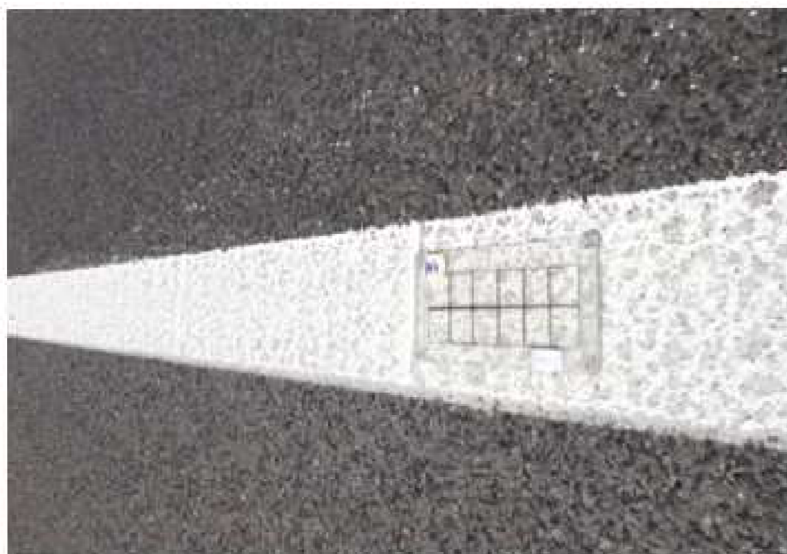
Vzorek 4

Provedení: strukturální s baretami

Vzdálenost baret: 1,00 m

Gramáž: 3030 g/m²

Cena: 175,5 Kč/m²



Obrázek 37: Vzorek 4 [24]

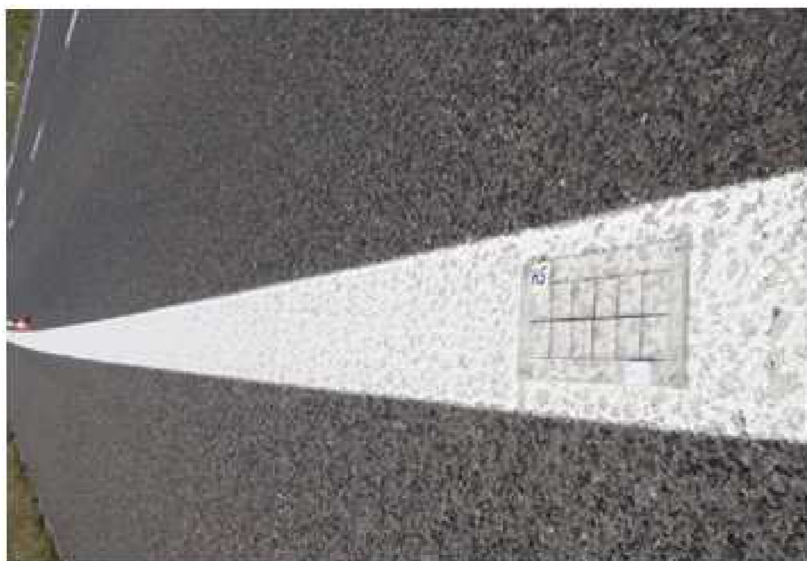
Vzorek 5

Provedení: strukturální s baretami

Vzdálenost baret: 1,25 m

Gramáž: 2920 g/m²

Cena: 169,4 Kč/m²



Obrázek 38: Vzorek 5 [24]

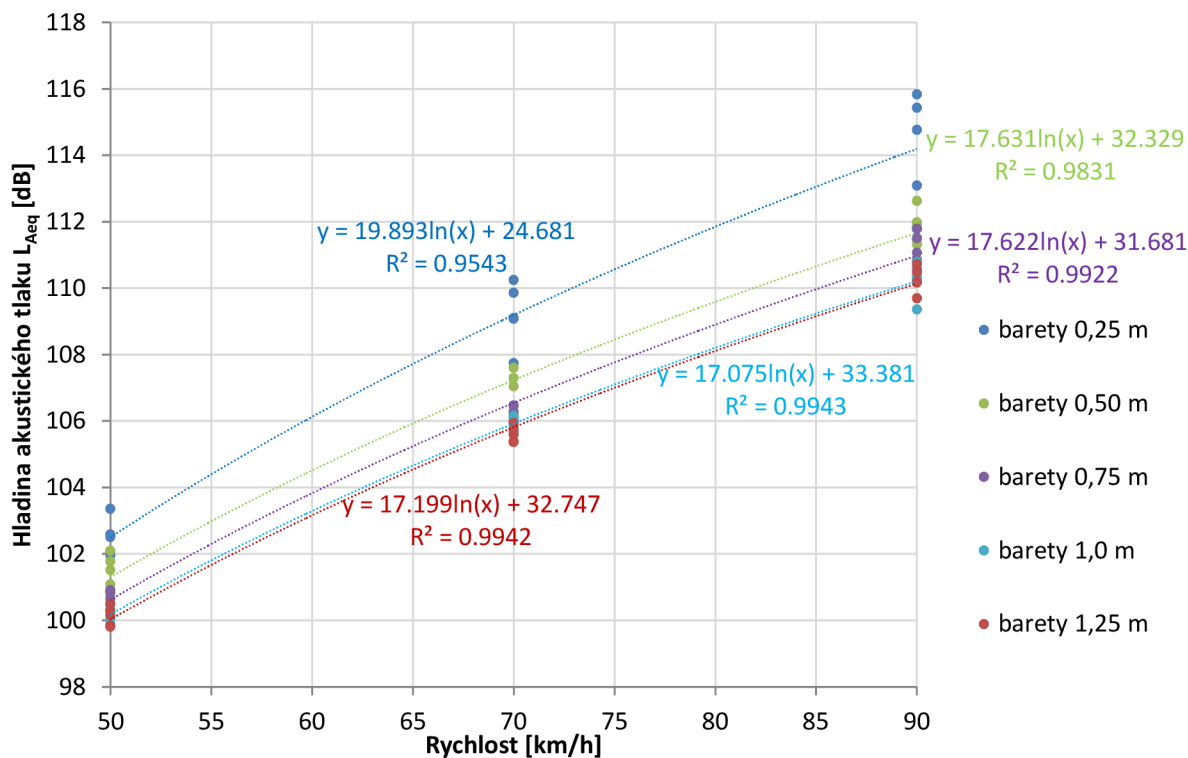
6.5 Měření 1 (24. 9. 2016)

6.5.1 Metoda 1

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku pro jednotlivé vzorky baret spolu s příslušnou referenční rychlostí. V grafu jsou tyto hodnoty zobrazeny s rovnicí křivky. Z naměřených hodnot byly odstraněny hodnoty, kdy vozidlo sjelo ze vzorku VDZ.

Tabulka 5: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ

Úsek/barety		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Rychlost	Pojezd	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
50	1	102,51	101,08	100,91	100,34	100,16
	2	102,59	102,10	100,86	100,33	100,50
	3	103,35	101,52	100,48	99,89	99,84
	4	102,06	101,78	100,64	100,05	99,81
	5	101,96	100,77	100,89	100,30	100,27
70	1	107,74	106,29	106,48	106,09	105,94
	2	110,25	107,30	105,98	105,78	105,37
	3	109,10	107,05	105,98	105,91	105,59
	4	109,09	106,20	106,46	106,17	105,39
	5	109,87	107,61	106,26	105,66	105,75
90	1	115,84	111,46	111,79	110,80	110,72
	2	113,09	111,91	110,57	110,26	110,19
	3	111,79	111,32	111,52	110,29	110,18
	4	114,77	111,99	111,07	110,39	109,71
	5	115,44	112,63	110,86	109,36	110,49



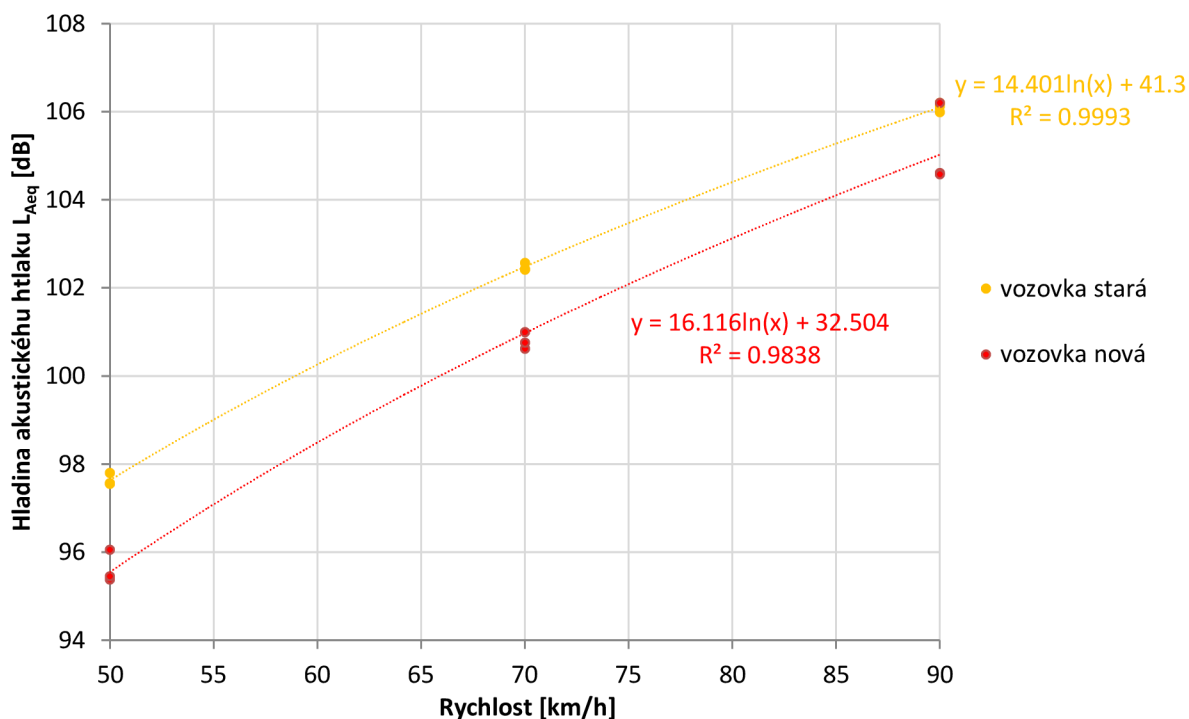
Graf 1: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ

Z grafu a naměřených hodnot je patrné, že vzorky s roztečí baret 1,00 m a 1,25 m mají velmi podobné hodnoty ve všech rychlostech. Vzorek s roztečí baret 0,75 m má hodnoty akustického tlaku o něco vyšší. Nejvyšší hodnoty hladiny akustického tlaku dosáhl vzorek s roztečí baret 0,25 m. Všechny vzorky mají velmi podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí.

Pro zjištění výsledného účinku VDZ na řidiče potřebuje také hodnoty hladiny akustického tlaku vozovky bez VDZ. Tyto hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce a grafu.

Tabulka 6: Průměrné hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek

Povrch		vozovka stará	vozovka nová
Rychlost	Pojezd	Průměr	Průměr
50	1	97,57	95,38
	2	97,80	95,45
	3	97,55	96,05
70	1	102,42	100,62
	2	102,43	100,75
	3	102,56	101,00
90	1	105,99	104,61
	2	106,20	106,20
	3	106,13	104,58



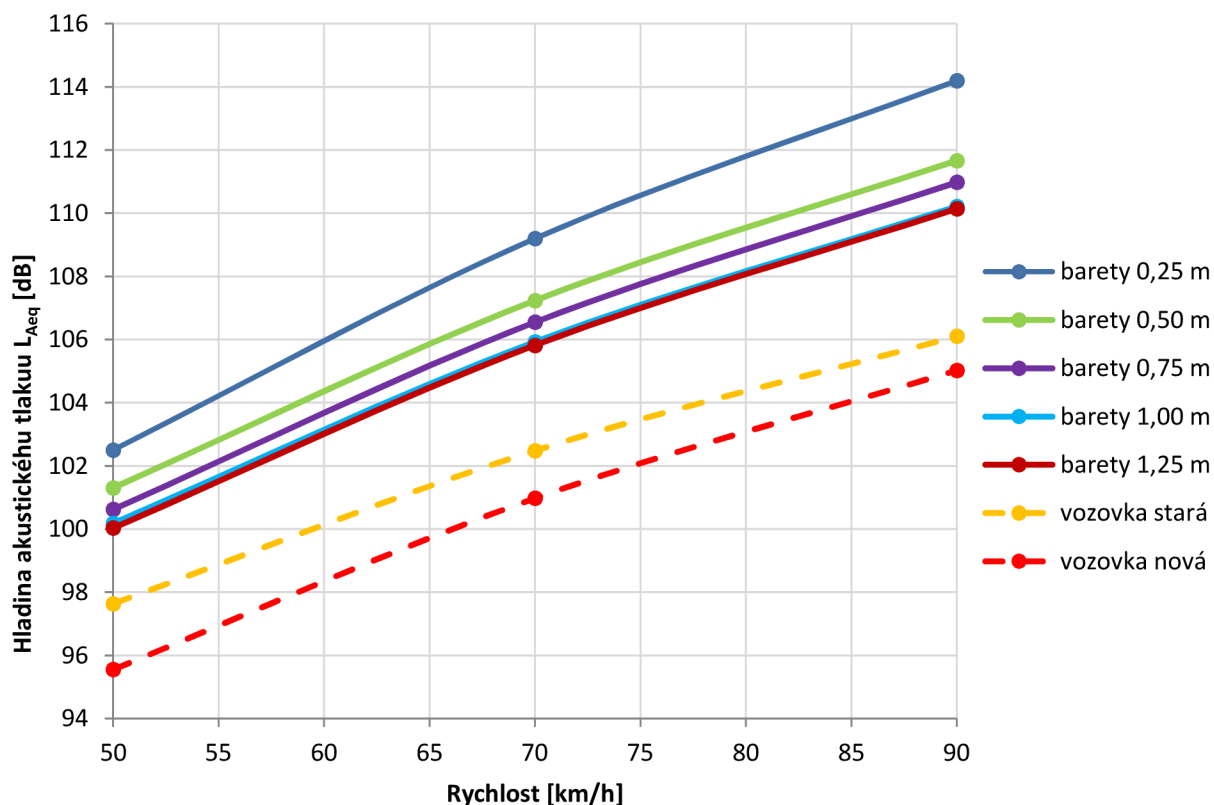
Graf 2: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek

Z předchozího grafu je vidět, že hladiny akustického tlaku pro starou vozovku vykazuje vyšší hodnoty než pro novou vozovku. Rozdíl mezi hodnotami hladin akustického tlaku jsou cca 2 dB. Tento rozdíl v hodnotách je zapříčiněn poruchami vozovky staré, jako například trhlinami, a tím dojde ke zkreslení výsledků konečného efektu VDZ.

V následující tabulce a grafu jsou shrnuty celkové průměry hladin akustického tlaku pro všechny vzorky baret a vozovky vypočtené pomocí rovnice logaritmické křivky.

Tabulka 7: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Výsledné hodnoty hladiny hluku							
Rychlost [km/h]	Úsek/barety					Vozovky	
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	102,50	101,30	100,62	100,18	100,03	97,64	95,55
70	109,20	107,23	106,55	105,92	105,82	102,48	100,97
90	114,20	111,67	110,98	110,22	110,14	106,10	105,02



Graf 3: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Z výsledků znázorněných v grafu 3 lze vidět, že nárůst hladiny akustického tlaku je s rychlostí přibližně stejný. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou hladiny akustického tlaku produkovanou při rychlosti 50 km/h vzorkem s roztečí baret 0,25 m a nejnižší hodnotou, kterou vznikne pro pojezdu vzorku s roztečí baret 1,25 m je přibližně 2 dB. Rozdíl mezi těmito vzorky je při rychlosti 50 km/h cca 2 dB a při rychlosti 90 km/h cca 4 dB.

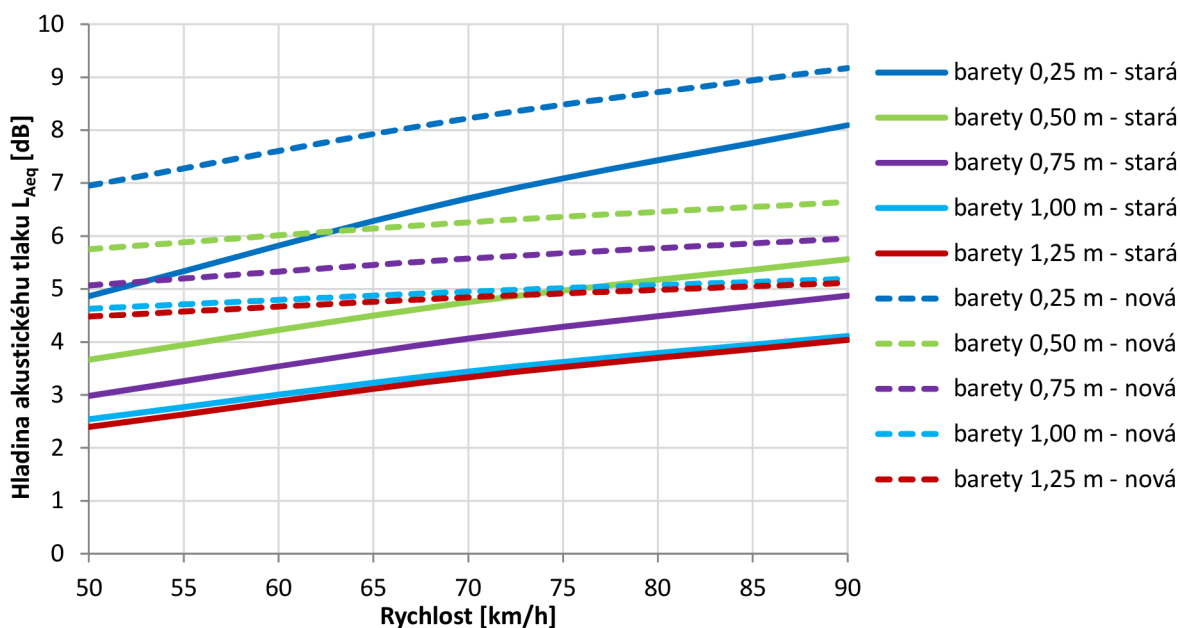
Výsledný rozdíl hladiny akustického tlaku při pojezdu vzorku VDZ a vozovky nazýváme efekt VDZ. V následujících tabulkách a grafu jsou zaznamenány hodnoty hladiny akustického tlaku pro vozovku starou a vozovku novou.

Tabulka 8: Efekt VDZ na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	4,87	3,66	2,98	2,54	2,39
70	6,71	4,75	4,07	3,44	3,33
90	8,09	5,56	4,87	4,11	4,04

Tabulka 9: Efekt VDZ na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	6,95	5,75	5,07	4,63	4,48
70	8,22	6,26	5,58	4,95	4,84
90	9,17	6,64	5,95	5,19	5,12

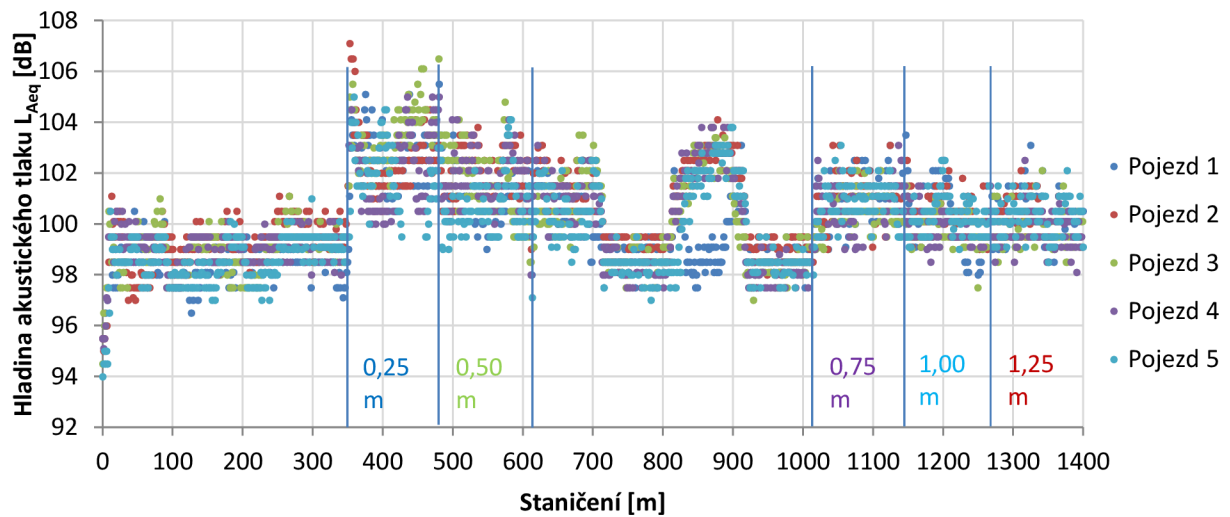


Graf 4: Efekt VDZ

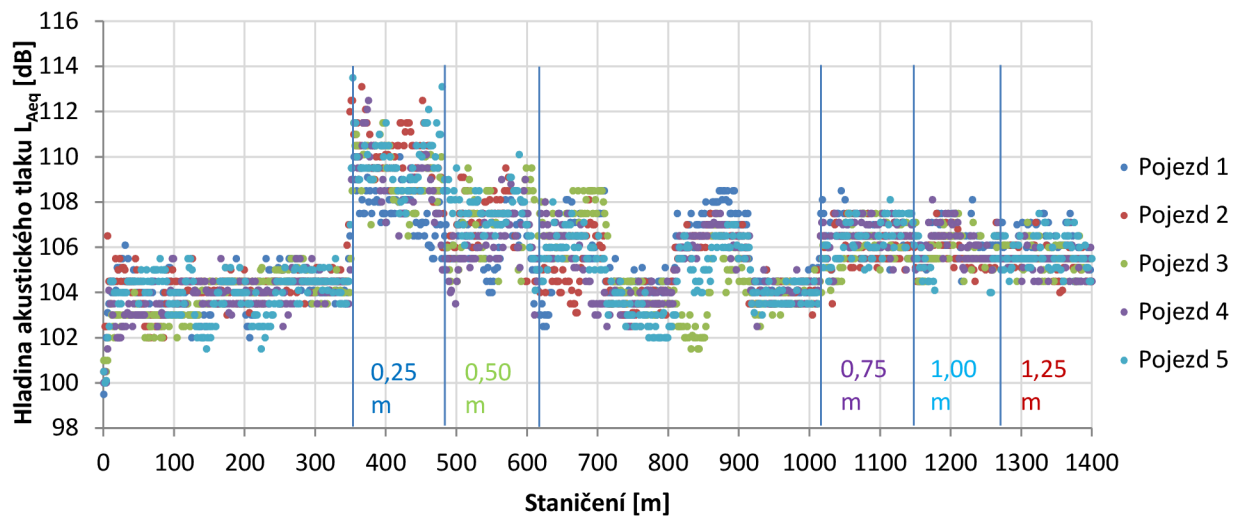
Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret po 0,25 m, který se pohybuje na staré vozovce od 5 dB do 8 dB a na nové vozovce od 7 dB do 9 dB. Nejnižší efekt měli vzorky s roztečí baret po 1,00 m a 1,25 m, jejichž hodnoty jsou přibližně stejné. U těchto vzorků jsou hodnoty v rozmezí od 2 dB do 4 dB pro starou vozovku a od 4 dB do 5 dB pro vozovku novou.

