

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Hluk a vibrace motorů motocyklů a jejich vliv na lidského činitele  
Jiří Janovský

Bakalářská práce  
2009

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky  
Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří JANOVSÝ**

Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**

Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků  
a infrastruktury**

Název tématu: **Hluk a vibrace motorů motocyklů a jejich působení na  
lidského činitele**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

V teoretické části student určí metodiku měření hluku, emitovaný ultrazvuk a vibrace motocyklu v laboratoři DFJP. Pro měření hluku a vibrací navrhne zkušební zařízení. Naměřené hodnoty porovná se standardy pracovního lékařství.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**TESAŘ, MIROSLAV, VALA MIROSLAV - Teorie a konstrukce silničních vozidel I. Univerzita Pardubice, 2003. VLK, FRANTIŠEK - Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno, Nakladatelství VLK, 2001. TULKA, JIŘÍ, PIRKL, SLAVOMÍR - Kmitání a vlnění. Univerzita Pardubice 2004.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Jurašek**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 28.5.2009

Jiří Janovský

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu *ing. Michalu Juraškovi* za vedení mé práce, ochotu a neustálý přísun informací, pánům *ing. Michalu Musilovi, Ph.D.* a *ing. Pavlu Kuklovi* za asistence při realizaci a analýze hlukových a vibračních měření, panu *prof. Lánskému* za důležité rady a připomínky a také děkuji rodičům a svým blízkým za neustálou podporu při studiu a tvorbě této práce.

## **ANOTACE**

Práce se zabývá soudobou metodikou měření hluku a vibrací motocyklů, jejich vlivem na lidského činitele, rozebírá fyzikální podstatu a jednotlivé legislativní předpisy. Vše je podloženo dvěma experimenty, které jsou následně analyzovány a jejichž výsledky jsou porovnány s hygienickými limitními hodnotami.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Hluk, vibrace, zkoušky motocyklu, hygienické předpisy, měření.

## **TITLE**

Noise and vibration of motorcycle engines and their influence to human factor.

## **ANNOTATION**

The work deals with current methods of measuring noise and vibration of motorcycles, their influence to human factor, analyses physical fundamentals and individual legislative regulations. Everything is well-founded with two experiments, which are subsequently compared with hygienic limit values.

## **KEYWORDS**

Noise, vibration, motorcycle testing, hygienic regulations, measuring.

## Obsah

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Úvod .....                                                                    | 8         |
| <b>1. Hluk .....</b>                                                          | <b>8</b>  |
| 1.1. Zvuk – základní informace a definice .....                               | 8         |
| 1.2. Kmitavé děje .....                                                       | 9         |
| 1.3. Šíření rozruchu .....                                                    | 10        |
| 1.4. Veličiny a vztahy mezi nimi .....                                        | 11        |
| 1.5. Zdroje hluku dopravních prostředků .....                                 | 12        |
| 1.6. Legislativa související s hlukem .....                                   | 13        |
| 1.7. Způsoby měření, měřicí přístroje .....                                   | 13        |
| <b>2. Měření hluku jedoucího motocyklu .....</b>                              | <b>14</b> |
| 2.1. Podmínky měření .....                                                    | 14        |
| 2.2. Metoda měření .....                                                      | 15        |
| 2.3. Výsledky (protokol o zkoušce) .....                                      | 18        |
| <b>3. Měření hluku stojícího motocyklu .....</b>                              | <b>18</b> |
| 3.1. Hladina hluku v bezprostřední blízkosti motocyklu .....                  | 18        |
| 3.2. Podmínky měření .....                                                    | 18        |
| 3.3. Metoda měření .....                                                      | 19        |
| 3.4. Výsledky (protokol o zkoušce) .....                                      | 21        |
| <b>4. Vliv hluku na lidského činitele .....</b>                               | <b>23</b> |
| 4.1. Objektivizované měřicí postupy .....                                     | 23        |
| 4.2. Kmitočtové průběhy váhových filtrů a vybraných hodnotících funkcí .....  | 24        |
| 4.3. Vliv hluku na lidského činitele – obecné informace .....                 | 25        |
| 4.4. Jak hluk poškozuje zdraví člověka .....                                  | 27        |
| 4.5. Ochrana před hlukem .....                                                | 29        |
| <b>5. Experiment č. 1 – měření hluku .....</b>                                | <b>30</b> |
| 5.1. Základní informace .....                                                 | 30        |
| 5.2. Vnější podmínky měření .....                                             | 31        |
| 5.3. Měřidla .....                                                            | 31        |
| 5.4. Popis měření .....                                                       | 32        |
| 5.5. Výsledky .....                                                           | 32        |
| <b>6. Vibrace .....</b>                                                       | <b>34</b> |
| 6.1. Základní informace a definice .....                                      | 34        |
| 6.2. Metoda hodnocení .....                                                   | 35        |
| 6.3. Vliv vibrací na člověka .....                                            | 35        |
| 6.4. Požadavky na snímače .....                                               | 37        |
| 6.5. Piezoelektrický akcelerometr .....                                       | 38        |
| 6.6. Připevnění snímačů .....                                                 | 38        |
| 6.7. Vliv vibrací na lidského činitele .....                                  | 40        |
| <b>7. Experiment č. 2 – měření vibrací .....</b>                              | <b>41</b> |
| 7.1. Použitá měřidla .....                                                    | 41        |
| 7.2. Popis měření, podmínky měření .....                                      | 42        |
| 7.3. Umístění a upevnění snímačů .....                                        | 42        |
| 7.4. Výsledky měření .....                                                    | 43        |
| 7.5. Analýza výsledků měření dle normy ČSN ISO 5349-1 .....                   | 45        |
| 7.6. Analýza výsledků měření dle normy ČSN ISO 2631-1 .....                   | 46        |
| <b>Závěr .....</b>                                                            | <b>48</b> |
| <b>Použitá literatura .....</b>                                               | <b>49</b> |
| <b>PŘÍLOHA A Fotodokumentace měření hluku na dvoře DFJP</b>                   |           |
| <b>PŘÍLOHA B Fotodokumentace měření vibrací v laboratoři DFJP</b>             |           |
| <b>PŘÍLOHA C Výsledky měření hluku - spektrální třetinooktávová analýza</b>   |           |
| <b>PŘÍLOHA D Výsledky měření vibrací - spektrální třetinooktávová analýza</b> |           |

## Úvod

Tato práce se zabývá problematikou měření hluku a vibrací jednostopých vozidel – motocyklů. Vývoj motocyklů je podmíněn dodržováním čím dál přísnějších předpisů, která zohledňují zejména zdraví řidiče, spolujezdce a osob pohybujících se v bezprostřední blízkosti motocyklu, jízdní komfort a pohodlí. Dodržování těchto předpisů je testováno v akreditovaných zkušebnách. Teorie a postupy, kterými se řídí akreditované zkušebny motorových vozidel jsou v této práci přehledně zpracovány a doloženy praktickými měřeními. Výsledkem je porovnání naměřených hodnot s limitními podle předpisu ES a posouzení vlivu na člověka dle hygienických předpisů.

## 1. Hluk

### 1.1. Zvuk – základní informace a definice

**Zvuk** je každé podélné mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem a lze poměrně velice přesně fyzikálně popsat a měřit jeho vlastnosti, ať už u zdrojů (emise) nebo pokud se šíří prostředím (imise).

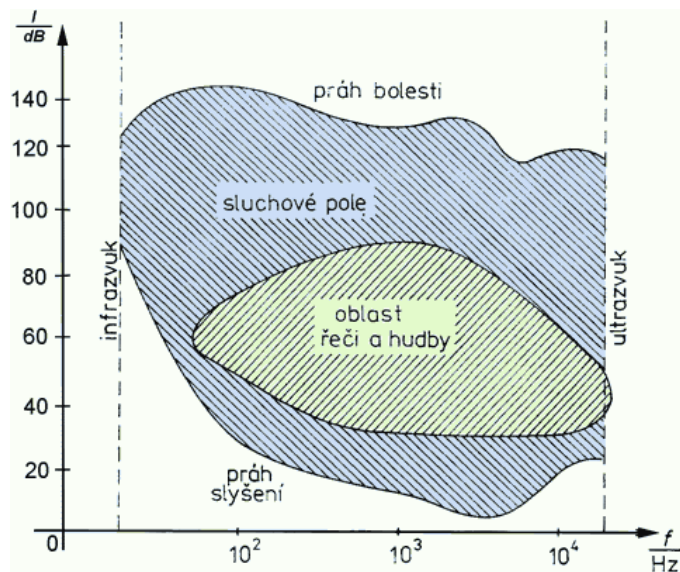
**Hluk** je zvuk, který je nežádoucí a nehudební.

Lékařsky lze považovat hluk za zvuk, který má účinky přímo na správnou činnost sluchového orgánu, nebo prostřednictvím něho v různé intenzitě jinak působí škodlivě na člověka. Ale i tyto vlivy zvuku (bez ohledu na jeho fyzikální vlastnosti) lze dnes již poměrně přesně pozorovat a objektivně popsat.

Frekvence, kterou je schopno zaznamenat lidské ucho, leží v rozmezí od 20 Hz do 20 kHz. V širším smyslu lze za zvuk označovat i vlnění s frekvencemi mimo tento rozsah, zvuk s frekvencí **nižší než 20 Hz** (který slyší např. sloni) nazýváme **infrazvuk**. Zvuk s frekvencí **vyšší než 20 kHz** nazýváme **ultrazvuk**.<sup>[6]</sup>

Snižování hluku je spojeno s ekonomickými náklady, které mnohdy převyšují pořizovací náklady na konstrukci vhodnou z hlediska hluku či vibrací.

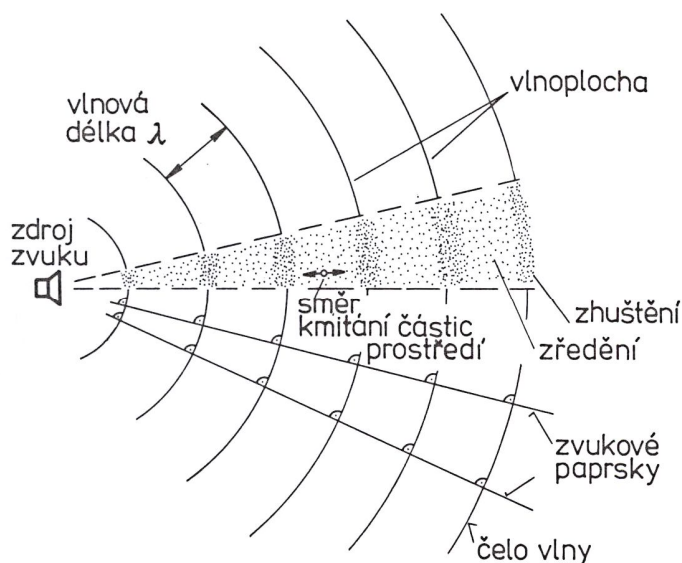
V dnešní době je snižování hluku významnou oblastí při vývoji dopravních prostředků. Provádí se rozsáhlá měření celého motocyklu, pro jejichž absolvování je dnes nutno provádět jízdní zkoušky, které věrně napodobují jízdní podmínky (vliv okolního prostředí, dopravy). Dále je nutno provádět zkoušky stojícího motocyklu, které se provádějí v laboratořích, nebo venkovních prostorách přímo určených a schválených pro tuto činnost.



**Obr. 1 Slyšitelné oblasti lidského ucha**  
(zdroj: <http://mfweb.wz.cz/fyzika/153.htm>)

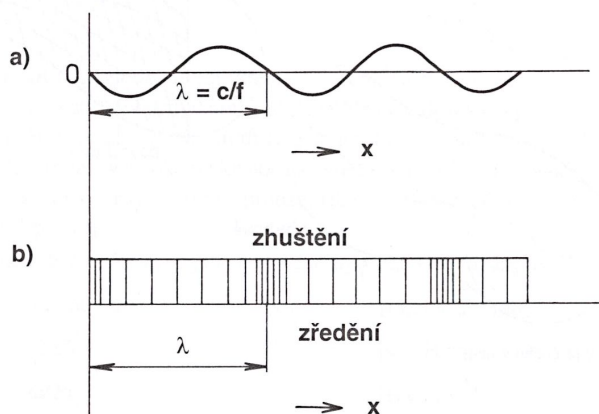
## 1.2. Kmitavé děje

- Kmitání je příčinou chvění a hluku,
- chvění způsobuje u technických zařízení namáhání materiálu vedoucí až k přímé poruše, zahrnované či spíše ukrývané pod pojmem únavových poruch,
- pokud je jakýmkoli způsobem částice uvedena do mechanického kmitání, jedná se o **rozruch**, který je předáván dále sousedícím částicím,
- šíření rozruchu nazýváme **vlnění**, akustická vlna se ve vzduchu pohybuje rychlostí cca  $340 \text{ m.s}^{-1}$ ,
- rozruch se šíří vlnami,



**Obr. 2 Vlnoplochy**

- částice se vychylují buď příčně nebo kolmo ke směru šíření, proto se může v homogenním prostředí zvětšovat hustota částic,



Obr. 3 a) Příčné vlnění (u tuhých látek),  
b) podélné vlnění (plynné a kapalně prostředí)

- v důsledku tohoto zhušťování se mění např. tlak plynu oproti své statické hodnotě, tuto proměnnou složku vyjadřujeme skalární veličinou **akustický** (zvukový) **tlak**,
- rychlost šíření rozruchu prostředím  $c$  [ $\text{m.s}^{-1}$ ] je závislá na hustotě prostředí  $\rho$  [ $\text{kg.m}^{-3}$ ], teplotě prostředí a i dalších veličinách,
- další významnou veličinou při šíření zvuku je vlnová délka

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (1)$$

která udává vzdálenost dvou sousedních vlnoploch při vyzařování jednoduchého signálu s kmitočtem  $f$  [Hz] při rychlosti  $c$  [ $\text{m.s}^{-1}$ ]. <sup>[4]</sup>

|                                                  |                      |                             |
|--------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Příklady vlnových délek při určitých frekvencích | $f = 16 \text{ Hz}$  | $\lambda = 21,5 \text{ m}$  |
|                                                  | $f = 250 \text{ Hz}$ | $\lambda = 1,37 \text{ m}$  |
|                                                  | $f = 8 \text{ kHz}$  | $\lambda = 4,29 \text{ cm}$ |

### 1.3. Šíření rozruchu

Šíření vlnění předpokládá prostředí, které je složeno z hmotnostních částic a vyznačuje se stlačitelností nebo pružností. K šíření dojde vlivem silového působení budícího kmitání, kde rozruch se šíří od buzené částice (zdroje) rychlostí šíření  $c$ . V rozsahu akustických kmitočtů (tj. slyšitelných) označujeme vlnění v plynném či kapalném prostředí jako zvuk, mechanické vlnění (kmitání) v tuhých látkách jako vibrace (bez kmitočtového omezení). <sup>[2]</sup>

Při šíření rozruchu dochází k ovlivňování přímočarého šíření:

- *Odrazem* - nastává při šíření vln proti překážce, kde intenzita odražené vlny závisí na materiálu překážky (pohltivost)
    - u vibrací nastává odraz na přechodu dvou materiálů s odlišnými vlastnostmi – proto se v praxi pro útlum vibrací využívají tzv. sendvičové (vrstvené) konstrukce
  - *Ohybem* - souvisí s Huygensovým principem – podle kterého lze každý bod vlnoplochy považovat za zdroj nového vlnění šířícího se v kulových vlnoplochách, tzn. každé místo na hraně překážky je zdrojem kulových vln
  - *Lomem* - nastává tehdy, šíří-li se vlna do jiného prostředí, přičemž platí, že je-li rychlost šíření v novém prostředí větší než v původním, lomí se směr paprsku od kolmice ke styčné ploše prostředí
- Při šíření zvukové vlny dochází k energetickým ztrátám, které nazýváme **útlum-absorbce**, které jsou ve vzduchu závislé především na vlhkosti a na kmitočtu.<sup>[1]</sup>

#### 1.4. Veličiny a vztahy mezi nimi

- protože akustický tlak slyšitelného rozsahu přesahuje sedm dekad a některé jeho zápisy by byly nepraktické, zavádíme zápis pomocí logaritmické stupnice vztahující se k tzv. referenční hodnotě.

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{y^2}{y_0^2} = 20 \cdot \log \frac{y}{y_0} \quad [dB] \quad (2)$$

- referenční hodnota akustického tlaku  $y_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa
- potom hladina akustického tlaku je dána vztahem

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} = 20 \cdot \log p + 94 \quad [dB] \quad (3)$$

- a naopak platí  $P = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{\frac{L_p}{20}} = 10^{\frac{L_p - 94}{20}}$  (4)
- pokud je index hladiny akustického tlaku označen písmeny A,B,C ( $L_A, L_B, L_C$ ), znamená to použití příslušného váhového filtru. Označení má podobu [dB (A)].<sup>[1]</sup>

**Tab. 1 Použité veličiny, jejich jednotky a značení**

| Veličina                  | Označení        | Jednotka               | Zkratka          |
|---------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| Hladina zvuku             | $L_a, L_b, L_c$ | Decibel                | dB               |
| Hladina akustického tlaku | L               | Decibel                | dB               |
| Akustický tlak            | P               | Pascal                 | Pa               |
| Akustický výkon           | P(W)            | Watt                   | W                |
| Intenzita zvuku           | J(I)            | Watt na metr čtvereční | $W \cdot m^{-2}$ |

### 1.5. Zdroje hluku dopravních prostředků

- Aerodynamický hluk – způsobuje jej samotný motocykl včetně posádky, jak rozráží svým pohybem vzduch,
- hluk motoru – převažuje při nižších rychlostech – do 30 km/h u osobních automobilů, u motocyklů je to velmi relativní, protože velmi záleží na typu motocyklu (cestovní/sportovní/chopper/atd.), kde hluk tlumený koncovkou výfuku mnohdy výrazně převyšuje ostatní zdroje hluku,
- pohyby mechanismů (mechanické zvuky),
- hluk vznikající kontaktem pneumatiky s vozovkou – je dnes předmětem rozsáhlých výzkumů a diskuzí, kde je cílem snížit valivý hluk vznikající odvalováním pneumatiky po vozovce,
  - v roce 2006 byla Evropské komisi předložen návrh na zavedení přísnějších limitů pro hlučnost pneumatik osobních i nákladních automobilů v letech 2008 a 2012, navrhovaná úroveň hlučnosti pro osobní vozidla byla 2,5 – 5,5 dB,
  - hluk z pneumatik postupem času roste s tím, jak roste používáním širších typů pneumatik,
  - problematika tichých pneumatik je dnes nejsnažším způsobem jak snížit hluk z dopravy, protože technologicky je průmysl natolik dobře připraven, že zavedení limitů by si nevyžádalo žádné extrémní navýšení výrobních nákladů – velké procento dnešních pneu již s rezervou splňuje navrhované limity.

