

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Katedra dopravní a manipulační prostředky

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Hladiny akustického tlaku u traktorů se stejným výkonem**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor: Tomáš Anděl

2012

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš ANDĚL**  
Osobní číslo: **Z09036**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**  
Název tématu: **Hladiny akustického tlaku u traktorů se stejným výkonem**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

V práci proveďte:

1. Výběr alespoň tří traktorů stejné výkonové třídy (odlišný výrobce) a jejich popis (technické parametry atd.).
2. Metodiku měření - schéma měřicích míst vzhledem ke zdroji hluku (traktor).
3. Měření hladin akustického tlaku:
  - v plném zatížení (při pracovní operaci),
  - při chodu naprázdno (max. otáčky),
  - při chodu na volnoběh.
4. Měření proveďte pokud možno za stejných podmínek (vzdálenost mikrofonu od traktoru, zařazený rychlostní stupeň, pracovní rychlost, druh pracovní operace?).
5. Zpracování naměřených hodnot a výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku.
6. Převedení naměřených a vypočítaných hodnot do grafické podoby.
7. Vyhodnocení z hlediska hlukové zátěže okolního prostředí.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Günther, Hansen, Veit (2008): Technische Akustik. Expert Verlag: Esslingen.;  
Smetana, C. a kol. (1998): Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací  
technika, 188 s.;

Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T. (2006): Traktory. Mendelova zemědělská  
a lesnická univerzita, 192 s.;

Liberko, M. (2004): Hluk v prostředí : problematika a řešení. Praha :  
Ministerstvo životního prostředí, 27 s. ISBN 80-7212-271-1;

Lupoměch, F. (2007): Traktory Zetor. Zemědělský týdeník. Praha, 364 s.;

Heather, A. (2007): Big Book of Tractors. DK Publishing, 64 s.;


Firemní literatura.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.


Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 7. listopadu 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2012

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 7. listopadu 2011

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

.....

Tomáš Anděl

V Českých Budějovicích, 6. dubna 2012

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Marii Šístkové, CSc. za ochotu při konzultacích ohledně vypracování práce a dále pak Zemědělskému družstvu Přestěnice za poskytnutí potřebných údajů.

## **Anotace**

Práce se zabývá měření hladin akustického tlaku u traktorů ze stejné výkonové třídy.

Pro toto konkrétní měření byly zvoleny traktory typů: John Deere 6230, Case IH JX 95, Steyr 9094, které patří k traktorům se středním výkonem.

Měření bylo provedeno ve třech provozních stavech traktorů: při volnoběžných otáčkách, při maximálních otáčkách bez zatížení a při zatížení traktoru. Pro tato měření byla zpracována vlastní metodika.

Z výsledků měření vyplývá, že největší vliv na úroveň hluku traktorů mají otáčky motoru. Hladiny akustického tlaku měřené při zatížení traktoru byly o 6,8 až 8,5 dB nižší, než při maximálních otáčkách. Tento rozdíl je dán zejména provozem zatíženého traktoru při nižších otáčkách, než maximálních.

## **Klíčová slova**

Akustický tlak, hluk, kolové traktory, zkoušky zemědělských traktorů.

## **Annotation**

This thesis deals with the measuring of the sound pressure levels at tractors of the same performance class.

Tractors of the following types: John Deere 6230, Case IH JX 95, Steyr 9094, belonging to medium-power tractors, were selected for this specific measuring.

The measuring was performed in three operating states of the tractors: at the idle speed, at the maximum no-load speed and at the load of the tractor. A special methodology was developed for these measurements.

The measuring results imply that the highest influence on the noise levels of the tractors is that of the motor speed. The sound pressure levels measured at the load of the tractor were by 6.8 to 8.5 dB lower than those measured at the maximum speed. This difference results especially from the operation of the loaded tractor at a lower speed than the maximum.

## **Keywords**

Acoustic pressure, noise, wheeled tractors, testing of agricultural tractors.