Z předchozího grafu lze zjistit, že v porovnání vozovek je výsledný efekt VDZ mnohem zřetelnější na nové vozovce (čárkovaná čára) oproti staré vozovce (plná čára). Toto je zapříčiněno tím, že nová vozovka je bez poruch a je výrazně tišší než stará vozovka. Téměř všechny vzorky, kromě vzorku s roztečí baret 0,25 m mají podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí. Maximální rozdíl mezi hodnotami výsledného efektu je při rychlosti 50 km/h cca 2 dB a při rychlosti 90 km/h cca 5 dB. Tyto výsledné hodnoty jsou podobné na obou měřených vozovkách.

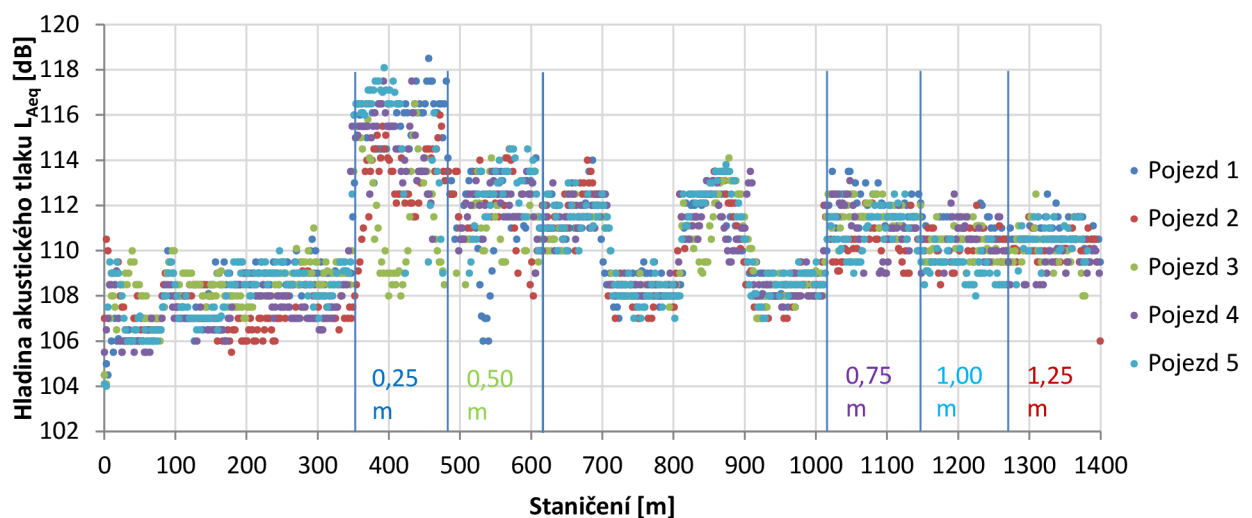
V následujících grafech jsou vyneseny hladiny akustického tlaku VDZ v závislosti staničení úseku. Každý graf je pro jednotlivou rychlost a dále je tam naznačení rozmístění vzorků podle staničení měřeného úseku. Z grafů je patrná hladina akustického tlaku VDZ při pojezdu průměrnou rychlostí. Jak bylo zmíněno u efektu VDZ, tak největší hodnotu hladiny akustického tlaku zaznamenal vzorek s roztečí baret 0,25 m a naopak nejnižší hodnoty vzorky s roztečí baret 1,00 m a 1,25 m.



Graf 5: Průběh L_{eq} v závislosti na staničení (50 km/h)



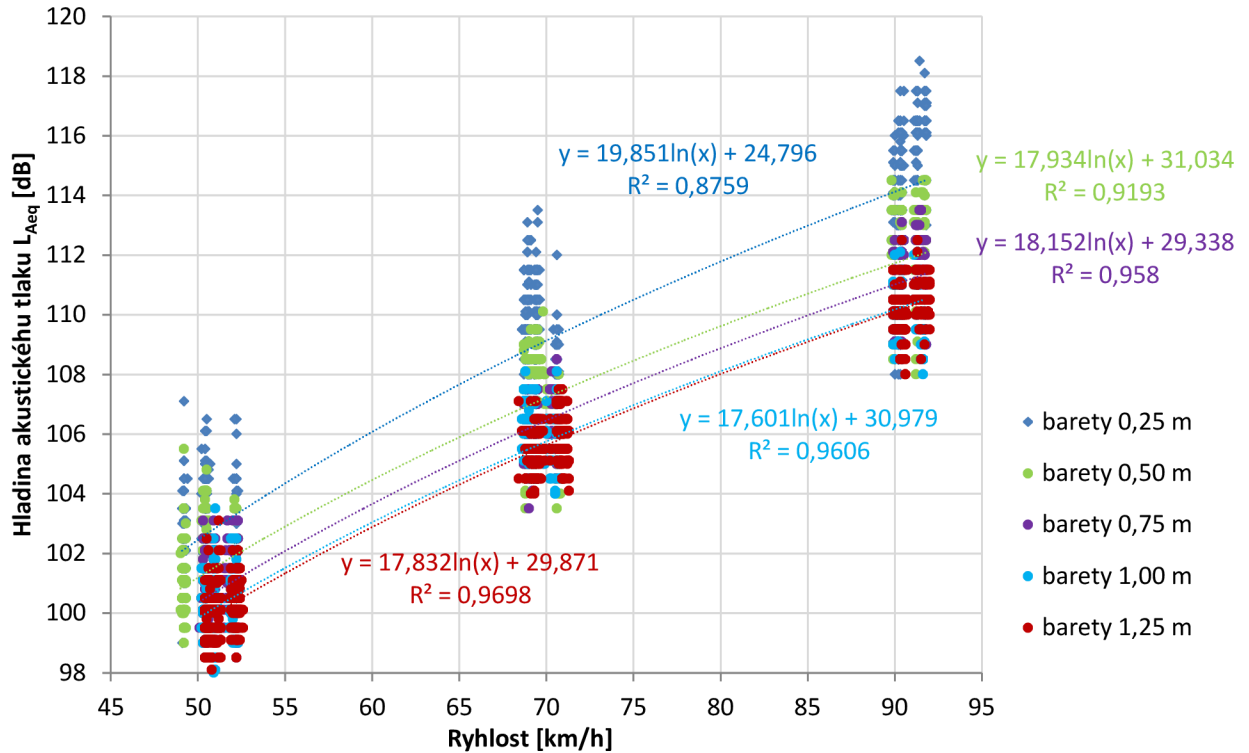
Graf 6: Průběh L_{eq} v závislosti na staničení (70 km/h)



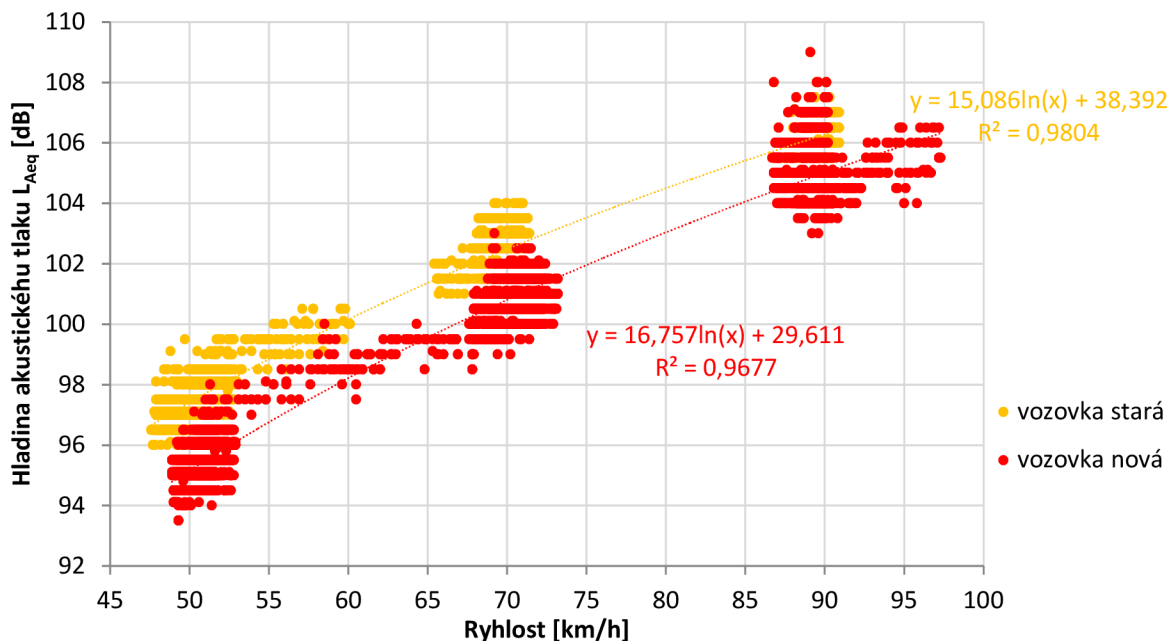
Graf 7: Průběh L_{eq} v závislosti na staničení (90 km/h)

6.5.2 Metoda 2

V následujícím grafu jsou zaznamenány naměřené hodnoty hladin akustického tlaku pro jednotlivé vzorky VDZ a vozovky. V této metodě není počítáno s průměrnou referenční rychlostí (tj. 50 km/h, 70 km/h a 90 km/h) jako u předchozí metody, ale s takovou při jaké byla změřena příslušná hladina akustického tlaku.



Graf 8: Hodnoty L_{Aeq} vzorků VDZ



Graf 9: Hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek

Z předchozího grafu vzorků VDZ lze vidět, že rychlost naměřených vzorků se pohybuje přibližně okolo našich referenčních rychlostí. Je patrná podobnost hladin akustického tlaku pro vzorky s roztečí baret

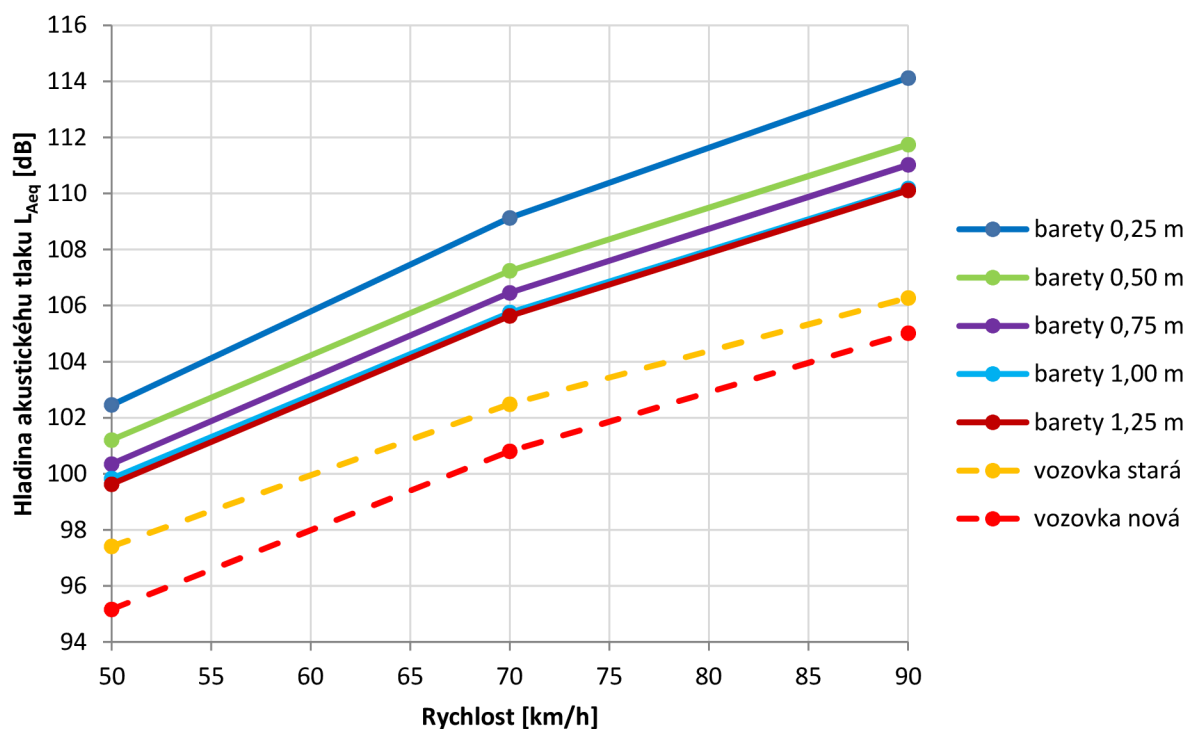
1,00 m a 1,25 m. Tyto hodnoty jsou opět nejnižší, jako v případě první metody. Nejvyšší hladinu akustického tlaku má vzorek s roztečí baret 0,25 m. Průběh křivek pro jednotlivé vzorky VDZ je přibližně stejný.

Z grafu, ve kterém jsou vyneseny hladiny akustického tlaku pro vozovky a jejich příslušné rychlosti je patrný velký rozptyl rychlostí. Tento rozptyl rychlostí mohl být způsoben omezením jízdy což způsobilo změnu rychlosti. Nárůst křivek u obou vzorků vozovek je podobný a stejně jako u předchozí metody je výsledná hodnota hladiny akustického tlaku vyšší u staré vozovky.

V následující tabulce a grafu jsou zaznamenány vypočtené hodnoty hladin akustického tlaku pro vzorky VDZ a vozovky zjištěné pomocí rovnic křivek.

Tabulka 10: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Výsledné hodnoty hladiny hluku							
Úsek/barety						Vozovky	
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	102,45	101,20	100,35	99,83	99,63	97,41	95,16
70	109,13	107,24	106,46	105,76	105,63	102,48	100,80
90	114,12	111,75	111,02	110,18	110,11	106,28	105,01



Graf 10: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Z výsledků znázorněných v grafu 10 lze vidět, že nárůst hladiny akustického tlaku je s rychlostí přibližně stejný. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou hladiny akustického tlaku produkovanou při rychlosti 50 km/h vzorkem s roztečí baret 0,25 m a nejnižší hodnotou, kterou vznikne pro pojezdu vzorku s roztečí baret 1,25 m je přibližně 3 dB. Rozdíl mezi těmito vzorky při rychlosti 90 km/h je cca 4 dB.

U výsledných hodnot měřených vozovek má stará vozovka hladinu akustického tlaku přibližně o 2 dB vyšší při rychlosti 50 km/h než vozovka nová. Při rychlosti 90 m/h je tento rozdíl přibližně 1 dB.

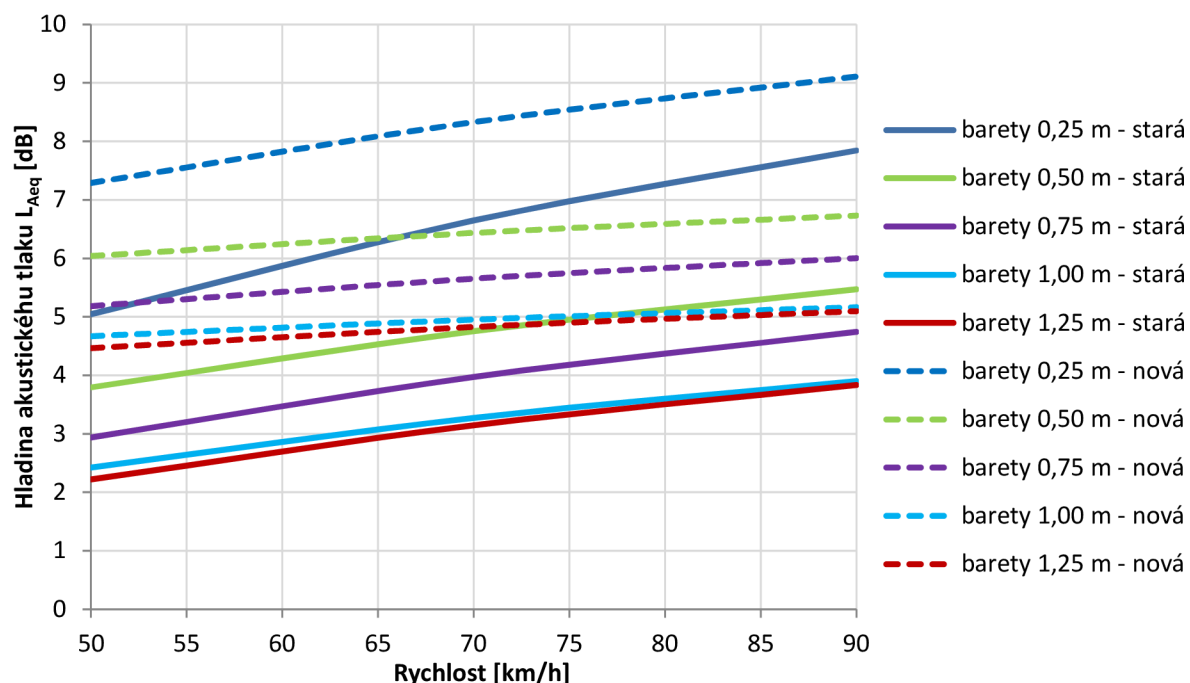
Výsledný efekt VDZ vypočítaný jako rozdíl hodnot při pojezdu vzorků VDZ a vozovky je znázorněn v následujících tabulkách. Tyto hodnoty v tabulkách jsou dále vyneseny do grafu.

Tabulka 11: Efekt VDZ na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce					
	Úsek/barety				
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	5,04	3,80	2,94	2,43	2,22
70	6,65	4,75	3,97	3,27	3,15
90	7,85	5,47	4,74	3,90	3,84

Tabulka 12: Efekt VDZ na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce					
	Úsek/barety				
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	7,29	6,04	5,18	4,67	4,47
70	8,33	6,44	5,65	4,95	4,83
90	9,11	6,73	6,00	5,17	5,10



Graf 11: Efekt VDZ

Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret po 0,25 m, který se pohybuje na staré vozovce od 5 dB do 8 dB a na nové vozovce od 7 dB do 9 dB. Nejnižší efekt měli vzorky s

roztečí baret po 1,00 m a 1,25 m, jejichž hodnoty jsou přibližně stejné. U těchto vzorků jsou hodnoty v rozmezí od 2 dB do 4 dB pro starou vozovku a od 4 dB do 5 dB pro vozovku novou.

Z předchozího grafu lze zjistit, že v porovnání vozovek je výsledný efekt VDZ mnohem zřetelnější na nové vozovce (čárkovaná čára) oproti staré vozovce (plná čára). Toto je zapříčiněno tím, že nová vozovka je bez poruch a je výrazně tišší než stará vozovka. Téměř všechny vzorky, kromě vzorku s roztečí baret 0,25 m mají podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí. Maximální rozdíl mezi hodnotami výsledného efektu je při rychlosti 50 km/h cca 3 dB a při rychlosti 90 km/h cca 4 dB. Tyto výsledné hodnoty jsou podobné na obou měřených vozovkách.