## 1.6. Legislativa související s hlukem

- Předpis Evropské hospodářské komise OSN č. 41 – Vnější hluk vozidel kategorie L ( dále EHK OSN č. 63 – vnější hluk mopedů) <sup>[3]</sup>
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 97/24/ES – Vnější hluk a výfukové systémy vozidel kategorie L <sup>[4]</sup>
- zákon č. 258/2000 sb. § 30 - § 34
- vládní nařízení č. 148/2006 – vládní nařízení o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, které nahrazuje hygienický předpis č. 41, sv. 37/1977 – Nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací <sup>[5]</sup>
- norma ISO 5130:1982 – Měření hluku stojícího vozidla.

Pro provádění měření se aplikovala směrnice č. 97/24, publikované v českém jazyce, z důvodu možnosti jejího bezplatného stažení ve formátu PDF na oficiálních internetových stránkách Evropského parlamentu. Obsahem směrnice č. 97/24 jsou shrnuté postupy a metodika měření jako v předpisu EHK č. 41, který ale slouží zejména jako příručka pro konstruktéry při vývoji motocyklů a je zpoplatněna. Normu ISO 5130 zpřesňuje výklad evropské směrnice o umístění měřících snímačů pro realizaci měření.

## 1.7. Způsoby měření, měřicí přístroje

Měření hluku u motocyklů dělíme na povinné a volné.

- Povinné - vnější hluk jedoucího vozidla
  - vnější hluk stojícího vozidla
- Volné - zkouška vnitřního hluku
  - ostatní

### Požadavky na měřidla

- Přístrojem užitým k měření hladiny akustického tlaku musí být přesný zvukoměr, měří se při časové konstantě „rychle“ a váhové křivce „A“. Při zahájení a na konci každé série měření musí být zvukoměr kalibrován vhodným zvukovým zdrojem (například pistonfonem) podle návodu výrobce.
- Při měření otáček motoru a rychlosti musíme zajistit přesnost  $\pm 3\%$ . <sup>[4]</sup>

## **2. Měření hluku jedoucího motocyklu**

### **2.1. Podmínky měření**

#### **2.1.1. Stav motocyklu**

Během měření musí být motocykl v provozním stavu (včetně chladicího média, olejů, paliva, nářadí, náhradního kola a řidiče). Před měřením musí být motor motocyklu uveden na obvyklou provozní teplotu. Je-li motocykl opatřen ventilátory se samočinně ovládaným mechanismem, nesmí být během měření hluku do tohoto systému zasahováno. U motocyklů s více než jedním hnacím kolem se použije pouze pohon určený pro jeho obvyklý silniční provoz. Je-li motocykl vybaven postranním vozíkem, musí být tento vozík při zkoušce odpojen. <sup>[4]</sup>

#### **2.1.2. Zkušební lokalita**

Zkušební místo může podstatným vlivem ovlivnit hodnoty hluku. Jsou definovány tyto charakteristiky:

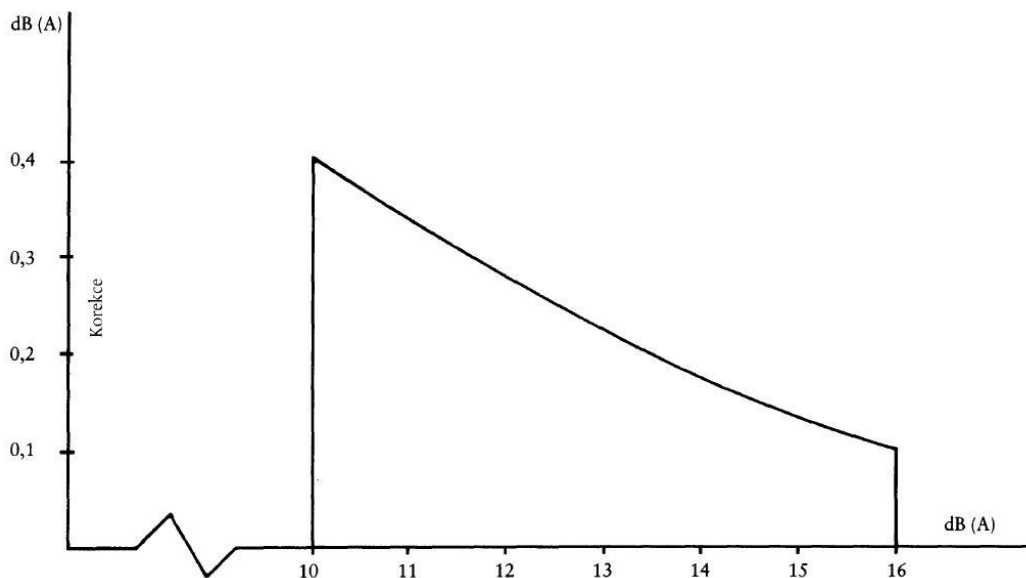
- geometrické tvary
- okolí
- fyzikální vlastnosti povrchu

Zkušební lokalita musí zahrnovat střední zrychlovací úsek obklopený v podstatě rovnou zkušební plochou. Zrychlovací úsek musí být rovinný, jeho povrch musí být suchý a takový, aby hluk odvalování byl nízký. Odchyłky od vlastností volného zvukového pole mezi zvukovým zdrojem ve středu zrychlovacího úseku a mikrofómem nesmějí ve zkušební lokalitě překročit  $\pm 1$  dB. Tato podmínka se považuje za splněnou, nejsou-li do 50 m od středu zrychlovacího úseku žádné velké objekty, které odrážejí zvuk, jako ploty, skály, mosty nebo budovy. Mikrofon nesmí být ovlivňován žádným způsobem, který by mohl působit na zvukové pole, a mezi mikrofómem a zdrojem hluku nesmí stát žádná osoba. Měřící osoba se musí postavit tak, aby neovlivňovala údaje na měřicím přístroji. <sup>[4]</sup>

#### **2.1.3. Různé**

Nesmí se měřit za nepříznivých atmosférických podmínek. Musí se zajistit, aby výsledky měření nebyly ovlivněny nárazy větru. Při měření musí být hladina akustického tlaku (A) jiných zdrojů hluku, než jsou na zkoušeném vozidle nebo zaviněné větrem, nejméně o 10 dB(A) nižší, než je hladina akustického tlaku vyvolaná vozidlem. Na mikrofónu lze užít vhodný kryt proti větru za předpokladu, že se vezme v úvahu jeho vliv na citlivost a směrové

vlastnosti mikrofonu. Je-li odstup měřeného hluku od hluku pozadí v rozsahu od 10 dB(A) do 16 dB(A), musí být pro výpočet výsledku měření od údaje na zvukoměru odečtena příslušná korekce podle následujícího grafu.<sup>[4]</sup>



**Obr. 4** Odstup měřeného hluku od pozadí

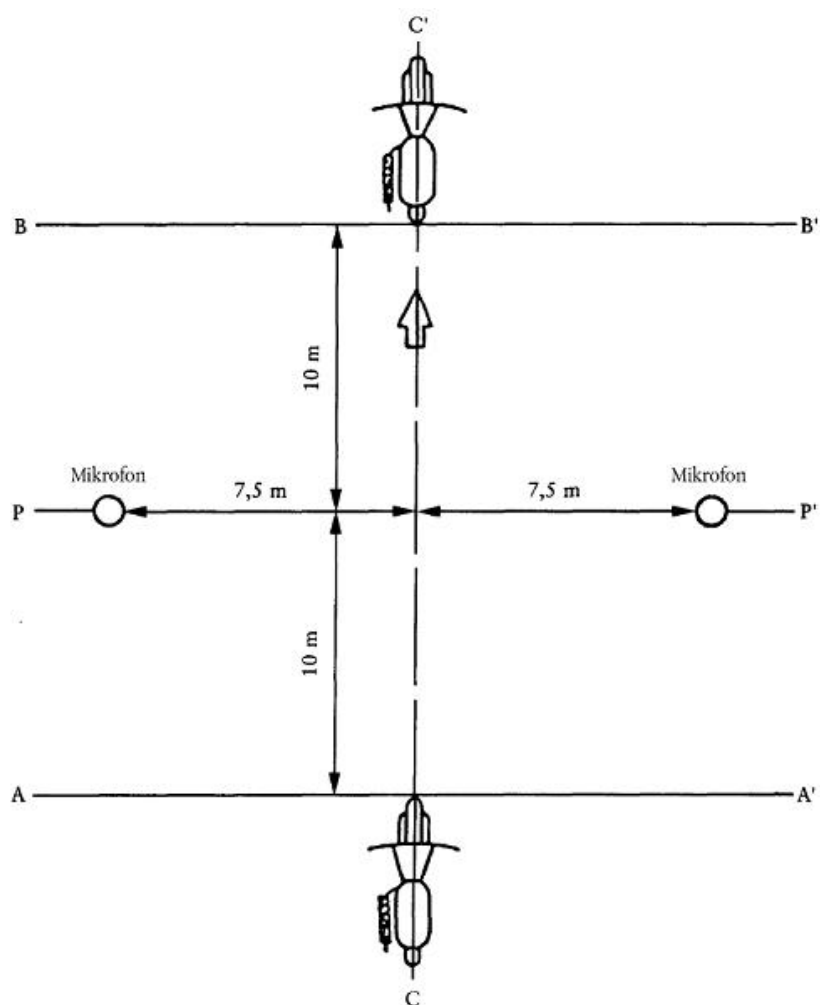
## 2.2. Metoda měření

### 2.2.1. Podstata a počet měření

Měří se maximální hladina akustického tlaku (A) v decibelech dB(A) za jízdy motocyklu mezi čarami A a B. Měření je neplatné, je-li zjištěn neobvyklý nesouhlas mezi špičkovou hodnotou a zaznamenanou celkovou hladinou akustického tlaku. Na každé straně motocyklu se měří nejméně dvakrát.<sup>[4]</sup>

### 2.2.2. Umístění mikrofonu

Mikrofon se umístí  $(7,5 \pm 0,2)$  m od osy dráhy C (viz. obr. 5) a  $(1,2 \pm 0,1)$  m nad povrchem vozovky.<sup>[4]</sup>



**Obr. 5 Zkouška motocyklu za jízdy**

### 2.2.3. Podmínky provozu.

Motocykl se přibližuje k čáře A počáteční ustálenou rychlostí. Jakmile přední okraj motocyklu dosáhne čáry A, otevře se akcelérátor do polohy plného otevření tak rychle, jak je to v praxi možné, a v této poloze se podrží do doby, kdy zadní okraj motocyklu dosáhne čáry B; akcelérátor se pak uvede do polohy volnoběhu tak rychle, jak je to možné. Při všech měřeních musí motocykl ve zrychlovacím úseku jet po přímce tak, aby podélná střední rovina motocyklu byla pokud možno co nejblíže ose C. <sup>[4]</sup>

### 2.2.4. Motocykly s neautomatickou převodovkou

#### 2.2.4.1. Nájezdová rychlost

Motocykl se k čáře A přibližuje ustálenou rychlostí:

- 50 km/h,
- nebo rychlostí odpovídající otáčkám motoru rovným 75 % otáček.
- Volí se nižší z obou rychlostí. <sup>[4]</sup>

#### 2.2.4.2. Volba rychlostního stupně

Bez ohledu na zdvihový objem motoru se motocykly s převodovkou s nejvýše čtyřmi rychlostními stupni zkoušejí při zařazeném druhém rychlostním stupni.

Motocykly s motorem o zdvihovém objemu nepřekračujícím  $175 \text{ cm}^3$  a s převodovkou s pěti nebo více rychlostními stupni se zkoušejí pouze při zařazeném třetím rychlostním stupni.

Motocykly s motorem o zdvihovém objemu vyšším než  $175 \text{ cm}^3$  a s převodovkou s pěti nebo více rychlostními stupni se zkoušejí při zařazeném druhém a třetím rychlostním stupni. Výsledkem je střední hodnota z těchto dvou zkoušek. <sup>[4]</sup>

#### 2.2.5. Motocykly s automatickou převodovkou.

##### 2.2.5.1. Motocykly bez ruční předvolby

- nájezdová rychlost - Motocykl se přibližuje k čáře A ustálenými rychlostmi 30 km/h, 40 km/h a 50 km/hod nebo rychlostí, která činí 75 % maximální silniční rychlostí, je-li tato hodnota nižší. Zvolí se podmínka, která dává nejvyšší hladinu akustického tlaku. <sup>[4]</sup>

##### 2.2.5.2. Motocykly s ručním voličem s X dopřednými polohami.

- nájezdová rychlost - motocykl se přibližuje k čáře A ustálenou rychlostí:
  - nižší než 50 km/hod při otáčkách motoru rovných 75 % otáček,
  - nebo 50 km/h při otáčkách motoru nižších než 75 % otáček
  - Dochází-li v průběhu zkoušky při rychlosti 50 km/hod k přeřazení na první rychlostní stupeň, má být nájezdová rychlost zvětšena až na maximálně 60 km/hod, aby se zabránilo takovému řazení. <sup>[4]</sup>

##### 2.2.5.3. Poloha ručního voliče

Je-li motocykl vybaven ruční předvolbou s X dopřednými polohami, zkouší se s voličem v nejvyšším stupni; nesmí se užít volitelné řazení na nižší stupeň (například kick-down). Dojde-li za čarou A k automatickému řazení, opakuje se zkouška při užití druhé nejvyšší a v případě potřeby třetí nejvyšší polohy voliče, aby se našla nejvyšší poloha voliče, za které je možno zkoušet bez automatického řazení na nižší rychlostní stupeň (bez užití nuceného řazení typu kick-down). <sup>[4]</sup>

### **2.3. Výsledky (protokol o zkoušce)**

- V protokolu o zkoušce musí být uvedeny veškeré okolnosti a vlivy působící na měření.
- Údaje na zvukoměru se zaokrouhlují na nejbližší celý decibel.
- Pokud je číslice za desetinnou čárkou mezi 0 a 4, zaokrouhluje se číslo dolů, pokud je mezi 5 a 9, zaokrouhluje se číslo nahoru.
- Pokud střední hodnota všech čtyř výsledků měření nepřekračuje nejvyšší přípustnou hladinu pro kategorii, do které zkoušený motocykl patří, považuje se mezní hodnota za splněnou. Tato střední hodnota je výsledkem zkoušky.<sup>[4]</sup>

## **3. Měření hluku stojícího motocyklu**

### **3.1. Hladina hluku v bezprostřední blízkosti motocyklu**

Pro zjednodušení následného hlukového přezkušování motocyklů v provozu se také měří hladina akustického tlaku v bezprostřední blízkosti výstupu výfukového systému (tlumiče) podle následujících požadavků; výsledky měření se uvedou v protokolu o zkoušce.<sup>[4]</sup>

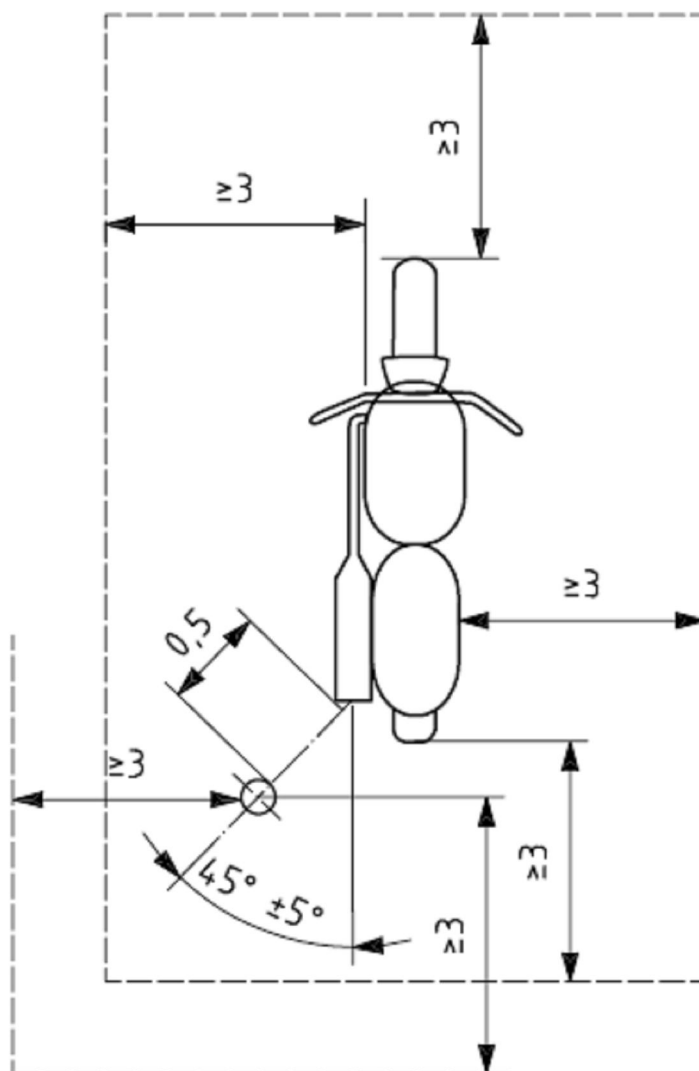
### **3.2. Podmínky měření**

#### **3.2.1. Stav motocyklu**

Před měřením musí být motor motocyklu uveden na obvyklou provozní teplotu cca ... Je-li motocykl opatřen ventilátory se samočinně ovládaným mechanismem, nesmí být během měření hluku do tohoto systému zasahováno. V průběhu měření je řazení převodovky v poloze „neutrál“. Je-li rozpojení převodu nemožné, musí být hnacímu kolu motocyklu umožněno volné protáčení, například tím, že se vozidlo umístí na jeho středový stojan.<sup>[4]</sup>

#### **3.2.2. Zkušební plocha**

Jako zkušební plocha může být užita jakákoli plocha, na které nejsou žádné významné akustické překážky. Vhodné jsou ploché povrchy pokryté betonem, asfaltem, nebo jiným vhodným tvrdým materiálem, které jsou vysoce odrazivé; užívat se nesmějí povrchy tvořené pěchovanou zeminou. Zkušební plocha musí mít tvar obdélníku, jehož okraje jsou nejméně 3 m od vnějších obrysů motocyklu (s výjimkou řídicích). V tomto obdélníku nesmějí být žádné významné překážky, například nesmějí v něm stát jiné osoby, než je řidič a měřící obsluha. Motocykl musí být umístěn v tomto obdélníku tak, aby mikrofón užitý k měření byl nejméně 1 m od případného obrubníku.<sup>[4]</sup>



