

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Měření vnitřního a vnějšího hluku silničních vozidel

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. František Lachnit, Ph.D.

Autor práce: Jakub Skřivánek

PRAHA 2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Skřivánek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Měření vnitřního a vnějšího hluku silničních vozidel**

Název anglicky

**Measurement of internal and external noise of road vehicles**

---

### Cíle práce

Cílem práce je charakterizovat vliv hluku způsobeného vozidly na člověka a okolí. Uvést legislativní a normativní podmínky v oblasti vnitřního a vnějšího hluku silničních vozidel. Charakterizovat hlavní zdroje hluku silničních vozidel a možnosti snižování. Popsat způsoby měření vnitřního a vnějšího hluku silničních vozidel a charakterizovat používanou měřicí techniku.

### Metodika

Vliv hluku na člověka a okolí.

Legislativní a normativní podmínky pro vnitřní a vnější hluk silničních vozidel.

Charakteristika hlavních zdrojů hluku silničních vozidel a možnosti snižování.

Měření vnitřního a vnějšího hluku silničních vozidel.

**Doporučený rozsah práce**

30 stran

**Klíčová slova**

hluk, hluk vozidel, vnitřní hluk, vnější hluk, měření hluku, limity hluku

---

**Doporučené zdroje informací**

Beran, V.. Chvění a hluk. Plzeň: FEL ZČU, 2010, ISBN 978-80-7043-916-6.

First, J.. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha : S&T CZ, 2008, First, J..  
Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha : S&T CZ, 2008, ISBN  
978-80-254-1850-5.

Nový, R.. Hluk a chvění. Praha: České vysoké učení technické, 2009, ISBN 978-800-1043-479.

Vyhláška č. 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. František Lachnit, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 14. 1. 2016

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Měření vnitřního a vnějšího hluku silničních vozidel vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 27. března 2018

.....

Jakub Skřivánek

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Františku Lachnitovi, Ph.D. za jeho odborné vedení mé bakalářské práce, za poskytnutí části odborné literatury a rady, díky kterým jsem mohl tuto práci dokončit. Velký dík také patří celé mé rodině, která mi pomohla i v těch nejhorších chvílích, kterými jsem si během studia prošel.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá problematikou měřením vnitřního a vnějšího hluku u motorových vozidel. Úvod práce je zaměřen na definici hluku a mimo samotného měření se tato práce zabývá hlavními zdroji hluku v dopravě ve městech a možnostmi jeho snižování. V závislosti na hluk ve městech je popsána problematika působení hluku na člověka a jeho nejčastější zdravotní komplikace, pokud je vystaven nadměrnému hluku z dopravy. Z toho důvodu jsou v práci uvedeny hlukové limity, které může dané vozidlo produkovat.

Klíčová slova: Hluk; hluk vozidel; vnitřní hluk; vnější hluk; měření hluku; limity hluku

## Measurement of internal and external noise of road vehicles

Abstract:

This bachelor thesis deals with the measurement of internal and external noise in motor vehicles. The introduction of the work is focused on the definition of noise and outside the measurement itself, this thesis deals with the main sources of noise in transport in cities and possibilities of its reduction. Depending on the noise in cities, the issue of noise exposure to humans and its most common health complications is described when exposed to excessive traffic noise. For this reason, there are noise limits in the work that the vehicle can produce.

Keywords: Noise; noise of vehicles; internal noise; external noise; noise measurement; noise limits

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika.....	1
3	Hluk .....	2
3.1	Definice hluku .....	2
4	Působení hluku na zdraví člověka .....	3
4.1	Srdeční záchvat .....	4
4.2	Deprese .....	4
4.3	Obezita.....	5
5	Hlavní zdroje hluku v dopravě .....	5
5.1	Vnější hluk .....	6
5.2	Hluk uvnitř vozidla .....	6
5.3	Opatření pro snižování hluku dopravy.....	6
6	Měření hluku.....	8
6.1	Historie a legislativa .....	8
6.2	Veličiny a jednotky hluku .....	10
6.3	Zařízení pro měření hluku .....	11
7	Měření vnějšího hluku za podmínek odpovídajících městskému provozu .....	13
7.1	Přístrojové vybavení.....	14
7.2	Akustické prostředí, povětrnostní podmínky a hluk pozadí .....	14
7.3	Zkušební postup .....	15
7.4	Zvláštní podmínky .....	16
7.5	Protokol o zkoušce.....	18
8	Měření vnitřního hluku vozidel .....	18
8.1	Verifikační zkoušky .....	18
8.2	Monitorovací zkoušky.....	18
8.3	Měřicí zařízení .....	19

8.4	Akustické prostředí, povětrnostní podmínky, hluk pozadí .....	19
8.5	Podmínky zkušební dráhy .....	20
8.6	Stav vozidla.....	20
8.7	Polohy mikrofonu .....	24
8.8	Protokol o zkoušce.....	25
9	Měření vnějšího hluku.....	26
9.1	Termíny a definice .....	26
9.2	Měřicí zařízení .....	26
9.3	Akustické prostředí, meteorologické podmínky a hluk pozadí.....	28
9.4	Poloha mikrofonu, vlastnosti vozidla a pneumatiky .....	29
9.5	Postupy měření.....	30
9.6	Protokol o zkoušce.....	33
10	Závěr .....	33
11	Seznam použitých zdrojů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

### **Seznam použitých obrázků:**

<i>Obrázek 1. – Zdroje a hladiny hluku, které působí na člověka .....</i>	<i>3</i>
<i>Obrázek 2. – Zvukoměr CESVA SC310 .....</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek 3. - Schématické znázornění měření stojících vozidel .....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 4. - Umístění mikrofonu vzhledem k sedadlu .....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 5. - Rozměry zkušební dráhy .....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 6. - Příklady umístění mikrofonu .....</i>	<i>31</i>



## 1 Úvod

Hluk u silničních vozidel je veličina, na kterou je třeba brát velký zřetel stejně jako například na emise vozidla, z důvodu negativního působení na člověka i jeho psychiku. Negativně také působí velkou měrou i na životní prostředí.

Jedním z hlavních zdrojů hluku ve městech je automobilová doprava. Ke zvyšování hlukové zátěže dochází hlavně z důvodu narůstající intenzity dopravy a zhoršující se stav vozovek (především po zimním období). Hluk byl označen za druhý nejškodlivější faktor na naše zdraví hned po znečištěném ovzduší, a proto se provádí zkoušky jak u jednotlivých vozidel, tak i v dopravě celkově.

Dříve než je vozidlo schváleno pro provoz na pozemních komunikacích, prochází řadou zkoušek. Jednou z nich je právě měření hluku u vozidel, a to jak vnitřního, tak i vnějšího hluku. K hlavní zdrojům hluku u vozidla patří výfuk, motor, pneumatiky, převodovka a při vysokých rychlostech to zpravidla bývá obtékající vzduch kolem vozidla tzv. aerodynamický hluk. Hluk je měřen ve dvou základních režimech, a to za jízdy anebo u stojícího vozidla.

## 2 Cíl práce a metodika

### **Cíl práce**

Cílem této práce bude seznámit čtenáře s hlavními zdroji hluku u vozidel a možnostmi jeho snižování ve městech a přilehlému okolí. Následně na to bude v práci popsáno působení hluku z dopravy na člověka a jeho okolí, limity ve městech a spojení hluku z dopravy na zdraví obyvatel, kteří jsou mu vystaveni. V návaznosti na toto téma bude definováno měření vnitřního a vnějšího hluku u vozidel, které musí proběhnout z důvodu schválení vozidla pro provoz na pozemních komunikacích.

### **Metodika**

V úvodu práce bude z dostupné odborné literatury o hluku a zvuku popsáno, jak takový hluk definovat a příklady toho co ho způsobuje. V návaznosti na toto téma budou z odborných časopisů vědců, kteří se těmito tématy zabývají

definovány nejrozšířenější zdravotní komplikace člověka. Z tohoto důvodu bude popsáno, jak se efektivně hluk z automobilové dopravy snižovat. Snižování hluku je a bude nutné, a to z důvodu nařízení Evropské unie. Ta tyto hlukové limity dlouhodobě snižuje. Veškeré tyto informace budou popsány z předpisu EHK č.51. Aby tyto limity mohli být splněny je nutné, aby je splňovali nová vozidla. Proto každé vozidlo musí projít hlukovými zkouškami, jejichž postup bude přesně definovaný podle platných norem.