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Literární přehled.....</b>	<b>9</b>
2.1 Kmitavé děje .....	9
2.2 Základní veličiny při měření hluku .....	13
2.3 Vliv hluku na člověka .....	14
2.4 Objektivizované postupy měření hluku .....	16
2.5 Předpisy v oblasti ochrany před hlukem .....	17
2.6 Zkoušky zemědělských traktorů .....	19
<b>3. Cíl práce .....</b>	<b>20</b>
<b>4. Metodika práce.....</b>	<b>20</b>
4.1 Měřicí přístroje.....	20
4.2 Podmínky měření .....	20
4.3 Metoda měření .....	21
4.4 Vyhodnocení naměřených dat.....	24
<b>5. Měření hladin akustického tlaku traktorů .....</b>	<b>25</b>
5.1 Výběr traktorů pro měření hluku .....	25
5.2 Technické parametry měřených traktorů .....	26
5.3 Popis měření.....	29
5.4 Výsledky měření .....	32
5.5 Porovnání hladiny akustického tlaku traktorů různých výrobců.....	38
5.6 Porovnání hladiny akustického tlaku při různých provozních režimech ...	39
<b>6. Závěr.....</b>	<b>41</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>42</b>

# 1. Úvod

S akustikou se setkáváme prakticky každý den, ať už v dopravě, v zaměstnání, tak i obyčejné mluvení vyvolává nějaký zvuk. Člověk je schopen vnímat pouze určitou hlasitost zvuku. Příliš velká hlasitost zvuku nemá dobrý vliv na lidský organismus. Může způsobit například nespavost, zneklidnění a může vést až k úplné ztrátě sluchu.

Co se týče dopravy, v této době roste množství dopravních prostředků a tím i vyšší hladina zvuku, které může způsobit překročení hygienického limitu o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Zemědělská technika, traktory nevyjímaje, patří také mezi zdroje hluku a vibrací, které negativně ovlivňují jak obsluhu těchto strojů, tak i širší okolí.

Požadavky na snižování emisí hluku traktory sebou nese vyšší náklady pro výrobce na vývoj a výrobu výrobků. Z tohoto důvodu jsou výrobci nuceni se zabývat hlukem výrobků prostřednictvím legislativních předpisů a technických norem.

Pro oblast kolových traktorů je takovým předpisem Směrnice evropského parlamentu a Rady 2009/63/ES. Ta se zabývá kromě jiného i limity akustického tlaku výstražných zařízení na traktorech a přípustnými hladinami akustického tlaku kolových traktorů měřených za jízdy. Tyto předpisy v oblasti akustiky umožňují sjednotit technické požadavky na traktory v rámci EU a jejich dodržování ze strany výrobců je podmínkou pro volný prodej v rámci zemí EU. Dá se očekávat, že s rozvojem techniky se budou i požadavky na emise hluku strojními výrobky stále zpřísnovat.