**Obr. 6 Zkušební plocha pro měření hluku stojícího motocyklu**

### 3.2.3. Různé

Údaje měřicího přístroje vyvolané hlukem pozadí a vlivem větru musí být nejméně o 10 dB(A) nižší, než je hladina akustického tlaku, která má být měřena. Na mikrofonu může být užit vhodný kryt proti větru za předpokladu, že je brán v úvahu jeho vliv na citlivost a směrové vlastnosti mikrofonu. <sup>[4]</sup>

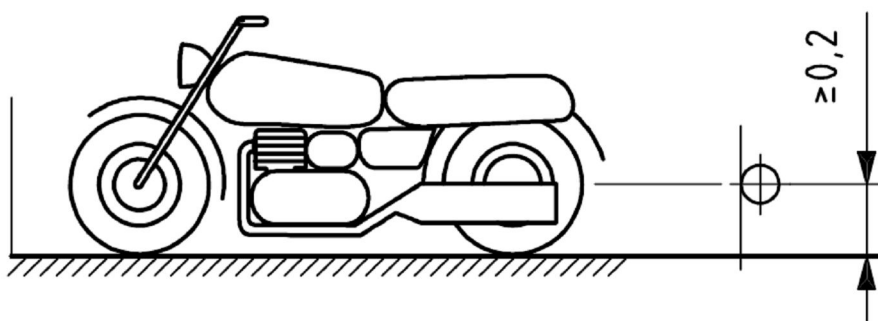
## 3.3. Metoda měření

### 3.3.1. Podstata a počet měření

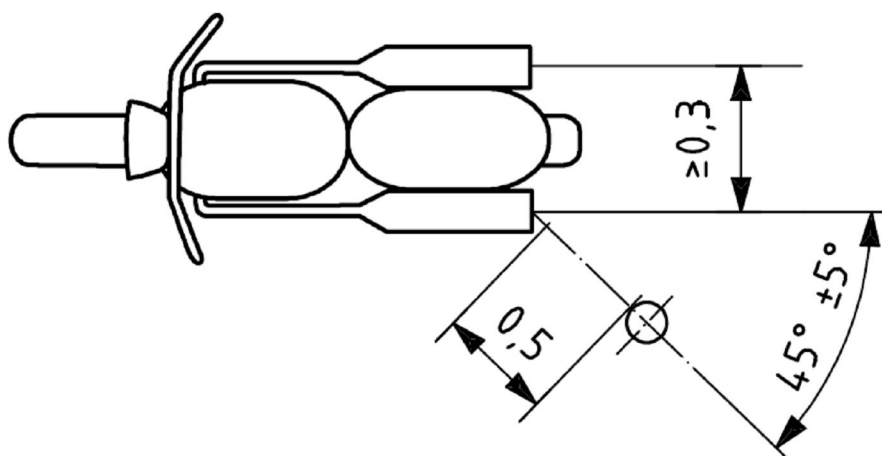
V průběhu doby měření se měří maximální hladina akustického tlaku (A) vyjádřená v decibelech [dB(A)]. V každém měřicím bodě se měří nejméně třikrát. <sup>[4]</sup>

### 3.3.2. Umístění mikrofonu

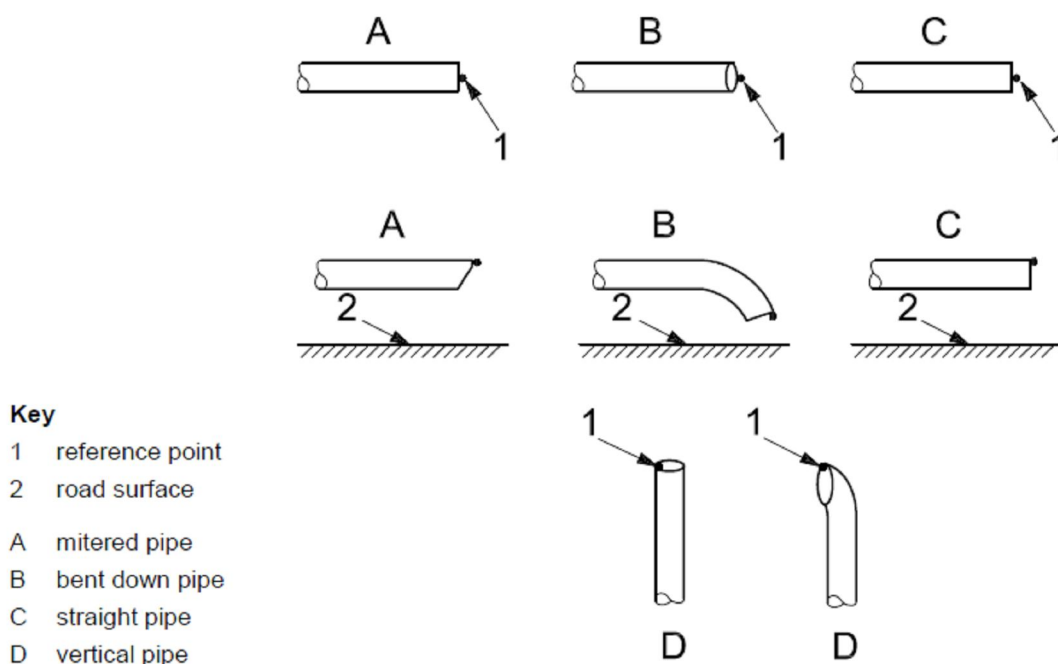
Mikrofon se umístí v úrovni výstupu výfuku nebo 0,2 m nad povrchem měřicí plochy podle toho, která z obou hodnot je vyšší. Membrána mikrofonu musí směřovat k výstupu výfuku a musí být od něho umístěna ve vzdálenosti 0,5 m. Osa maximální citlivosti mikrofonu musí být rovnoběžná s povrchem měřicí plochy a v úhlu  $45 \pm 10^\circ$  ke svislé rovině ležící ve směru výstupu výfukových plynů. Vzhledem k této svislé rovině musí být mikrofon umístěn na té straně, na které má mikrofon větší vzdálenost od obrysu motocyklu (s výjimkou řídítek). Má-li výfukový systém více než jeden výstup se vzájemnou vzdáleností střed-střed menší nebo rovnou 0,3 m, umístí se mikrofon proti výstupu, který je k motocyklu bližší (s výjimkou řídítek), nebo proti výstupu, který je výše nad povrchem měřicí plochy. Jsou-li středy výstupů od sebe vzdálenější než 0,3 m, musí se měřit pro každý z nich samostatně a vyšší z naměřených hodnot se považuje za výsledek zkoušky.<sup>[4]</sup>



Obr. 7 Umístění mikrofonu pro měření hluku stojícího motocyklu (pohled ze strany)



Obr. 8 Umístění mikrofonu pro měření hluku stojícího motocyklu (pohled shora)



**Figure 1 — Reference point**

**Obr. 9 Referenční bod, od kterého se měří vzdálenost mikrofону (dle ISO 5130)**

### 3.3.3. Provozní podmínky

Otáčky motoru se ustálí na jedné z následujících hodnot:

- $\frac{3}{4} S$  (při  $n < 5000 \text{ l.min}^{-1}$ ),
- $\frac{1}{2} S$  (při  $n > 5000 \text{ l.min}^{-1}$ ),

kde „S“ jsou otáčky motoru. Po ustálení otáček se akcelerátor rychle vrátí do polohy volnoběhu. Hladina akustického tlaku se měří v průběhu pracovního cyklu, který je tvořen krátkodobým podržením ustálených otáček motoru a celou decelerací; výsledkem zkoušky je maximální údaj na zvukoměru. <sup>[4]</sup>

### 3.4. Výsledky (protokol o zkoušce)

V protokolu o zkoušce musí být uvedeny veškeré závažné údaje, a zvláště údaje, které jsou užívány při měření hluku stojícího motocyklu.

Z měřicího přístroje se zjišťují údaje zaokrouhlené na nejbližší celý decibel.

Pokud je číslice za desetinnou čárkou mezi 0 a 4, zaokrouhuje se číslo dolů, pokud je mezi 5 a 9, zaokrouhuje se číslo nahoru. Užívají se pouze výsledky měření, jejichž rozpětí u tří po sobě jdoucích zkoušek nepřekročí 2 dB(A).

Nejvyšší z těchto tří měření je výsledkem zkoušky. <sup>[4]</sup>

**Tab. 2 Mezní hodnoty hladiny akustického tlaku v dB(A) a data jejich vstupu v platnost pro dílčí schválení typu dvoukolového nebo tříkolového motorového vozidla z hlediska přípustné hladiny akustického tlaku. [4]**

| Vozidla                      | Mezní hodnoty hladin akustického tlaku platné po 24 měsících ode dne přijetí této směrnice |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Dvoukolové mopedy         |                                                                                            |
| $\leq 25 \text{ km/h}$       | 66                                                                                         |
| $> 25 \text{ km/h}$          | 71                                                                                         |
| Tříkolové mopedy             | 76                                                                                         |
| 2. Motocykly                 |                                                                                            |
| $\leq 80 \text{ cm}^3$       | 75                                                                                         |
| $> 80 \leq 175 \text{ cm}^3$ | 77                                                                                         |
| $> 175 \text{ cm}^3$         | 80                                                                                         |
| 3. Tříkolky                  | 80                                                                                         |

## 4. Vliv hluku na lidského činitele

### 4.1. Objektivizované měřicí postupy

- Při měření se setkáváme s rozporem mezi subjektivním vjemem a fyzikálně podloženým objektivním měřením akustického tlaku, a to jak v průběhu měření, tak při jeho vyhodnocování, transformacích, přepočtech, apod.,
- jednoznačně akceptovatelné objektivní měření subjektivního vjemu se dosud nenalezlo, proto existuje spousta metod, která se označují jako *objektivizovaná* [2]
- Příklady vývoje některých metod:

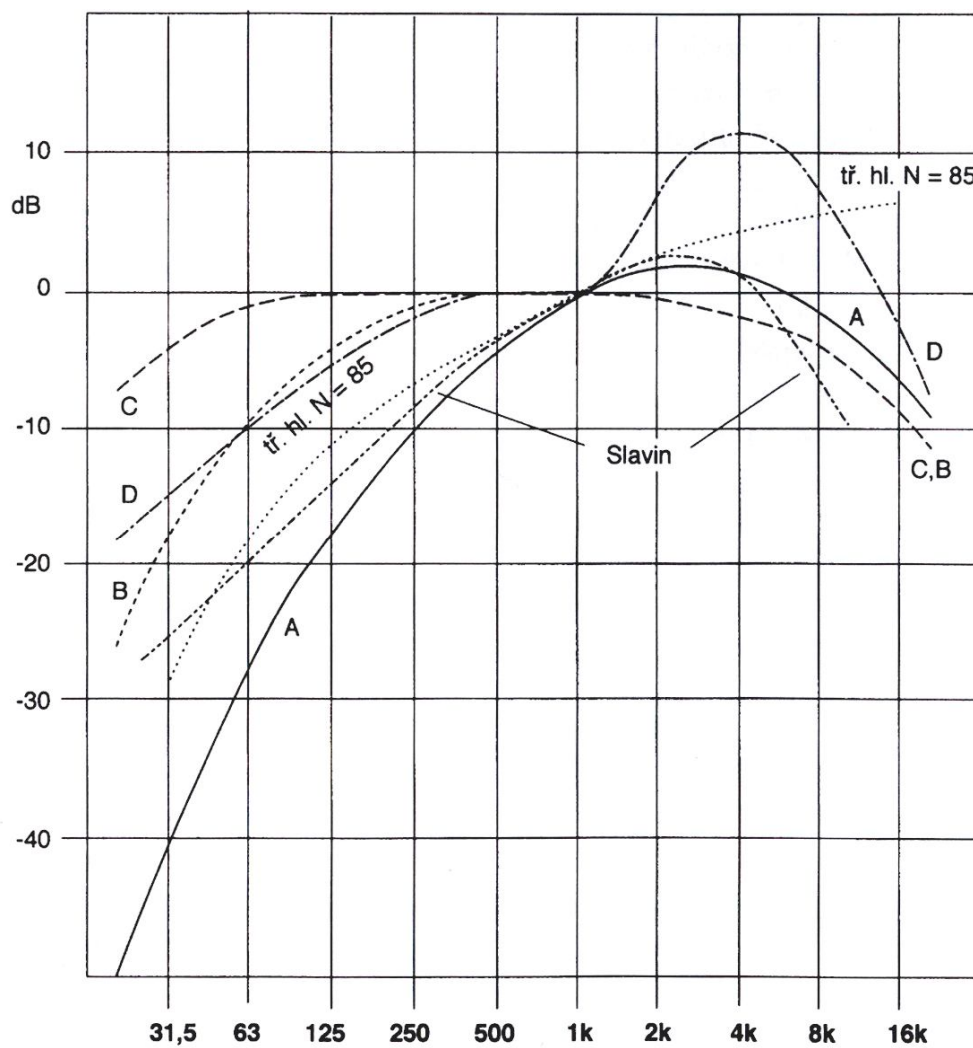
- Subjektivně zjišťované hladiny hlasitosti  $L_N$  – vhodné pro jednoduché signály, nevyhovující u složených signálů,
- metoda měření hlasitosti  $N$  [son], dána vztahem

$$N = 2^{\frac{L_n - 40}{10}} \quad (5)$$

- přesnější metoda, přesto dnes nevyhovující,
- metoda, která upravila původní oktávová pásma na nestejně široká, tzv. Barkhausenova pásma (též jako *kritická*),
- zpřesnění vyjádření hlasitosti dosáhl **Zwicker**, který ještě oproti Barkhausenovi pásma ještě zúžil, vychází z třetinooktávových pásem, která jsou určitým způsobem slučována, hladiny jsou vyneseny do grafu a pomocí dalších složitých propočtů upravovány, dnes již běžně automatizované díky moderním měřidlům [2]

Ve vývoji hrají důležitou roli filtry, které dokáží přiblížit měřený hluk vlastnostem lidského ucha s ohledem na kmitočtovou závislost hluku tak, jak jej zachycují křivky stejné hlasitosti (viz obr. 11). Jedná se o váhové filtry (viz obr. 10), které jsou přidávány do měřicího řetězce.

Dnes se používají tři základní typy A, B, C, které přibližně zrcadlově odpovídají křivkám hladin stejné hlasitosti 40dB, 70dB, 100dB, váhový filtr D se používá pro letecký provoz. Nikdy není možné dosáhnout souhlasu subjektivního vjemu a naměřených hodnot, ale díky těmto filtrům se snaží přiblížit shodě.



Obr. 10 Váhové filtry [2]

#### 4.2. Kmitočtové průběhy váhových filtrů a vybraných hodnotících funkcí

Pro realizaci měřidel jsou váhové funkce dány předpisem, pro filtr A vypadá předpis následovně:

$$A(f) = 20 \cdot \log \frac{R_A(f)}{R_A(1000)}, \quad (6)$$

$$R_A(f) = \frac{12200^2 \cdot f^4}{(f^2 + 20,6^2) \cdot (f^2 + 12200^2) \cdot \sqrt{(f^2 + 107,7^2) \cdot (f^2 + 737,9^2)}}, \quad (7)$$

kde  $A(f)$ ...výsledná korekce filtru A [dB],

$f$ ...frekvence [Hz].

**Tab. 3 Hodnoty korekcí pro váhový filtr A**

| Frekv. [Hz] | korekce [dB] | Frekv. [Hz] | korekce [dB] | Frekv. [Hz] | korekce [dB] |
|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 20          | -50,5        | 200         | -10,9        | 2 k         | +1,2         |
| 25          | -44,7        | 250         | -8,6         | 2,5 k       | +1,3         |
| 31,5        | -39,4        | 315         | -6,6         | 3,15 k      | +1,2         |
| 40          | -34,6        | 400         | -4,8         | 4 k         | +1,0         |
| 50          | -30,2        | 500         | -3,2         | 5 k         | +0,5         |
| 63          | -26,2        | 630         | -1,9         | 6,3 k       | -0,1         |
| 80          | -22,5        | 800         | -0,8         | 8 k         | -1,1         |
| 100         | -19,1        | 1 k         | -0,0         | 10 k        | -2,5         |
| 125         | -16,1        | 1,25 k      | +0,6         | 12,5 k      | -4,3         |
| 160         | -13,4        | 1,6 k       | +1,0         | 16 k        | -6,6         |
|             |              |             |              | 20 k        | -9,3         |

Přesnějším přiblížením se dosahuje taktéž použitím oktávových nebo třetinooktávových filtrů, nebo přímo kmitočtových analyzátorů (selektivní nebo integrální s přímou Fourierovou analýzou).

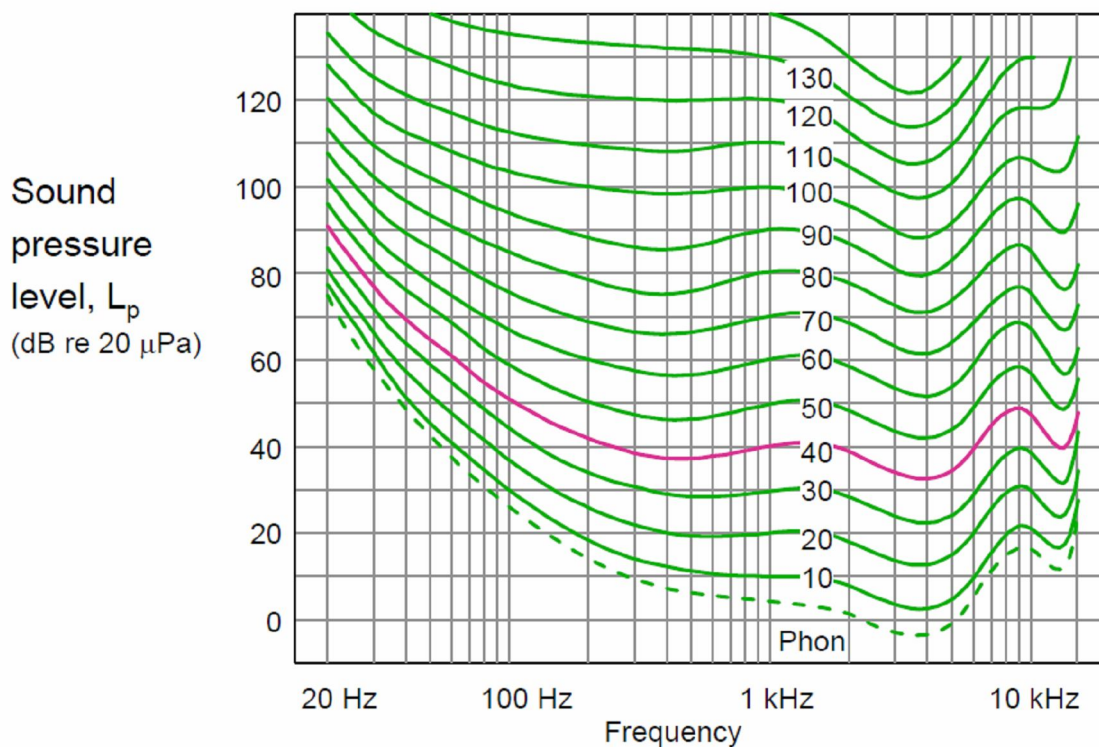
Pro zdravotní hlediska vytvořil **Slawin** svůj váhový filtr, který zpřesňuje význam váhového filtru **A**. Zkoumal přesnější vliv na lidské ucho a na lidský organismus jako celek. V úvahu byly brány poruchy jako zvýšení krevního tlaku, špatná psychika,...tzn. že některá pásma A filtru jsou zbytečně nadhodnocená, viz. obr. 10. <sup>[2]</sup>

Ze Slawinových prací vycházejí a jsou definovány **tzv. třídy hluku N** (udávány prostým číslem). Změřené hladiny akustického tlaku v oktávových pásmech převedeme na pásmové třídy hluku pro to které oktávové pásmo. Jako výsledná třída hluku se udává nejvyšší hodnota pásmové třídy hluku. Přestože určení třídy hluku je v předpisech, nepoužívá se a ani se nevyžaduje.