## 3 Hluk

### 3.1 Definice hluku

Hlukem lze nazvat každý nežádoucí zvuk, který je škodlivý pro naše zdraví či životní prostředí. Hluk je zvuk o vysoké intenzitě nebo zvuk, který nás obtěžuje a je pro nás nežádoucí. Hlukem pro někoho můžou být například tikající hodiny nebo hučící větrák u počítače. Pro měření intenzity hluku se používá jednotka decibel (dB). [1]

Vnější nebo vnitřní dynamické síly vyvolávají v pružném prostředí (nejčastěji vzduchu) mechanických soustav nebo konstrukcí kmitání, které je zdrojem chvění a hluku. [2]

Pro účely zákona č. 471/2005 Sb. § 30 odstavec 2 o ochraně veřejného zdraví je hluk definován: „Hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví člověka a jehož hygienický limit stanový prováděcí právní předpis“. [3]

Rychlostí, kterou se akustická vlna pohybuje je cca  $340 \text{ m.s}^{-1}$ . Z hygienického hlediska má smysl se zabývat zvuky, které dosahují frekvenčního pásma 20 – 20 000 Hz, protože zvuky mimo toto frekvenční pásmo lidské ucho nevnímá. V tomto pásmu ale nejsou všechny zvuky škodlivé, protože práh škodlivosti není pro všechny příjemce zvuku stejný. [4] [5]

Hygienické limity pro vyřazování hluku dopravními prostředky (kriteriální hodnoty) jsou stanoveny s ohledem na jejich škodlivost a s ohledem na technické možnosti. Tyto limity jsou dlouhodobě snižovány. [4]

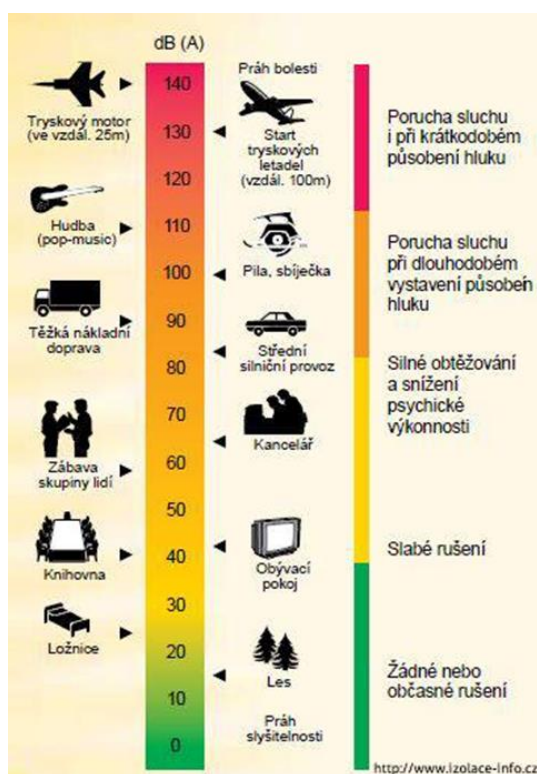
## 4 Působení hluku na zdraví člověka

Čím dál větší počet vědců se zajímá o vliv působení hluku na člověka a na zdravotní problémy způsobené hlukem.

V roce 2012 byla provedena studie, která prokazatelně zjistila, že vystavení hluku z automobilové dopravy může zvýšit riziko srdečního záchvatu u lidí starších 50 let. Novější studie uvádějí, že může zvyšovat riziko obezity a spojovat hluk ve městech s poruchou spánku.

Subjektivní zprávy ukazují, že lidé začínají lépe spát, jelikož si na dopravní hluk začali zvykat. Na následujícím obrázku jsou znázorněny některé zdroje hluku a hladina hluku, kterou produkují. [6]

Obrázek 1. – Zdroje a hladiny hluku, které působí na člověka [7]



Model hlukové reakce navrhuje, aby hluk aktivoval lidský organismus dvěma způsoby. A to přímou cestou a nepřímou cestou. Přímá cesta je určena okamžitou interakcí akustického nervu s různými strukturami centrálního nervového systému, což zase zvyšuje fyziologický stres. Nepřímá cesta se týká kognitivního vnímání

hluku a souvisí s nárůstem emočního stresu. Obě cesty aktivují autonomní nervový systém a endokrinní systém a dlouhodobá nadměrná aktivace těchto systémů může mít nepříznivé účinky na zdraví člověka. [8] [9]

#### 4.1 Srdeční záchvat

Tým dánských vědců zjistil, že infarkty se vyskytují v hlučnějších oblastech. Každých 10 decibelů z dopravy navíc, zvyšuje riziko infarktu o 12 procent.

Ze skupiny 50 000 zkoumaných lidí, kteří žijí v Dánsku 50 a více let bylo identifikováno 1 600 infarktů v letech 1993–2006. Bylo potvrzeno, že výzkumníci našli silnou souvislost mezi srdečním záchvatem a lidmi žijícími v oblastech s hlukem ze silniční dopravy nad 50 decibelů. (Doprava v Midtown Manhattanu je v rozmezí 75 až 80 decibelů.) Tato studie byla první, která dokázala, že riziko srdečního záchvatu se zvyšuje, protože silniční provoz se také zvyšuje. [10]

#### 4.2 Deprese

Studií, které se zabývají tím, jak hluk působí na naše tělo je mnoho, ale jen velmi málo jich bylo provedeno ve spojitosti na to, jak ovlivňuje naši mysl. Jedna z nich zjistila, že lidé žijící v oblastech s vysokým hlukem z dopravy mají o 25 procent vyšší pravděpodobnost, že se u nich dostaví deprese než lidé z klidnějších čtvrtí.

Výzkumníci v Německu se podívali na 3300 lidí, kteří v roce 2010 nevykazovali žádné známky deprese. Všichni tyto zkoumaní lidé žili ve třech hustě obydlených městech v západním Německu. O pět let později se výzkumní pracovníci zaměřili na depresivní příznaky, jako jsou pocity osamělosti nebo smutek, stejně jako problémy se spánkem nebo soustředěním. Zajímali se taky o to, zda účastníci užívali antidepressiva. Když srovnávali tyto data s hladinami hluku v sousedství každého z nich, zjistili, že více než třetina byla vystavena hluku z dopravy ve výši 55 decibelů. Tento hluk odpovídá například staré myčce nádobí. Čtvrtina byla tomuto hluku vystavena pouze v noci. Účastníci s nejvíce depresivními příznaky byli vystaveni „přechodnému“ hluku ze silniční dopravy 24 hodin denně. [6]

### 4.3 Obezita

Vědci z švédského Institutu provedli víceletý přehled o 5 075 osobách žijících v předměstských a venkovských oblastech kolem Stockholmu.

V této studii byli účastníci dotazováni na jejich celkový životní styl, fyzickou a psychickou kondici, způsoby spánku a pracovní návyky. Dotazovali se také na úroveň silničního, železničního a leteckého provozu, které pravidelně slyšeli. Vědci srovnávali tyto odpovědi s vládními údaji o stejných úrovních hluku. Zjistili, že přibližně 54 procent účastníků bylo pravidelně vystaveno jednomu ze tří druhů hluku z dopravy na 45 nebo více decibelů. 15 procent bylo vystaveno dvěma zdrojům hluku z provozu a 2 procenta byly vystaveny všem třem. Účastníkům byla také podrobena důkladná lékařská prohlídka. [11]

Výzkumníci zjistili významnou souvislost mezi úrovněmi vystavení hluku z provozu a riziku vývoje tuku v oblasti centrální břicha pro osoby mladší 60 let. Zjistili, že hluk způsobený letounem je obzvláště škodlivý. Dále zjistili, že existuje také kumulativní negativní účinek z vystavení více zdrojů hluku. Vzhledem k tomu, že vystavení jedinému druhu zdroje hluku byla spojena s 25 % vyšší pravděpodobností obezity, vystavení se všem třem zdrojům téměř riziko obezity zdvojnásobil. [11]

## 5 Hlavní zdroje hluku v dopravě

Ve velkých městech je zcela jednoznačně největším zdrojem nadměrného hluku působícího na velký počet obyvatel doprava, a to v převážné většině doprava automobilová. Hluk ze stavební činnosti silnic je také nepříjemný ale nepůsobí nepřetržitě celý den a celý rok. To se ovšem nedá říct o dopravě. Ti lidé, kteří bydlí u velice frekventovaných silnic, se nadměrnému hluku přes den vyhnout prostě nemůžou. [12] [13]

**Zdroje hluku v automobilové dopravě se rozdělují na:**

- Vnější hluk
- Hluk uvnitř vozidla

## 5.1 Vnější hluk

U automobilové dopravy rozeznáváme mnoho zdrojů hluku. Mezi ty největší činitele zdroje hluku řadíme:

- Spalování motorů (chemické zvuky)
- Výfukový systém
- Styk pneumatik s vozovkou
- Pohyb mechanismů vozidla (mechanické zvuky)
- Proudění vzduchu (aerodynamické zvuky)

Způsobuje jej těleso vozidla svým pohybem. Hluk z motoru (spalování paliva) převažuje hlavně při nízkých rychlostech vozidla. Do 30 km/h u osobních automobilů a do 50 km/h u nákladních vozidel. S rostoucí rychlostí začíná dominovat hluk od pneumatik a aerodynamický hluk roste současně s rychlostí vozidla. Charakteristika i hladina hluku je ovlivňována blízkostí křižovatek. Na křižovatkách a na přechodech pro chodce se hladina hluku mění podle toho, jak vozidla musí brzdit a rozjíždět se. [12]

## 5.2 Hluk uvnitř vozidla

Na tvorbě vnitřního hluku se podílí různé zdroje hluku a vibrací. Od zdrojů se pak hluk dobře šíří vzduchem, vibracemi kovové konstrukce karoserie a lehce tak proniká i do kabiny. Odhlučnění spočívá v omezení vibrací kovových částí karoserie, které se pak sami díky vibračním stávají zdrojem hluku, zamezení prostupu hluku do kabiny a pohlcování hluku v místech, kudy by mohl pronikat do kabiny, případně přímo v kabině. [13]