6.5.3 Porovnání metod

Následující tabulky zobrazují porovnání dvou metod vyhodnocení měření. Rozdíly mezi hodnotami jednotlivých metod je vyjádřen pomocí absolutní hodnoty.

Tabulka 13: Porovnání výsledných hodnot L_{Aeq}

Výsledné hodnoty hladiny hluku - porovnání metod								
Rychlost [km/h]	Metoda	Úsek/barety					Vozovky	
		0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	1	102,50	101,30	100,62	100,18	100,03	97,64	95,55
50	2	102,45	101,20	100,35	99,83	99,63	97,41	95,16
50	Rozdíl	0,05	0,10	0,27	0,34	0,40	0,23	0,39
70	1	109,20	107,23	106,55	105,92	105,82	102,48	100,97
70	2	109,13	107,24	106,46	105,76	105,63	102,48	100,80
70	Rozdíl	0,06	0,01	0,09	0,17	0,19	0,00	0,17
90	1	114,20	111,67	110,98	110,22	110,14	106,10	105,02
90	2	114,12	111,75	111,02	110,18	110,11	106,28	105,01
90	Rozdíl	0,07	0,08	0,04	0,04	0,03	0,17	0,01

V předchozí tabulce jsou zaznamenány hodnoty hladin akustického tlaku jednotlivých metod, které byly zjištěny pomocí rovnic křivek. Podle absolutních hodnot je patrné, že rozdíly hladin akustického tlaku zjišťovaných dvěma metodami se pohybují v řádech desetin decibelů.

Tabulka 14: Porovnání efektů na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce - porovnání metod						
	Úsek/barety					
Rychlost [km/h]	Metoda	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	1	4,87	3,66	2,98	2,54	2,39
50	2	5,04	3,80	2,94	2,43	2,22
50	Rozdíl	0,18	0,13	0,04	0,12	0,17
70	1	6,71	4,75	4,07	3,44	3,33
70	2	6,65	4,75	3,97	3,27	3,15
70	Rozdíl	0,07	0,00	0,09	0,17	0,19
90	1	8,09	5,56	4,87	4,11	4,04
90	2	7,85	5,47	4,74	3,90	3,84
90	Rozdíl	0,25	0,09	0,13	0,21	0,20

Tabulka 15: Porovnání efektů na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce - porovnání metod						
	Úsek/barety					
Rychlost [km/h]	Metoda	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	1	4,87	3,66	2,98	2,54	2,39
50	2	5,04	3,80	2,94	2,43	2,22
50	Rozdíl	0,18	0,13	0,04	0,12	0,17
70	1	6,71	4,75	4,07	3,44	3,33
70	2	6,65	4,75	3,97	3,27	3,15
70	Rozdíl	0,07	0,00	0,09	0,17	0,19
90	1	8,09	5,56	4,87	4,11	4,04
90	2	7,85	5,47	4,74	3,90	3,84
90	Rozdíl	0,25	0,09	0,13	0,21	0,20

V předchozích dvou tabulkách jsou zobrazeny absolutní rozdíly efektů na dvou měřených vozovkách. Jak už bylo zmíněno, tak výsledné rozdíly se liší v řádech desetin decibelů.

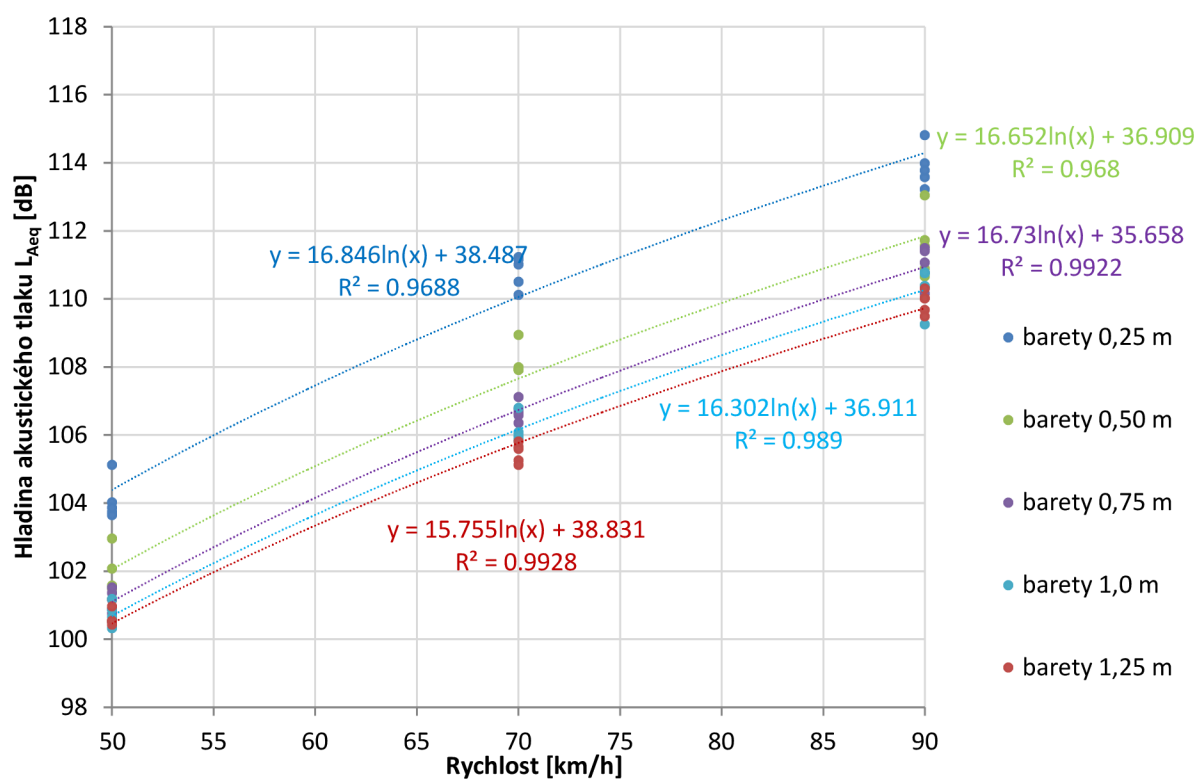
6.6 Měření 2 (8. 10. 2016)

6.6.1 Metoda 1

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku pro jednotlivé vzorky baret spolu s příslušnou referenční rychlostí. V grafu jsou tyto hodnoty zobrazeny s rovní křivky. Z naměřených hodnot byly odstraněny hodnoty, kdy vozidlo sjelo ze vzorku VDZ.

Tabulka 16: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ

Úsek/barety		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Rychlost	Pojezd	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
50	1	103,73	101,48	100,88	100,51	100,42
	2	104,01	101,57	101,35	100,86	100,51
	3	103,64	101,17	101,15	100,64	100,52
	4	105,12	102,96	101,51	101,17	100,96
	5	103,85	102,07	100,75	100,32	100,54
70	1	111,22	107,93	106,35	105,92	105,25
	2	111,01	107,91	106,75	106,07	105,64
	3	110,11	107,99	106,57	105,84	105,12
	4	111,15	108,93	107,11	106,79	105,59
	5	110,50	107,90	106,65	106,00	105,80
90	1	113,57	110,88	111,06	109,25	109,67
	2	113,97	110,65	111,48	110,37	110,30
	3	113,21	111,54	110,15	110,32	110,00
	4	113,77	111,72	110,76	110,75	109,48
	5	114,80	113,04	111,40	110,76	110,02



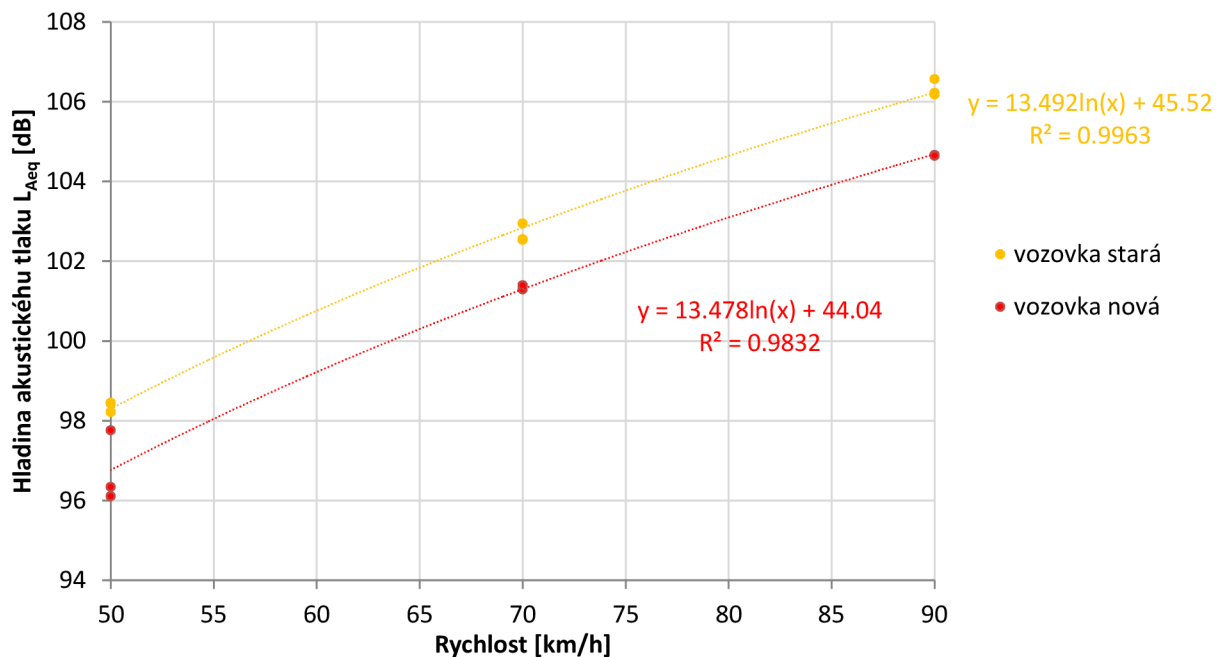
Graf 12: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ

Z grafu a naměřených hodnot je patrné, že vzorek s roztečí baret 1,25 m má nejnižší hodnotu hladiny akustického tlaku. Nejvyšší hodnoty hladiny akustického tlaku dosáhl vzorek s roztečí baret 0,25 m stejně jako v prvním měření. Všechny vzorky mají velmi podobný průběh křivky u všech rychlostí.

Pro zjištění výsledného účinku VDZ na řidiče potřebuje také hodnoty hladiny akustického tlaku vozovky bez VDZ. Tyto hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce a grafu.

Tabulka 17: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek

Povrch		vozovka stará	vozovka nová
Rychlost	Pojezd	Průměr	Průměr
50	1	98,22	97,76
	2	98,45	96,34
	3	98,44	96,11
70	1	102,54	101,29
	2	102,55	101,39
	3	102,95	101,40
90	1	106,57	104,65
	2	106,18	104,66
	3	106,22	104,65



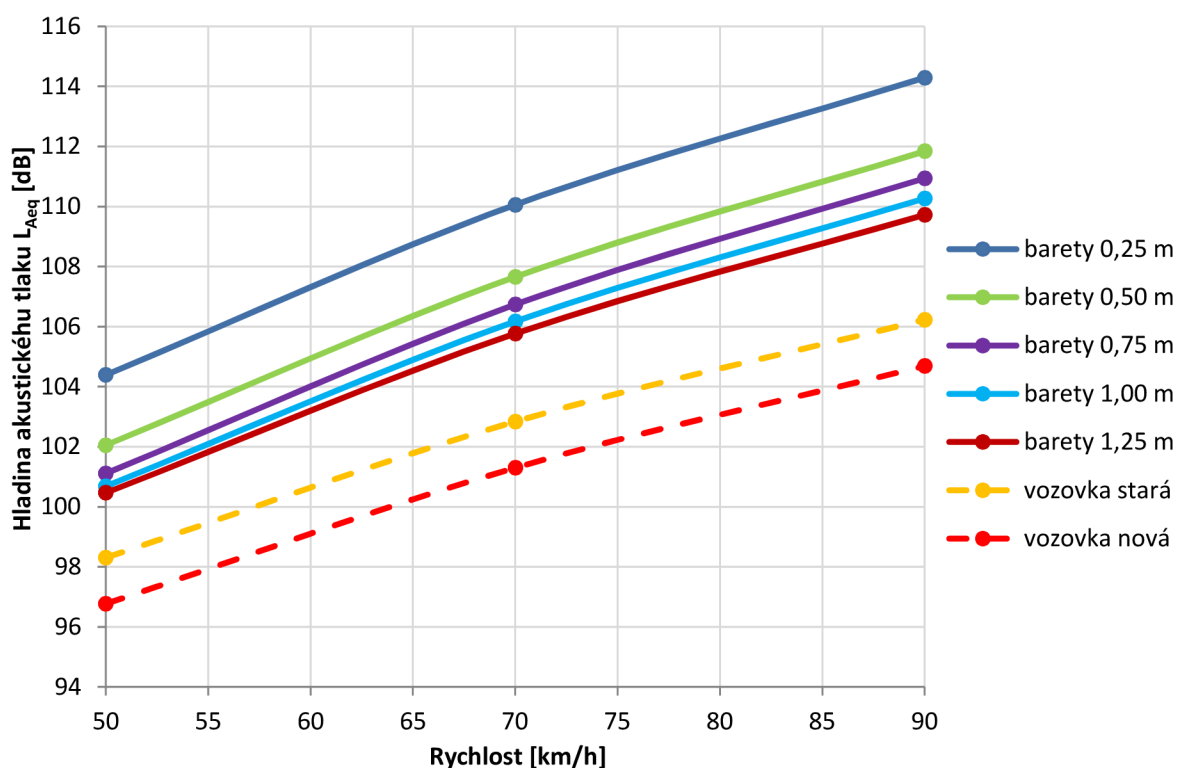
Graf 13: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek

Z předchozího grafu je vidět, že hladiny akustického tlaku pro starou vozovku vykazuje vyšší hodnoty než pro novou vozovku. Rozdíl mezi hodnotami hladin akustického tlaku jsou cca 2 dB. Tento rozdíl v hodnotách je zapříčiněn poruchami vozovky staré, jako například trhlinami, a tím dojde ke zkrácení výsledků konečného efektu VDZ.

V následující tabulce a grafu jsou shrnuty celkové průměry hladin akustického tlaku druhého měření pro všechny vzorky baret a vozovky vypočtené pomocí rovnice logaritmické křivky.

Tabulka 18: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Výsledné hodnoty hladiny hluku							
	Úsek/barety					Vozovky	
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	104,39	102,05	101,11	100,68	100,46	98,30	96,77
70	110,06	107,65	106,74	106,17	105,77	102,84	101,30
90	114,29	111,84	110,94	110,27	109,73	106,23	104,69



Graf 14: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Z výsledků znázorněných v grafu 14 lze vidět, že nárůst hladiny akustického tlaku je s rychlostí přibližně stejný. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou hladiny akustického tlaku produkovanou při rychlosti 50 km/h vzorkem s roztečí baret 0,25 m a nejnižší hodnou, kterou vznikne pro pojezd vzorku s roztečí baret 1,25 m je přibližně 4 dB. Rozdíl mezi těmito vzorky je při rychlosti 50 km/h cca 4 dB a při rychlosti 90 km/h cca 5 dB.

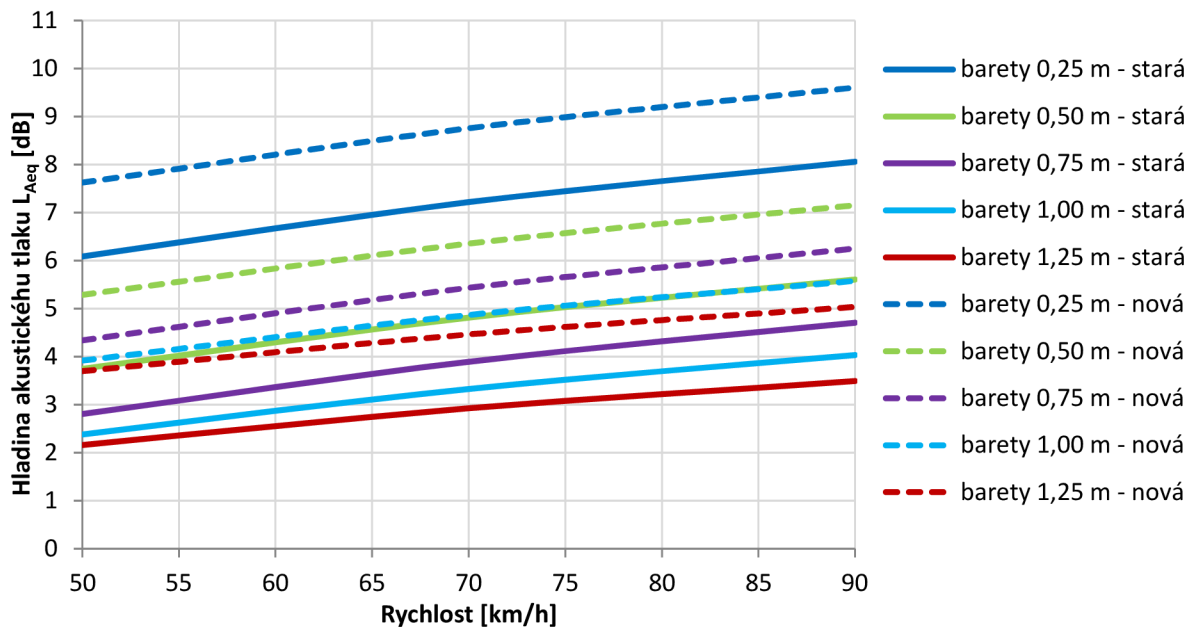
Výsledný rozdíl hladiny akustického tlaku při pojezdu vzorku VDZ a vozovky nazýváme efekt VDZ. V následujících tabulkách a grafu jsou zaznamenány hodnoty hladiny akustického tlaku pro vozovku starou a vozovku novou.

Tabulka 19: Efekt VDZ na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	6,09	3,75	2,81	2,38	2,16
70	7,22	4,81	3,89	3,33	2,93
90	8,06	5,61	4,71	4,04	3,49

Tabulka 20: Efekt VDZ na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	7,62	5,29	4,34	3,92	3,70
70	8,76	6,35	5,43	4,87	4,46
90	9,60	7,15	6,25	5,58	5,04



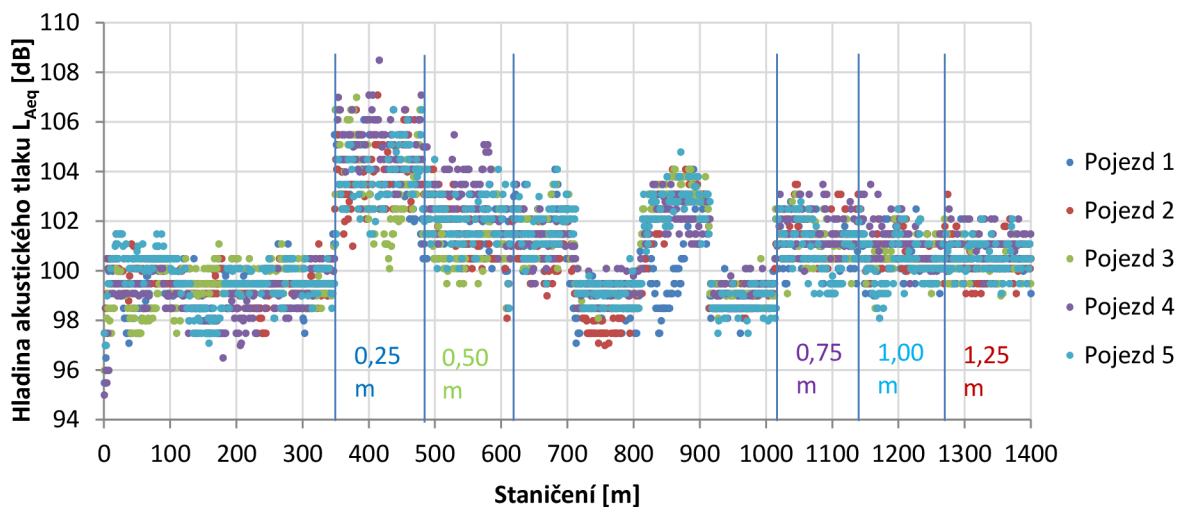
Graf 15: Efekt VDZ

Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret po 0,25 m, který se pohybuje na staré vozovce od 6 dB do 8 dB a na nové vozovce od 8 dB do 10 dB. Nejnižší efekt měl vzorek s roztečí baret 1,25 m, jehož hodnoty se pohybují od 2 dB do 4 dB u staré vozovky a od 4 dB do 5 dB u nové vozovky.