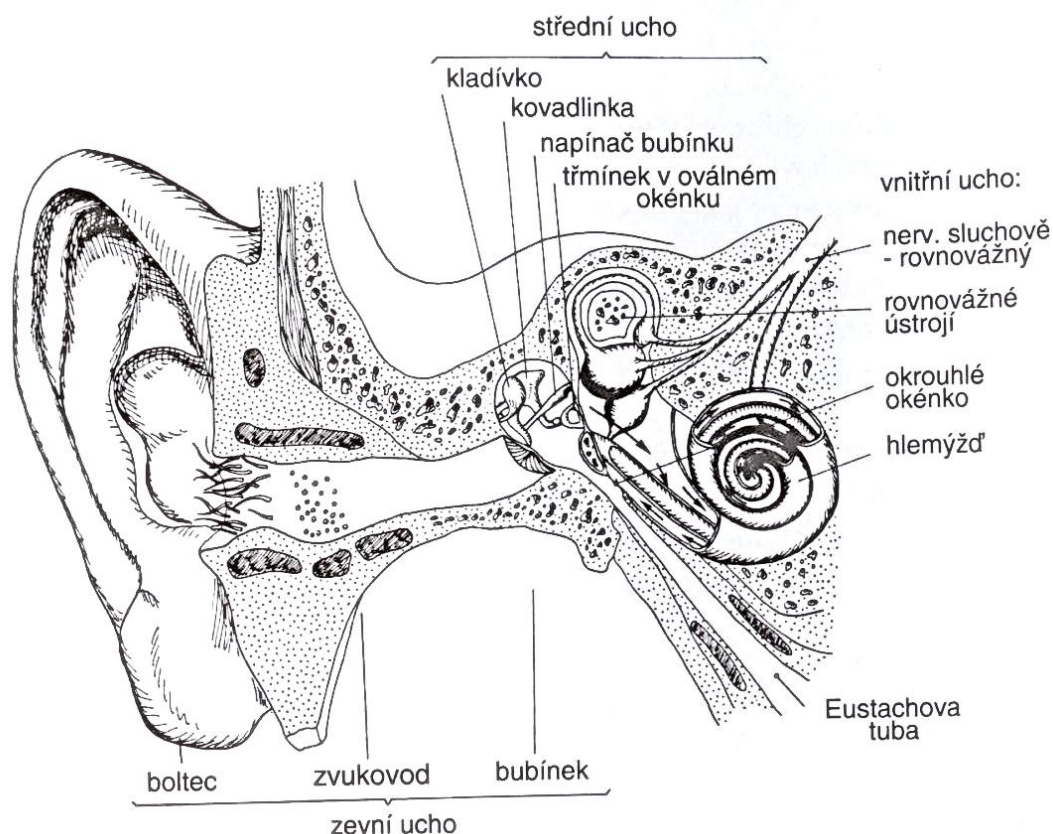
#### **4.3. Vliv hluku na lidského činitele – obecné informace**

- Pro subjektivní vjem zvuku používáme pojem hlasitost, ta ale bývá často v nepřesné závislosti s fyzikálními veličinami. Závislost hlasitosti na hladině akustického tlaku má pro jednoduchý zvuk odchylky, pro složený zvuk jednoduchá závislost neexistuje, lze nalézt pouze určité průměrné závislosti. Dané závislosti se zjišťují statisticky – zpracováním velkého počtu odpovědí od populace. Obor, který zkoumá závislosti mezi různými fyzikálními veličinami a průměrnými subjektivními vjemy, nazýváme fyziologická akustika,
- vjem lidského ucha reaguje na lineární vzrůst akustického tlaku logaritmičtě,
- kmitočtová charakteristika se mění podle působící intenzity dopadajícího signálu,

- ucho disponuje tzv. maskovacím efektem, tzn. že silnějším signálem je přehlušen jiný kmitočtově blízký signál,
- ucho si vytváří své vlastní zkreslující složky, které nejsou obsažené v dopadajícím signálu,
- ucho si také vytváří složky v případě, že vnímá dva kmitočtově soudílné signály – tzv. aurální tóny,
- svalstvo středního ucha má určité předpětí, tzn., že stejně intenzivní signál vnímá sluch s různou velikostí vnímaného počítku v závislosti na době krátkodobého působení signálu – na měřidlech můžeme nastavit dynamickou charakteristiku – závisí na reakční době ucha,
- nezanedbatelný vliv má i psychika jedince,
- vjem změny hudební výšky tónu neodpovídá fyzikálním změnám a je závislý i na vnímané akustické intenzitě,
- ze všech těchto vlastností vyplývají a jsou statisticky podloženy tzv. křivky hladin stejné hlasitosti (obr. 11) - závislost hladiny akustického tlaku na kmitočtu, která je několikrát zakřivená a nelineární,
- narozdíl od jiných škodlivin se porušení sluchu neprojevuje ihned ztrátou sluchu ani bolestí.



Obr. 11 křivky hladin stejné hlasitosti (zdroj: Brüel&Kjaer)



**Obr. 12 Anatomie lidského sluchového orgánu – ucha [2]**

#### 4.4. Jak hluk poškozuje zdraví člověka

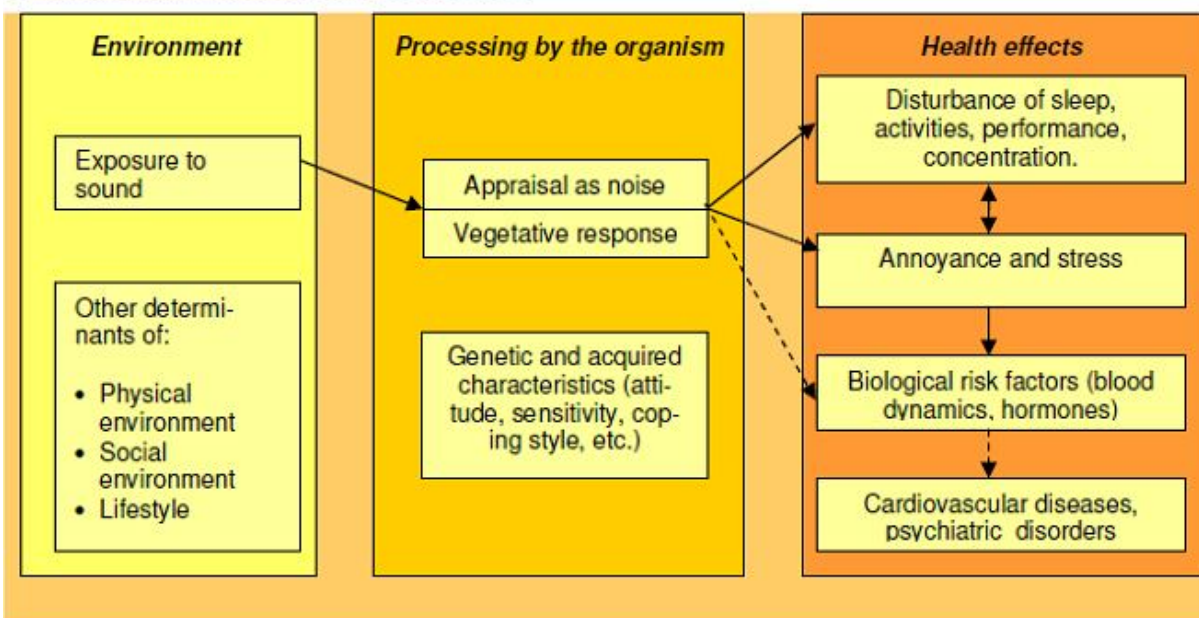
- Poškozuje sluchový orgán
  - Nervové buňky v hlemýždi, což se projevuje při delší práci v hluku o hladině nad 85 dB (A). Důsledkem je dočasný až trvalý posun sluchového prahu (snížení sluchové ostrosti), který může vyústit až v profesionální nedoslýchavost.
  - Bubínek a převodní aparát (viz. obr.12) při působení výrazně a náhle zvýšené hladiny hluku, což se projevuje jako tzv. akustické trauma.<sup>[12]</sup>
- Způsobuje systémové poruchy
  - Funkční poruchy v činnosti centrálního nervového systému vyvolávající vegetativní, hormonální nebo biochemické reakce, poruchy spánku, pocity únavy, zhoršení pracovního výkonu, nervozitu a další poruchy, např. štítné žlázy a dalších žláz s vnitřní sekrecí a zvýšení krevního tlaku. Tyto změny mohou mít vliv na výskyt pracovních úrazů.
  - Poruchy motorických funkcí, které mohou vést ke zhoršení přesnosti pohybů.
  - Uvedené účinky mohou být způsobeny hlukem o intenzitě nižší než 85 dB (A).<sup>[12]</sup>

Za prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku je považováno poškození sluchového aparátu především na pracovištích, ale i vliv na kardiovaskulární a imunitní systém a zdraví v důsledku nedostatku nerušeného spánku. Mimosluchové účinky ovlivňují celou řadu funkcí a reakcí člověka a mohou se projevovat psychickými poruchami, jakož i ve formě nemocí, u nichž působení hluku může nepříznivě působit na její průběh.

Reakce organismu závisí dále na:

- Spektru
- Tónovosti
- Rychlosti a velikosti změny
- Dynamice
- Časové historii
- Informačním obsahu
- Očekávanosti, atd.

The mechanisms of noise-induced health effects



Source: HCN (Health Council of the Netherlands), 1999.

**Obr. 13 Mechanismus zdravotních následků způsobených hlukem**

## 4.5. Ochrana před hlukem

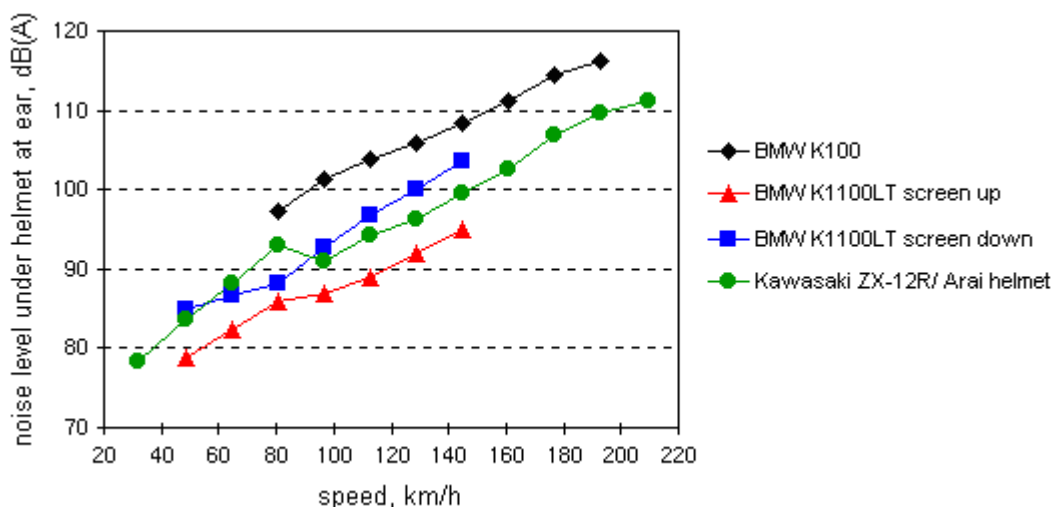
### • Přilby

Úroveň hluku pod helmou řidiče motocyklu se rapidně zvyšuje se zvyšující se rychlostí. Ve větších rychlostech nad 70 km/h aerodynamický hluk způsobený tokem vzduchu převyšuje ve většině případů hluk generovaný samotným motocyklem. Vystavení tomuto hluku představuje pro mnohé řidiče motocyklu z povolání (např. policie) překračování limitních hodnot. Jedno z řešení je poskytování ušních ucpávek „špuntů“, není to ale řešení ideální. Z dlouhodobého hlediska je nutné zlepšovat aerodynamický a akustický design přileb, který je dnes testován ve větrných tunelech. <sup>[8]</sup> Mechanické vlastnosti materiálů pro zhotovení přileb chrání jezdce před poraněním hlavy.



**Obr. 14 Příklad výklopné motocyklové přilby**

- Ucpávky („špunty“) do uší dokáží snížit hladinu akustického tlaku až o 20 – 25 dB.



**Obr. 15 Úroveň hluku pod přilbou v závislosti na rychlosti jízdy**  
(zdroj: [http://www.isvr.co.uk/at\\_work/m\\_cycle.htm](http://www.isvr.co.uk/at_work/m_cycle.htm), University of Southampton)

Graf znázorňuje některé příklady úrovní hluku měřených pod přilbou řidiče motocyklu v průběhu jízdy. Jedná se o výzkum Univerzity Southampton. V případě motocyklu BMW K1100LT (červený a modrý graf), který je řízen stejným řidičem se stejnou přilbou, záleží na umístění předního plexiskla (červený – vyvýšené plexisklo, modrý – snížené plexisklo), které výrazně upravuje aerodynamiku motocyklu.

## 5. Experiment č. 1 – měření hluku

### 5.1. Základní informace

Tab. 4 Technické údaje měřených motocyklů

| Motocykl č. 1     |                                                |
|-------------------|------------------------------------------------|
| Tovární značka    | Yamaha                                         |
| Obchodní označení | FZS 600                                        |
| Objem             | 599 ccm                                        |
| Výkon             | 70 kW/11500 ot./min.                           |
| Rozvod motoru     | DOHC, 16 ventilů                               |
| Typ motoru        | Čtyřdobý, řadový, kapalinou chlazený čtyřválec |
| Stav tachometru   | 21900 km                                       |
| Motocykl č. 2     |                                                |
| Tovární značka    | Yamaha                                         |
| Obchodní označení | FZS 1000                                       |
| Objem             | 998 ccm                                        |
| Výkon             | 105,2 kW/ 10000 ot./min.                       |
| Rozvod motoru     | DOHC, 16 ventilů                               |
| Typ motoru        | Čtyřdobý, řadový, kapalinou chlazený čtyřválec |
| Stav tachometru   | 42380                                          |



Obr. 16 Vlevo motocykl č. 1 - Yamaha FZS 1000, vpravo motocykl č. 2 Yamaha FZS 600

## 5.2. Vnější podmínky měření

Měření 1. motocyklu

- vlhkost vzduchu 59 %
- teplota vzduchu 16,6 °C
- téměř bezvětrí

Měření 2. motocyklu

- vlhkost vzduchu 58%
- teplota vzduchu 22,2 °C
- téměř bezvětrí

## 5.3. Měřidla

Tab. 5 Technické údaje měřidel

| <b>Snímač hluku – mikrofon</b>                             |                    |
|------------------------------------------------------------|--------------------|
| Výrobní číslo                                              | 2250267            |
| Typ měřidla                                                | PMS                |
| Inventární číslo                                           | 2-004971           |
| Evidenční číslo                                            | SP3/2              |
| Datum kalibrace                                            | 17.9.2008          |
| Platnost kalibrace do                                      | 9/2010             |
| Číslo metrologického úřadu                                 | CM 8012-0L-1302-08 |
| <b>Analyzátor Brüel&amp;Kjaer</b>                          |                    |
| LAN Interface modul                                        | Type 7533          |
| 6/1-ch. Input/Output modul                                 | Type 3032A         |
| Výrobní číslo                                              | 2304933            |
| Inventární číslo                                           | 2-005545           |
| <b>Vlhkoměr</b>                                            |                    |
| Evidenční číslo                                            | UP 820/44          |
| Rozsah 20 – 100% (made in Germany)                         |                    |
| <b>Teploměr</b>                                            |                    |
| Orientační teploměr JVD system, přesnost na desetiny °C/°F |                    |

#### 5.4. Popis měření

Měření probíhalo na dvoře DFJP za přítomnosti Ing. Michala Musila, Ph.D., který obsluhoval měřicí aparaturu. Měření se provádělo podle směrnice ES 97/24/ES. Mikrofon byl umístěn dle nákresu na obr. 7 a obr. 8. Snímala se maximální hodnota akustického tlaku při s/2 (kde s jsou maximální otáčky), při otáčkách téměř maximálních (u obou motocyklů na hranici omezovače) a prováděla se spektrální třetinooktávová frekvenční analýza.