## 5.3 Opatření pro snižování hluku dopravy

**Opatření lze rozdělit na:**

- Vnější opatření proti hluku
- Vnitřní opatření okolo komunikací

### 5.3.1 Vnější opatření:

- **Trvale zelený porost** – Dá se využít tam kde je dostatek místa pro její vysazení. Další výhodou trvale zeleného porostu je, že zvyšuje estetiku prostředí. Například tři metry široký pás zeleně dokáže snížit nežádoucí hluk až o čtvrtinu.
- **Protihlukové stěny** – Toto opatření se dá použít pouze tam, kde je na něj dostatek prostoru a musí se dbát na okolní bytové jednotky. Dále musí být protihlukové stěny vyprojektovány tak aby hluk neodrážely, ale pohlcovali a důležitý je i jejich vzhled.
- **Snížení rychlosti** – Vhodnost tohoto protihlukového opatření je před jeho použitím nejdříve odborně posoudit. Se snížením rychlosti by řidič vozidla mohl být donucen přeřadit na nižší převodový stupeň, což by znamenalo větší hluk motoru. Je však nutné, aby rychlost byla v tomto případě kontrolována radarem, který automaticky zaznamená SPZ vozidla a jeho průměrnou rychlost v daném měřeném úseku.
- **Organizační změny v dopravě** – Tímto opatřením se rozumí např.: snížení počtu jízdnic pruhů, použití retardérů, návaznost křižovatek – jakékoliv opatření, které povede ke zklidnění dopravy.
- **Výměna povrchu vozovky** – „Protihlukový“ povrch vozovky je schopen snížit hluk, který vzniká na vozovce o polovinu až tři čtvrtiny oproti běžnému asfaltovému povrchu. Optimálního snížení je dosaženo při použití tichých pneumatik na protihlukovém povrchu vozovky. Dvouvrstvý porézní povrch vozovky (bývá vyroben z recyklovaných pneumatik) může dosáhnout snížení až o 12 dB. Toto opatření se však používá tam, kde vozidla jezdí rychlosti nad 50 km/h. Při nižších rychlostech převládá hluk z motoru. [12]

### 5.3.2 Vnitřní opatření okolo komunikací

- **Protihluková okna** – Běžná okna mohou tlumit hluk do různé míry. Zaleží na tom, jak je sklo silné, jak dobře jsou okna utěsněna a také na tom, zda mají jednu nebo dvě skleněné tabule. Instalací protihlukových oken lze snížit hluk pronikající do místnosti až o 75 %. Tato výhoda se však odráží na ceně. Jsou výrazně dražší než běžná okna. Nevýhodou však je, že jinak výborný protihlukový efekt ztrácí svůj smysl, pokud okno otevřeme.
- **Organizační změny v bytě** – Jedná se sice o defenzivní opatření a určitě jen dílčí řešení. Organizačními změny v bytě se rozumí např. výměna obývacího pokoje za ložnici.

Opatření pro snížení hluku uvnitř budov však neřeší příčinu problému ale pouze jeho následek. Samozřejmě, že mohou pomoci k výraznému snížení hluku uvnitř bytu či domu ale hlavní prioritou by mělo být snížení hluku na takovou hranici abychom se nemuseli schovávat v bytech za protihlukovými okny, ale mohli pobývat i v příjemném prostředí venku na ulici. [12] [13]

## 6 Měření hluku

### 6.1 Historie a legislativa

Vnější hluk způsobený osobními automobily byl kontrolován od roku 1929, kde byly zavedeny předpisy o motorových vozidlech (nadměrný hluk). Od roku 1978 byly postupně sníženy z 82 dB na současný limit 74 dB stanovený v roce 1996. To znamená, že by bylo potřeba sedm nových vozidel, aby bylo dosaženo stejného hlukové množství jako jedno vozidlo, které splňovalo limity před rokem 1978. [14]

Vnější hluk vozidel je podle předpisů EHK limitován od roku 1958, kdy v platnost vstoupil předpis EHK č. 9. Ten se týkal vnějšího hluku všech motorových vozidel. Z tohoto předpisu se v roce 1982 vyčlenil předpis EHK č. 51, který se týká vnějšího hluku motorových vozidel s nejméně čtyřmi koly. Nové automobily jsou v dnešní době povinny splnit celoevropské hlukové limity. [14] [15]



Terénní vozidla mohou být o 1 dB (A) hlasitější, stejně jako dieselové motory s přímým vstřikováním. Tyto povolení jsou kumulativní, takže limit pro terénní vozidlo s vznětovým motorem s přímým vstřikováním paliva je 76 dB.

Hladiny hluku uvedené výše jsou maximální úrovně hluku povolené pro nové typy vozidel. Mnoho vozidel produkuje nižší hladinu hluku a je neoprávněné vyměnit výfukový systém vozidla, jelikož by úroveň hlučnosti byla vyšší než úroveň zaznamenaná při schvalování vozidla. [14]

Série změn 03 předpisu EHK č. 51 je rozdělena do tří postupových fází. V tabulce č. 1 je uvedeno rozdělení vozidel podle kategorie, kterých se předpis týká a také jejich příslušné limity. Fáze 1 vstoupila v platnost 20. 1. 2016, fáze 2 vstoupí v platnost v období mezi 1. 7. 2020 a 1. 7. 2022, protože se termíny pro vstup v platnost pro jednotlivé kategorie liší. Obdobně vstoupí v platnost i fáze 3 v termínu od 1. 7. 2024 až 1. 7. 2026. Rozdělení do fází a omezení hlučností podle kategorie vozidel je uvedeno v následující tabulce [12] [16]

*Tabulka 1. - Aktuální limity hlučností vozidel podle kategorií [16]*

Kategorie	Osobní vozidla	Omezení hlučností (dB(A))		
		Fáze 1 (2016-2020)	Fáze 2 (2020-2022)	Fáze 3 (2024-2026)
<b>M1</b>	PMR ≤ 120	72	70	68
	120 < PMR ≤ 160	73	71	69
	PMR > 160	75	73	71
	PMR > 200, počet sedadel ≤ 4	75	74	72
<b>M2</b>	M ≤ 2,5 t	72	70	69
	2,5 t < M ≤ 3,5 t	74	72	71
	M > 3,5 t; Pn ≤ 135 kW	75	73	72
	M > 3,5 t; Pn > 135 kW	75	74	72
<b>M3</b>	Pn ≤ 150 kW	76	74	73
	150 kW < Pn ≤ 250 kW	78	77	76
	Pn > 250 kW	80	78	77

## 6.2 Veličiny a jednotky hluku

a) zvuk je definován pomocí následujících jednotek

Tabulka 2. - Tabulka veličin a jednotek zvuku [4]

Název	Označení	Jednotka	Označení
Hladina zvuku	$L_A, L_B, L_C$	decibel	dB
Hladina akustického tlaku	L		
Hlasitost	N	son	son
Akustický tlak	P	pascal	Pa
Akustická energie	W	joule	J
Akustický výkon	P (W)	watt	W
Intenzita zvuku	J (I)	watt na metr čtvereční	$Wm^{-2}$

Mezi jednotkami platí následující vztahy:

- Hladina akustického tlaku L, rozhodující pro hodnocení hluku, je dána vztahem:

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

$p_0$  –  $20 \cdot 10^{-6}$  [MPa] – prahová hladina akustického tlaku

p – akustický tlak

- Hladina hluku A, označena  $L_A$ , je hladina akustického tlaku hluku nebo zvuku zjištěná při použití váhového filtru A zvukoměru. Váhový filtr

propouští určité spektrum. Označení má podobu [dB (A)]. Obdobně je tomu u  $L_B$ ,  $L_C$ .

- Hladina akustického výkonu  $L_P$  je dána vztahem:

$$L_P = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dB (P)}] \quad (2)$$

$P$  – akustický výkon [W]

$P_0$  – referenční akustický výkon  $10^{-12}$  wattů [W]

**b)** rychlost  $v$ ,  $V$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ], [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ]