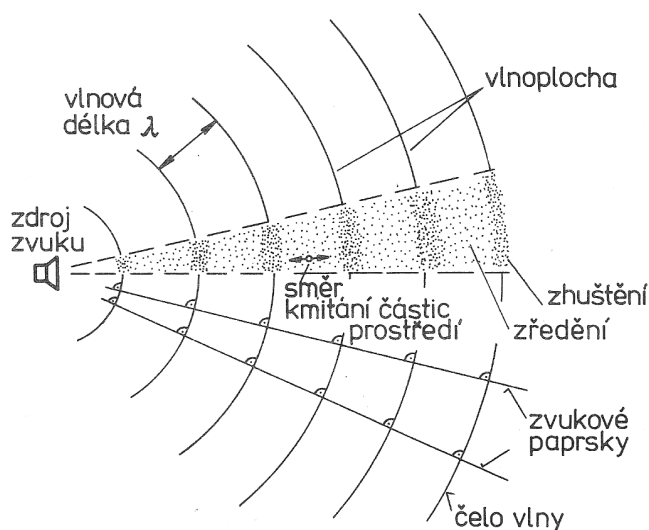
## 2. Literární přehled

### 2.1 Kmitavé děje

Kmitání částic v pružném prostředí je příčinou hluku a vibrací. Jestliže je částice uvedena vnějšími nebo vnitřními silami do stavu kmitání, jedná se o **rozruch**, který je předáván dále sousedním částicím. Šíření rozruchu v pružném prostředí nazýváme **vlnění**. Místo, do kterého dorazí rozruch ve stejné fázi a ve stejný čas tvoří myšlenou plochu, kterou nazýváme **vlnoplocha**.

Místo, kam dorazí první vlnoplocha, nazýváme **čelo vlny**. Směr, kterým se šíří jednotlivé vlny v pružném prostředí, označujeme jako **paprsky**. Jsou to kolmice na vlnoplochy.

Šíření vln prostorem je schematicky znázorněno na obrázku č.1.



Obrázek 1 - Šíření zvukových vln<sup>[4]</sup>

Důležitou charakteristickou hodnotou vlnění je vlnová délka  $\lambda$ , která udává vzdálenost dvou sousedních vlnoploch (viz. obr. 1). Při vyzářování jednoduchého signálu o frekvenci  $f$  [Hz] a rychlosti šíření vln prostředím  $c$  [m/s] je **vlnová délka**

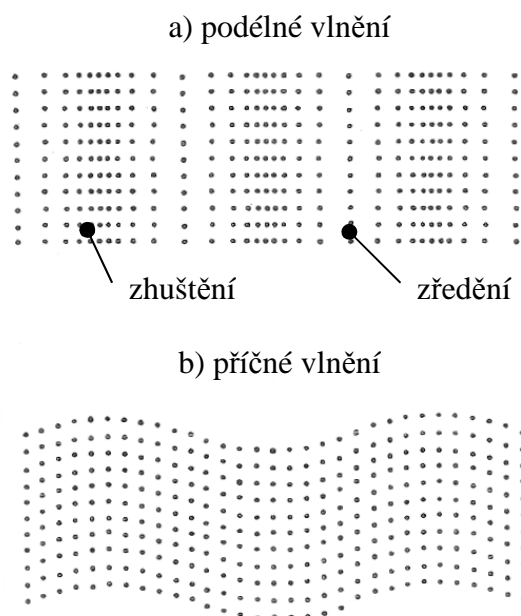
$$\text{dána vztahem: } \lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Rychlost šíření rozruchu je závislá na vlastnostech prostředí. Ve vzduchu při  $0^\circ\text{C}$  a tlaku  $10^5$  Pa se rozruch šíří rychlostí 332 m/s.

Šíření vln v tuhých látkách se označuje jako **vibrace** a vlnění plynných látek a kapalin v oblasti slyšitelných frekvencí jako **zvuk**. Vlnění s frekvencemi nižšími, než je slyšitelný rozsah, nazýváme **infrazvuk** ( $f < 20\text{Hz}$ ) a vlnění s vyššími frekvencemi **ultrazvuk** ( $f > 20\text{kHz}$ ).

Během vlnění částice oscilují kolem své rovnovážné polohy a při jejich pohybu dochází ke změně hustoty prostředí. Částice mohou kmitat jak v podélném směru, tak i kolmo na směr šíření vln. V důsledku změny hustoty dochází v plynech ke změně statické hodnoty tlaku a tuto proměnnou hodnotu nazýváme **akustický tlak**.

Graficky je průběh výchylek při podélném (longitudální) a příčném (transverzální) vlnění znázorněn na obr. 2.



Obrázek 2 - Grafické znázornění výchylek při vlnění

Jestliže dochází u částic k pravidelným periodickým výchylkám od rovnovážné polohy se sinusovou závislostí na čase, hovoříme o **harmonickém kmitání**.