#### 5.5. Výsledky

Tab. 6 Výsledky měření maximální hladiny akustického tlaku

| Režim měření                               | Vozidlo                                                      |                                                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                            | Maximální hladina akustického tlaku [dB(A)]<br>Motocykl č. 1 | Maximální hladina akustického tlaku [dB(A)]<br>Motocykl č. 2 |
| M1<br>(6000 ot./min.)                      | 92.3                                                         | 96.7                                                         |
| M2<br>(6000 ot./min.)                      | 92.0                                                         | 96.2                                                         |
| M3<br>(6000 ot./min.)                      | 92.1                                                         | 96.1                                                         |
| Volnoběh<br>(cca 1100 – 1200 ot./min.)     | 73.2                                                         | 74.6                                                         |
| Maximální otáčky<br>(na hranici omezovače) | 102                                                          | 118                                                          |

Měřený parametr – maximální hladina akustického tlaku  $L_{pAmax}$  (dB(A))

Akustické pozadí – 43 dB(A)

#### Spektrální třetinooktávová analýza

- rozsah středních frekvencí 20 Hz – 16 kHz
- dominantní frekvenční pásma jsou uvedena v tab. 8
- kompletní výsledky frekvenční analýzy jsou uvedeny v **příloze C**

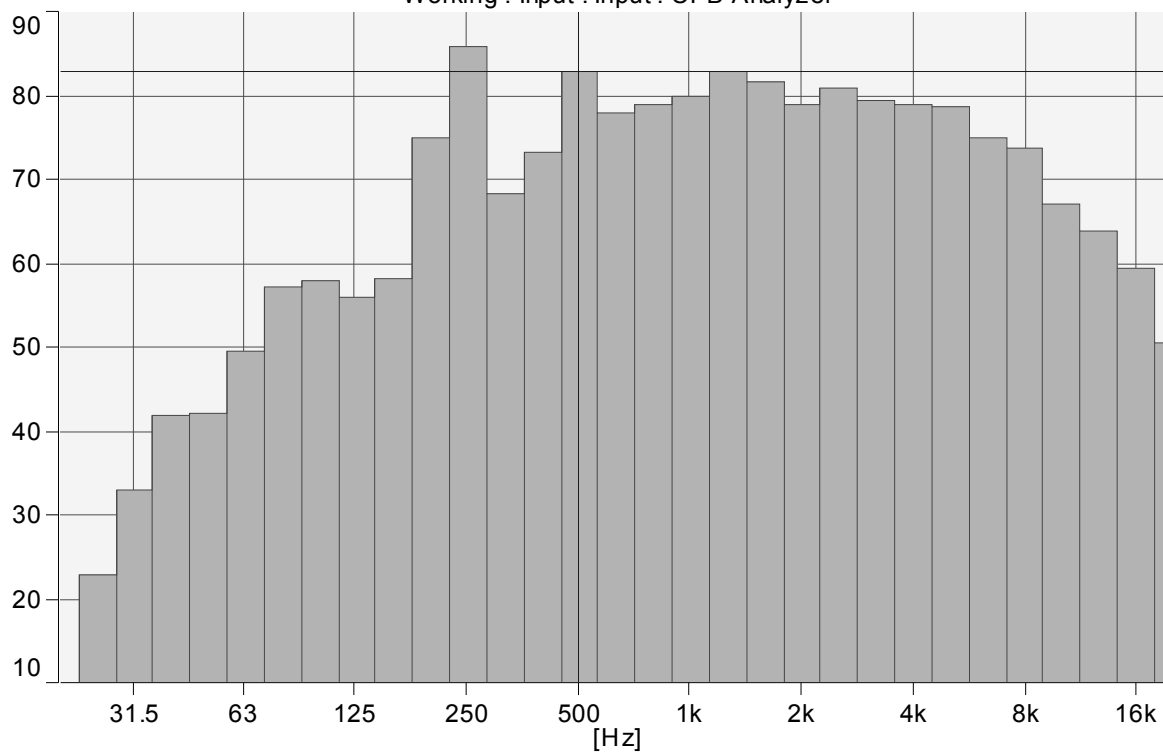
**Tab. 7 Dominantní frekvenční pásma (parametr střední pásmová frekvence)**

| Režim měření     | Vozidlo       |               |
|------------------|---------------|---------------|
|                  | Motocykl č. 1 | Motocykl č. 2 |
| Volnoběh         | 100 Hz        | 100 Hz        |
| 6000 ot./min.    | 250 Hz        | 400 Hz        |
| Maximální otáčky | cca 2400 Hz   | 100 Hz        |

**Motocykl č.1 – 6000 ot./min.**

[dB(A)/20.0u Pa]

Autospectrum(M1) - Input  
Working : Input : Input : CPB Analyzer

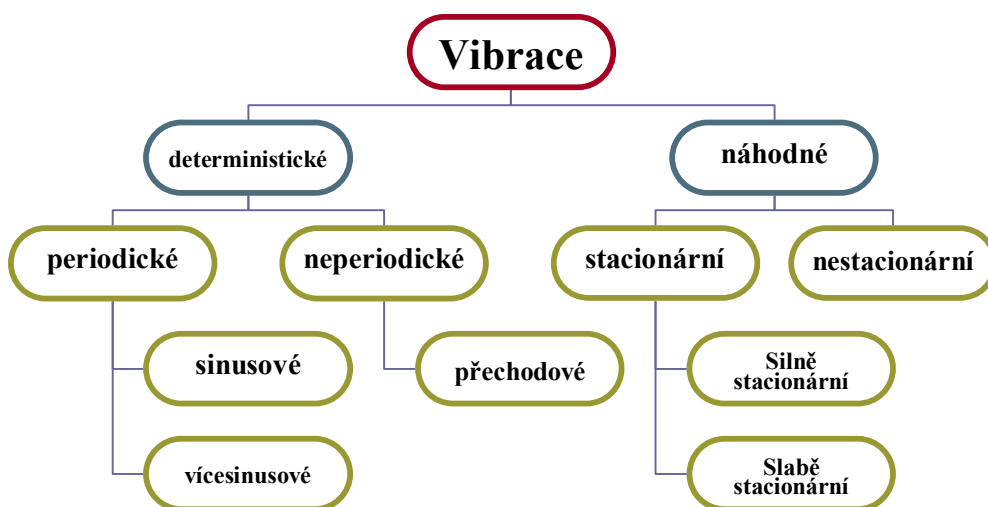


## 6. Vibrace

### 6.1. Základní informace a definice

- = pod pojmem vibrace chápeme kmitání mechanické soustavy
- Velikost vibrací může být vyjádřena rychlostí, zrychlením nebo ryvem kmitavého pohybu (ryv: vektor udávající časovou derivaci zrychlení), z praktických důvodů se nejčastěji používá zrychlení,
- měření vibrací patří k nástrojům užitečným při snižování hluku.

Rozdělení vibrací dle časového průběhu



**Mechanické rázy** = jsou charakteristické náhlou změnou směru, síly, rychlosti kmitavého děje. U motocyklů se vyskytují např. při náhlém průjezdu větších nerovností, u některých typů motorů při řazení rychlostních stupňů (odezva převodovky), apod.

Z hlediska jízdního pohodlí je rozhodující svislé zrychlení, které působí na řidiče a spolujezdce. Náhodné vibrace se vyjadřují:

- ve tvaru spektra znázorňujícího velikost vibrací na kmitočtu,
- efektivní hodnotou vibrací uvnitř stanoveného pásma kmitočtů.

Při měření vibrací je nutná znalost pouze určitých frekvenčních pásem. Při takových měřeních se určuje efektivní hodnota vibrací v pásmu kmitočtů korigovaných příslušnou váhovou funkcí dané způsobem a směrem přenášených vibrací. Výsledkem je poté celková vážená hodnota vibrací.

## 6.2. Metoda hodnocení

### Základní metoda hodnocení pomocí vážené efektivní hodnoty zrychlení (ČSN ISO 2631-1)

Vážená efektivní hodnota zrychlení se musí vypočítat podle následující rovnice nebo jejích ekvivalentů ve frekvenční oblasti

$$a_w = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (8)$$

$a_w(t)$ ...je vážené zrychlení jako funkce času v metrech za sekundu na druhou,

$T$ ...doba trvání měření v sekundách <sup>[10]</sup>

### Mechanická impedance

$$Z = \frac{F}{v} \quad [\text{N.s.m}^{-1}], [\text{kg.s}^{-1}] \quad (9)$$

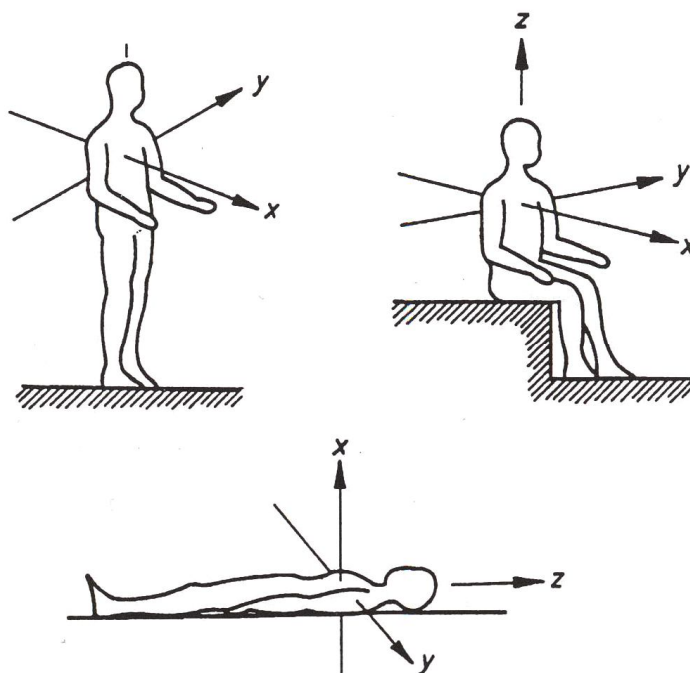
Mechanická impedance umožňuje studium mechanických vlastností různých soustav, např. soustava motocykl – člověk. Nabízí nám možnost studia vlivu vibrací přenesených soustavou na člověka, množství energie přenesené a rozptýlené v lidském těle. Z důvodů špatně realizovatelného měření mechanické impedance v praxi (nutno použít snímače síly) vyjadřujeme přenosové vlastnosti mechanických soustav **činitelem přenosu**, který charakterizuje schopnost přenosu vibrací určitého členu soustavy v různých směrech. Pokud mluvíme o přenosu vibrací na člověka, dopouštíme se zde nepřesností. Přenos vibrací je ovlivněn dynamickými silami (síla a rychlost) a např. silou stisku řidítek, kdy při větší síle snížíme rychlost vibrací, ale zvýšíme impedanci vstřebanou do paží, tzn. i vyššímu zatížení organismu. <sup>[2]</sup>

## 6.3. Vliv vibrací na člověka

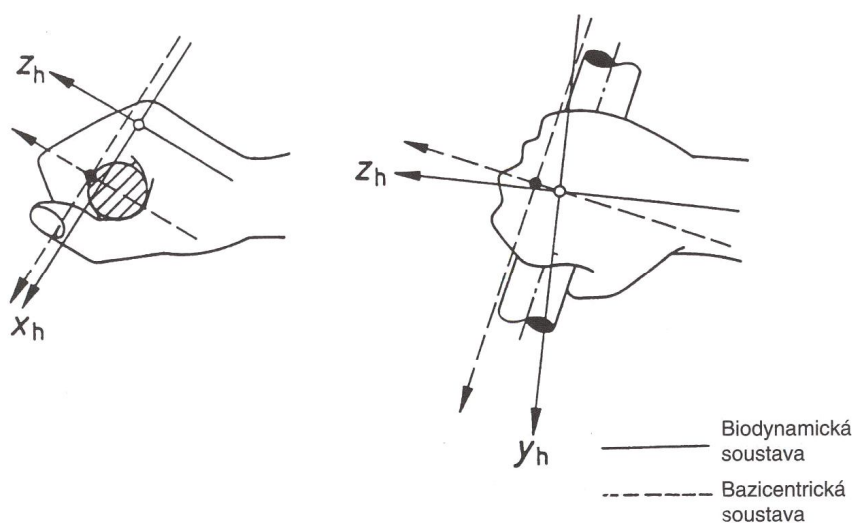
Podle způsobu přenosu se vibrace dělí na:

- Celkové vibrace, přenášené na sedící nebo stojící osobu z vibrujícího sedadla, podlahy nebo plošiny tak, že způsobují intenzivní vibrace celého těla,
- Vibrace v obytných budovách,
- Celkové vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 1 Hz,
- Místní vibrace přenášené na ruce,
- Místní vibrace přenášené zvláštním způsobem.

Pro posouzení směrových účinků vibrací byly stanoveny soustavy souřadnic lidského těla a ruky, ve kterých se vibrace měří.



Obr. 17 Soustava souřadnic lidského těla <sup>[11]</sup>



Obr. 18 Soustava souřadnic ruky <sup>[10]</sup>

Pokud mluvíme o přenosu vibrací na člověka, jedná se o **otřesy** lidského organismu. Velikost lidského vjemu je určena nejen kmitočtem ale i rychlostí kmitavého pohybu.

Cestující v dopravních prostředcích jsou vystaveni vibracím a otřesům, které mohou ovlivňovat, ale hlavně zhoršovat, organické funkce a také způsobovat zdravotní poškození. Tímto nežádoucím působením dochází u řidiče k únavě, která ovlivňuje jeho výkon a reakční schopnosti, což zvyšuje také nebezpečí vzniku dopravní nehody.

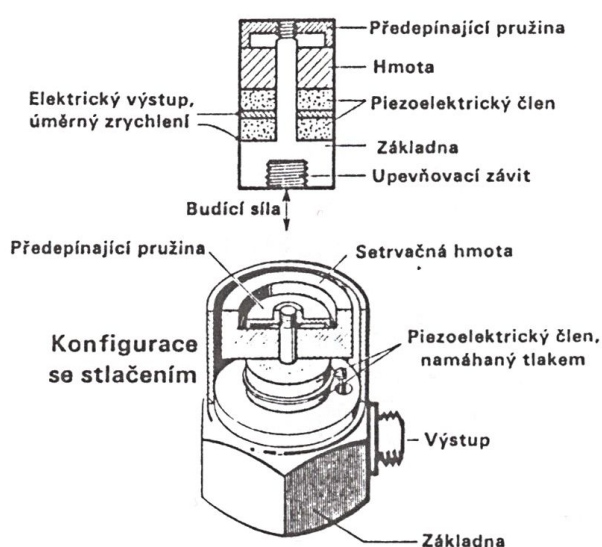
Při působení dochází k vynucenému kmitání některých částí lidského těla. Záleží zejména na způsobu přenosu na lidský organismus a na fyzikálních vlastnostech vibrací (intenzita, frekvence). Pokud je budicí frekvence blízká vlastní frekvenci některých důležitých orgánů a částí lidského organismu, dochází k závažným rezonančním jevům.

Vnímání vibrací s  $f < 15$  Hz zajišťuje vestibulární aparát...určuje odezvu člověka na zrychlení hlavy, celkové vibrace těla a jeho polohu v prostoru. Vibrace s  $f > 15$  Hz vnímají receptory na tlak, které se nacházejí v měkkých tkáních a v kůži.

Vystavení intenzivním vibracím je spojeno s nepříjemným vjemem nepohody. Dlouhodobé působení takovýchto vibrací může vyvolat trvalé poškození zdraví. V našem případě je u motocyklu jezdec vystaven vibracím, které se přenášejí zejména z řídítek, stupaček a sedadla. Místní vibrace přenášené na ruce působí na periferní cévy, nervy horních končetin a svalově-kloubní aparát. Nejlépe dokumentovány a nejsnadněji pozorovatelné jsou tzv. bílé prsty způsobené expozicí vibrací. Podle těchto účinků se stanovují příslušné limity vibrací, které zohledňují zajištění komfortu jízdy a zdraví přepravovaných osob.

#### 6.4. Požadavky na snímače

Při měření vibrací a otřesů musí být zajištěna shodnost výstupního signálu s časovým průběhem mechanického kmitání. Požadován je co největší rozsah kmitočtového pásma. V případě zúžení pásma vznikají systematické chyby. V dnešní době jsou nejvyužívanější piezokeramické akcelerometry.



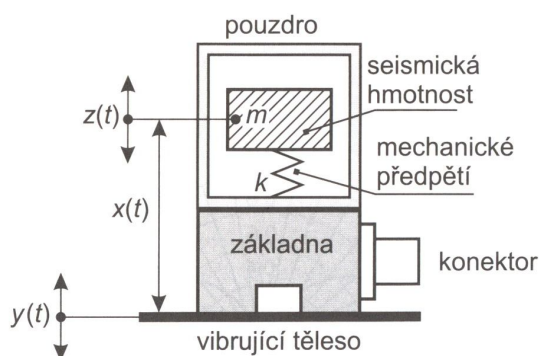
Obr. 19 Konstrukce piezoelektrického akcelerometru [2]

### 6.5. Piezoelektrický akcelerometr

Tento typ absolutního senzoru vibrací funguje na principu přímého piezoelektrického jevu, při němž deformací krystalické látky dochází k elektrické polarizaci čidla. Tento jev závisí na směru deformace vzhledem k osám krystalové mřížky. Hodnota elektrické polarizace je číselně rovna vázanému náboji na jednotkové ploše povrchu orientovanému kolmo ke směru vektoru polarizace. Umístíme-li na povrchu elementu elektrody, indukují se na nich volné náboje  $Q$ . Piezoelektrický element je ve své podstatě kondenzátor o kapacitě  $C$ . Pro elektrické napětí na elektrodách platí vztah:

$$U = \frac{Q}{C} \quad (10)$$

Za předpokladu, že spojení akcelerometru s povrchem měřeného tělesa má nekonečnou hodnotu tuhosti a pokud zanedbáme tlumení a předpětí, lze použít tento model – obr. 20 <sup>[12]</sup>



Obr. 20 Model piezoelektrického akcelerometru <sup>[12]</sup>

Malý piezokrystal o určité tuhosti je zatížen hmotou (setrvačnou) tak, aby rezonanční frekvence  $f_r$  této soustavy byla dostatečně vysoko vzhledem k frekvenčnímu rozsahu měřených vibrací. <sup>[12]</sup>