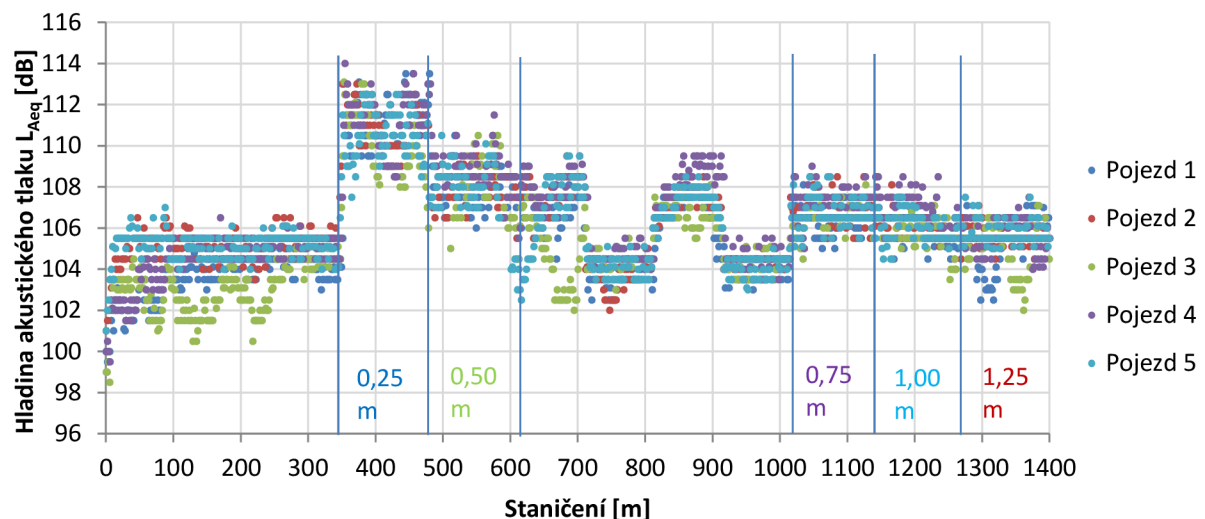
Z předchozího grafu lze zjistit, že v porovnání vozovek je výsledný efekt VDZ mnohem zřetelnější na nové vozovce (čárkovaná čára) oproti staré vozovce (plná čára). Toto je zapříčiněno tím, že nová vozovka je bez poruch a je výrazně tišší než stará vozovka. Všechny vzorky mají podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí. Maximální rozdíl mezi hodnotami výsledného efektu je

při rychlosti 50km/h cca 4 dB a při rychlosti 90 km/h cca 5 dB. Tyto výsledné hodnoty jsou podobné na obou měřených vozovkách. Z grafu je také patrné, že efekt vzorku s roztečí baret 1,25 m na nové vozovce je vyšší než vzorek s roztečí baret po 0,75 m na staré vozovce. Dále také je vidět, že vzorek s roztečí baret 0,50 m na staré vozovce je velmi podobný jako vzorek s roztečí baret 1,00 m na vozovce nové.

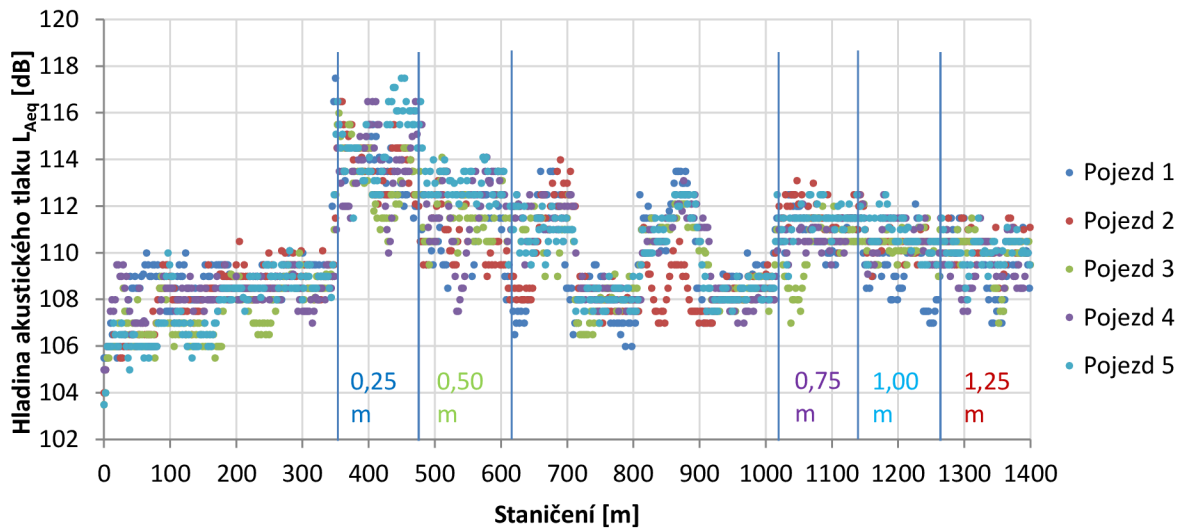
V následujících grafech jsou vyneseny hladiny akustického tlaku VDZ v závislosti na staničení úseku. Každý graf je pro jednotlivou rychlost a dále je tam naznačení rozmístění vzorků podle staničení měřeného úseku. Z grafů je patrná hladina akustického tlaku VDZ při pojezdu průměrnou rychlostí. Jak bylo zmíněno u efektu VDZ, tak největší hodnotu hladiny akustického tlaku zaznamenal vzorek s roztečí baret 0,25 m a se zvětšující se roztečí baret se hladina akustického tlaku snižuje.



Graf 16: Průběh L_{eq} v závislosti na staničení (50 km/h)



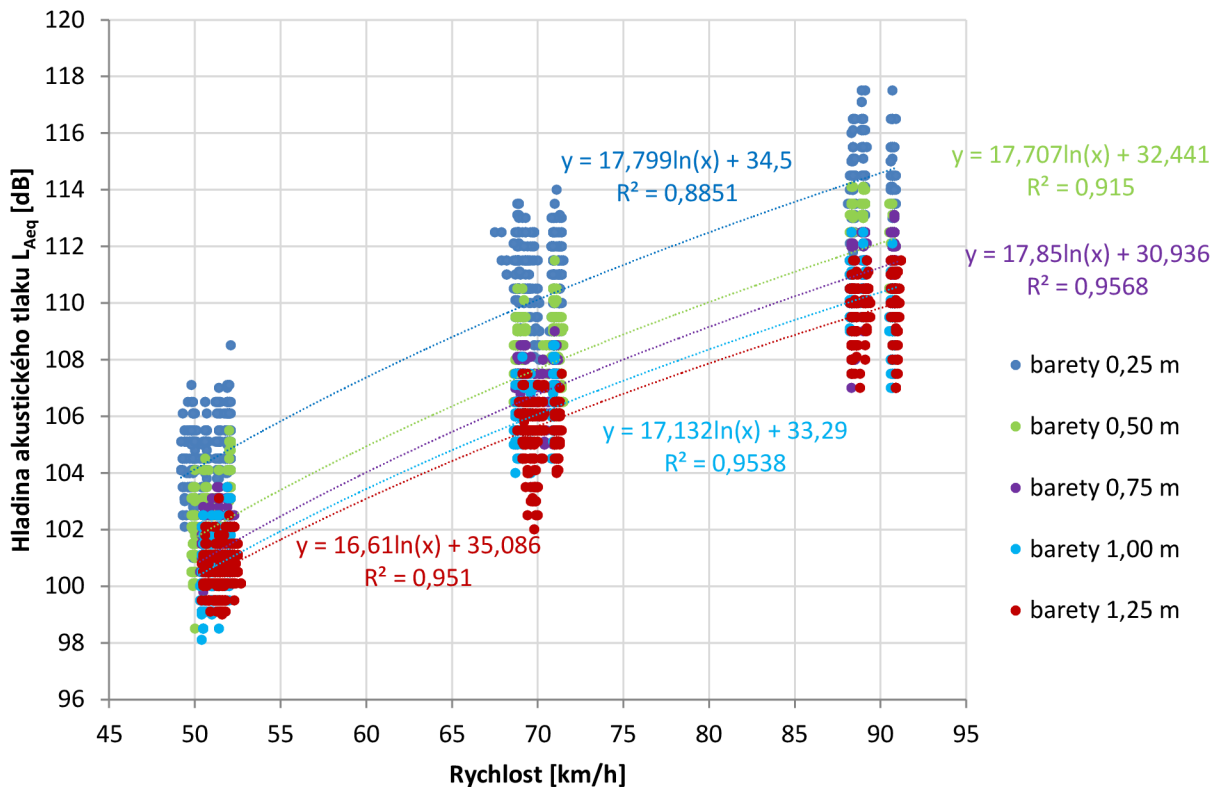
Graf 17: Průběh L_{eq} v závislosti na staničení (70 km/h)



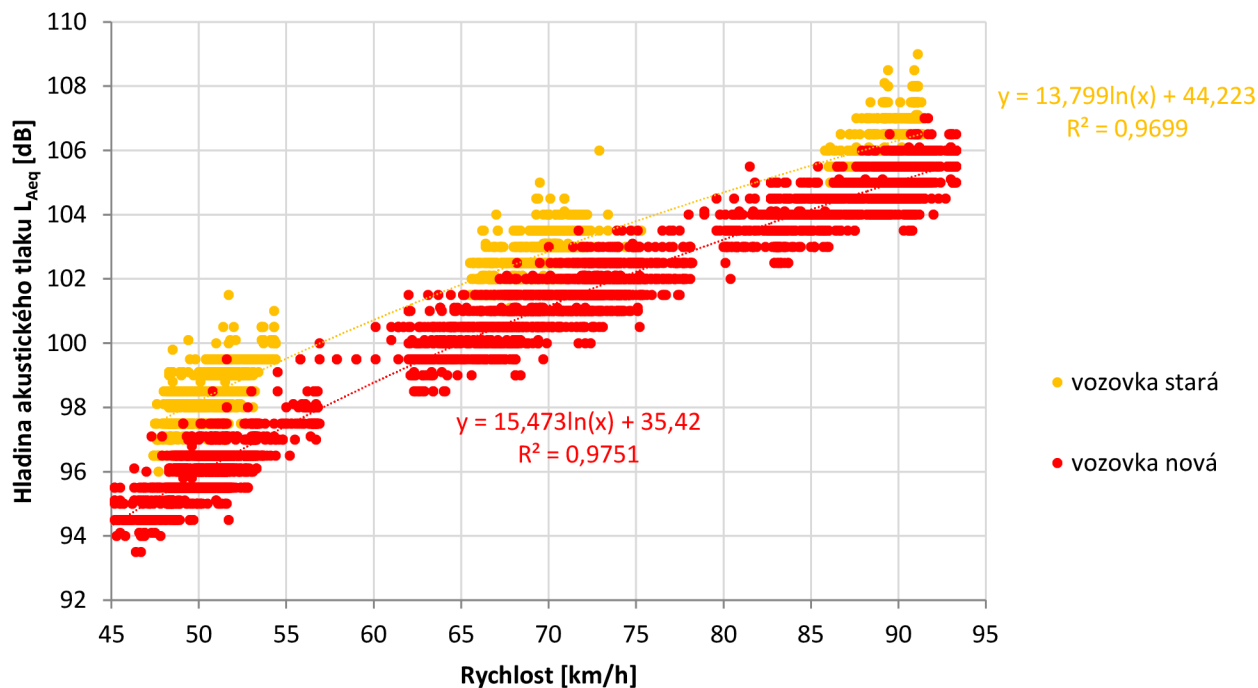
Graf 18: Průběh L_{eq} v závislosti na staničení (90 km/h)

6.6.2 Metoda 2

V následujícím grafu jsou zaznamenány naměřené hodnoty hladin akustického tlaku druhého měření pro jednotlivé vzorky VDZ a vozovky. V této metodě není počítáno s průměrnou referenční rychlostí (tj. 50 km/h, 70 km/h a 90 km/h) jako u předchozí metody, ale s takovou při jaké byla změřena příslušná hladina akustického tlaku.



Graf 19: Hodnoty L_{Aeq} vzorků VDZ



Graf 20: Hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek

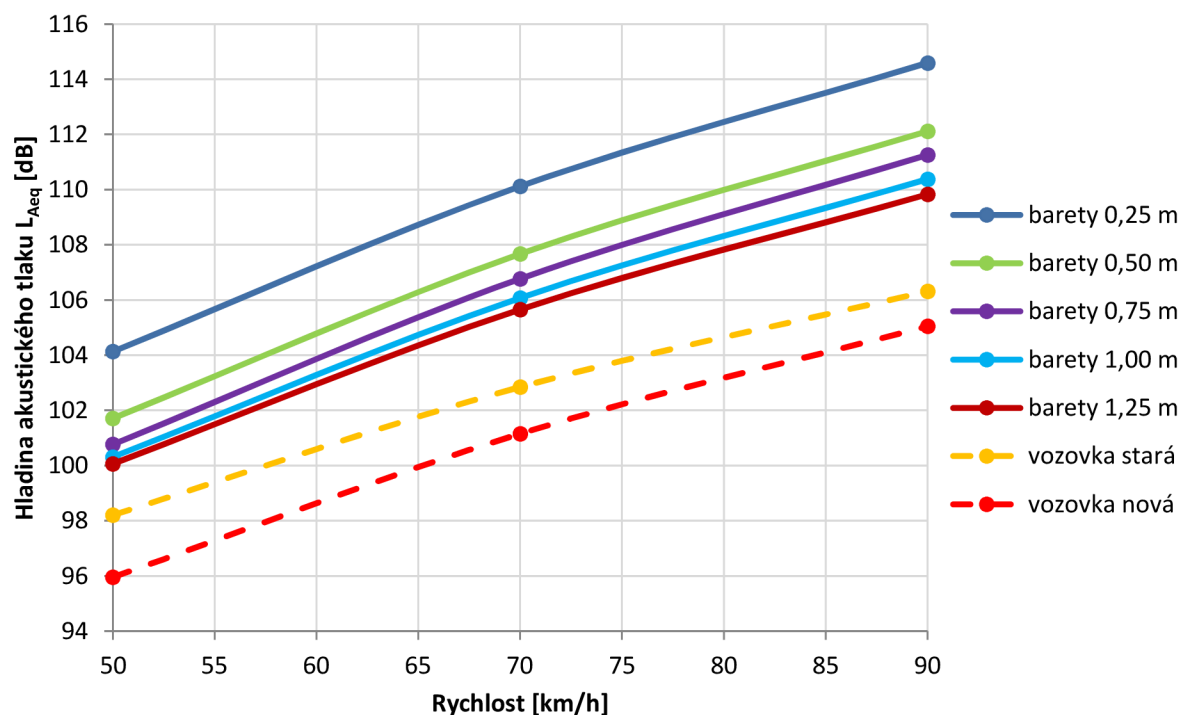
Z předchozího grafu vzorků VDZ lze vidět, že rychlost naměřených vzorků se pohybuje přibližně okolo našich referenčních rychlostí. Nejnižších hodnot hladin akustického tlaku dosahuje vzorek s roztečí baret 1,25 m. Nejvyšší hladinu akustického tlaku má vzorek s roztečí baret 0,25 m. Průběh křivek pro jednotlivé vzorky VDZ je přibližně stejný.

Z grafu, ve kterém jsou vyneseny hladiny akustického tlaku pro vozovky a jejich příslušné rychlosti je patrný velký rozptyl rychlostí. Tento rozptyl rychlostí mohl být způsoben omezením jízdy což způsobilo změnu rychlosti. Nárůst křivek u obou vzorků vozovek je podobný a stejně jako u předchozí metody je výsledná hodnota hladiny akustického tlaku vyšší u staré vozovky.

V následující tabulce a grafu jsou zaznamenány vypočtené hodnoty hladin akustického tlaku pro vzorky VDZ a vozovky zjištěné pomocí rovnic křivek.

Tabulka 21: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Výsledné hodnoty hladiny hluku							
Rychlost [km/h]	Úsek/barety					Vozovky	
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	104,13	101,71	100,77	100,31	100,06	98,21	95,95
70	110,12	107,67	106,77	106,08	105,65	102,85	101,16
90	114,59	112,12	111,26	110,38	109,83	106,32	105,05



Graf 21: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Z výsledků znázorněných v předchozím grafu lze vidět, že nárůst hladiny akustického tlaku je s rychlostí přibližně konstantní. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou hladiny akustického tlaku produkovanou při rychlosti 50 km/h vzorkem s roztečí baret 0,25 m a nejnižší hodnotou, kterou vznikne pro pojezdu vzorku s roztečí baret 1,25 m je přibližně 4 dB. Rozdíl mezi těmito vzorky při rychlosti 90 km/h je cca 5 dB.

U výsledných hodnot měřených vozovek má stará vozovka hladinu akustického tlaku přibližně o 2 dB vyšší při rychlosti 50 km/h než vozovka nová. Při rychlosti 90 m/h je tento rozdíl přibližně 1 dB.

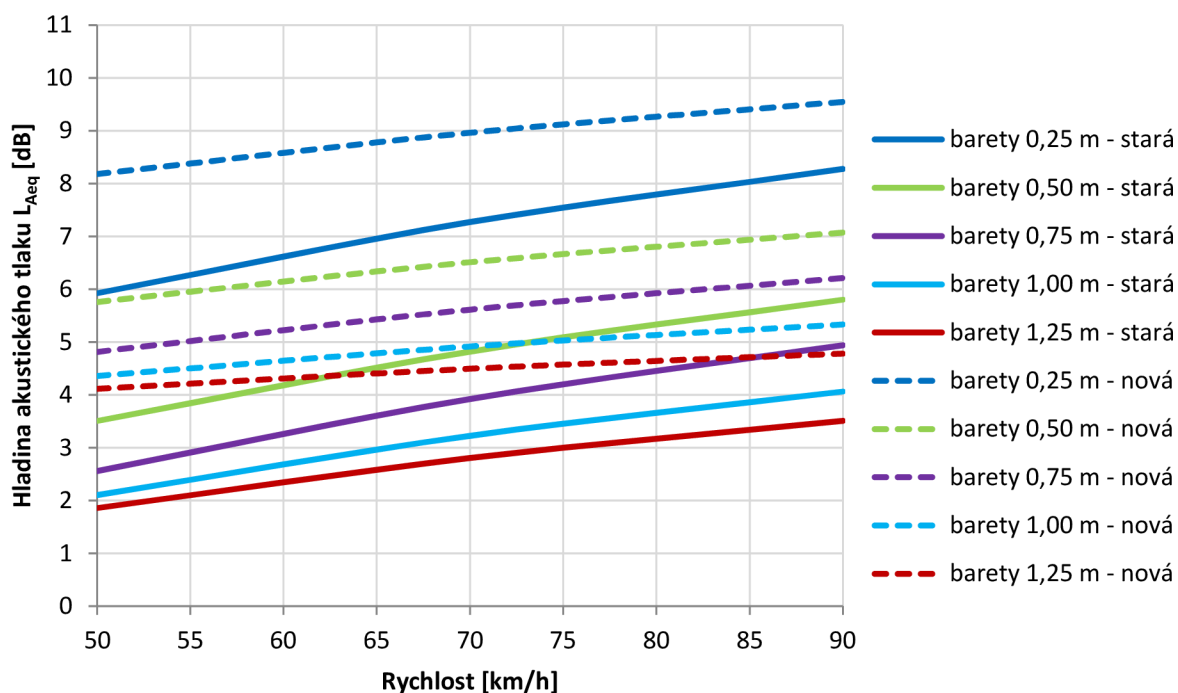
Výsledný efekt VDZ vypočítaný jako rozdíl hodnot při pojezdu vzorků VDZ a vozovky je znázorněn v následujících tabulkách. Tyto hodnoty v tabulkách jsou dále vyneseny do grafu.

Tabulka 22: Efekt VDZ na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	5,93	3,51	2,56	2,11	1,86
70	7,27	4,82	3,92	3,23	2,81
90	8,28	5,80	4,94	4,06	3,51

Tabulka 23: Efekt VDZ na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	8,18	5,76	4,81	4,36	4,11
70	8,96	6,51	5,61	4,92	4,50
90	9,55	7,07	6,21	5,34	4,78



Graf 22: Efekt VDZ

Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret po 0,25 m, který se pohybuje na staré vozovce od 6 dB do 8 dB a na nové vozovce od 8 dB do 10 dB. Nejnižší efekt měl vzorek s roztečí baret 1,25 m, jehož hodnoty se pohybují od 2 dB do 4 dB u staré vozovky a od 4 dB do 5 dB u nové vozovky.

Z předchozího grafu lze zjistit, že v porovnání vozovek je výsledný efekt VDZ mnohem zřetelnější na nové vozovce (čárkovaná čára) oproti staré vozovce (plná čára). Toto je zapříčiněno tím, že nová vozovka je bez poruch a je výrazně tišší než stará vozovka. Všechny vzorky mají podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí. Maximální rozdíl mezi hodnotami výsledného efektu je při rychlosti 50km/h cca 4 dB a při rychlosti 90 km/h cca 5 dB. Tyto výsledné hodnoty jsou podobné na obou měřených vozovkách. Z grafu je také patrné, že efekt vzorku s roztečí baret 1,25 m na nové vozovce je vyšší než vzorek s roztečí baret po 0,75 m na staré vozovce.

6.6.3 Porovnání metod

Následující tabulky zobrazují porovnání dvou metod vyhodnocení měření. Rozdíly mezi hodnotami jednotlivých metod je vyjádřen pomocí absolutní hodnoty.