Tento děj lze matematicky popsat rovnicemi:

$$s = s_{\text{MAX}} \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad [\text{m}; \text{m}, \text{s}^{-1}, \text{s}, \text{rad}] \quad (2)$$

$$\omega = 2\pi f \quad [\text{s}^{-1}; \text{Hz}]$$

$s$ ..... výchylka částice

$s_{\text{MAX}}$ ..... amplituda

$\omega$ ..... úhlová rychlost

$f$ ..... frekvence

### Vliv prostředí na směr šíření vlnění

Vlivem nehomogenního prostředí dochází k ovlivňování teoreticky přímočarého šíření rozruchu. Ovlivňování směru šíření rozruchu dochází odrazem, ohybem a lomem.

#### a) Odraz

K odrazu dochází, jestliže vlna dorazí k pevné překážce. Intenzita odražené vlny je závislá na materiálu překážky, tzn. na její pohltivosti.

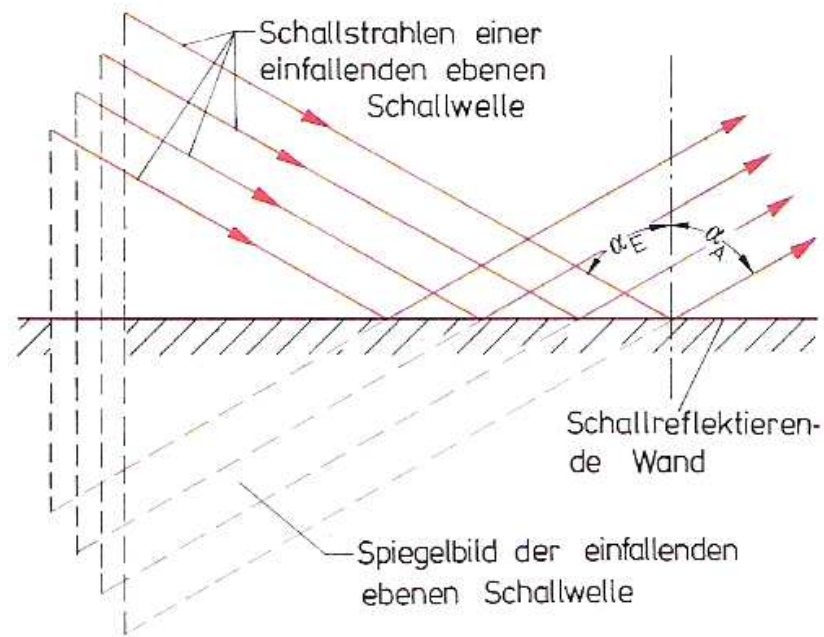
Pokud na překážku dopadá signál složený z více frekvencí, dojde k odrazu pouze těch složek, pro které platí

$$\lambda \leq l \text{ nebo také } f \geq \frac{c}{l}, \text{ kde } l \text{ je nejmenší rozměr překážky.}$$

Znamená to tedy, že u odražených signálů mohou ubývat složky s nižšími frekvencemi.

Jestliže je plocha mnohem větší, než délka vlny, potom platí, že úhel dopadu vlny  $\alpha_E$  se rovná úhlu odrazu  $\alpha_A$  (viz. obr. 3).

Při dopadu signálu na zakřivené plochy nelze použít jednoduchý princip zobrazený na obr. 3, ale zda dojde k odrazu signálu je závislé na vzájemných poměrech vlnové délky, zakřivení plochy dopadu a jejím celkovém rozměru.