### 6.6. Připevnění snímačů

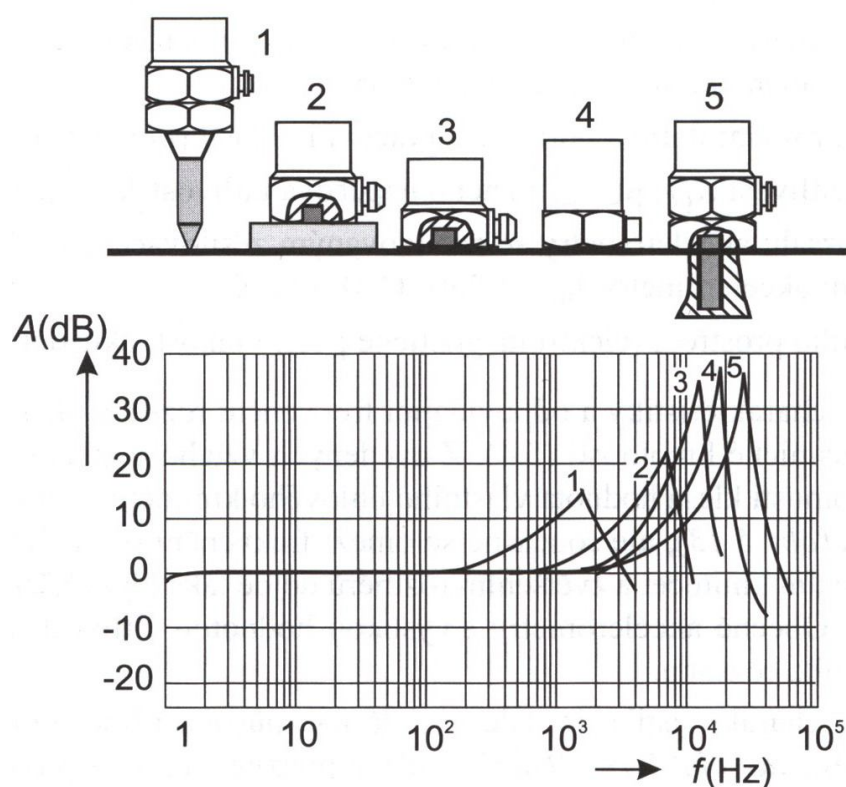
Pro zajištění správného snímání je nutno splnit některé požadavky, které vyplývají ze způsobu připevnění a z vlastností snímače:

- velký dynamický rozsah,
- široký kmitočtový rozsah,
- zanedbatelný účinek rušivých vlivů (teplota, hluk, elektromagnetické pole, aj.),
- nízké zkreslení výstupního signálu,
- stabilita v čase. <sup>[12]</sup>

Způsob přichycení ovlivňuje zejména kmitočtový rozsah

Některé způsoby připevnění (viz. obr. 21):

- šroubové spojení – číslo 5,
- včelí vosk, nebo přímé přilepení lepidlem – předpokládá se rovinný tvar stykové plochy – může způsobit problém při demontáži - číslo 4,
- přilepená kovová podložka se šroubem – číslo 3,
- magnet – předpokládá se feromagnetický a hladký povrch objektu – číslo 2,
- ruční sonda – je použitelná pouze pro orientační měření – číslo 1. <sup>[12]</sup>



Obr. 21 Způsoby přichycení snímače <sup>[12]</sup>

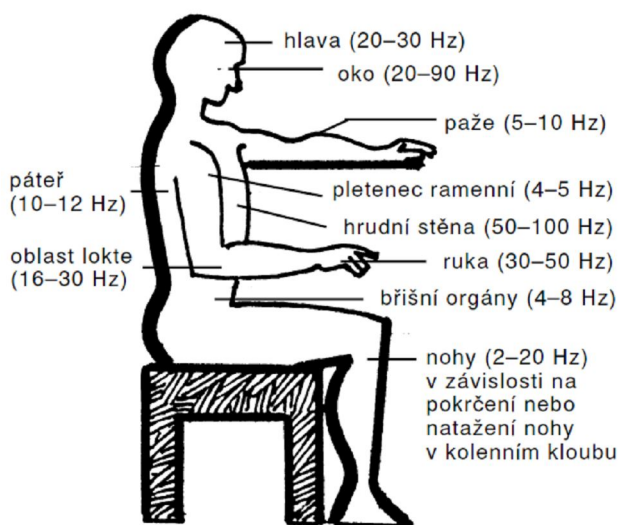
Tab. 8 Požadavky na některé parametry snímačů <sup>[2]</sup>

| Parametr            | Požadavek                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rezonanční kmitočet | Výrazně (nejméně 5x) vyšší než horní mezní kmitočet měření                                  |
| Hmotnost            | Hmotnost snímače včetně úchyty musí být nejméně 10x nižší než hmotnost vyšetřované soustavy |
| Těžiště             | Těžiště připevnění snímače má být nad těžištěm zdroje vibrací                               |

## 6.7. Vliv vibrací na lidského činitele

Obecně lze říci, že každá část těla a tkáň rezonuje s jinou frekvencí vibrací a při určitém kmitočtu dochází v orgánech a tkáních k zesílení účinku. Účinek je vázán na druh vibrací, které se dělí podle způsobu přenosu:

- celkové vibrace přenášené na sedící či stojící osobu z vibrujícího sedadla nebo plošiny způsobují rezonance částí těla nebo tkání, zvýšené napětí svalů udržujících tělo ve stabilní poloze, mají nepříznivý vliv na páteř,
- celkové vibrace v budovách – působí především rušivě, a to i v tom případě, že se nepřenášejí přímo. Stačí pohyb zavěšených předmětů apod.,
- celkové vertikální vibrace o frekvenci nižší než 1 Hz, zejména pak o kmitočtu 0,3 – 0,6 Hz, vyvolávají tzv. kinetózy, které se projevují nevolností, zvracením, bledostí apod.,
- místní vibrace přenášené na ruce při práci s vibrujícími nástroji jsou nejčastější a z hlediska zdravotního nejzávažnější. Způsobují poškození:
  - a) kostí, kloubů, šlach a svalů,
  - b) onemocnění cév,
  - c) postižení nervů
- místní vibrace přenášené zvláštním způsobem působí na část těla, k němuž zdroj přiléhá a kam se vibrace přenášejí. Např. křovinořez – stehno, malá pánev; motorový nosič – páteř, případně hlava apod. [7]



**Obr. 22 Znárodnění rezonančních frekvencí lidského těla**  
(zdroj: Matoušek, Baumruk: Vibrace – Státní zdravotní ústav)

## 7. Experiment č. 2 – měření vibrací

- kompletní fotodokumentace měření je umístěna v **Příloze B**

### 7.1. Použitá měřidla

Tab. 9 Technické a evidenční údaje

| Tříosý piezoelektrický akcelerometr Brüel & Kjaer<br>Deltatron® typ 4506 B |               |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Frekvence                                                                  | 0.6 - 3000 Hz |
| Teplota                                                                    | -54°C – 100°C |
| Citlivost                                                                  | 100mV/g       |
| Hmotnost                                                                   | 15 g          |
| Měřicí rozsah                                                              | ± 70g         |
| Rezonanční frekvence                                                       | 9.5 kHz       |
| Analyzátor Brüel & Kjaer (viz. tabulka 6)                                  |               |



Obr. 23 Použitý snímač Brüel & Kjaer



Obr. 24 Montážní klip snímače zrychlení

## **7.2. Popis měření, podmínky měření**

- Měření probíhalo v laboratoři DFJP v blízkosti otevřených dveří z důvodu odvodu výfukových plynů.
- Při volbě měřicího režimu - počtu otáček motocyklu - byla využita analogie k měření hluku (kapitola 3.3.3) a zvolena hodnota 6000 ot./min., což odpovídá přibližně polovině maximálních otáček motocyklu.

## **7.3. Umístění a upevnění snímačů**

### **7.3.1. Řídítka**

- Upevněno pomocí dvou hadicových objímek, uchycených za montážní klip snímače (viz. Příloha B, obr. 2),
- jeden ze směrů třírozměrné soustavy byl nastaven přibližně rovnoběžně s paží řidiče,
- z důvodu důvěrné simulace působících vibrací na řídíče motocyklu byla při snímání řídítka zatížena obvyklým způsobem, tzn. na motocyklu seděla osoba, která zatěžovala řídítka vlastní vahou podobně jako za jízdy (viz Příloha B, obr. 3).

### **7.3.2. Stupačka**

- Na tomto stanovišti byl snímač umístěn tak, aby jeden ze směrů třírozměrné soustavy byl rovnoběžný s holenní kostí nohy řidiče,
- na připevnění byly použity opět dvě hadicové objímky.

### **7.3.3. Sedadlo**

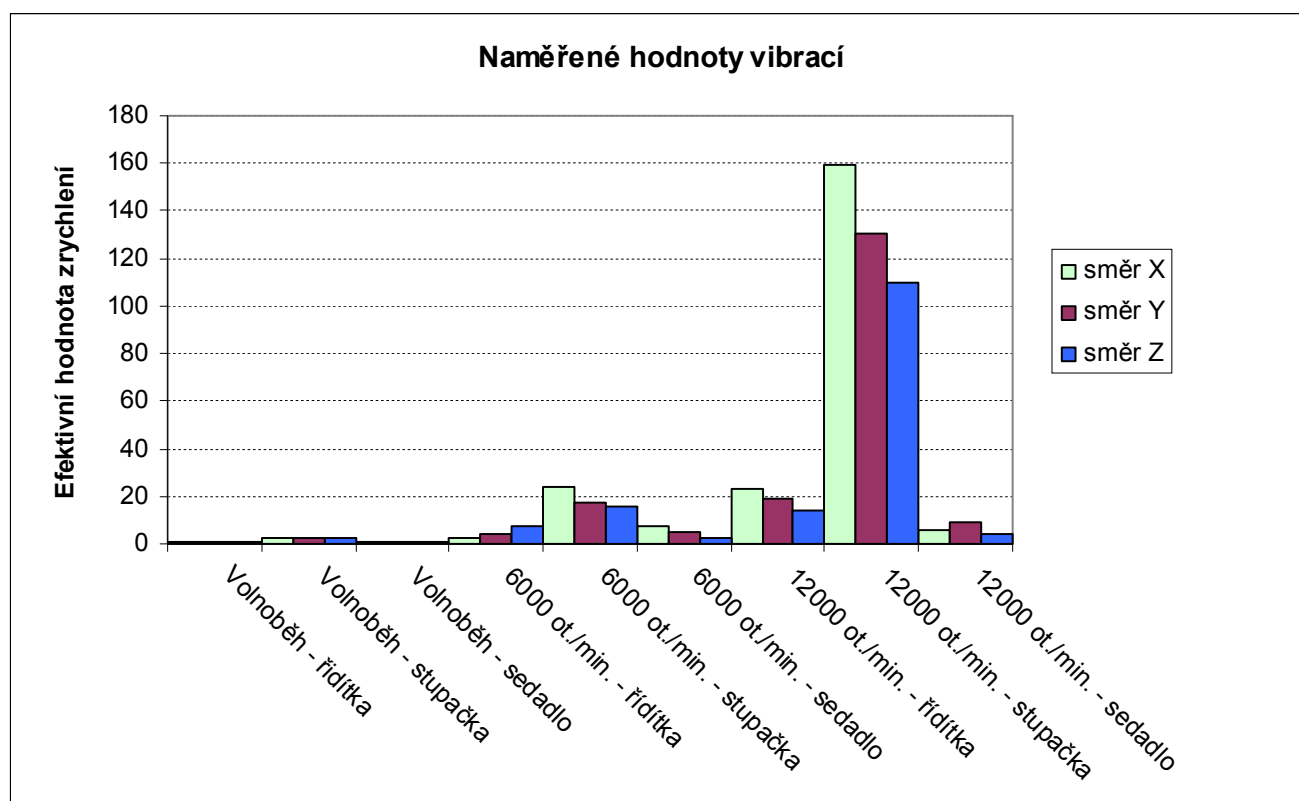
- Pro snímání celkových vibrací, které jsou přenášeny na řídíče jsou přímo definovány postupy dle normy ČSN ISO 2631 [10], která definuje impaktor sedací části lidského těla se zabudovaným závitem pro upevnění snímače zrychlení,
- pro naši potřebu byla využita vyrobená maketa impaktoru z kusu plechu, pomocí kterého se vibrace přenesou z místa, kde je sedadlo zatíženo řidičem na místo, kde je možno důkladně snímač připevnit, ploška byla důkladně obroušena a odmaštěna (viz. Příloha B, obr. 6),
- pro připevnění snímače byl použit včelí vosk, který má velmi dobré vlastnosti na přenos vibrací, tenká vrstvička se částečně roztavila pomocí zapalovače, nanasla na požadované místo na plechovém impaktoru a snímač včetně montážního klipu se přitlačil a nechal na tomto místě zaschnout (viz. Příloze B, obr. 7).

#### 7.4. Výsledky měření

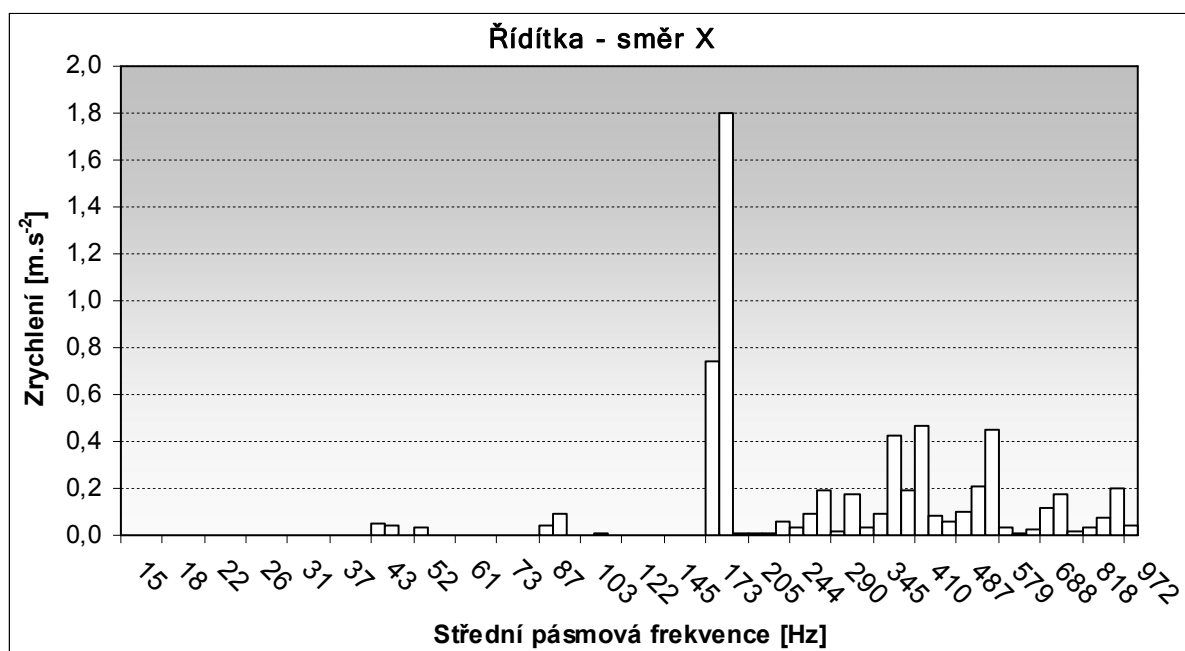
- snímaná veličina – efektivní hodnota zrychlení [ $\text{m.s}^{-2}$ ] po dobu 8 sekund bez použití váhových filtrů

Tab. 10 Výsledky měření vibrací

| Režim měření | Efektivní hodnota zrychlení [ $\text{m.s}^{-2}$ ] |      |             |                 |       |             |                                     |             |        |
|--------------|---------------------------------------------------|------|-------------|-----------------|-------|-------------|-------------------------------------|-------------|--------|
|              | Volnoběh                                          |      |             | 6000 ot. / min. |       |             | Max. otáčky<br>(cca 12000 ot./min.) |             |        |
|              | X                                                 | Y    | Z           | X               | Y     | Z           | X                                   | Y           | Z      |
| Řídítka      | 0,89                                              | 0,88 | <b>1,15</b> | 2,60            | 3,72  | <b>7,80</b> | <b>22,86</b>                        | 19,36       | 14,26  |
| Stupačka     | <b>2,68</b>                                       | 2,30 | 2,15        | <b>24,27</b>    | 17,49 | 15,39       | <b>159,05</b>                       | 130,35      | 110,20 |
| Sedadlo      | <b>1,09</b>                                       | 0,90 | 0,87        | <b>7,74</b>     | 5,19  | 2,72        | 5,62                                | <b>9,32</b> | 4,25   |



## Spektrální třetinooktávová analýza – kompletní výsledky viz. Příloha D



**Tab. 11** Přehled dominantních třetinooktávových pásem a jejich hodnota vyjádřená zrychlením (režim měření 6000 ot./min. – řídítka)

|          | X              |                    | Y              |                    | Z              |                    |
|----------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
|          | $f_{stř}$ [Hz] | $a$ [ $m.s^{-2}$ ] | $f_{stř}$ [Hz] | $a$ [ $m.s^{-2}$ ] | $f_{stř}$ [Hz] | $a$ [ $m.s^{-2}$ ] |
| Řídítka  | <b>183</b>     | <b>1,799</b>       | <b>173</b>     | <b>3,728</b>       | <b>183</b>     | <b>20,405</b>      |
|          | 173            | 0,746              | 183            | 2,186              | 173            | 14,957             |
|          | 410            | 0,463              | 307            | 1,701              | 546            | 12,044             |
| Sedadlo  | <b>183</b>     | <b>58,288</b>      | <b>92</b>      | <b>12,201</b>      | <b>183</b>     | <b>6,028</b>       |
|          | 173            | 0,567              | 183            | 6,410              | 92             | 0,591              |
|          | 194            | 0,559              | 137            | 5,183              | 46             | 0,503              |
| Stupačka | <b>183</b>     | <b>276,05</b>      | <b>183</b>     | <b>43,740</b>      | <b>183</b>     | <b>90,961</b>      |
|          | 194            | 108,983            | 579            | 42,677             | 194            | 30,849             |
|          | 365            | 9,647              | 365            | 41,715             | 365            | 14,887             |

### 7.5. Analýza výsledků měření dle normy ČSN ISO 5349-1

(Název normy: Vibrace – Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce)

Pro analýzu vibrací přenášených na rozhraní **řídítka - paže** je nutné postupovat dle metodiky normy ISO 5349-1, tzn. vypočítat efektivní hodnotu frekvenčně váženého zrychlení:

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2}, \quad (11)$$

kde  $W_{hi}$  je váhový činitel pro i-té třetinooktávové pásmo (uvedeno v normě <sup>[11]</sup>, tabulka A2)  
 $a_{hi}$  efektivní hodnota zrychlení naměřená v i-tém třetinooktávovém pásmu v metrech za sekundu na druhou ( $\text{m/s}^2$ )

Kombinování vibrací ve více než jednom směru

= souhrnná hodnota vibrací se z vážených efektivních hodnot zrychlení určených z vibrací v ortogonálních souřadnicích vypočítá:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (12)$$

**Tab. 12 Hodnoty vypočtené dle normy ČSN ISO 5349-1**

| Směr             | Vypočtená vážená efektivní hodnota zrychlení [ $\text{m.s}^{-2}$ ] |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|
| X                | 0,194                                                              |
| Y                | 0,431                                                              |
| Z                | 2,49                                                               |
| Souhrnná hodnota | <b>3,53</b>                                                        |