Tabulka 24: Porovnání výsledných hodnot L_{Aeq}

Výsledné hodnoty hladiny hluku - porovnání metod								
Rychlost [km/h]	Metoda	Úsek/barety					Vozovky	
		0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	1	104,39	102,05	101,11	100,68	100,46	98,30	96,77
50	2	104,13	101,71	100,77	100,31	100,06	98,21	95,95
50	Rozdíl	0,26	0,34	0,34	0,37	0,40	0,10	0,82
70	1	110,06	107,65	106,74	106,17	105,77	102,84	101,30
70	2	110,12	107,67	106,77	106,08	105,65	102,85	101,16
70	Rozdíl	0,06	0,01	0,04	0,09	0,11	0,01	0,14
90	1	114,29	111,84	110,94	110,27	109,73	106,23	104,69
90	2	114,59	112,12	111,26	110,38	109,83	106,32	105,05
90	Rozdíl	0,30	0,28	0,32	0,11	0,10	0,08	0,36

V předchozí tabulce jsou zaznamenány hodnoty hladin akustického tlaku jednotlivých metod, které byly zjištěny pomocí rovnic křivek. Podle absolutních hodnot je patrné, že rozdíly hladin akustického tlaku zjišťovaných dvěma metodami se pohybují v řádech desetin decibelů.

Tabulka 25: Porovnání efektů na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce - porovnání metod						
Rychlost [km/h]	Metoda	Úsek/barety				
		0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	1	6,09	3,75	2,81	2,38	2,16
50	2	5,93	3,51	2,56	2,11	1,86
50	Rozdíl	0,16	0,24	0,24	0,28	0,30
70	1	7,22	4,81	3,89	3,33	2,93
70	2	7,27	4,82	3,92	3,23	2,81
70	Rozdíl	0,05	0,01	0,03	0,10	0,12
90	1	8,06	5,61	4,71	4,04	3,49
90	2	8,28	5,80	4,94	4,06	3,51
90	Rozdíl	0,22	0,19	0,23	0,03	0,02

Tabulka 26: Porovnání efektů na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce - porovnání metod						
Rychlost [km/h]	Úsek/barety					
	Metoda	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	1	7,62	5,29	4,34	3,92	3,70
50	2	8,18	5,76	4,81	4,36	4,11
50	Rozdíl	0,56	0,47	0,47	0,44	0,42
70	1	8,76	6,35	5,43	4,87	4,46
70	2	8,96	6,51	5,61	4,92	4,50
70	Rozdíl	0,21	0,16	0,18	0,05	0,03
90	1	9,60	7,15	6,25	5,58	5,04
90	2	9,55	7,07	6,21	5,34	4,78
90	Rozdíl	0,06	0,08	0,04	0,24	0,25

V předchozích dvou tabulkách jsou zobrazeny absolutní rozdíly efektů na dvou měřených vozovkách. Jak už bylo zmíněno, tak výsledné rozdíly se liší v řádech desetin decibelů.

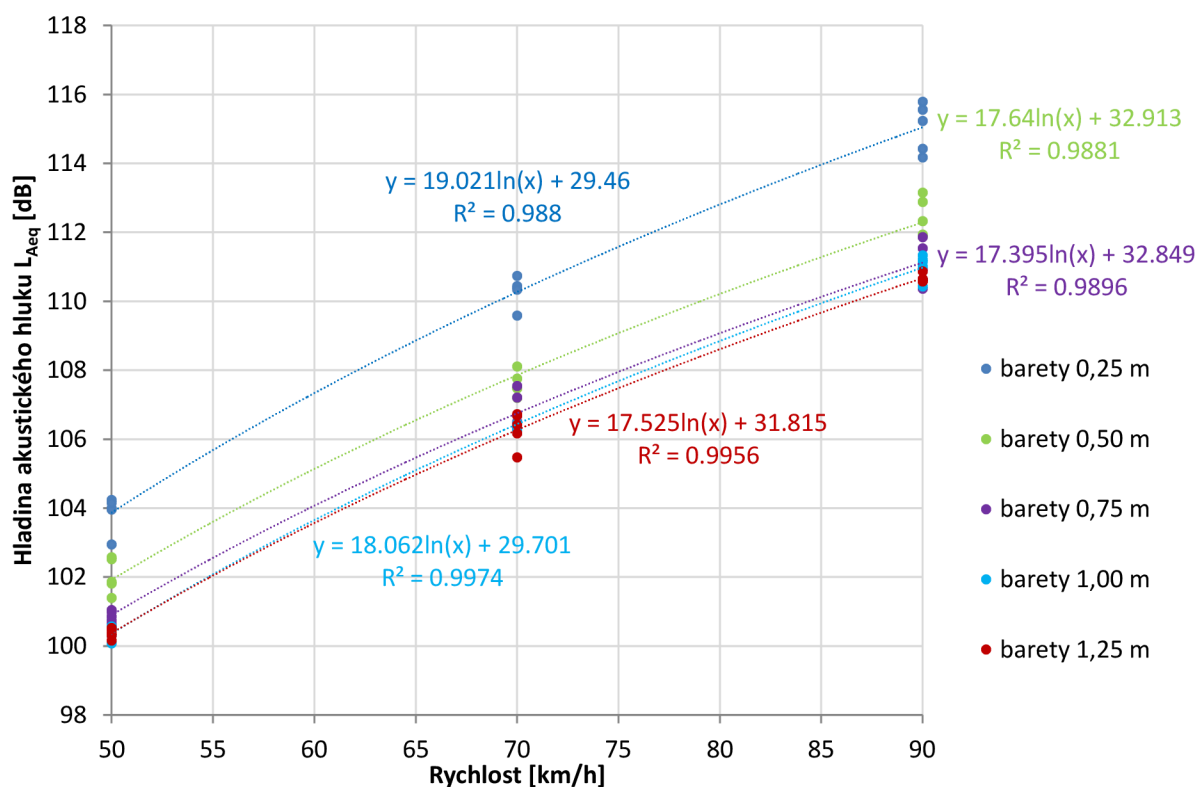
6.7 Měření 3 (23. 10. 2016)

6.7.1 Metoda 1

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku pro jednotlivé vzorky baret spolu s příslušnou referenční rychlostí. V grafu jsou tyto hodnoty zobrazeny s rovnicí křivky. Z naměřených hodnot byly odstraněny hodnoty, kdy vozidlo sjelo ze vzorku VDZ.

Tabulka 27: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ

Úsek/barety		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Rychlost	Pojezd	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
50	1	104,23	102,52	100,86	100,57	100,36
	2	102,95	101,81	100,74	100,55	100,31
	3	103,96	101,86	100,99	100,48	100,16
	4	103,99	102,57	101,05	100,31	100,47
	5	104,15	101,39	100,64	100,07	100,53
70	1	110,73	107,47	106,33	106,35	106,72
	2	109,58	107,48	106,50	106,28	105,47
	3	110,39	107,20	107,21	106,47	106,42
	4	110,44	107,76	106,69	106,38	106,17
	5	110,34	108,11	107,55	106,26	106,68
90	1	114,17	111,89	110,37	111,01	110,58
	2	115,23	113,15	110,92	111,21	110,62
	3	115,79	111,94	111,54	110,43	110,58
	4	115,56	112,33	111,86	111,33	110,87
	5	114,42	112,88	110,63	111,15	110,65



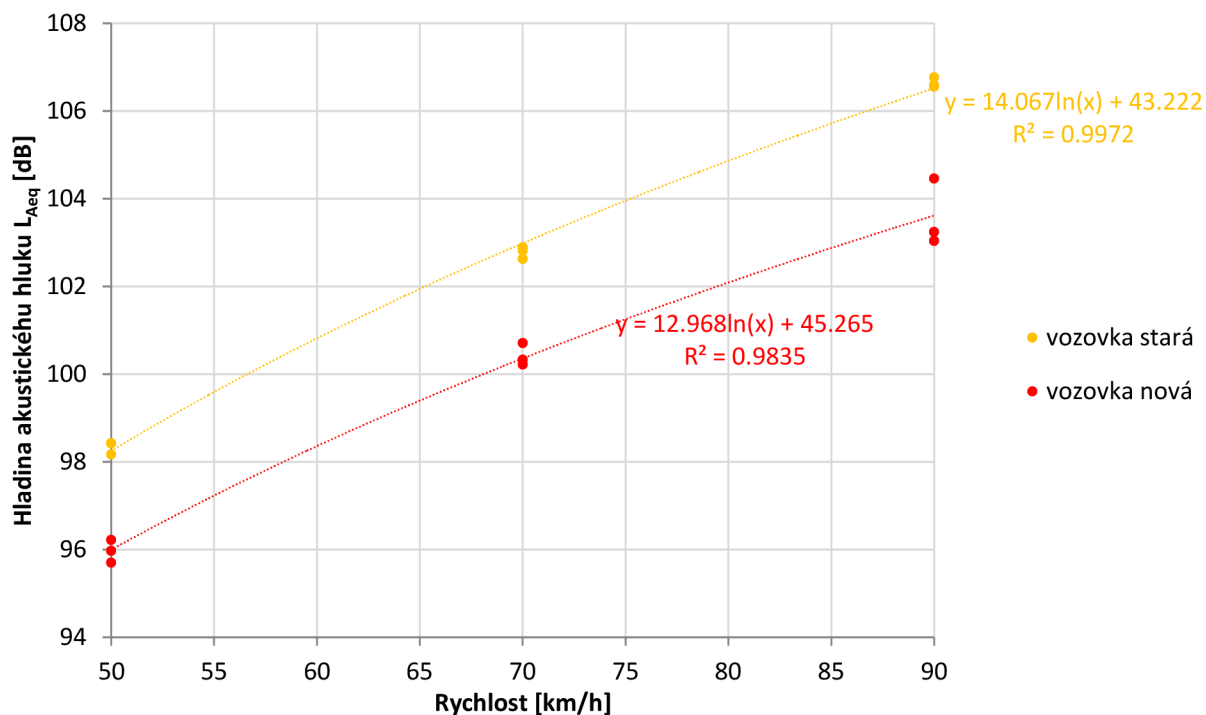
Graf 23: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ

Z grafu a naměřených hodnot je patrné, že vzorky s roztečí baret 0,75 m, 1,00 m a 1,25 m mají velmi podobné hodnoty hladiny akustického tlaku. Nejvyšší hodnoty hladiny akustického tlaku dosáhl vzorek s roztečí baret 0,25 m stejně jako v předchozích měření. Všechny vzorky mají velmi podobný průběh křivky u všech rychlostí.

Pro zjištění výsledného účinku VDZ na řidiče potřebuje také hodnoty hladiny akustického tlaku vozovky bez VDZ. Tyto hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce a grafu.

Tabulka 28: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek

Povrch		vozovka stará	vozovka nová
Rychlost	Pojezd	Průměr	Průměr
50	1	98,43	95,71
	2	98,42	96,22
	3	98,17	95,98
70	1	102,63	100,22
	2	102,89	100,71
	3	102,82	100,33
90	1	106,58	104,46
	2	106,56	103,04
	3	106,77	103,24



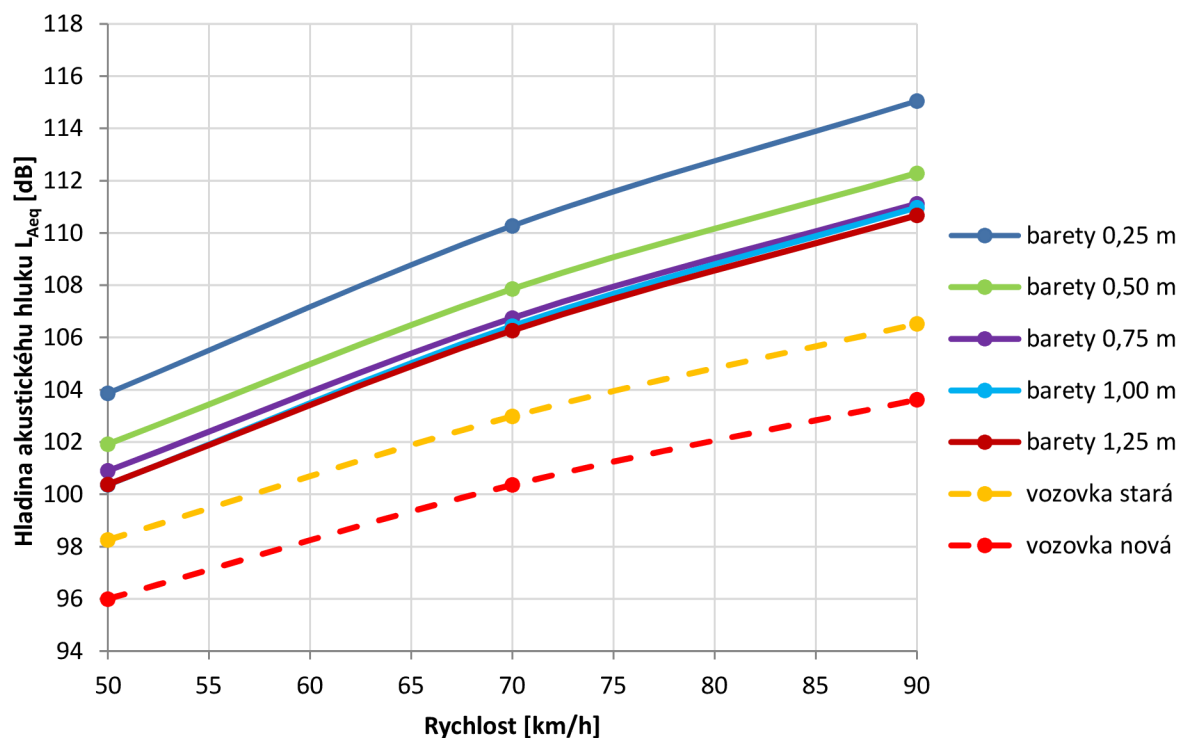
Graf 24: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek

Z předchozího grafu je vidět, že hladiny akustického tlaku pro starou vozovku vykazuje vyšší hodnoty než pro novou vozovku. Rozdíl mezi hodnotami hladin akustického tlaku jsou cca 2 dB. Tento rozdíl v hodnotách je zapříčiněn poruchami vozovky staré, jako například trhlinami, a tím dojde ke zkreslení výsledků konečného efektu VDZ.

V následující tabulce a grafu jsou shrnuty celkové průměry hladin akustického tlaku druhého měření pro všechny vzorky barety a vozovky vypočtené pomocí rovnice logaritmické křivky.

Tabulka 29: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Výsledné hodnoty hladiny hluku							
	Úsek/barety					Vozovky	
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	103,87	101,92	100,90	100,36	100,37	98,25	96,00
70	110,27	107,86	106,75	106,44	106,27	102,99	100,36
90	115,05	112,29	111,12	110,98	110,67	106,52	103,62



Graf 25: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Z výsledků znázorněných v předchozím grafu je vidět, že nárůst hladiny akustického tlaku je s rychlostí přibližně stejný. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou hladiny akustického tlaku produkovanou při rychlosti 50 km/h vzorkem s roztečí baret 0,25 m a nejnižší hodnotou, kterou vznikne pro pojezdu vzorku s roztečí baret 1,25 m je přibližně 3 dB. Rozdíl mezi těmito vzorky je při rychlosti 50 km/h cca 3 dB a při rychlosti 90 km/h cca 4 dB. Z výsledných hodnot je také patrná vyšší hodnota hladiny akustického tlaku pro starou vozovku oproti nové vozovce.

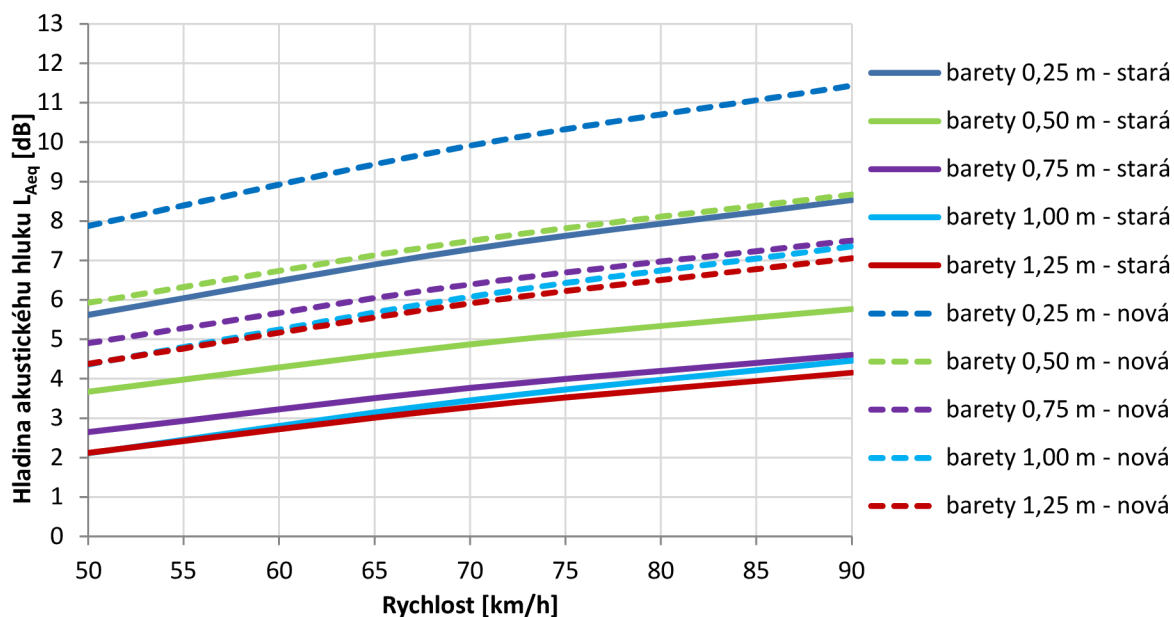
Výsledný rozdíl hladiny akustického tlaku při pojezdu vzorku VDZ a vozovky nazýváme efekt VDZ. V následujících tabulkách a grafu jsou zaznamenány hodnoty hladiny akustického tlaku pro vozovku starou a vozovku novou.

Tabulka 30: Efekt VDZ na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	5,62	3,67	2,65	2,11	2,12
70	7,29	4,87	3,77	3,45	3,28
90	8,53	5,77	4,60	4,46	4,15

Tabulka 31: Efekt VDZ na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	7,87	5,92	4,90	4,36	4,38
70	9,91	7,50	6,39	6,08	5,91
90	11,43	8,67	7,50	7,36	7,06

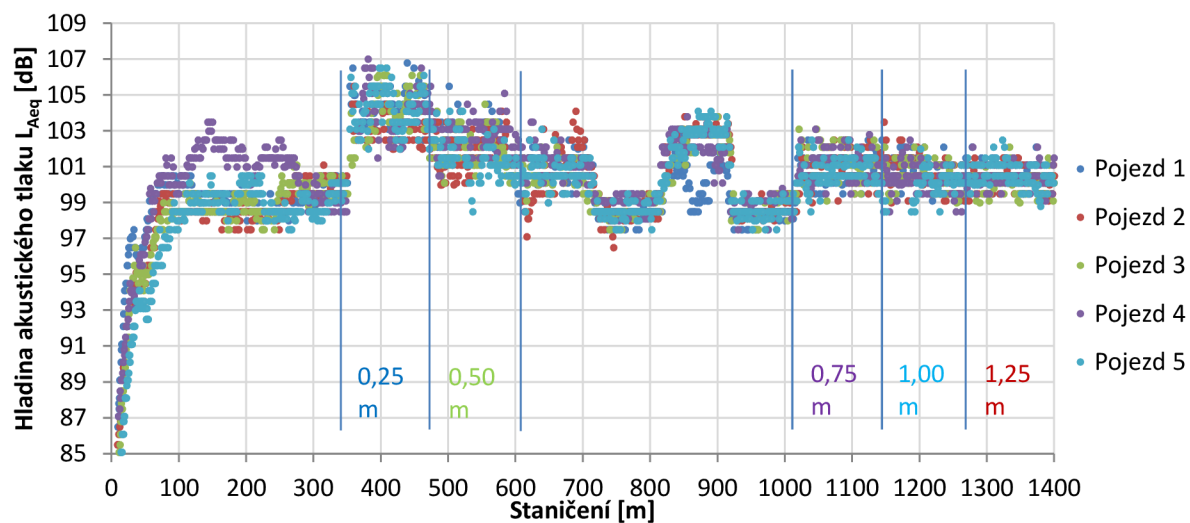


Graf 26: Efekt VDZ

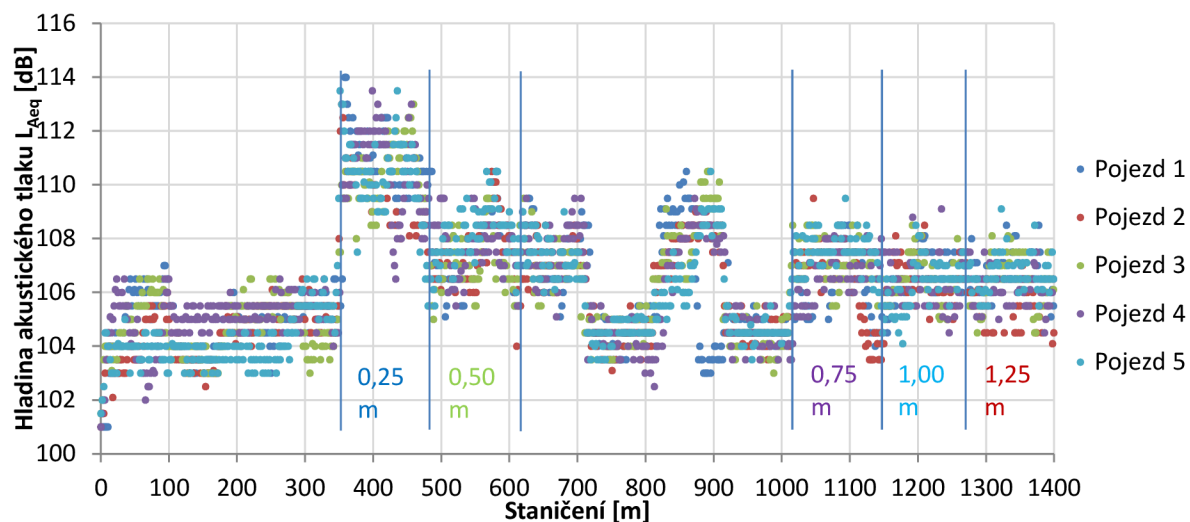
Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret po 0,25 m, který se pohybuje na staré vozovce od 6 dB do 9 dB a na nové vozovce od 8 dB do 11 dB. Nejnižší efekt měli vzorky s roztečí baret 0,75 m, 1,00 m a 1,25 m, jejichž hodnoty se pohybují od 3 dB do 5 dB u staré vozovky a od 5 dB do 7 dB u nové vozovky.