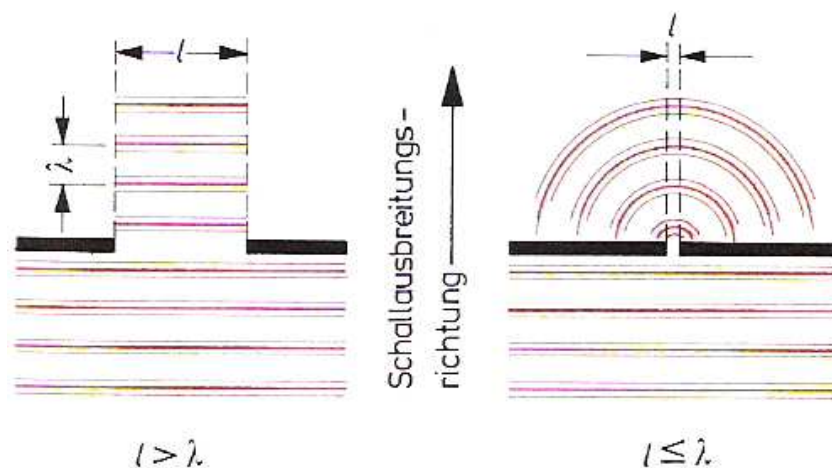


Obrázek 3 - Odraz vlny od pevné překážky <sup>[5]</sup>

### b) Ohyb

Ohyb vlny je důsledkem tzv. Huygensova principu, každé místo na hraně překážky je zdrojem kulových vln.

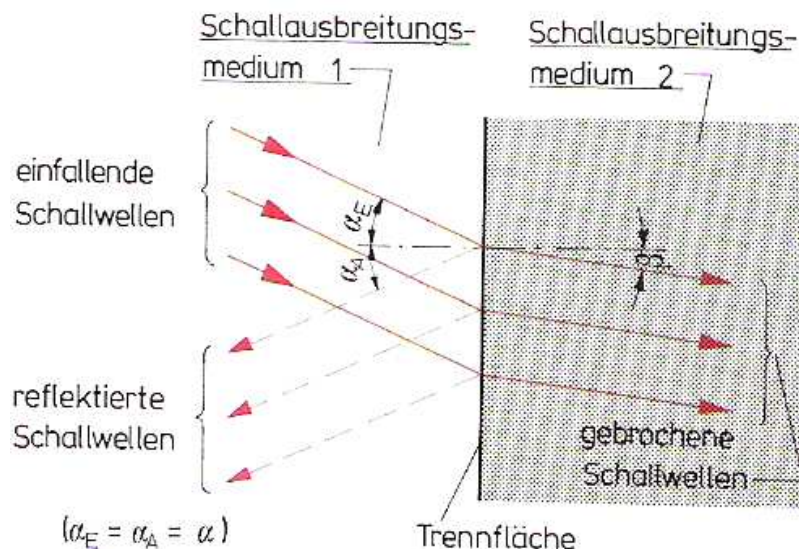
Velikost odchýlení paprsku signálu je závislé na poměru velikosti otvoru, kterým signál prochází, a vlnové délce. Pokud je otvor mnohem větší, než vlnová délka signálu, signál prochází překážkou dál v původním směru. Pokud je otvor menší, než vlnová délka, vzniká za překážkou vlna kulového tvaru.



Obrázek 4 - Vznik kulové vlny průchodem překážkou s otvorem <sup>[5]</sup>

### c) Lom

K tomuto jevu dochází tehdy, šíří-li se vlna do prostředí o jiných fyzikálních vlastnostech, zejména hustotě.



Obrázek 5 - Lom zvukové vlny při průchodu do jiného pracovního prostředí <sup>[5]</sup>

Z obr. 5 je patrné, že část vln se odráží a část prochází do nového prostředí se změněným úhlem. Je-li v novém prostředí rychlost šíření vln menší než původním, lomí se paprsek ke kolmici ke styčné ploše ( $\alpha > \beta$  dle obr. 5).