**c)** otáčky  $n$  [ $1\cdot\text{min}^{-1}$ ]

**d)** délka (rozměr)  $l$ ,  $d$ ,  $r$ ,  $h$ , .... [m]

**e)** úhel [ $^\circ$ úhlu]

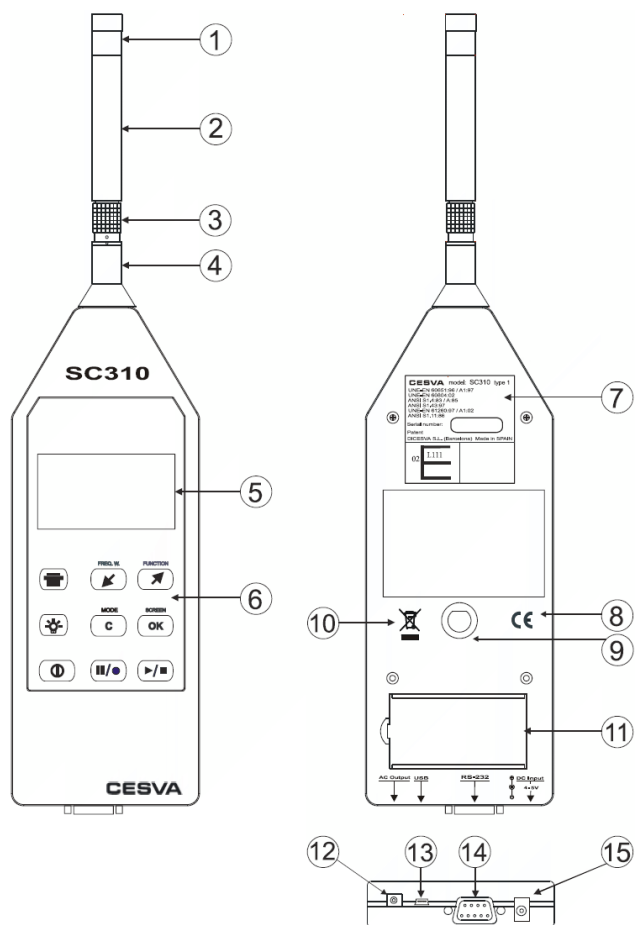
### 6.3 Zařízení pro měření hluku

Zařízení pro měření akustického tlaku zvuku se nazývá mikrofon a zařízení pro měření akustického zrychlení vibrací se nazývá akcelometr. Známý jsou i jiné metody měření jiných veličin ale ty se už v praxi nepoužívají, jelikož jsou velmi technicky náročné. [17]

#### 6.3.1 Zvukoměr CESVA SC310

Kupříkladu je uveden zvukoměr CESVA SC310, který je k dispozici na katedře vozidel a pozemní dopravy. SC310 je uživatelsky přívětivý zvukoměr a analyzátor, který umožňuje praktické a rychlé měření. Měří současně široké spektrum parametrů, které slouží pro hodnocení hluku ve většině zemí. Zvukoměr SC310 provádí jak kvantitativní analýzu (zvukoměr, frekvenční analyzátor), tak i kvalitativní (ukazatele impulzivité hluku, nízkých frekvencí, hodnocení hluku v pozadí ve vnitřním prostředí. Zvukoměr SC310 je znázorněn na následujícím obrázku. [18]

Obrázek 2. – Zvukoměr CESVA SC310 [18]



Hlavní součástmi jsou:

1. 1/2" Kondenzátorový mikrofón
2. Předzesilovač
3. LEMO konektor pro předzesilovač
4. LEMO konektor pro zvukoměr
5. Obrazovka
6. Klávesnice
7. Výrobní štítek
8. CE značka – Evropská značka shody
9. Stativový závit
10. Značka WEEE – směrnice o odpadu elektrického a elektronického zařízení
11. Kryt baterie

12. AC výstup – Přímý vstup z předzesilovače bez frekvenčního vážení

13. USB konektor

14. RS-232 konektor – 9 pinový SubD typ pro sériové připojení přístroje k PC nebo Bluetooth

15. DC vstup – Konektor, kterým se přístroj připojuje je stejnosměrnému napětí. (5 V, 100 mA)

### **Nejpodstatnější vlastnosti zvukoměru CESNA SC310:**

- Jeden měřicí rozsah, takže může měřit hluk o libovolném dynamickém rozsahu bez nutnosti nastavovat rozsah
- Zaznamenává současně všechny hodnoty
- Zobrazuje měřené parametry jak v grafickém, tak i v alfanumerickém formátu
- Lze data ukládat do interní paměti zařízení a poté si je stáhnout do PC [18]

## **7 Měření vnějšího hluku za podmínek odpovídajících městskému provozu**

Toto měření se provádí ve dvou jízdních režimech:

- Plná akcelerace ze stanovené počáteční rychlosti
- Konstantní rychlost

Výsledky těchto dvou zkoušek jsou kombinovány stanoveným způsobem, aby byly získány charakteristické hladiny akustického tlaku v městském provozu.

Získané výsledky jsou pouze objektivní mírou hluku vyzářeného za specifických podmínek zkoušky. Důležité je, že objektivní mírou hluku vyzářeného za specifických podmínek zkoušky. Je však nutné brát v úvahu, že subjektivní hodnocení rušení různými druhy vozidel není jednoduše svázáno s údajem na zvukoměru. [19]

## 7.1 Přístrojové vybavení

### **Přístroje pro akustické měření**

Zvukoměr musí splňovat podmínky přístroje typu 1 v souladu s normou IEC 651. Kalibrace zvukoměru musí být provedena před a po samotném měření. Zkouška se stává neplatnou v případě, že odchylky kalibrace jsou větší než 1 dB. V případě použití krytu proti větru, musí být zajištěno, aby kryt neovlivnil měřenou hladinu akustického tlaku A o více než 0,5 dB.

### **Přístroje pro měření otáček a rychlosti**

Otáčky motoru a rychlost vozidla při nájezdu se musí měřit s přesností 3 % nebo lepší. [19]

## 7.2 Akustické prostředí, povětrnostní podmínky a hluk pozadí

### **Zkušební prostranství**

Zkušební prostranství musí být rovné. Povrch zkušební trati musí být suchý, čistý a takový, aby jeho textura nezpůsobovala nadměrný hluk.

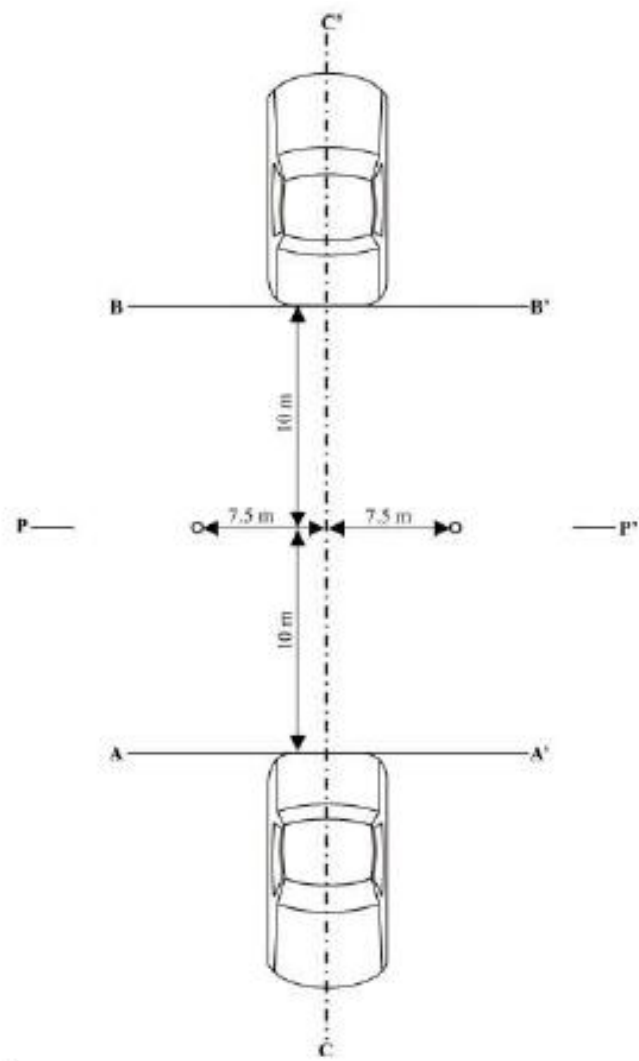
Musí být splněny následující požadavky:

- V prostoru o poloměru 50 m od středu dráhy nesmí být velké odražející objekty (ploty, skály, budovy)
- V blízkosti mikrofonu nesmí být překážky
- Obsluha měřidla musí být postavena taky aby neovlivňovala čtení z přístroje
- Měření se nesmí uskutečnit za nepříznivých povětrnostních podmínek
- Měřit se nesmí v případě nárazového větru
- Hluk pozadí musí být min. o 10 dB nižší než hluk měřeného vozidla [19]

### 7.3 Zkušební postup

Mikrofon musí být umístěn  $1,2 \pm 0,05$  m nad zemí. Pokud není výrobcem stanoveno jinak, musí jeho referenční osa pro podmínky volného pole směřovat horizontálně a být kolmá na dráhu vozidla. Provádí se nejméně dvě měření. Zaznamenává se maximální hladina akustického tlaku, která se vyskytne během každého průjezdu vozidla mezi přímkami AA' a BB'. Vozidla musí být nenaložená, kromě řidiče a bez přívěsu nebo návěsu. Na vozidle musí být pneumatiky dodávané výrobcem vozidla a nahuštěné na předepsaný tlak. Před začátkem měření se musí motor vozidla zahřát a provozní teplotu. [19]

Obrázek 3 – Schématické znázornění měření stojích vozidel [16]



## Rozlišujeme dva typy zkoušek:

- Za plné akcelerace
- Za konstantní rychlosti

### Zkouška za plné akcelerace

V průběhu akcelerační zkoušky, když přední obrys vozidla dosáhne přední přímky AA se musí akcelerátor co nejrychleji otevřít, aby se dosáhlo akcelerace bez vnějšího řazení na nižší stupeň a musí se držet v této poloze, dokud zadní obrys vozidla nedosáhne přímky BB. Poté se akcelerátor musí co nejrychleji uzavřít. [19]