Z předchozího grafu lze zjistit, že v porovnání vozovek je výsledný efekt VDZ mnohem zřetelnější na nové vozovce oproti staré vozovce. Toto je zapříčiněno tím, že nová vozovka je bez poruch a je výrazně tišší než stará vozovka. Všechny vzorky mají podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí. Maximální rozdíl mezi hodnotami výsledného efektu je při rychlosti 50 km/h cca 3 dB a při rychlosti 90 km/h cca 4 dB. Tyto výsledné hodnoty jsou podobné na obou měřených vozovkách. Z grafu je také patrné, že efekt všech vzorků na nové vozovce je vyšší než téměř všechny vzorky na staré vozovce, kromě vzorku s roztečí baret 0,25 m. Tento vzorek má podobný průběh jako vzorek s roztečí baret 0,50 m na nové vozovce.

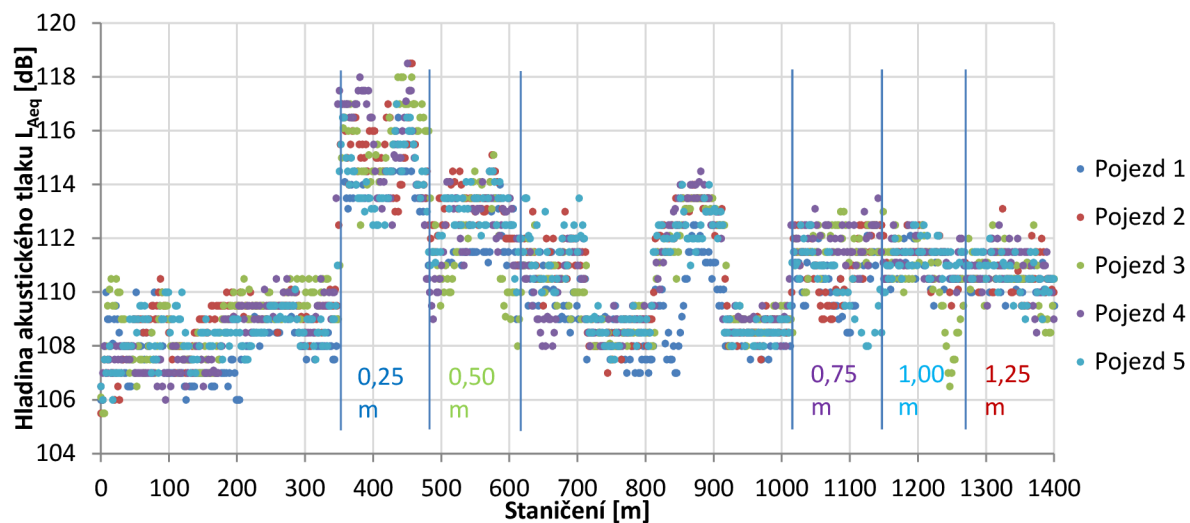
V následujících grafech jsou vyneseny hladiny akustického tlaku VDZ v závislosti na staničení úseku. Každý graf je pro jednotlivou rychlost a dále je tam naznačení rozmístění vzorků podle staničení měřeného úseku. Z grafů je patrná hladina akustického tlaku VDZ při pojezdu průměrnou rychlostí. Jak bylo zmíněno u efektu VDZ, tak největší hodnotu hladiny akustického tlaku zaznamenal vzorek s roztečí baret 0,25 m a se zvětšující se roztečí baret se hladina akustického tlaku snižuje.



Graf 27: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (50 km/h)



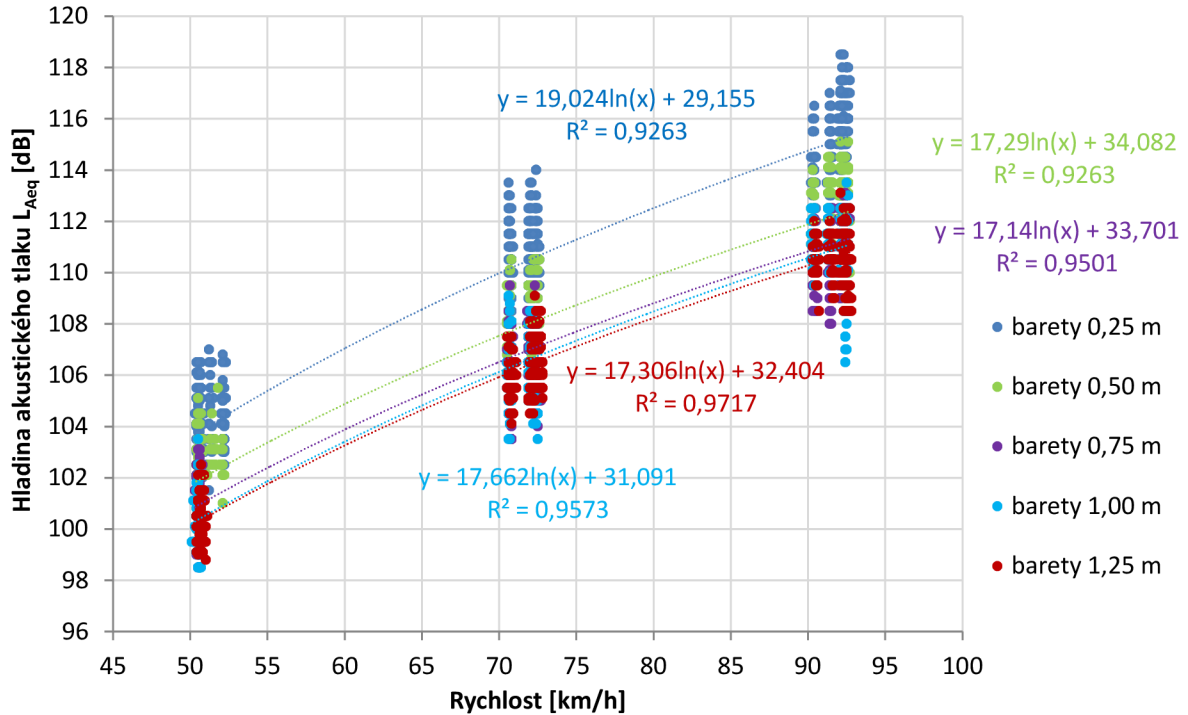
Graf 28: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (70 km/h)



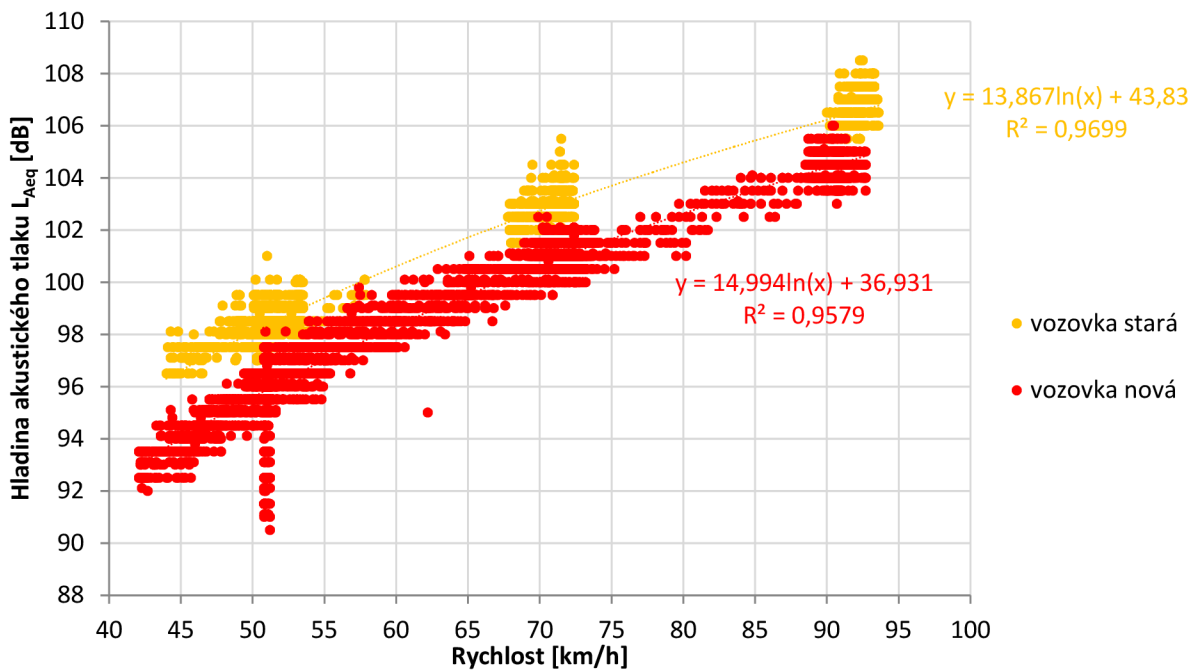
Graf 29: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (90 km/h)

6.7.2 Metoda 2

V následujícím grafu jsou zaznamenány naměřené hodnoty hladin akustického tlaku druhého měření pro jednotlivé vzorky VDZ a vozovky. V této metodě není počítáno s průměrnou referenční rychlostí (tj. 50 km/h, 70 km/h a 90 km/h) jako u předchozí metody, ale s takovou při jaké byla změřena příslušná hladina akustického tlaku.



Graf 30: Hodnoty L_{Aeq} vzorků VDZ



Graf 31: Hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek

Z předchozího grafu vzorků VDZ lze vidět, že rychlost naměřených vzorků se pohybuje přibližně okolo našich referenčních rychlostí. Nejnižších hodnot hladin akustického tlaku dosahuje vzorek s roztečí

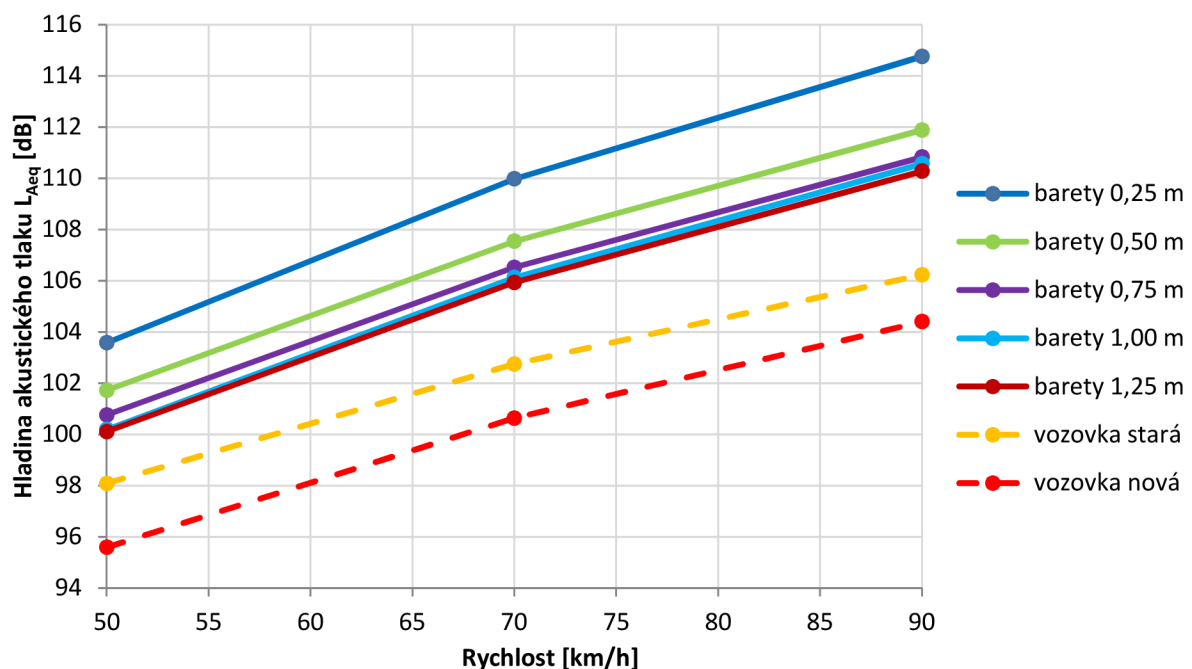
baret 1,25 m. Vzorky s roztečí baret 0,75 m a 1,00 m jsou svým průběhem a hodnotami velmi blízké vzorku s roztečí baret 1,25 m. Nejvyšší hladinu akustického tlaku má vzorek s roztečí baret 0,25 m. Průběh křivek pro jednotlivé vzorky VDZ je přibližně stejný.

Z grafu, ve kterém jsou vyneseny hladiny akustického tlaku pro vozovky a jejich příslušné rychlosti je patrný velký rozptyl rychlostí. Tento rozptyl rychlostí mohl být způsoben omezením jízdy což způsobilo změnu rychlosti. Nárůst křivek u obou vzorků vozovek je podobný a stejně jako u předchozí metody je výsledná hodnota hladiny akustického tlaku vyšší u staré vozovky.

V následující tabulce a grafu jsou zaznamenány vypočtené hodnoty hladin akustického tlaku pro vzorky VDZ a vozovky zjištěné pomocí rovnic křivek.

Tabulka 32: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Výsledné hodnoty hladiny hluku							
Úsek/barety						Vozovky	
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	103,58	101,72	100,75	100,19	100,11	98,08	95,59
70	109,98	107,54	106,52	106,13	105,93	102,74	100,63
90	114,76	111,88	110,83	110,57	110,28	106,23	104,40



Graf 32: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku

Z výsledků znázorněných v předchozím grafu lze vidět, že nárůst hladiny akustického tlaku je s rychlostí přibližně konstantní. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou hladiny akustického tlaku produkovanou při rychlosti 50 km/h vzorkem s roztečí baret 0,25 m a nejnižší hodnotou, kterou vznikne pro pojezdu vzorku s roztečí baret 1,25 m je přibližně 3 dB. Rozdíl mezi těmito vzorky při rychlosti 90 km/h je cca 5 dB.

U výsledných hodnot měřených vozovek má stará vozovka hladinu akustického tlaku přibližně o 2 dB vyšší při rychlosti 50 km/h než vozovka nová. Při rychlosti 90 m/h je tento rozdíl také přibližně 2 dB.

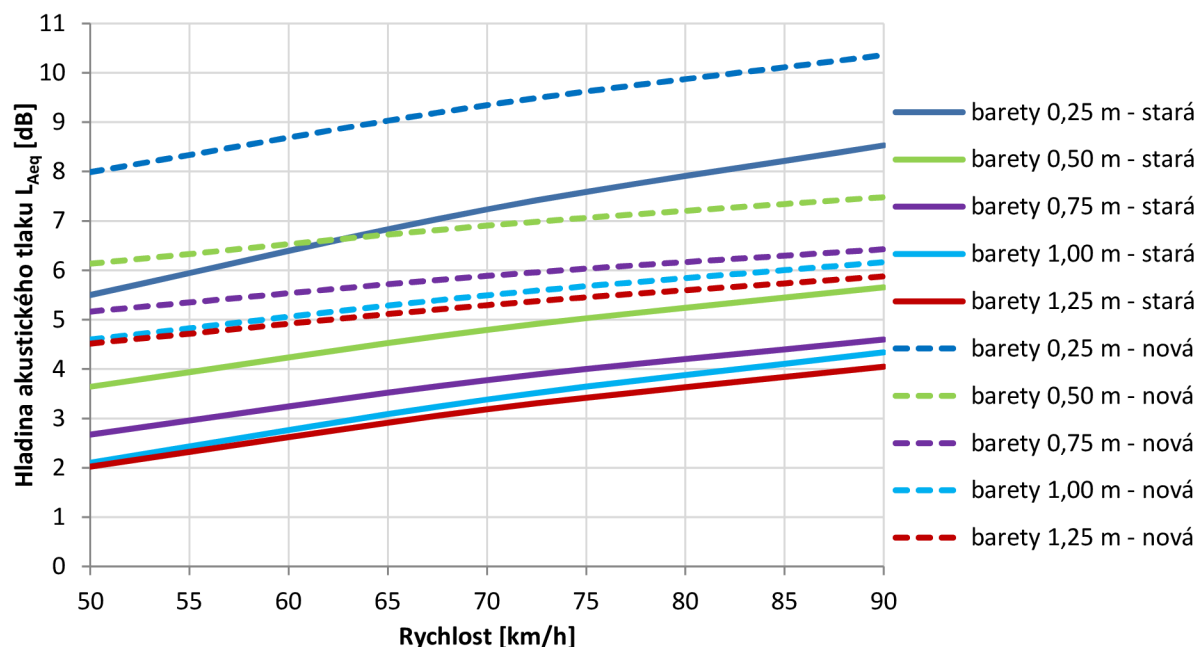
Výsledný efekt VDZ vypočítaný jako rozdíl hodnot při pojezdu vzorků VDZ a vozovky je znázorněn v následujících tabulkách. Tyto hodnoty v tabulkách jsou dále vyneseny do grafu.

Tabulka 33: Efekt VDZ na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce					
	Úsek/barety				
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	5,50	3,64	2,68	2,11	2,03
70	7,23	4,79	3,78	3,38	3,18
90	8,53	5,65	4,60	4,34	4,05

Tabulka 34: Efekt VDZ na nové vozovce

Efekt VDZ na nové vozovce					
	Úsek/barety				
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	7,99	6,13	5,17	4,60	4,52
70	9,35	6,91	5,89	5,49	5,30
90	10,36	7,48	6,43	6,17	5,88



Graf 33: Efekt VDZ

Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret po 0,25 m, který se pohybuje na staré vozovce od 6 dB do 9 dB a na nové vozovce od 8 dB do 10 dB. Nejnižší efekt měl vzorek s roztečí baret 1,25 m, jehož hodnoty se pohybují od 2 dB do 4 dB u staré vozovky a od 5 dB do 6 dB u nové vozovky.

Z předchozího grafu lze zjistit, že v porovnání vozovek je výsledný efekt VDZ mnohem zřetelnější na nové vozovce oproti staré vozovce. Je to zapříčiněno tím, že nová vozovka je bez poruch a je výrazně tišší než stará vozovka. Všechny vzorky mají podobný průběh hladiny akustického tlaku u všech rychlostí. Maximální rozdíl mezi hodnotami výsledného efektu je při rychlosti 50 km/h cca 4 dB a při rychlosti 90 km/h cca 5 dB. Tyto výsledné hodnoty jsou podobné na obou měřených vozovkách. Z grafu je také patrné, že efekt všech vzorků na nové vozovce je vyšší než téměř všechny vzorky na staré vozovce, kromě vzorku s roztečí baret 0,25 m.

6.7.3 Porovnání metod

Následující tabulky zobrazují porovnání dvou metod vyhodnocení měření. Rozdíly mezi hodnotami jednotlivých metod je vyjádřen pomocí absolutní hodnoty.

Tabulka 35: Porovnání výsledných hodnot L_{Aeq}

Výsledné hodnoty hladiny hluku - porovnání metod								
Rychlost [km/h]	Metoda	Úsek/barety					Vozovky	
		0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	1	103,87	101,92	100,90	100,36	100,37	98,25	96,00
50	2	103,58	101,72	100,75	100,19	100,11	98,08	95,59
50	Rozdíl	0,29	0,20	0,15	0,17	0,27	0,17	0,41
70	1	110,27	107,86	106,75	106,44	106,27	102,99	100,36
70	2	109,98	107,54	106,52	106,13	105,93	102,74	100,63
70	Rozdíl	0,29	0,32	0,23	0,31	0,34	0,24	0,27
90	1	115,05	112,29	111,12	110,98	110,67	106,52	103,62
90	2	114,76	111,88	110,83	110,57	110,28	106,23	104,40
90	Rozdíl	0,29	0,41	0,30	0,41	0,40	0,29	0,78

V předchozí tabulce jsou zaznamenány hodnoty hladin akustického tlaku jednotlivých metod, které byly zjištěny pomocí rovnic křivek. Podle absolutních hodnot je patrné, že rozdíly hladin akustického tlaku zjišťovaných dvěma metodami se pohybují v řádech desetin decibelů.