Protože většina norem a směrnic je uzpůsobena pro výpočet hodnoty vztahujících se na osmihodinovou pracovní dobu, je nutné pro expozici kratší než 8 hodin vynásobit limitní osmihodinovou hodnotu zrychlení korekcí K podle vztahu

$$K = \frac{480}{T} \quad (13)$$

**Tab. 13 Příklady limitních hodnot vypočtených dle zákona č. 148 <sup>[5]</sup>**

|                                                                    |      |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------------------------------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Doba vystavení vibracím přenášených na ruce T [min]                | ≤ 20 | 120<br>(2 hod.) | 240<br>(4 hod.) | 360<br>(6 hod.) | 480<br>(8 hod.) |
| Limitní hodnota souhrnného váženého zrychlení [m.s <sup>-2</sup> ] | 7,1  | 5,6             | 2,8             | 1,87            | 1,4             |

Výpočet doby působení vibrací motocyklových řídítek bez rizika poškození zdraví:

$$K_x = \frac{3,53 \text{ m.s}^{-2}}{1,4 \text{ m.s}^{-2}} = 2,52 \Rightarrow T_x = \frac{480 \text{ min}}{2,52} \doteq 190 \text{ min}$$

### 7.6. Analýza výsledků měření dle normy ČSN ISO 2631-1

(Název normy: Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím) <sup>[10]</sup>

$$\text{Hladina vibrací } L = 20 \cdot \log \frac{a}{a_0}, \text{ kde } a_0 = 10^{-5} \text{ m.s}^{-2} \quad (14)$$

Frekvenčně vážená efektivní hodnota zrychlení se musí určit vážením a náležitým součtem údajů z úzkých nebo třetinooktávových pásem. Při převodu třetinooktávových údajů se musí použít váhové činitele (uvedené v normě ČSN ISO 2631-1 tabulky 3 a 4), které jsou pro každý ze směrů třírozměrné soustavy odlišné. Následně analogicky dle vztahu (11) získáme hodnoty uvedené v tabulce 14. Kombinování vibrací ve více než jednom směru pro získání souhrnné hodnoty zrychlení použijeme vztah:

$$a_v = \left( k_x^2 \cdot a_{wx}^2 + k_y^2 \cdot a_{wy}^2 + k_z^2 \cdot a_{wz}^2 \right), \quad (15)$$

kde  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$  jsou vážené efektivní hodnoty zrychlení ve směru ortogonálních os x,y,z;  
 $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  jsou násobící činitele. Pro sedící osoby se musí použít následující násobící činitel k:  
 osa x:  $k = 1$ , osa y:  $k = 1,4$ , osa z:  $k = 1,4$ . <sup>[10]</sup>

**Tab. 14 Hodnoty vypočtené dle normy ČSN ISO 2631-1**

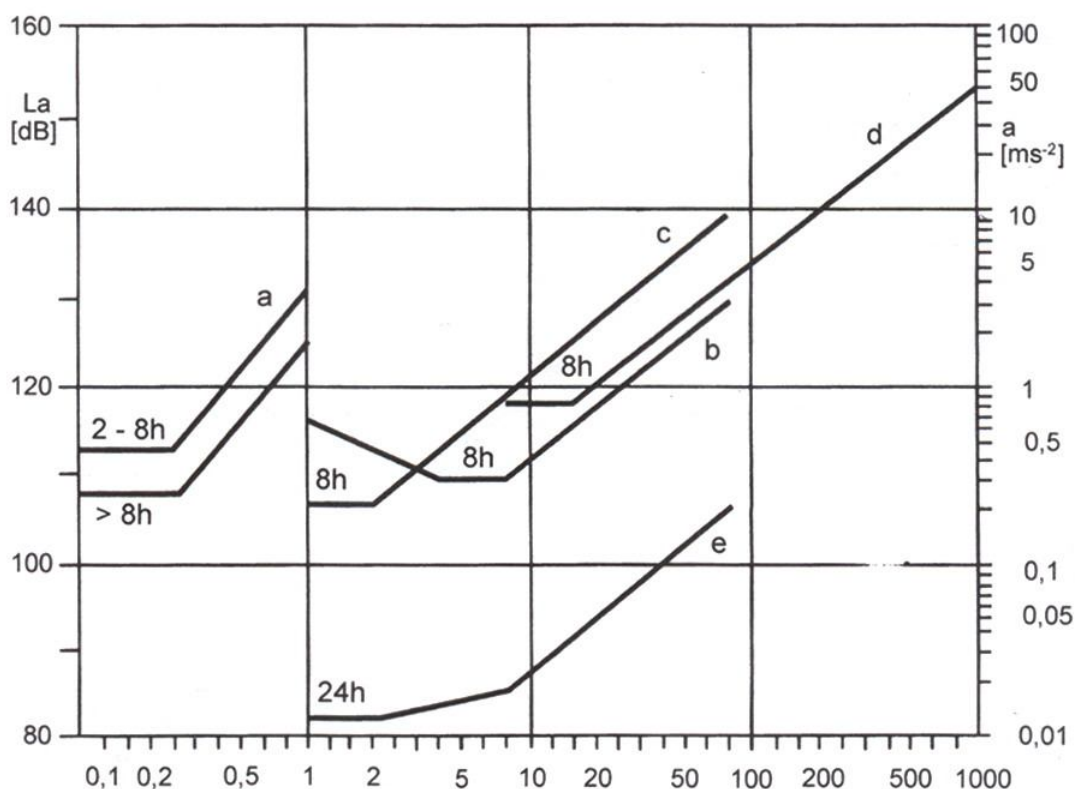
| Směr             | Vypočtená vážená efektivní hodnota zrychlení [m.s <sup>-2</sup> ] |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|
| X                | 1,311                                                             |
| Y                | 0,216                                                             |
| Z                | 0,031                                                             |
| Souhrnná hodnota | <b>1,812</b>                                                      |

**Tab. 15 Příklady limitních hodnot celkových vibrací vypočtených dle zákona č. 148 <sup>[5]</sup>**

| Doba vystavení celkovým vertikálním nebo horizontálním vibracím T [min] | ≤ 10 | 120<br>(2 hod.) | 240<br>(4 hod.) | 360<br>(6 hod.) | 480<br>(8 hod.) |
|-------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Limitní hodnota souhrnného váženého zrychlení [m.s <sup>-2</sup> ]      | 2,3  | 1,26            | 0,63            | 0,42            | 0,315           |

Výpočet doby působení vibrací motocyklových řidítek bez rizika poškození zdraví:

$$K_x = \frac{1,812 \text{ m.s}^{-2}}{0,315 \text{ m.s}^{-2}} \doteq 5,752 \Rightarrow T_x = \frac{480 \text{ min}}{5,752} \doteq \underline{83 \text{ min}}$$



**Obr. 25 Nejvyšší přípustné hodnoty vibrací <sup>[2]</sup>**

- a) Vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 1 Hz,
- b) celkové vertikální vibrace,
- c) celkové horizontální vibrace,
- d) místní vibrace přenášené na ruce,
- e) vibrace v obytných budovách určených pro kanceláře.

## **Závěr**

Z výsledků měření hluku vyplývá, že jednotlivé požadavky Evropské směrnice byly splněny. (požadavky na vzdálenost, dostatečný odstup akustického pozadí, odlišnost jednotlivých měření je v tolerančních mezích, apod.) Mezní hodnota 80 dB (viz. tabulka 2) byla v obou případech výrazně překročena. Emitovaný ultrazvuk nebylo možné určit, protože použité měřicí zařízení neumožňovalo snímání hluku s tak velkým frekvenčním rozsahem. Při konzultaci ve firmě DEKRA Automobil a.s. bylo zjištěno, že není nutno provádět měření hluku v laboratořích, ale postačí jakékoliv prostranství splňující evropské standardy (viz. kapitola 2 a 3).

Měření vibrací je složitou problematikou zejména v oblasti zpracování a vyhodnocení naměřených dat. Pro účel této práce bylo nezbytné využít dvou norem, přičemž se každá týkala jiného druhu vibrací, určovala jiné frekvenční vážení a jinou metodiku přepočtu na souhrnné hodnoty vibrací. Na provoz motocyklů z hlediska vibrací se v ČR nevztahuje žádný legislativní předpis nebo zákon, proto jsme při vyhodnocení využili nařízení vlády ČR č. 148/2006 <sup>[5]</sup>, které definuje mezní hodnoty vibrací pro zaměstnance, což v případě motocyklu může být např. příslušník policie, kurýr, poštovní doručovatel, apod. Mezní hodnoty vibrací jsou vyjadřovány ve zrychlení působící na člověka po dobu osmi hodin s možností přepočtu na kratší dobu. Pomocí naměřených hodnot přepočtených dle metodiky jednotlivých norem, tzn. vážené souhrnné hodnoty zrychlení, se vypočítala doba, po kterou řidič může využívat motocykl bez rizika poškození zdraví. Výsledkem je v případě vibrací na řídítkách 190 minut, v případě celkových vibrací na sedadle 83 minut.

## Použitá literatura

- [1] FIRST, Jiří, et al. *Zkoušení automobilů a motocyklů : Příručka pro konstruktéry*. 1. vyd. Praha : [s.n.], 2008. 150 s. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [2] SMETANA, Ctirad, et al. *Hluk a vibrace, měření a hodnocení*. 1. vyd. Praha : Sdělovací technika, c1998. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
- [3] UNECE - Transport Division - World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) - Working Party on Noise (GRB) - *Working Documents 2007* [online]. Geneva : UNECE, 2007 [cit. 2009-03-16]. Text v angličtině. Dostupný z WWW:<<http://www.unece.org/trans/doc/2008/wp29grb/14-R41WG-08e.pdf>>. (předpis EHK OSN č. 41)
- [4] Evropská společenství. *Směrnice Evropského parlamentu a rady 97/24/ES*. [s.l.] : [s.n.], 1997. 482 s. Dostupný z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=218517:cs&lang=cs&list=466654:cs,236144:cs,236143:cs,236142:cs,225604:cs,225544:cs,225543:cs,225603:cs,218517:cs,&pos=9&page=1&nbl=9&pgs=10&hwords=>>>
- [5] *Sbírka zákonů Česká republika: Částka 51*. Praha: Ministerstvo vnitra, 2006. Dostupný z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2006/sb051-06.pdf>>. Nařízení vlády č. 148 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, s.1842-1855.
- [6] Zvuk - Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. 1995 , 8.12.2008 [cit. 2008-12-11]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>>.
- [7] MATOUŠEK, Oldřich, BAUMRUK, Jaroslav. *Práce v hlučném prostředí*. Kresby Karel Helmrich. 1. vyd. Praha : Státní zdravotní ústav, 1997. 1 s. Dostupný z WWW: <<http://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/ew2004/acrobat/hlucne.pdf/view>>.
- [8] LOWER, M.C., et al. *Sources and levels of noise under motorcyclist's helmets*. 1st edition. Southampton : Proceedings of the Institute of Acoustics, 1994. 9 s. Dostupný z WWW: <<http://www.isvr.co.uk/reprints/mcyclesioa.pdf>>. ISBN 1873082592.
- [9] VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel*. Brno : [s.n.], 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X.
- [10] ČSN ISO 2631-1 *Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 36 s.
- [11] ČSN EN ISO 5349-1. *Vibrace – Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce – Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 32 s.
- [12] KREIDL, Marcel, ŠMÍD, Radislav. *Technická Diagnostika*. Praha: [s.n.], 2006. 408 s. ISBN 80-7300-158-6

## PŘÍLOHA A

Fotodokumentace hlukových měření na dvoře DFJP (27.4.2009)



Obr.1 Umístění mikrofonu dle požadavků směrnice ES č. 97/24



Obr. 2 Naměření správné výšky mikrofonu



Obr. 3 Výsledná poloha mikrofону - motocykl č.1 (Yamaha FZS 600)



Obr. 4 Smluvený signál – mávnutí ruky – signalizoval  
ustálení otáček na požadované hodnotě



Obr. 5 Pohled na průběh hlukových měření – motocykl č. 2 (Yamaha FZS 1000)



Obr. 6 Pohled na průběh hlukových měření – motocykl č. 2 (Yamaha FZS 1000)

## PŘÍLOHA B

Fotodokumentace měření vibrací v laboratoři DFJP (4.5.2009)