Mezi úhlem lomu a rychlostí v obou prostředích platí vztah:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} \quad (3)$$

## 2.2 Základní veličiny při měření hluku

Jelikož subjektivní vnímání zvuku člověkem odpovídá logaritmické závislosti a také to, že akustický tlak slyšitelného rozsahu přesahuje sedm dekad, vede k tomu, že veličiny jsou vyjadřovány z praktického hlediska v logaritmické stupnici k určité vztažné hodnotě  $y_0$ :

$$L_y = 10 \cdot \log \left( \frac{y^2}{y_0^2} \right) = 20 \cdot \log \frac{y}{y_0} \quad (4)$$

## Hladina akustického tlaku

Zkoumáním se zjistilo, že průměrný jedinec dokáže vnímat zvuk od hodnoty akustického tlaku  $p=2 \cdot 10^{-5}$  Pa při frekvenci  $f = 1$  kHz. Tato hodnota byla zvolena, jako vztažná pro výpočet hladiny akustického tlaku:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} = 20 \cdot \log p - 20 \cdot \log(2 \cdot 10^{-5}) = 20 \cdot \log p + 94 \text{ [dB]} \quad (5)$$

## Akustický výkon

Okamžitá hodnota akustického výkonu je dána součinem působící síly a rychlosti:

$$W = p \cdot v \cdot S \text{ [W; Pa, m/s, m}^2\text{]} \quad (6)$$

$$W_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ [W]} \dots \text{vztažná hodnota akustického výkonu}$$

kde  $p$  je hodnota akustického tlaku,  $v$  rychlost a  $S$  je sledovaná plocha.

## Akustická intenzita

je akustický výkon vztažený na jednotku plochy:

$$I = p \cdot v \text{ [W/m}^2\text{; Pa, m/s]} \quad (7)$$

$$I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ [W/m}^2\text{]} \dots \text{vztažná hodnota akustické intenzity}$$

## 2.3 Vliv hluku na člověka

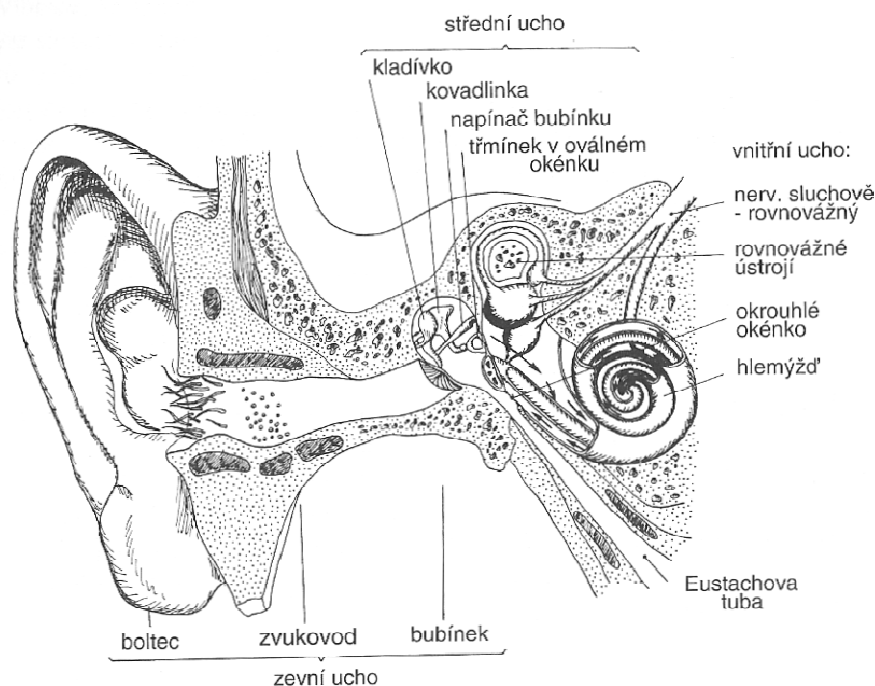
Hlukem se z lékařského hlediska rozumí zvuk, jehož působení člověka poškozuje, ruší a obtěžuje.