Tabulka 36: Porovnání efektů na staré vozovce

Efekt VDZ na staré vozovce - porovnání metod						
	Úsek/barety					
Rychlost [km/h]	Metoda	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	1	5,62	3,67	2,65	2,11	2,12
50	2	5,50	3,64	2,68	2,11	2,03
50	Rozdíl	0,12	0,03	0,03	0,00	0,09
70	1	7,29	4,87	3,77	3,45	3,28
70	2	7,23	4,79	3,78	3,38	3,18
70	Rozdíl	0,05	0,08	0,01	0,07	0,10
90	1	8,53	5,77	4,60	4,46	4,15
90	2	8,53	5,65	4,60	4,34	4,05
90	Rozdíl	0,00	0,11	0,00	0,12	0,10

Tabulka 37: Porovnání efektů na nové vozovce

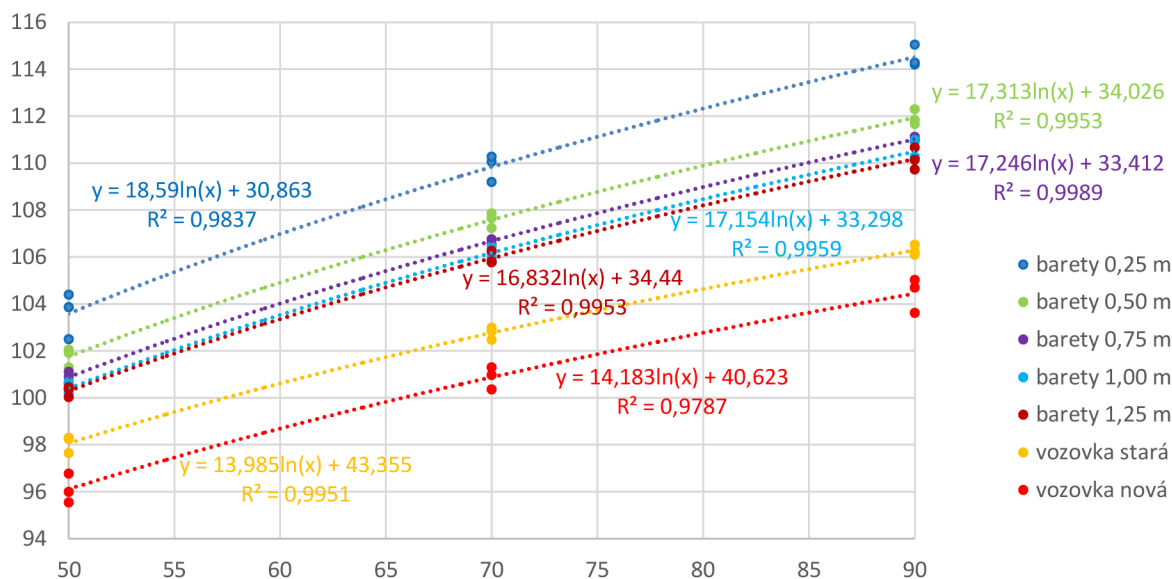
Efekt VDZ na nové vozovce - porovnání metod						
	Úsek/barety					
Rychlost [km/h]	Metoda	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	1	7,87	5,92	4,90	4,36	4,38
50	2	7,99	6,13	5,17	4,60	4,52
50	Rozdíl	0,11	0,21	0,26	0,23	0,14
70	1	9,91	7,50	6,39	6,08	5,91
70	2	9,35	6,91	5,89	5,49	5,30
70	Rozdíl	0,57	0,59	0,50	0,58	0,61
90	1	11,43	8,67	7,50	7,36	7,06
90	2	10,36	7,48	6,43	6,17	5,88
90	Rozdíl	1,07	1,19	1,08	1,19	1,18

V předchozích dvou tabulkách jsou zobrazeny absolutní rozdíly efektů na dvou měřených vozovkách. Většina hodnot je v řádech desetin decibelů, jen při rychlosti 90 km/h na nové vozovce rozdíly přesahují jeden decibel.

6.8 Shrnutí výsledků

6.8.1 Metoda 1

Do následujícího grafu jsou vyneseny výsledné hodnoty hladin akustického tlaku ze všech měření zjištěné první metodou. Tyto hodnoty jsou proloženy logaritmickou křivkou, pomocí které jsou spočítány celkové hladiny akustického tlaku pro naše referenční rychlosti.



Graf 34: Celkové hodnoty L_{Aeq}

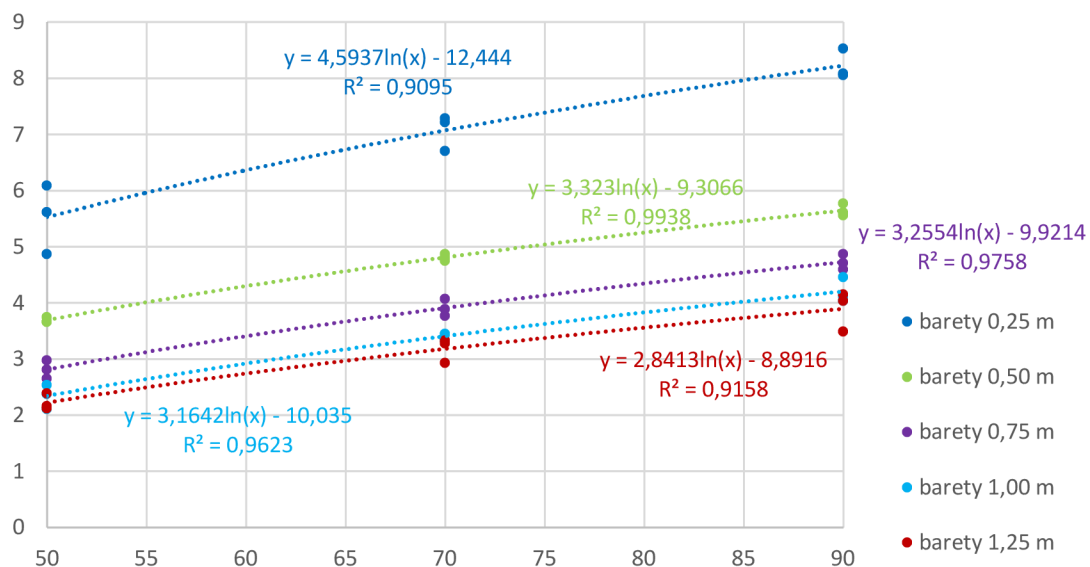
Z grafu je patrné, že výsledné hodnoty jednotlivých měření jsou si velice podobné. Pomocí rovnice logaritmické křivky jsou dopočítány celkové hodnoty, které jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 38: Porovnání efektů na nové vozovce

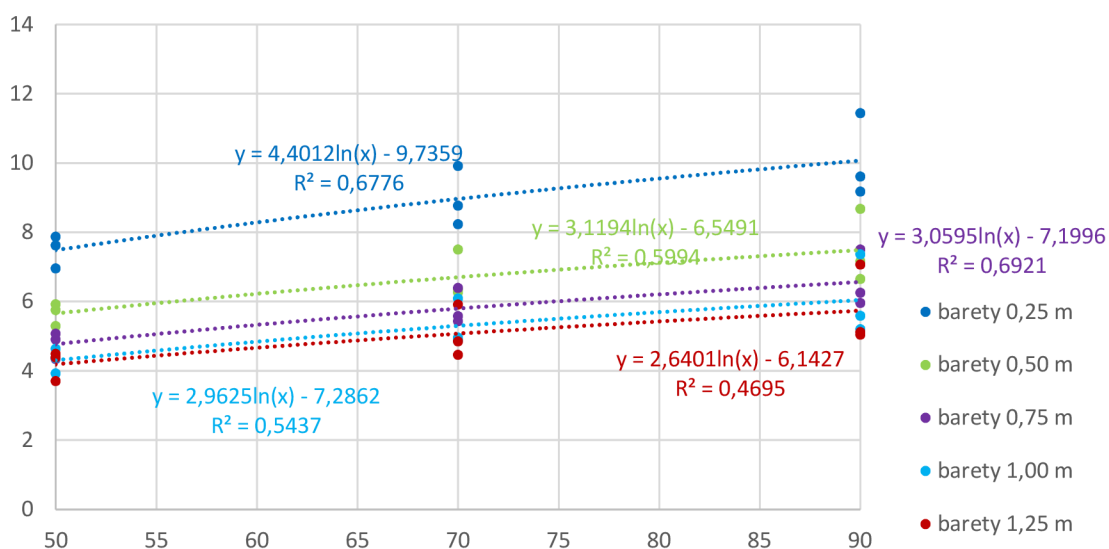
Výsledné hodnoty hladiny hluku							
Rychlost [km/h]	Úsek/barety					Vozovky	
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	103,59	101,75	100,88	100,40	100,29	98,06	96,11
70	109,84	107,58	106,68	106,18	105,95	102,77	100,88
90	114,51	111,93	111,02	110,49	110,18	106,28	104,44

Podle výsledků zobrazených v tabulce je zřejmé, že nejvyšší celkovou hladinu akustického tlaku u všech rychlostí má vzorek s roztečí baret 0,25, jehož hodnoty se pohybují v rozmezí cca 104 dB až 115 dB. Naopak nejnižších hodnot dosahuje vzorek s roztečí baret 1,25 m s hodnotami od cca 100 dB do cca 110 dB. Vzorek s roztečí baret 1,00 m měl přibližně stejné hodnoty jako vzorek s roztečí baret 1,25 m.

Podobně jako celkové hladiny akustického tlaku jsou zpracovány celkové efekty VDZ. V následujících grafech jsou zobrazeny zjištěné efekty VDZ pro jednotlivá měření a tyto hodnoty jsou dále proloženy logaritmickou křivkou. V tabulkách jsou potom zaznamenány celkové efekty VDZ pro starou i novou vozovku.



Graf 35: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku



Graf 36: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku

Tabulka 39: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku

Celkové hodnoty hladiny hluku					
	Úsek/barety				
Rychlost [km/h]	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	5,53	3,69	2,81	2,34	2,22
70	7,07	4,81	3,91	3,41	3,18
90	8,23	5,65	4,73	4,20	3,89

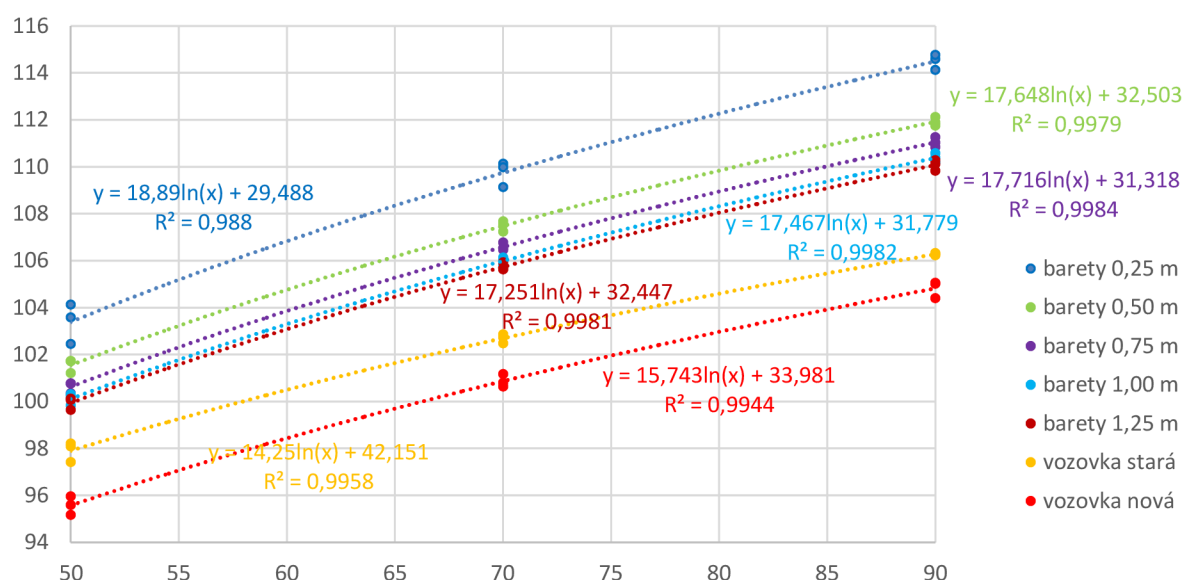
Tabulka 40: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku

Celkové hodnoty hladiny hluku					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	7,48	5,65	4,77	4,30	4,19
70	8,96	6,70	5,80	5,30	5,07
90	10,07	7,49	6,57	6,04	5,74

Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret 0,25 m, jehož hodnoty se pohybují na staré vozovce od cca 5 dB do cca 8 dB a na nové vozovce od 7 dB do 10 dB. Naopak nejnižšího efektu dosáhly vzorky s roztečí baret 1,00 m a 1,25 m, jejichž hodnoty jsou velmi podobné a pohybují se v rozmezí od 2 dB do 4 dB na staré vozovce a na nové vozovce od 4 dB do 6 dB.

6.8.2 Metoda 2

Do následujícího grafu jsou vyneseny výsledné hodnoty hladin akustického tlaku ze všech měření zjištěné druhou metodou. Tyto hodnoty jsou proloženy logaritmickou křivkou, pomocí které jsou spočítány celkové hladiny akustického tlaku pro naše referenční rychlosti.



Graf 37: Celkové hodnoty L_{Aeq}

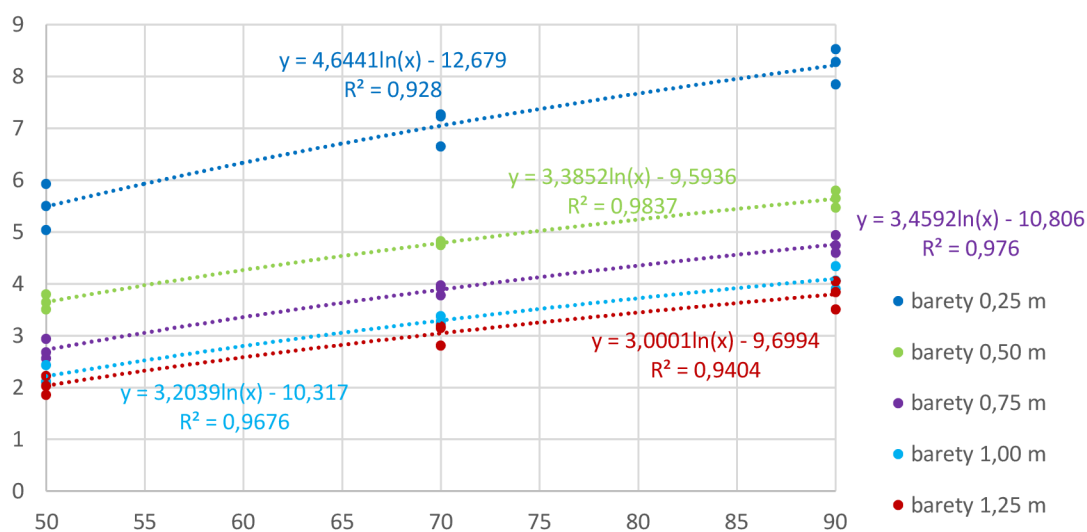
Z grafu je patrné, že výsledné hodnoty jednotlivých měření jsou si velice podobné. Pomocí rovnice logaritmické křivky jsou dopočítány celkové hodnoty, které jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 41: Porovnání efektů na nové vozovce

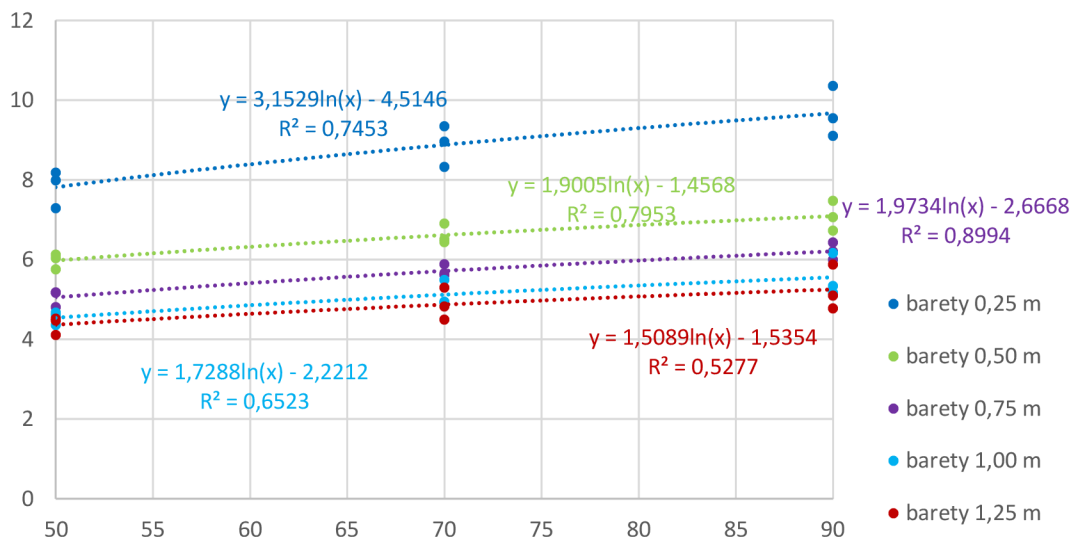
Výsledné hodnoty hladiny hluku							
Rychlost [km/h]	Úsek/barety					Vozovky	
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m	vozovka stará	vozovka nová
50	103,39	101,54	100,62	100,11	99,93	97,90	95,57
70	109,74	107,48	106,58	105,99	105,74	102,69	100,87
90	114,49	111,92	111,04	110,38	110,07	106,27	104,82

Podle výsledků zobrazených v tabulce je zřejmé, že nejvyšší celkovou hladinu akustického tlaku u všech rychlostí má vzorek s roztečí baret 0,25, jehož hodnoty se pohybují v rozmezí cca 104 dB až 115 dB. Naopak nejnižších hodnot dosahuje vzorek s roztečí baret 1,25 m s hodnotami od cca 100 dB do cca 110 dB. Vzorek s roztečí baret 1,00 m měl přibližně stejné hodnoty jako vzorek s roztečí baret 1,25 m.

Podobně jako celkové hladiny akustického tlaku jsou zpracovány celkové efekty VDZ. V následujících grafech jsou zobrazeny zjištěné efekty VDZ pro jednotlivá měření a tyto hodnoty jsou dále proloženy logaritmickou křivkou. V tabulkách jsou potom zaznamenány celkové efekty VDZ pro starou i novou vozovku.



Graf 38: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku



Graf 39: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku

Tabulka 42: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku

Celkové hodnoty hladiny hluku					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	5,49	3,65	2,73	2,22	2,04
70	7,05	4,79	3,89	3,29	3,05
90	8,22	5,64	4,76	4,10	3,80

Tabulka 43: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku

Celkové hodnoty hladiny hluku					
Rychlost [km/h]	Úsek/barety				
	0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m	1,25 m
50	7,82	5,98	5,05	4,54	4,19
70	8,88	6,62	5,72	5,12	5,07
90	9,67	7,10	6,21	5,56	5,74

Z výsledků je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret 0,25 m, jehož hodnoty se pohybují na staré vozovce od cca 5 dB do cca 8 dB a na nové vozovce od 7 dB do 10 dB. Naopak nejnižšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret 1,25 m s hodnotami v rozmezí od 2 dB do 4 dB na staré vozovce a na nové vozovce od 4 dB do 6 dB. U vzorku s roztečí baret 1,00 m je celková hladina akustického tlaku při rychlosti 90 km/h nižší než u vzorku s roztečí baret 1,25 m.

6.9 Ekonomické posouzení

Pro lepší zhodnocení akustického efektu bylo provedeno doplňující ekonomické posouzení. Toto posouzení se zabývalo vyjádřením ceny vzorku pomocí teoretické jednotky ceny na plochu a decibel, tj. kolik stojí každý decibel hluku. Posouzení bylo provedeno pro efekt VDZ, na staré i nové vozovce a pro všechny rychlosti, zjištěný druhou metodou vyhodnocení.

Výchozím vzorkem byl vzorek s roztečí baret 1,25 m a s tímto vzorkem budou porovnány zbylé vzorky. Pro výpočet hodnot byl použitý následující vzorec, kde pomocí podílu ceny a efektu zjistíme výhodnost daného vzorku.

$$\frac{\text{cena}(x) - \text{cena}(1,25)}{\text{efekt}(x) - \text{efekt}(1,25)}$$

Cena vzorku byla stanovena od potřebného množství hmoty na provedení značení a následného vynásobení cenou, která činí 58 Kč/kg. Potřebné množství hmoty bylo určeno z výchozího množství stanoveného ze vzorku s roztečí baret 0,75 m, které se skládá z 2,5 kg/m² na strukturované značení a 0,7 kg/m² množství potřebného na barety. Množství hmoty potřebné na barety ostatních vzorků bylo dopočítáno podle následujícího vzorce.

$$x = \frac{0,75 * 0,7}{\text{rozteč baret}(y)}$$

Celkové ceny jsou zaznamenány v tabulce 44. Efekt byl vyhodnocen dříve a jeho hodnoty jsou shrnuty v tabulce 45. Výsledné hodnoty pro posouzení jsou v tabulce 46.