### Zkouška za konstantní rychlosti

Během zkoušky se musí akcelerátor držet v takové poloze, která zabezpečuje průjezd mezi přímkami AA a BB konstantní rychlostí. [19]

## 7.4 Zvláštní podmínky

### 7.4.1 Vozidla s manuální převodovkou

V případě obou zkoušek se musí vozidlo přibližovat k přímce AA se zařazeným druhým rychlostním stupněm stejnou rychlostí vypočtenou z rovnice

$$V_{AA} = \frac{33+0,55V_s}{2} \quad (3)$$

kde

$V_{AA}$  – vstupní rychlost vozidla v kilometrech za hodinu

$V_s$  – rychlost vozidla při druhém převodovém stupni a otáčkách motoru  $s$ ,  $s$  jsou otáčky motoru, při kterých motor dosahuje maximálního výkonu



#### 7.4.2 Vozidla s automatickou převodovkou

V případě obou zkoušek se musí přibližovat k přímce AA rovnoměrnou rychlostí (nesmí přesáhnout 50 km/h) vypočtenou z rovnice

$$v_{AA} = \frac{50 + 0,2v_m}{2} \quad (4)$$

kde

$v_{AA}$  – je vstupní rychlost vozidla

$v_m$  – maximální rychlost vozidla stanovená výrobcem vozidla [19]

#### 7.4.3 Výpočet akustické hladiny tlaku vozidla

Charakteristická hladina akustického tlaku  $L_R$ , v decibelech se vypočte z rovnice

$$L_R = L_{acc} - K(L_{acc} - L_c) \quad (5)$$

kde

$L_{acc}$  – maximální vážená hladina akustického tlaku A v decibelech, měřená během akcelerační zkoušky

$L_c$  – maximální vážená hladina akustického tlaku A v decibelech, měřená během zkoušky za konstantní rychlosti

$K$  – koeficient vážení, který závisí na poměru výkonu ku hmotnosti a převodovému poměru

Koeficient vážení je dán jako:

- $K = 0,8$ , nebo (6)

- $K = 0,3 + 5P/m$  pro vozidla s manuální převodovkou (7)

- $K = 0,2 + 5P/m$  pro vozidla s automatickou převodovkou (8)

Která z nich je nižší, kde

$P$  – je čistý výkon motoru v kW

$m$  – celková pohotovostní hmotnost vozidla, v kg [19]

## 7.5 Protokol o zkoušce

### **Protokol musí obsahovat:**

- Odkaz na normu ČSN ISO 7188
- Specifikaci zkušebního prostranství
- Stav zkušebního prostranství a povětrnostní podmínky
- Hladinu akustického tlaku pozadí, váženou funkcí A
- Identifikaci vozidla
- Rychlost na začátku jízdy
- Odchyly od kalibrace
- Počet provedených měření
- Vypočítanou charakteristickou hladinu akustického tlaku  $L_R$  [19]

## 8 Měření vnitřního hluku vozidel

### **U měření vnitřního hluku vozidel rozlišujeme dvě zkoušky:**

- Verifikační zkoušky
- Monitorovací zkoušky

### 8.1 Verifikační zkoušky

Tyto zkoušky slouží k ověření, zda vozidla dodávaná výrobcem vozidel odpovídají hlukovým specifikacím.

Podmínky při každé hlukové zkoušce musí co nejvíce odpovídat předepsaným podmínkám. V případě, že musí být provedeny nezbytné změny, musí být tyto změny uvedeny v protokolu o vykonané zkoušce. [20]

### 8.2 Monitorovací zkoušky

Tyto zkoušky slouží ke kontrole, zda hluk motorových vozidel je v předepsaných limitních mezích a že nenastaly zjištělé změny od dodání nebo mezi jednotlivými vozidly dodávky.

Při těchto zkouškách lze tolerovat odchylky od podmínek při typových zkouškách. Např.: lze zredukovat počet poloh mikrofonu a jízdních režimů. Jakékoliv odchylky musí být zapsány v protokolu o zkoušce. [20]

### 8.3 Měřicí zařízení

Zvukoměr, který je na danou zkoušku použit musí být přesné třídy, a to podle IEC 651 (typ 1).

Jelikož by směrovost mikrofonu by mohla ovlivnit měření, mají být přednostně použity mikrofony všesměrové. Typ mikrofonu by měl být uveden ve zkušebním protokolu.

Při měření hluku u otevřených vozidel musí být použit vhodný kryt mikrofonu pro snížení vlivu větru na měření. Musí být použit takový kryt, který je doporučen výrobcem zvukoměru. Pro měření hlukových spekter musí filtry splňovat požadavky normy IEC 225.

Je důležité věnovat pozornost tomu, aby se na výstupu mikrofonu neindukovaly cizí signály z vibrací elektromagnetického rušení nebo jiných vnějších vlivů, které by mohli ovlivnit samotné měření. Aby k tomu nedošlo, je nutné použít kryt mikrofonu. Tento kryt by měl být přiměřeně těžký, tuhý a mělo by být zajištěno dobré těsnění kolem mikrofonu.

Doporučuje se, zvláště pro zkoušky při akceleraci, použití buď dvoustopého zařízení pro současný záznam hluku vozidla nebo XY zapisovače pro záznam závislosti hluku na rychlosti přímo na vozidle. Měřicí zařízení musí mít frekvenční rozsah 45 Hz až 11 200 Hz. Rychlost vozidla a otáčky motoru se musí měřit s přesností nejméně 3 %. [20]

### 8.4 Akustické prostředí, povětrnostní podmínky, hluk pozadí

Zkušební prostředí musí být takové, kde je zajištěno, že se vně vyzařovaný hluk vozidla dostává do vnitřku vozidla pouze odrazem od povrchu vozovky, a nikoliv odrazem od budov, zdí nebo jiných velkých objektů, které se nacházejí vně

vozidla. V průběhu měření musí být vzdálenost vozidla od velkých objektů minimálně 20 m. [20]

Teplota okolního vzduch při probíhajícím měření musí být v rozmezí - 5 °C až + 35 °C. Rychlost větru podél měřicí dráhy, měřená ve výšce přibližně 1,2 m, nesmí překročit 5 m/s. Ostatní meteorologické podmínky musí být takové, aby neovlivňovali samotné měření. Rychlost a směr větru je nutné uvést v protokolu o měření. [20]

Pro veškerá měření hladin akustického tlaku A musí být spodní limit dynamického rozsahu daný hlukem pozadí a hladinou hluku vlastního měřícího zařízení nejméně 10 dB pod hladinou akustického tlaku A hluku vozidla. V případě korekcí frekvenční analýzy se musí použít K podle výpočtu z rovnice

$$K = 10 \log(1 - 10^{-0,1\Delta L}) \text{ dB, jestliže } \Delta L < 10 \text{ dB [20]} \quad (9)$$

kde  $\Delta L$ , v decibelech, je rozdíl mezi hladinami akustického tlaku a vlastním hlukem měřícího zařízení a hlukem pozadí.

## 8.5 Podmínky zkušební dráhy

Hladiny akustického tlaku uvnitř vozidel jsou značně ovlivňovány nerovnostmi povrchu vozovky. Proto musí být zkušební dráha tvrdá a rovná. Nesmí na ní být žádné spáry nebo díry, nesmí být zvlněná nebo podobné nerovnosti povrchu, které by měly za následek ovlivnění samotného měření hluku uvnitř vozidla. Dále musí být povrch suchý a beze sněhu, nečistot, kamení, listí apod. [20]

## 8.6 Stav vozidla

### 8.6.1 Stav motoru a pneumatik

V průběhu zkoušky musí být dodrženy všechny provozní podmínky vozidla, které jsou dané výrobcem vozidla. Např.: palivo, mazací olej, seřízení zapalování nebo vstřikovací čerpadlo. Bezprostředně před zahájením zkoušky musí být teplota motoru ustálena na provozní teplotu. [20]

Musí být použit takový typ pneumatik, které jsou určeny výrobcem vozidla jako vhodné pro běžné používání. Tyto pneumatiky musí být nahuštěny na tlak předepsaný výrobcem vozidla. Pokud je volitelné užití terénních pneumatik je nutné použít pneumatiky pro silniční provoz. Použité pneumatiky musí být nové, avšak opotřebený jízdou minimálně 300 km. Typ pneumatik a tlak na, který byly pneumatiky během zkoušky nahuštěny, je nutné uvést v protokolu o měření. V případě, že by nevyváženost kol mohla ovlivnit měření, je nutné kola staticky i dynamicky vyvážit. [20]

### 8.6.2 Zatížení vozidla

Ve vozidlo nesmí být naložený žádný náklad. Uvnitř vozidla se může nacházet pouze jeho standardní vybavení, měřicí zařízení a nutná obsluha měřícího zařízení. V osobních automobilech, v kabinách nákladních vozidel, traktorech a podobných vozidlech nesmí být během měření přítomny více jak dvě osoby (řidič a pozorovatel). V autobusech s více jak osmi sedadly nesmí být přítomny více jak tři osoby. [20]

### 8.6.3 Okna, zařízení, sedadla, větrací otvory

Okna a větrací otvory musí být, pokud možno zavřeny, pokud se nezkoumá jejich vliv na vnitřní hluk vozidla.