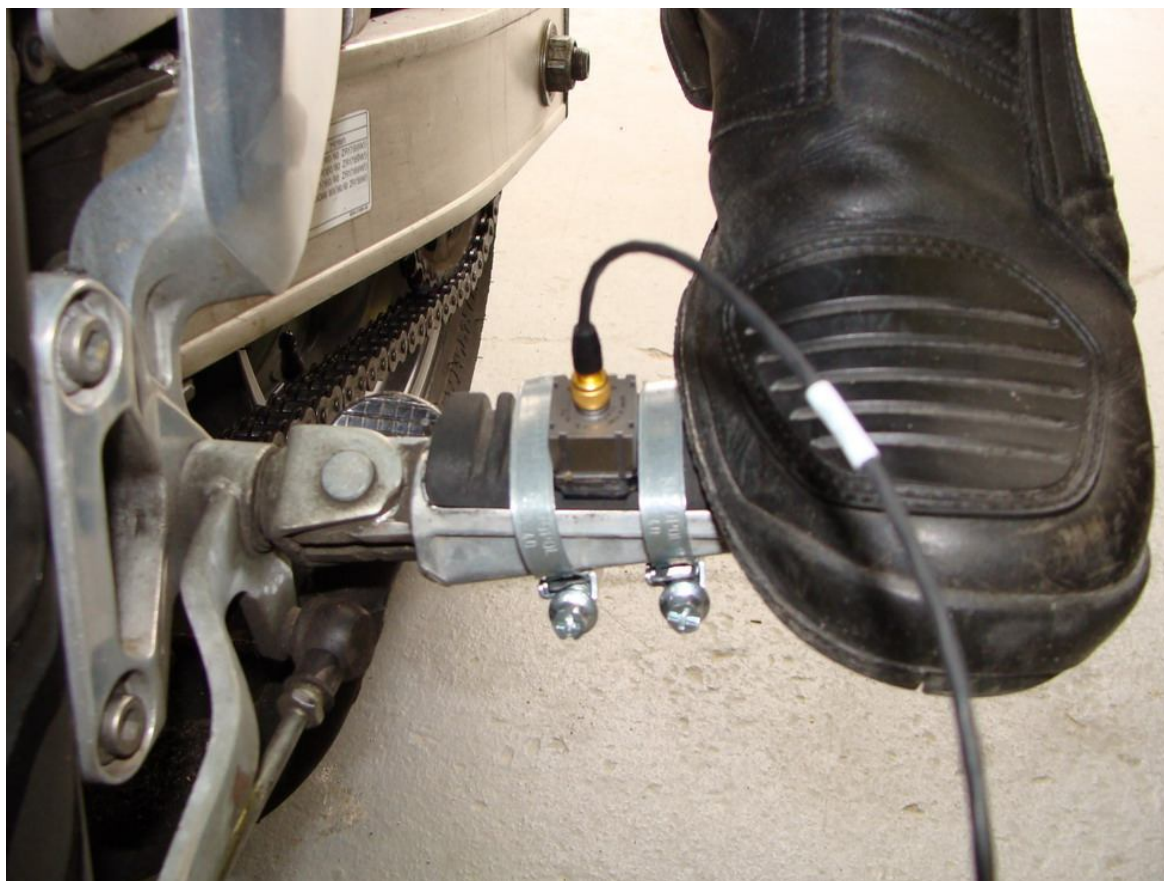


Obr. 1 Laboratoř DFJP, měřicí aparatura, motocykl Yamaha FZS 600



Obr. 2 Uchycení snímače na řídítka motocyklu pomocí hadicových objímek

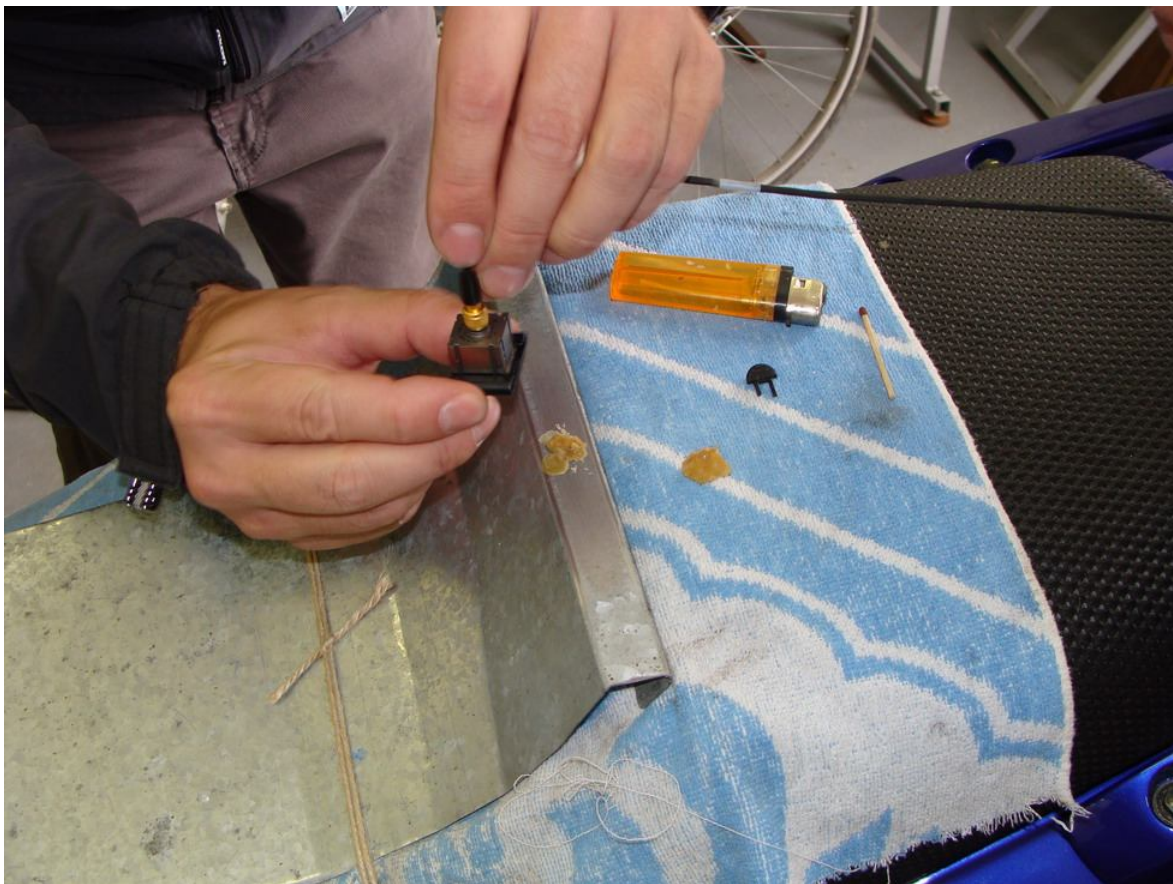




Obr. 5 Zatížení stupačky řidičem motocyklu



Obr. 6 Vyrobená maketa impaktoru pro měření vibrací sedadla



Obr. 7 Připevnění snímače pomocí včelího vosku

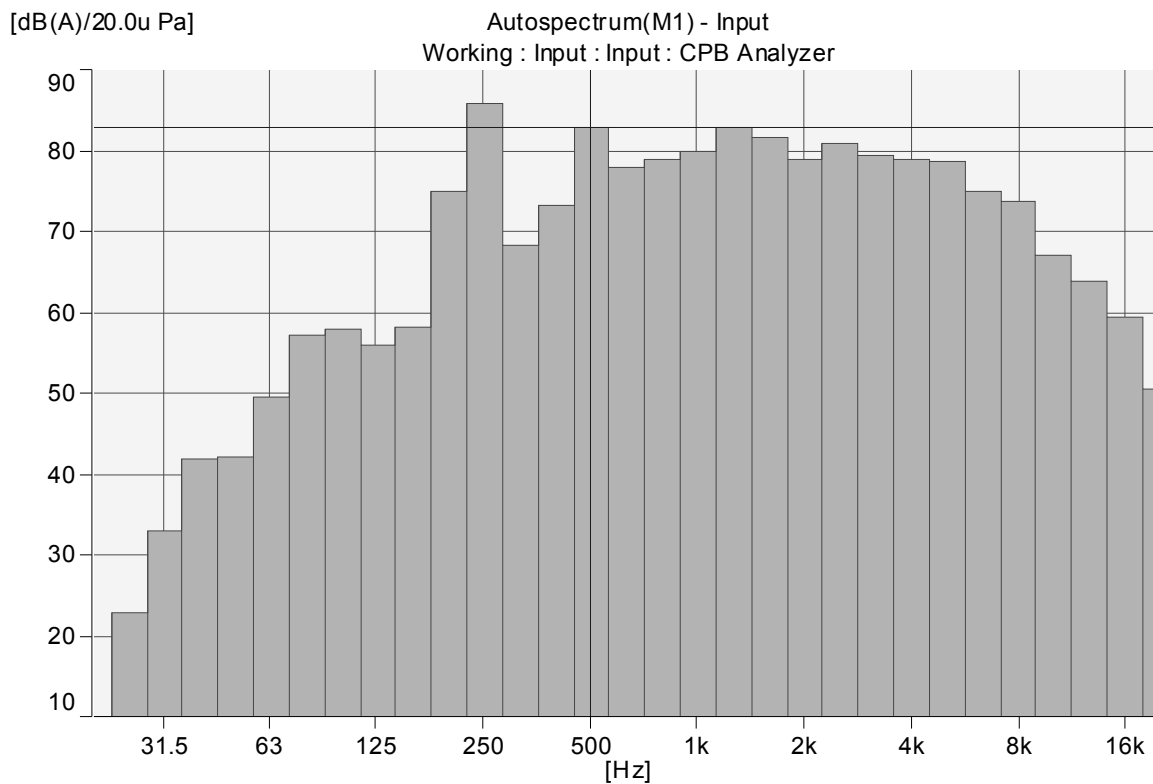


Obr. 8 Zatížení impaktoru řidičem motocyklu

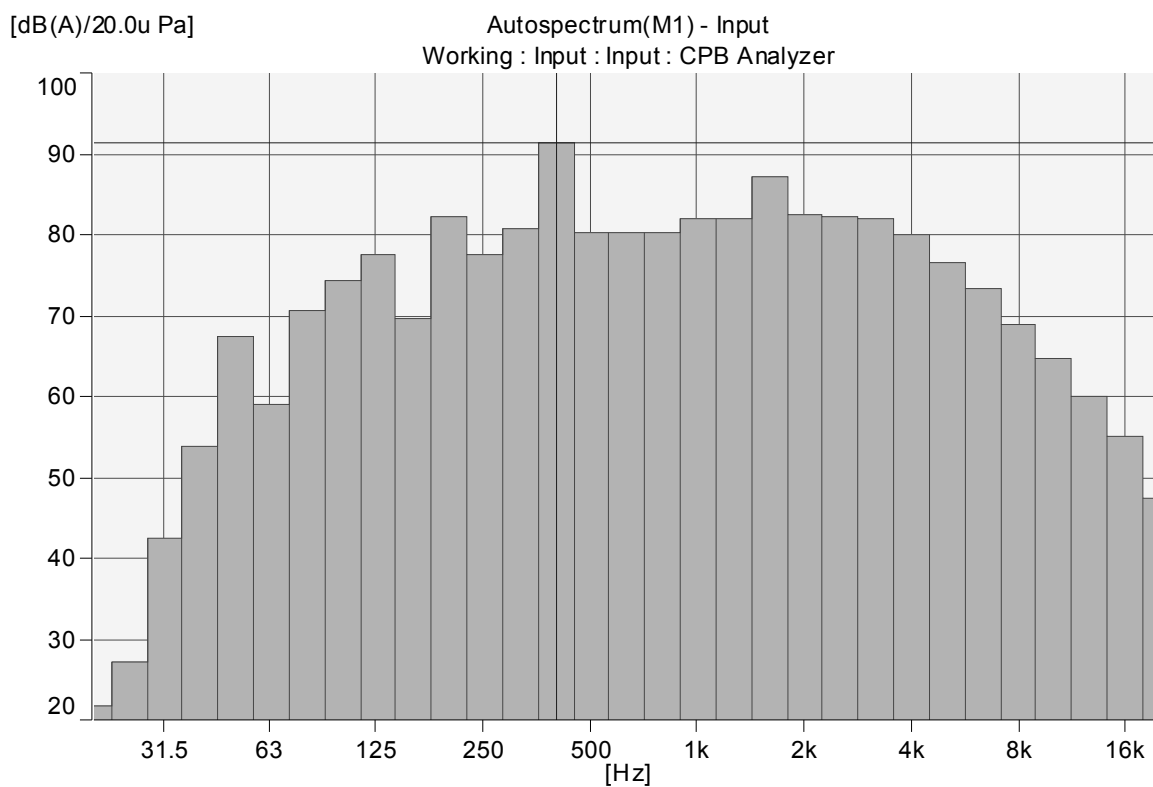
## PŘÍLOHA C

Výsledky hlukových měření – spektrální třetinooktávová analýza

### Motocykl č. 1 – měření v režimu ½ maximálních otáček



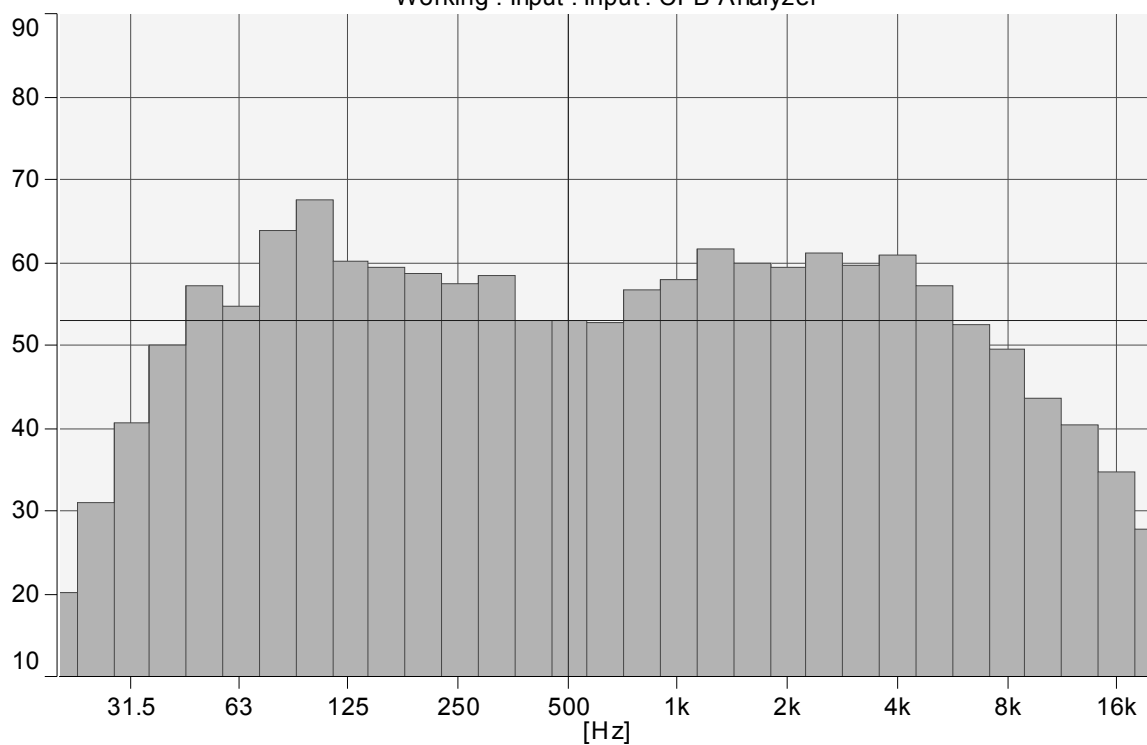
### Motocykl č. 2 – měření v režimu ½ maximálních otáček



## Motocykl č. 1 – volnoběh

[dB(A)/20.0u Pa]

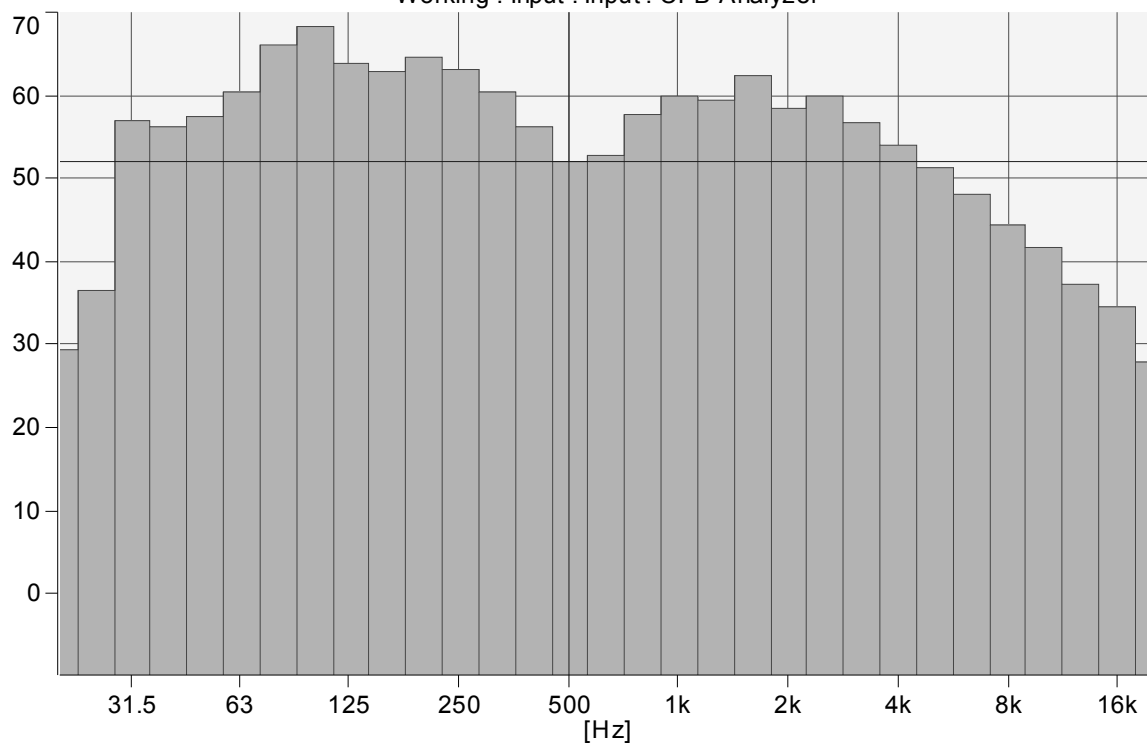
Autospectrum(M1) - Input  
Working : Input : Input : CPB Analyzer



## Motocykl č. 2 – volnoběh

[dB(A)/20.0u Pa]

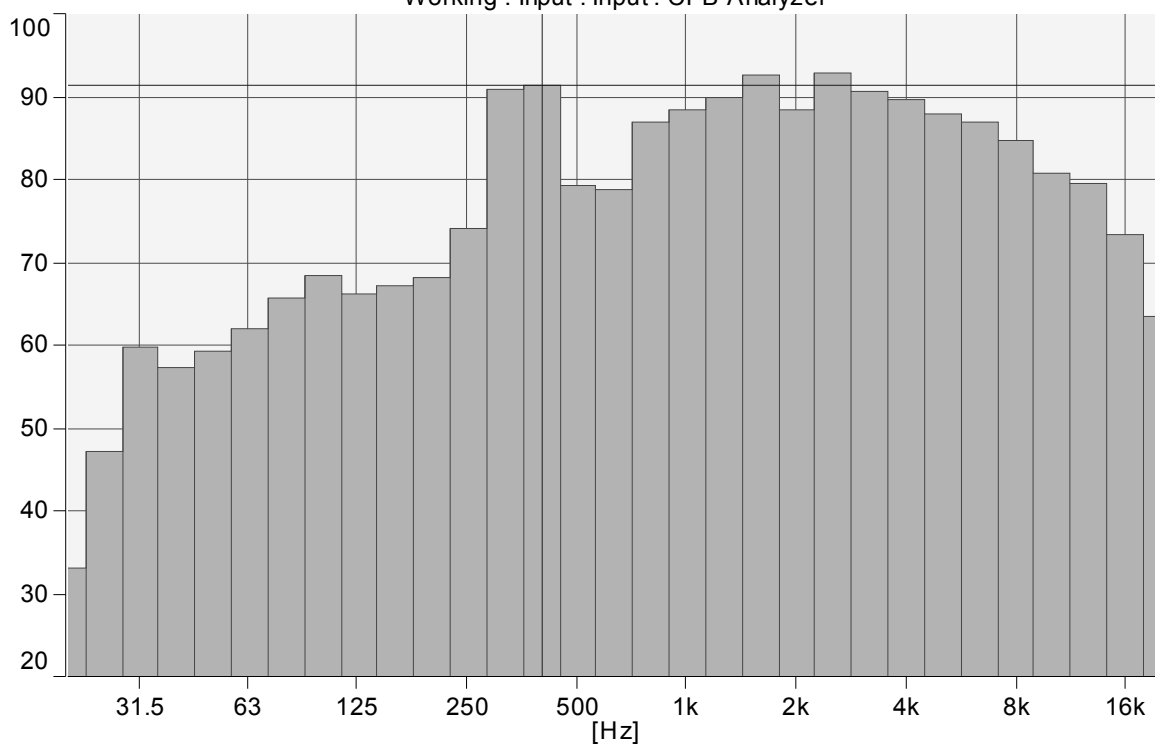
Autospectrum(M1) - Input  
Working : Input : Input : CPB Analyzer



## Motocykl č. 1 – maximální otáčky (na hranici omezovače)

[dB(A)/20.0u Pa]

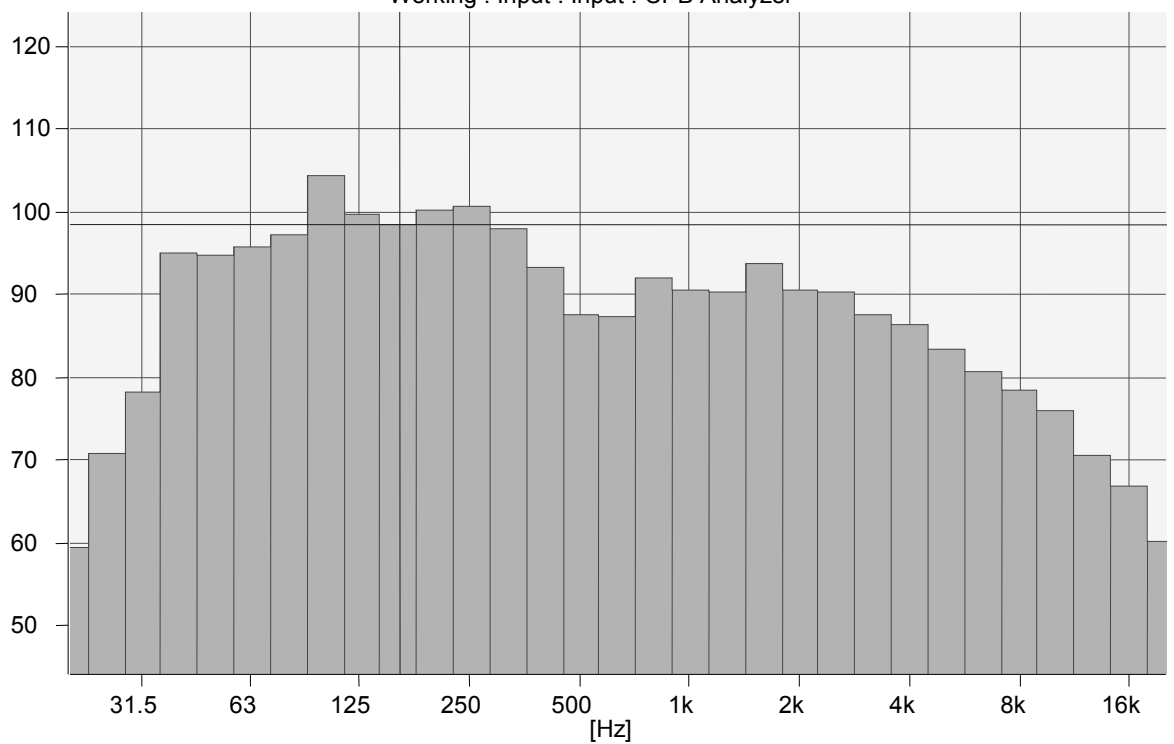
Autospectrum(M1) - Input  
Working : Input : Input : CPB Analyzer



## Motocykl č. 2 – maximální otáčky (na hranici omezovače)

[dB(A)/20.0u Pa]

Autospectrum(M1) - Input  
Working : Input : Input : CPB Analyzer



## PŘÍLOHA D

Spektrální třetinooktávová analýza v režimu 1/2 maximálních otáček (6000 ot./min.)