Tabulka 44: Ceny VDZ

Barety	Celkové množství [kg/m ²]	Celková cena [Kč/m ²]
0,25	4,60	266,8
0,50	3,55	205,9
0,75	3,20	185,6
1,00	3,03	175,5
1,25	2,92	169,4

V předchozí tabulce jsou zobrazeny vypočítané ceny vzorků i celkové použité množství hmoty na VDZ. Nejnížší cenu zaplatíme za vzorek s roztečí baret 1,25 m, naopak nejvyšší za vzorek s roztečí baret 0,25 m.

Tabulka 45: Hodnoty efektů VDZ pro výpočet

Barety	Stará vozovka - efekt [dB]			Nová vozovka - efekt [dB]		
	50 km/h	70 km/h	90 km/h	50 km/h	70 km/h	90 km/h
0,25	5,49	7,05	8,22	7,82	8,88	9,67
0,50	3,65	4,79	5,64	5,98	6,62	7,10
0,75	2,73	3,89	4,76	5,05	5,72	6,21
1,00	2,22	3,29	4,10	4,54	5,12	5,56
1,25	2,04	3,05	3,80	4,19	5,07	5,74

Tabulka 46: Ekonomické posouzení pro jednotlivá měření

Barety	Celková cena [Kč/m ²]	Stará vozovka - cena [Kč/dB.m ²]			Nová vozovka - cena [Kč/dB.m ²]		
		50 km/h	70 km/h	90 km/h	50 km/h	70 km/h	90 km/h
0,25	266,8	28	24	22	27	26	25
0,50	205,9	23	21	20	20	24	27
0,75	185,6	23	19	17	19	25	34
1,00	175,5	34	25	20	17	122	0
1,25	169,4	0	0	0	0	0	0

Z posouzení finanční nákladů jednotlivých vzorků vzhledem k akustickému efektu vzorku vyplývá, že oproti nulové variantě, barety s roztečí 1,25 m, se nejvýhodněji pohybují vzorky s roztečí baret 0,50 m a 0,75 m, které mají nejlepší poměr Kč za 1 dB na m². Velmi finančně neefektivní je rozteč baret 1,00 m, které v porovnání s nulovou variantou pro rychlost 50 km/h, vycházejí vůbec nejdráže z důvodů minimálních rozdílů mezi akustickými efekty, s vyššími rychlostmi již jejich efektivita stoupá.

7 Závěr

Vodorovné dopravní značení je klíčovým prvkem silniční bezpečnosti. Řidiče navádí, informuje a vymezuje prostor, což řidiči pomáhá při usměrnění jízdy. V dnešní době se využívá nejen jeho primární funkce, tj. vodící, ale také sekundární funkce, kterou je zvučící a vibrační efekt. Tento efekt se dostavuje při přejetí vodorovného značení vozidlem a je klíčový zejména na komunikacích vyšších tříd s širokou krajnicí a slouží k upozornění řidiče na vybočení z dráhy jízdního pruhu. V technických předpisech je zmíněno, že tento zvučící efekt u vodorovného značení existuje, avšak není zmíněno, jak ho měřit a vyhodnocovat.

Cílem diplomové práce bylo ověření akustických vlastností vodorovného dopravního značení v reálných podmínkách pojezdy vozidlem a vyhodnocování vlivu různého rozmístění příčných baret na akustický efekt při různých rychlostech přejetí. Měření bylo prováděno vlastní metodou, která je kombinací certifikované metody CPX a OBSI. Cíle práce se částečně shodují se zadáním výzkumného projektu Technologické agentury České republiky TA04030998 Optimalizace profilovaného vodorovného dopravního značení pro zvýšení bezpečnosti, který je na Vysokém učení technickém v Brně řešen.

Měření probíhalo na komunikaci I/53 u Pohořelic od staničení km 36,100 - km 37,500. Byly měřeny dva typy vozovek a pět vzorků s rozdílnou vzdáleností baret (od rozteče 0,25 m po rozteč 1,25 m).

Při vyhodnocování byly použity dvě metody vyhodnocení. V první metodě byly do grafu vyneseny průměrné hodnoty hladin akustického tlaku pro jednotlivé měření a referenční rychlosti. V druhé metodě byly vynášeny všechny naměřené hladiny akustického tlaku a jim příslušné rychlosti. U obou metod byly vyneseny body proloženy logaritmickou křivkou. Pomocí rovnice této křivky se dopočítaly výsledné hladiny akustického tlaku pro jednotlivé rychlosti. Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku (vzorek VDZ a vozovka) byly v příslušných referenčních rychlostech porovnány a z jejich rozdílu byl určen efekt VDZ.

Způsob vyhodnocování hodnot druhou metodou je dle mého názoru přesnější, protože zohledňuje všechny naměřené hladiny akustického tlaku a jim příslušné rychlosti. U první metody může vzniknout chyba z důvodu rozptylu rychlostí, ovšem podle porovnání výsledků jednotlivých měření lze použít každou metodu, protože všechny rozdíly mezi hodnotami jsou cca 1 dB. Minimalizace chyb byla zajištěna použitím tempomatu po celou dobu měření, a tím byla lépe udržována konstantní rychlost blízká referenční rychlosti.

Celkové hodnoty hladin akustického tlaku i celkového efektu VDZ byly spočítány pro hodnoty všech tří měření zjištěné první i druhou metodou vyhodnocení. Podle výsledků uvedených výše je patrné, že největší celkovou hladinu akustického tlaku u první metody měl vzorek s roztečí baret 0,25 m, jehož hodnoty se pohybují v rozmezí cca 104 dB až 115 dB. Naopak nejnižších hodnot dosahoval vzorek s roztečí baret 1,25 m s hodnotami od cca 100 dB do cca 110 dB. Vzorek s roztečí baret 1,00 m měl přibližně stejné hodnoty jako vzorek s roztečí baret 1,25 m.

V porovnání vozovek měla vyšší hladinu akustického tlaku vozovka stará, jejíž hodnoty jsou od 98 dB do 106 dB, u vozovky nové jsou tyto hodnoty přibližně o 2 dB nižší.

Z výsledků celkového efektu u první metody je patrné, že nejlepšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret 0,25 m, jehož hodnoty se pohybují na staré vozovce od cca 5 dB do cca 8 dB a na nové vozovce

od 7 dB do 10 dB. Naopak nejnižšího efektu dosáhly vzorky s roztečí baret 1,00 m a 1,25 m, jejichž hodnoty jsou velmi podobné a pohybují se v rozmezí od 2 dB do 4 dB na staré vozovce a na nové vozovce od 4 dB do 6 dB. Z výsledků zjištěných pomocí druhé metody je zřejmé, že hodnoty celkové hladiny akustického tlaku i celkového efektu VDZ jsou velmi podobné.

Nejvyšší celkovou hladinu akustického tlaku u všech rychlostí má vzorek s roztečí baret 0,25 m, jehož hodnoty se pohybují v rozmezí cca 104 dB až 115 dB. Naopak nejnižších hodnot dosahuje vzorek s roztečí baret 1,25 m s hodnotami od cca 100 dB do cca 110 dB. Vzorek s roztečí baret 1,00 m měl přibližně stejné hodnoty jako vzorek s roztečí baret 1,25 m. U celkového efektu VDZ dosáhl nejvyšších hodnot vzorek s roztečí baret 0,25 m, jehož hodnoty se pohybují na staré vozovce od cca 5 dB do cca 8 dB a na nové vozovce od 7 dB do 10 dB. Naopak nejnižšího efektu dosáhl vzorek s roztečí baret 1,25 m s hodnotami v rozmezí od 2 dB do 4 dB na staré vozovce a na nové vozovce od 4 dB do 6 dB.

Měřením byl ověřen předpoklad, že hodnoty efektu VDZ i absolutní hladiny akustického tlaku závisí na vzájemné vzdálenosti baret. U větších vzdáleností baret se již hladiny akustického tlaku výrazně neliší, jak bylo patrné z výsledků. Se zmenšující se vzdáleností baret, výsledné hodnoty rostou a mají tak větší účinek na řidiče.

Nicméně je nutné podotknout, že pojíždění vzorku v rámci měření se úplně neshoduje s reálným najetím vozidla na vzorek, kdy bude nájezd vozidlem na vzorek v reálných podmínkách proveden pod ostrým úhlem. Ale i při uvažování pojezdu pod úhlem se dá předpokládat, že menší vzdálenost baret bude mít na řidiče lepší efekt, vzhledem k tomu, že je pravděpodobný pojezd více baret u vzorku s menší roztečí než u vzorku s větší roztečí.

Z posouzení finanční nákladů jednotlivých vzorků vzhledem k akustickému efektu vzorku vyplývá, že oproti nulové variantě, baret s roztečí 1,25 m, se nejvýhodněji pohybují vzorky s roztečí baret 0,50 m a 0,75 m, které mají nejlepší poměr Kč za 1 dB na m². Velmi finančně neefektivní je rozteč baret 1,00 m, které v porovnání s nulovou variantou pro rychlost 50 km/h, vycházejí vůbec nejdráže z důvodů minimálních rozdílů mezi akustickými efekty, s vyššími rychlostmi již jejich efektivita stoupá.

Zdroje

- [1] VÁGNEROVÁ, Monika. *PŘÍRUČKA PRO ZAČÁTEČNÍKY: ZÁKLADY AKUSTIKY*. Praha, 2013. Dostupné také z: <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>
- [2] Limity. *Hluk & Emise*. [online]. [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/limity/>
- [3] Valentin, Jan a Mondschein, Petr. Snižování hluku možnými úpravami obrusné vrstvy vozovky. *SILNICE ŽELEZNICE*. [online]. 7. prosince 2010 [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizovani-hluku-moznymi-upravami-obrusne-vrstvy-vozovky/>
- [4] Environmentální fyzika. *Ústav fyziky a materiálového inženýrství*. [online]. [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf
- [5] Bernhard, Robert a Roger, L Wayson. *An Introduction to Tire/Pavement Noise of Asphalt Pavement*. [online]. [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: http://www.asphaltroads.org/assets/_control/content/files/anintroductiontotire-pavementnoiseofasphaltpavement.pdf
- [6] Ing. Gottvaldová Jana. Automobilový hluk. *SILNICE ŽELEZNICE*. [online]. 26.8.2011 [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>
- [7] Křivánek Vítězslav. *Hluk z dopravy, snižování hlukové zátěže ze silniční dopravy*. [prezentace Powerpoint] Brno : Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2013.
- [8] Annette GAIL, Wolfram BARTOLOMAEUS, Marek ZÖLLER. *Influence of surface textures of road markings on tyre/road marking noise* [online]. 2014. [cit. 2016-07-10].
- [9] Prof. Ing. Smutný Jaroslav Ph.D., Prof. Ing. Pazdera Luboš CSc., Ing. Gottvaldová Jana. Hluk na styku pneumatika – vozovka. *SILNICE ŽELEZNICE*. [online]. 18.1.2012 [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/hluk-na-styku-pneumatika-vozovka/>
- [10] ISO/CD 11819-2. *Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method*. [pdf] 2007.
- [11] Manfred Haider. *NOISE CLASSIFICATION METHODS FOR URBAN ROAD SURFACES* [online]. 03.02.2006. [cit. 2016-07-10].
- [12] Křivánek, Vítězslav. *Problematika hlučnosti povrchů vozovek*. [Online] 19. březen 2010. [Citace: 12. leden 2014.] <<http://www.cdv.cz/file/seminar-skanska-problematikahlucnosti/>>.
- [13] Silniční vývoj – ZDZ spol. s r.o., a Ing. Tereza Kalábová, Ing. Irena Šašinková, CSc. MINISTERSTVO DOPRAVY, ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ. *Zásady pro provádění a zkoušení vodorovného dopravního značení na pozemních komunikacích.: Technické podmínky*. Brno, 2013, 23 s.

- [14] Ing. Antonín Seidl. MINISTERSTVO DOPRAVY, ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ. *ZÁSADY PRO VODOROVNÉ DOPRAVNÍ ZNAČENÍ NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH: Technické podmínky*. 2012, 84 s.
- [15] Road surface marking. *Wikipedia: the free encyclopedia*. [online]. 2001- [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Road_surface_marking
- [16] Luc GOUBERT, Philippe DEBROUX. *Assessing the acoustic properties of audio-tactile road markings* [online]. 2014. [cit. 2016-07-10]
- [17] Mikrospánek, únava a ospalost za volantem. *mikrospanek.cz*. [online]. [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://mikrospanek.cz/mikrospanek-unava-a-ospalost-za-volantem>
- [18] Bob Carnaby. *Road Marking – High Priority Road Safety, or Just Road Maintenance?* [online]. November 2004. [cit. 2016-07-13].
- [19] KLOUBEK, David. *INFORMACE O TECHNOLOGIÍCH VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ: Základní informace o vodorovném dopravním značení*. Uherské Hradiště. [cit. 2016-010-18].
- [20] Reflexná balotina. *Balotina.sk*. [online]. 18.10.2016 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <http://www.balotina.sk/index.php?page=reflexna-balotina>
- [21] MESEBERG, Hans-Hubert. *Doplňující technické smluvní podmínky a směrnice pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích*. 2003. [cit. 2016-10-18].
- [22] *ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC: ODBOR SILNIČNÍ DATABANKY A NDIC* [online]. [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: http://geoportal.jsdi.cz/flexviewers/Silnicni_a_dalnicni_sit_CR/
- [23] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [24] ŠAŠINKOVÁ, Irena. *ODBORNÁ ZPRÁVA O POSTUPU PRACÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKÍCH ZA ROK 2015*. Silniční vývoj - ZDZ spol. s.r.o., 2015.
- [25] CARNABY, Bob. *Road Marking - High Priority Road Safety, or Just Road Maintenance?* [online]. Perth, Australia., 2004, , 1-10 [cit. 2016-10-18].
- [26] *Vodorovné dopravní značení* [online]. In: , World Highways, duben 2006, str. 63 – 64 a www.potterseurope.org. [cit. 2016-10-22]. Dostupné z: <http://www.silmos.cz/file.php?id=624>
- [27] *ISenCON* [online]. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: http://www.isemcon.net/shopus/product_info.php?products_id=8
- [28] *National Instruments Corporation* [online]. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://www.ni.com/cs-cz.html>

- [29] *AdMaS: Přenosný vysokorychlostní měřicí systém pro hodnocení stavu povrchů vozovek* [online]. [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: <http://www.admas.eu/vybaveni/konstrukce-dopravni-stavby/prenosny-vysokorychlostni-merici-system-pro-hodnoceni-stavu/>

Seznam obrázků

- Obrázek 1: Pohlcení části vlny dopadem na překážku [1]
Obrázek 2: Sluchové pole [1]
Obrázek 3: Zdroje hluku z automobilu [7]
Obrázek 4: Náraz dezénového bloku [5]
Obrázek 5: Znárodnění sání a pumpování vzduchu [5]
Obrázek 6: Tangenciální pohyb pneumatiky po povrchu vozovky [5]
Obrázek 7: Adheze mezi dezénem a povrchem vozovky [5]
Obrázek 8: Trubkovitý efekt vytvořený pneumatikou [5]
Obrázek 9: Schéma rezonátoru [5]
Obrázek 10: Vibrace kostry pneumatiky [5]
Obrázek 11: Akustická rezonance vzduchu uvnitř pneumatiky [5]
Obrázek 12: Metoda CPX - vozidlo a přívěs [8]
Obrázek 13: Metoda CPX - umístění mikrofonů [11]
Obrázek 14: Schéma metody SPB (A - minimální oblast, která je pokryta materiálem s podobnou pohltivostí jako zkoumaný povrch; B - Oblast s libovolným povrchem (tráva nesmí být příliš vysoká, prohlubně musí být zakryty; C - Oblast, na kterou nejsou kladeny zvláštní požadavky [11] [12]
Obrázek 15: Příklad VDZ typu II s velkými zrny balotiny [13]
Obrázek 16: Příklady strukturálního VDZ typu II [13]
Obrázek 17: Příklady profilovaného VDZ typu II [13]
Obrázek 18: Příklady kombinace profilovaného a strukturálního VDZ typu II [13]
Obrázek 19: Správné a nesprávné uložení [20]
Obrázek 20: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]
Obrázek 21: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]
Obrázek 22: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]
Obrázek 23: Pokládka vodorovného dopravního značení [24]
Obrázek 24: Důležité body pro zaznamenání dat při měření
Obrázek 25: Schéma umístění mikrofonů
Obrázek 26: Fotodokumentace umístění mikrofonů
Obrázek 27: Použitý mikrofon [27]
Obrázek 28: Použitý časovač [28]
Obrázek 29: Měřící vozidlo [29]
Obrázek 30: Schématické znázornění zjištění efektu VDZ
Obrázek 31: Mapa měřeného úseku [22]
Obrázek 32: Mapa měřených vzorků [23]
Obrázek 33: Staničení jednotlivých vzorků
Obrázek 34: Vzorek 1 [24]
Obrázek 35: Vzorek 2 [24]
Obrázek 36: Vzorek 3 [24]
Obrázek 37: Vzorek 4 [24]
Obrázek 38: Vzorek 5 [24]

Seznam tabulek

- Tabulka 1: Základní limity pro venkovní hluk [2]
Tabulka 2: Základní limity pro vnitřní hluk [2]
Tabulka 3: Přehled záruční doby [21]
Tabulka 4: Nedostatky při provádění [13]
Tabulka 5: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ
Tabulka 6: Průměrné hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek
Tabulka 7: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku
Tabulka 8: Efekt VDZ na staré vozovce
Tabulka 9: Efekt VDZ na nové vozovce
Tabulka 10: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku
Tabulka 11: Efekt VDZ na staré vozovce
Tabulka 12: Efekt VDZ na nové vozovce
Tabulka 13: Porovnání výsledných hodnot L_{Aeq}
Tabulka 14: Porovnání efektů na staré vozovce
Tabulka 15: Porovnání efektů na nové vozovce
Tabulka 16: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ
Tabulka 17: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek
Tabulka 18: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku
Tabulka 19: Efekt VDZ na staré vozovce
Tabulka 20: Efekt VDZ na nové vozovce
Tabulka 21: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku
Tabulka 22: Efekt VDZ na staré vozovce
Tabulka 23: Efekt VDZ na nové vozovce
Tabulka 24: Porovnání výsledných hodnot L_{Aeq}
Tabulka 25: Porovnání efektů na staré vozovce
Tabulka 26: Porovnání efektů na nové vozovce
Tabulka 27: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ
Tabulka 28: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek
Tabulka 29: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku
Tabulka 30: Efekt VDZ na staré vozovce
Tabulka 31: Efekt VDZ na nové vozovce
Tabulka 32: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku
Tabulka 33: Efekt VDZ na staré vozovce
Tabulka 34: Efekt VDZ na nové vozovce
Tabulka 35: Porovnání výsledných hodnot L_{Aeq}
Tabulka 36: Porovnání efektů na staré vozovce
Tabulka 37: Porovnání efektů na nové vozovce
Tabulka 38: Porovnání efektů na nové vozovce
Tabulka 39: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku
Tabulka 40: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku
Tabulka 41: Porovnání efektů na nové vozovce
Tabulka 42: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku
Tabulka 43: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku
Tabulka 44: Ceny VDZ

Tabulka 45: Hodnoty efektů VDZ pro výpočet

Tabulka 46: Ekonomické posouzení pro jednotlivá měření

Seznam grafů

- Graf 1: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ*
- Graf 2: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek*
- Graf 3: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku*
- Graf 4: Efekt VDZ*
- Graf 5: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (50 km/h)*
- Graf 6: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (70 km/h)*
- Graf 7: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (90 km/h)*
- Graf 8: Hodnoty L_{Aeq} vzorků VDZ*
- Graf 9: Hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek*
- Graf 10: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku*
- Graf 11: Efekt VDZ*
- Graf 12: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ*
- Graf 13: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek*
- Graf 14: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku*
- Graf 15: Efekt VDZ*
- Graf 16: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (50 km/h)*
- Graf 17: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (70 km/h)*
- Graf 18: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (90 km/h)*
- Graf 19: Hodnoty L_{Aeq} vzorků VDZ*
- Graf 20: Hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek*
- Graf 21: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku*
- Graf 22: Efekt VDZ*
- Graf 23: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku VDZ*
- Graf 24: Průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku vozovek*
- Graf 25: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku*
- Graf 26: Efekt VDZ*
- Graf 27: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (50 km/h)*
- Graf 28: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (70 km/h)*
- Graf 29: Průběh L_{Aeq} v závislosti na staničení (90 km/h)*
- Graf 30: Hodnoty L_{Aeq} vzorků VDZ*
- Graf 31: Hodnoty L_{Aeq} vzorků vozovek*
- Graf 32: Výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku*
- Graf 33: Efekt VDZ*
- Graf 34: Celkové hodnoty L_{Aeq}*
- Graf 35: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku*
- Graf 36: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku*
- Graf 37: Celkové hodnoty L_{Aeq}*
- Graf 38: Celkové hodnoty efektů VDZ pro starou vozovku*
- Graf 39: Celkové hodnoty efektů VDZ pro novou vozovku*