Veškerá pomocná zařízení jako stěrače, ventilátory topení anebo klimatizační zařízení nesmějí být po celou dobu zkoušky v provozu. V případě že by se zjišťoval příspěvek hluku ventilačního systému a dalších pomocných zařízení k celkovému hluku uvnitř vozidla je nutné měření opakovat s těmito zařízeními v provozu. Pokud se ve vozidle nachází automatické zařízení je nutného ho uvést ve zkušebním protokolu. [20]

Sedadla musí být nastavena do střední polohy rozsahu nastavitelnosti ve vodorovném i svislém směru. Nastavitelné operky musí být ve střední poloze. [20]

#### 8.6.4 Provozní podmínky vozidla

Provozní podmínky vozidla musí být takové, aby co nejvíce reprezentovaly vnitřní hluk kterékoliv z následujících podmínek vhodných pro zkoušené vozidlo:

- Konstantní rychlost
- Plná akcelerace
- Stojící vozidlo s motorem za volnoběhu, jako doplňující zkouška pro užitková vozidla a autobusy se vznětovým motorem

##### 8.6.4.1 Konstantní rychlost

Při tomto měření se zjišťují hladiny akustického tlaku A, a to při minimálně pěti rychlostních režimech stejně rozložených v intervalu pokrývající dále uvedený rozsah. Měření probíhá v rozmezí od 60 km/h nebo 40 % maximální rychlosti vozidla (která z nich je menší) do 120 km/h nebo 80 % maximální rychlosti (která z nich je menší). [20]

##### **Měření provádíme pomocí dvou metod:**

- Při pomalé akceleraci v rozsahu rychlostí dříve stanovených při velikosti akcelerace dostatečně malé ( $0,1 \text{ m/s}^2$ ) tak, abychom získali stejné hodnoty hladin akustického tlaku A jako při odpovídající konstantní rychlosti. Hodnoty se odečítají při vybraných rychlostech.
- Vozidlo jede vybranými rychlostmi při odečtení odpovídajících hodnot. Při každé konstantní rychlosti musí měření trvat nejméně 5 sekund.

Při tomto měření se musí vybrat takový nejvyšší převodový stupeň, který umožňuje pokrýt celý rychlostní rozsah. [20]

#### 8.6.4.2 Plná akcelerace

##### **Při této zkoušce je postup následující:**

- Rychlost vozidla musí být ustálena, stejně tak i otáčky motoru
- Při dosažení přechozích podmínek se škrticí klapka co nejrychleji otevře (plně) a zaznamená se zvuk až do dosažení 90 % otáček maximálního výkonu motoru, který je udáván výrobcem vozidla nebo 120 km/h podle toho, která z hodnot je nižší. Při této zkoušce nesmí dojít k prokluzu kol. Ten ovlivňuje maximální hodnotu hladiny akustického tlaku A.

##### **Jsou stanoveny počáteční provozní podmínky:**

- Musí být zařazen nejvyšší rychlostní stupeň umožňující zkoušku bez překročení 120 km/h
- Převodový stupeň nelze měnit
- Je-li překračována rychlost 120 km/h při 90 % otáček maximálního výkonu a zařazeném nejvyšším rychlostním stupni je nutné zvolit nižší převodový stupeň.
- Pokud je to možné vyřadit systém „kick-down“ z provozu. Tento systém je používám u vozidel s automatickou převodovkou. Systém „kick-down“ znamená automatické podřazení na nižší převodový stupeň, pokud je potřeba vysokého výkonu.
- Počáteční otáčky motoru musí být nejnižší otáčky, které dovolují plynulé zvyšování otáček v průběhu zkoušky. [4] [20]

#### 8.6.4.3 Zkouška se stojícím vozidlem

Tento druh zkoušky se provádí se stojícím vozidlem a s převodovkou v neutrálu.

##### **Popis zkoušky je následující:**

- Motor musí běžet ve volnoběžných otáčkách
- Škrticí klapka se naplno otevře co nejrychleji, tímto se zvýší otáčky motoru na maximální bez zatížení a v nejvyšších otáčkách musí zůstat minimálně 5 sekund. [20]

## 8.7 Polohy mikrofonu

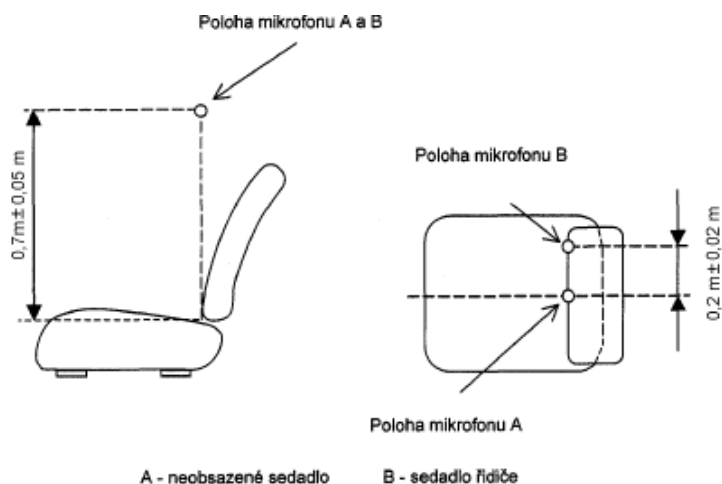
V závislosti na místě se hluk uvnitř vozidla může významně lišit. Proto je nutné zvolit měřicí body takovým způsobem a v takovém množství, aby rozložení hluku bylo popsáno způsobem odpovídajícím umístění uší řidiče vozidla a cestujícího. Jedno měřicí místo musí být na místě řidiče. U osobních vozidel postačí další měřicí místo vzadu ve vozidle. [4]

Mikrofon nesmí být umístěn blíže než 0,15 m od stěn nebo čalounění. Použité měřicí zařízení musí být během jízdy zkoušky upevněno tak, aby měření nebylo ovlivněno vibracemi vozidla. Upevnění musí zabránit nadměrným výkmitům (větším než 20 mm) vůči vozidlu. Mikrofon musí být orientován horizontálně s osou maximální citlivosti udanou jeho výrobcem ve směru, kterým by hleděla osoba zaujímající dotyčné sedadlo nebo místo k stání. [20]

### 8.7.1 Poloha mikrofonu vzhledem k sedadlu

Vertikální souřadnice musí být  $0,7\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$  nad průsečíkem neobsazeného sedadla s jeho zadní částí. Schéma umístění mikrofonu je znázorněno na následujícím obrázku.

Obrázek 4. - Umístění mikrofonu vzhledem k sedadlu [4]





Horizontální souřadnicí musí být střední rovina neobsazeného sedadla. Na sedadle obsazeném řidiče musí být horizontální souřadnice vysunuta o  $0,2 \text{ m} \pm 0,02 \text{ m}$  vpravo (pro pravostranné řízení vlevo) od střední roviny sedadla.

#### 8.7.2 Poloha mikrofону pro místa k stání

Vertikální souřadnice musí být  $1,6 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$  nad podlahou. Horizontální souřadnice musí odpovídat stojící osobě ve vybraných bodech.

### 8.8 Protokol o zkoušce

Protokol o provedené zkoušce musí obsahovat následující informace:

- Odkaz na normu ČSN ISO 5128
- Druh zkoušky
- Zkušební prostranství, vozovku a povětrnostní podmínky, rychlost a směr větru
- Typ měřícího zařízení
- Hluk pozadí a korekce údajů, pokud byly použity
- Typ měřeného vozidla, jeho motor, rychlostní stupně a rychlosti během zkoušek, typ použitých pneumatik (vzorek běhounu a opotřebení), huštění pneumatik, chladící ventilátor
- Pomocné zařízení a jeho provozní podmínky, polohy otvorů a seřiditelných sedadel
- Zatížení vozidla, počet osob ve vozidle
- Polohy mikrofónu (musí být uvedené v náčrtku)
- Hladiny akustického tlaku A v daných polohách mikrofónu
- Přítomnost čistých tónů nebo hluku impulzního charakteru [20]

## 9 Měření vnějšího hluku

### 9.1 Termíny a definice

#### 9.1.1 Hmotnost vozidla

Celková provozní hmotnost vozidla, které je vybaveno veškerými součástmi potřebnými pro provoz vozidla kategorie M1, N1 a M2 s maximální přípustnou hmotností nepřesahující 3500 kg. Do celkové provozní hmotnosti vozidla také patří:

- Maziva
- Chladící kapalina (je-li použita)
- Kapalina ostřikovače
- Palivo (nádrž musí být naplněná alespoň na 90 % svého objemu stanoveného výrobcem vozidla)
- Rezervní kolo, hasící přístroje, klíny kol, nářadí

Maximální přípustná hmotnost je součet provozní hmotnosti a maximálního povoleného užitečného zatížení.

Maximální nosnost náprav je přípustná hmotnost odpovídající maximální hmotnosti, kterou může být daná náprava nebo skupina náprav zatížena. Ta je definována výrobcem vozidla.

Celkový výkon motoru je součet veškeré energie z dostupných pohonných zdrojů.

### 9.2 Měřicí zařízení

Přístroj používaný pro měření hladiny akustického tlaku musí být přístroj pro měření hladiny zvuku nebo ekvivalentní měřicí systém, který splňuje požadavky přístrojů třídy 1.

Celý měřicí systém se kontroluje pomocí kalibrátoru zvuku, který splňuje požadavky na kalibrátory zvuku třídy 1. Přístroje musí být udržovány a kalibrovány v souladu s pokyny výrobce přístroje.

### 9.2.1 Kalibrace

Na začátku a na konci každého měření se musí celý akustický měřicí systém zkontrolovat zvukovým kalibrátorem. Pro měření bez dalšího nastavení musí být rozdíl mezi hodnotami menší než nebo rovný 0,5 dB. Pokud je tato hodnota překročena, výsledky měření získané po předchozí kontrole se vyřadí.

### 9.2.2 Přístroj pro měření rychlosti

Otáčky motoru se měří s mezními hodnotami pro splnění požadavků na přístroj v hodnotě nejméně  $\pm 2 \%$  při otáčkách motoru požadovaných pro prováděná měření.

Rychlost vozidla na vozovce se měří při použití kontinuálních měřicích přístrojů zařízením, které splňuje specifikační limity nejméně  $\pm 0,5$  km / h. Pokud se při zkoušení používá nezávislé měření rychlosti, musí tato přístrojová zařízení splňovat specifikační limity nejméně  $\pm 0,2$  km / h.

### 9.2.3 Meteorologické přístrojové vybavení

Meteorologické přístroje používané k monitorování podmínek prostředí během zkoušky musí splňovat tyto specifikace:

- minimálně  $\pm 1$  °C pro zařízení pro měření teploty
- minimálně  $\pm 1,0$  m/s pro zařízení pro měření rychlosti větru
- minimálně  $\pm 5$  hPa pro zařízení na měření barometrického tlaku
- minimálně  $\pm 5 \%$  pro zařízení na měření relativní vlhkosti



Měření by se měla provádět, pokud je teplota okolního vzduchu v rozmezí 5 °C až 40 °C. A rychlost větru maximálně 5 m/s během samotného měření.

Hodnota představující teplotu, rychlost a směr větru, relativní vlhkost a barometrický tlak se zaznamenávají během měření hluku.

### 9.3.2 Hluk pozadí

Jakýkoliv špiček zvuku, který se netýká charakteristik obecné hladiny zvuku, bude při odečítání údajů ignorován.

Hluk pozadí se měří po dobu 10 sekund bezprostředně před a po sérii zkoušek vozidla. Měření se provádí se stejnými mikrofony a umístění mikrofonů používaných v průběhu zkoušky. Zaznamená se maximální A-vážená hladina akustického tlaku.

Hluk pozadí (včetně hluku větru) musí být nejméně o 10 dB nižší než hladina akustického tlaku A produkovaného zkoušeným vozidlem.

## 9.4 Poloha mikrofonu, vlastnosti vozidla a pneumatiky

### 9.4.1 Polohy mikrofonu

Mikrofon zvukoměru je umístěn ve vzdálenosti  $7,5 \pm 0,5$  m od referenční čáry CC'. Mikrofon musí být umístěn  $1,2 \pm 0,02$  m nad úrovní země. Osa maximální citlivosti je vodorovná a kolmá na zkušební dráhu.

### 9.4.2 Vlastnosti vozidla

Vozidlo musí splňovat podmínky stanovené jeho výrobcem. Před zahájením měření musí být vozidlo uvedeno do normálních provozních podmínek (motor zahřátý na provozní teplotu).

### 9.4.3 Volba a stav pneumatik

Pneumatiky musí být vhodné pro dané vozidlo a musí být nahuštěny na tlak doporučený výrobcem pneumatiky pro zkušební hmotnost vozidla.

Pro účely certifikace a souvisejících účelů jsou nezbytné další požadavky na pneumatiky stanovené nařízením. Pneumatiky pro takovou zkoušku vybere výrobce vozidla a musí odpovídat rozměrům a typů pneumatik určených pro vozidlo výrobcem vozidla. Pneumatika musí být na trhu k dispozici současně s vozidlem. Hloubka dezénu může mít významný vliv na výsledek zkoušky.

## 9.5 Postupy měření

### 9.5.1 Vnější hluk jedoucích vozidel

Na zkušební dráze je vyznačen úsek akcelerace mezi dvěma čarami AA' a BB', které jsou rovnoběžné s čarou PP' a vzdálené 10 m od ní. Vozidlo jede tak, aby jeho střední podélná rovina byla co nejbližší čáře CC' a rychlost při přiblížení k čáře AA' byla konstantní. Jakmile vozidlo dosáhne čáry AA', začne plně akcelerovat a akceleruje tak dlouho, než jeho poslední část opustí akcelerační úsek a přejeďe čaru BB'. Hluk je měřen tak dlouho, dokud je měřené vozidlo v akceleračním úseku a zaznamenává se jeho maximální hladina [dB (A)]. Měření se provádí z obou stran vozidla nejméně dvakrát. Nájezdová rychlost vozidla a rychlost, ze které akceleruje je pro každé vozidlo jiná. To samé platí i pro převodové stupně, ze kterých akceleruje. Rozdělení rychlostí a převodových stupňů pro jednotlivá vozidla jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 3. - Rozdělení rychlostí a převodových stupňů [4]

	Vozidla kategorie M a N				Kategorie L	
	Bez převodovky	Manuální převodovka	Automatická převodovka	Elektromobily	Manuální převod	Automatický převod
Rychlostní stupeň		2 2 a 3 3 X/2 X/3			2 2 a 3 3	
V	50	50	30 50 40 50	50	50	30 40 50
n	3/4 1/2	3/4 1/2	3/4 1/2	3/4 V <sub>max</sub>	3/4	

V - rychlost [km.h<sup>-1</sup>],  
V<sub>max</sub> - max. deklarovaná rychlost [km.h<sup>-1</sup>],  
n - otáčky při max. výkonu [1.min<sup>-1</sup>].

Rychlostní stupně:

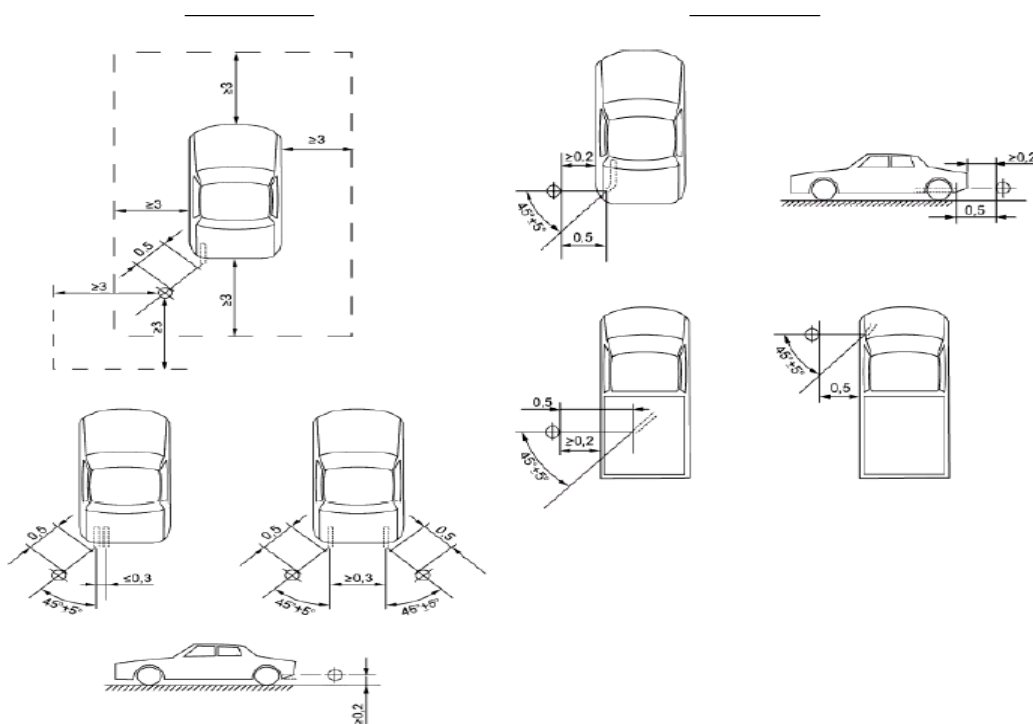
- 2 platí pro vozidla se čtyřmi a méně převody
- 2 a 3 platí pro vozidla s více než čtyřmi převody
- 3 platí pro vozidla s více než čtyřmi převody, rozhodující je výkon, hmotnost nebo rychlost vozidla
- X/2, X/3 platí pro jiné kategorie vozů než L, M<sub>1</sub>, N<sub>1</sub> a mnohastupňové převodovky.

Výsledek měření je platný pouze v případě, pokud je rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími měřeními  $\leq 2$  dB (A). Pokud dojde k nesplnění kritériálních hodnot, které jsou uvedeny v tabulce, musí se měření opakovat. Z důvodu nepřesnosti měřících přístrojů se z naměřených hodnot odečítá 1 dB (A).

### 9.5.2 Vnější hluk u stojících vozidel

Mikrofon zvukoměru je umístěn ve vzdálenosti 0,5 m od ústí výfuku ve výšce jeho ústí. Nejméně však 0,2 m nad vozovkou. Příklady umístění mikrofonu jsou znázorněny na následujícím obrázku.

Obrázek 6. - Příklady umístění mikrofonu [21]



Osa maximální citlivosti mikrofonu je rovnoběžná s vozovkou s výjimkou vozidel s vertikálním výfukem a svírá úhel  $45^\circ \pm 10^\circ$  se svislou rovinou, ležící ve směru toku výfukových plynů.

U vozidel s více výfuky se každý výfuk měří zvlášť, pokud je jejich vzdálenost větší než 0,3 m.

Vozidlo stojí v měřicím místě se spuštěným motorem, řadicí páka je v poloze neutrálu a jeho motor je zahřátý na provozní teplotu. Otáčky motoru jsou uvedeny akcelerátorem.

Po dosažení konstantních otáček je uvolněn akcelerátor. V průběhu provozu při konstantních otáčkách je měřena hladina hluku. Ta je měřena i v průběhu zpomalování motoru (návrat do volnoběžných otáček motoru). Posuzována je maximální hodnota. Výsledky měření jsou platné, pokud se rozdíl mezi třemi po sobě jdoucími měřeními neliší o více než 2 dB (A). Posuzuje se nejvyšší hodnota ze tří měření.

### 9.5.3 Vnější hluk stlačeného vzduchu

Toto měření se provádí u vozidel, která jsou vybavena místo kapalinových brzd brzdami vzduchovými.

Mikrofon zvukoměru je umístěn ve vzdálenosti 7 m od obrysu vozidla a ve výšce 1,2 m nad vozovkou. Umístění je znázorněno na následujícím obrázku.

Vozidlo stojí na místě, tlak vzduchu v brzdovém systému je přiveden na maximální provozní úroveň. Motor musí běžet ve volnoběžném režimu. Hluk je měřen při otevření tlakového regulátoru při použití provozní a parkovací brzdy. Samotné měření se provádí dvakrát, a to ve všech polohách mikrofonu. Výsledkem měření je nejvyšší naměřená hodnota, která je snížena o 1 dB (A) z důvodu nepřesnosti mikrofonu.



## 9.6 Protokol o zkoušce

Protokol o provedené zkoušce musí obsahovat:

- odkaz na normu ISO 362
- údaje o místě zkoušky, údaje o povětrnostních podmínkách včetně rychlosti větru a teploty vzduchu, směru větru, barometrického tlaku a vlhkosti
- typ měřicího zařízení
- maximální hladinu akustického tlaku A typickou pro hluk v pozadí
- identifikaci vozidla, jeho motor, převodovku, včetně dostupných převodových poměrů, velikosti a typ pneumatik, tlaku v pneumatikách, typ výroby pneumatik, zkušební hmotnosti, délku vozidla a polohu referenčního bodu;
- typ převodovky nebo převodové poměry použité během zkoušky;
- umístění počátku zrychlení
- rychlost vozidla u PP 'a na konci zrychlení
- pomocné vybavení vozidla
- všechny platné hodnoty hladiny akustického tlaku A měřené pro každou zkoušku.

## 10 Závěr

Hlavním cílem mé bakalářské práce byly hlukové emise motorový vozidel. V první části mé práce jsem definoval hluk jako takový. Na tuto definici jsem navázal působím hluku z motorový vozidel na člověka a jeho okolí a s tím spojené zdravotní komplikace. Uvedl jsem tři nejčastější zdravotní komplikace, které člověka postihují. Tyto informace jsou podloženy studií vědců, kteří se tímto problémem aktivně zabývají.

V dalším pokračování jsou uvedeny hlavní zdroje hluku motorových vozidel s rozdělením na vnější a vnitřní hluk. S tím souvisí metody snižování hluku ze silniční dopravy, které jsem rovněž rozdělil do dvou skupin. Na vnější opatření a na opatření uvnitř obydlí.

Po této problematice jsem se zaměřil na historii měření hluku v dopravě a na nejnovější legislativní podmínky v oblasti měření hluku a na aktuální limity hluku stanovené Evropskou unií. Tyto limity jsou čím dál častěji snižovány, a to z důvodu rostoucí intenzity dopravy. V budoucnu by se problém s hlukem ve městech mohl zjednodušit kvůli neustálému vývoji elektromobilů a hybridních automobilů, které oproti vozidlům se spalovacím motorem neprodukují téměř žádný hluk.

V poslední části mé práce jsem popsal metody měření vnitřního a vnějšího hluku u vozidel. Těmito zkouškami musí projít každý nový automobil, aby mohl být schválený pro provoz na pozemních komunikacích. Hladina hluku je uvedena ve velkém technickém průkazu na zadní straně. Dle mého názoru by se hluk vozidla měl měřit na technické prohlídce vozidla, a to z důvodu nelegálních úprav tzv. „tuningu“ výfukových částí a jiných komponentů vozidla. Bohužel tomu tak není a některá vozidla produkují mnohem větší hluk, který ostatní obyvatele a obtěžuje a způsobuje jim zdravotní komplikace. To samé platí i o zvěři ta může být vyplašena a může jí způsobovat stres. Samozřejmě by mohlo pomoci tomuto problému vybavit každou policejní hlídku schváleným hlukoměrem. Ani v tomto případě to není jednoduché. Toto opatření by bylo velice nákladné a ve statním rozpočtu na to nezbývají peníze.

## 11 Seznam použitých zdrojů

- [1] Ekosoftware. *Ekosoftware s.r.o.* [online]. Liberec, 2016 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.ekosoftware.cz/zvuk-a-hluk>
- [2] SMETANA, Ctirad. *Hluk a vibrace: měření a hodnocení*. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 1998. ISBN 80-901-9362-5.
- [3] § 30 odstavec 2 zákona č. 471/2005 Sb. *Zákon o ochraně veřejného zdraví*. In: . Praha: Parlament České Republiky, 2005.
- [4] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. Vyd. 1. Praha, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [5] BERAN, Vlastimil. *Chvění a hluk*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2010. ISBN 978-80-7043-916-6.
- [6] POON, Linda. City noise mental health traffic study. *CITYLAB.com* [online]. 2015 [cit. 2017-11-4]. Dostupné z: [www.citylab.com/equity/2015/11/city-noise-mental-health-traffic-study/417276/](http://www.citylab.com/equity/2015/11/city-noise-mental-health-traffic-study/417276/)
- [7] Ekologické centrum Most. In: *Hluk* [online]. b.r. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.ecmost.cz/ovzdusi.php?page=hluk>
- [8] HAWK, Thomas. Unfortunate ways traffic noise affects people. *Reflectd on the mind* [online]. 2014 [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: <http://reflectd.co/2014/01/27/6-unfortunate-ways-traffic-noise-affects-people/>
- [9] JAFFE, Eric. Why City Noise Is a Serious Health Hazard. *Citylab.com* [online]. 2015 [cit. 2018-01-9]. Dostupné z: <https://www.citylab.com/equity/2015/04/why-city-noise-is-a-serious-health-hazard/391194/>
- [10] BERG, Nate. Traffic Noise Might Give You a Heart Attack. *CITYLAB.com* [online]. 2012 [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <https://www.citylab.com/transportation/2012/06/traffic-noise-might-give-you-heart-attack/2341/>
- [11] BLISS, LAURA. Exposure to Traffic Noise May Raise Your Risk of Obesity. *CITYLAB* [online]. 2015 [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <https://www.citylab.com/transportation/2015/05/exposure-to-traffic-noise-may-raise-your-risk-of-obesity/394103/>
- [12] *Hluk & Emise* [online]. Praha: gingercandy.cz, 2015 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/zdroje-hluku-a-prehled-nastroju-reseni/>
- [13] ŠTĚTINA, Josef, Michal JAROŠ a Pavel RAMÍK. Virtuální laboratoř - Měření. *Virtuální laboratoř - Měření* [online]. Vysoké učení technické v Brně, 2003 [cit. 2017-12-14].
- [14] KOČÁREK, Jiří. TŮV SŮD Czech. *Auto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mereni-hluku-vozidel-velke-zmeny-101712>

- [15] *Vehicle Certification Agency* [online]. United Kingdom: VCA Offices, 2015 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <http://www.dft.gov.uk/vca/fcb/cars-and-noise.asp>
- [16] *Předpis EHK č. 51 Vnější hluk vozidel kategorií M a N*. In: . Ženeva: Organizace spojených národů, 1985.
- [17] NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04347-9.
- [18] *Zvukoměr/frekvenční analyzátor CESVA SC310 Uživatelská příručka*. Barcelona, 2012.
- [19] ČSN ISO 7188. *Akustika - Měření vnějšího hluku osobních automobilů za podmínek odpovídajících městskému provozu*. Druhé vydání. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [20] ČSN ISO 5128. *Akustika - Měření vnitřního hluku motorových vozidel*. První vydání. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [21] ČSN ISO 362-1. *Měření hluku vyzařovaného jedoucími silničními vozidly - Technická metoda: Část 1: Kategorie M a N*. Druhé vydání. Praha: Český normalizační institut, 2015.