Hlavní nepříznivé účinky hluku na člověka jsou: <sup>[2]</sup>

- poškození sluchového orgánu, které se projevuje hlavně při dlouhodobém vystavení vyšší úrovni hluku na pracovištích
- zhoršení řečové komunikace, projevující se podrážděností, nespokojeností a následným nepříznivým vlivem na chování a vztahy mezi lidmi
- poruchy spánku
- snížení výkonnosti, zvláště při duševní práci

## Sluchový orgán člověka

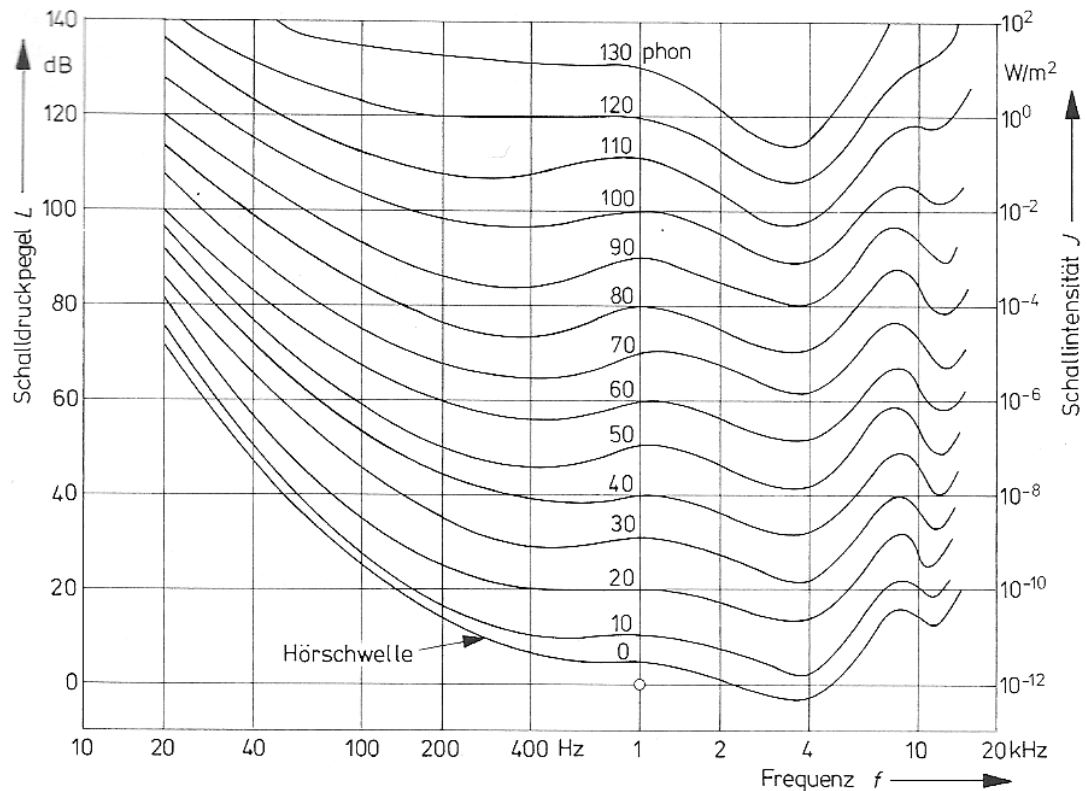
Protože sluchový orgán člověka vnímá zvuky o různých frekvencích různě, není jednoduché nalézt závislost mezi naměřenými fyzikálními hodnotami, jako je např. hladina akustického tlaku a subjektivním vnímáním, kde používáme pojem hlasitost.



Obrázek 6 - Sluchový orgán člověka <sup>[4]</sup>

Základní jednotkou hladiny hlasitosti je phon (fón), který je definován tak, že hladina hlasitosti 1 fón je při kmitočtu 1kHz stejně velká jako jednotka hladiny akustického tlaku 1dB. Pro ostatní frekvence jsou hladiny hlasitosti dány subjektivním porovnáváním s referenčním tónem.

Znamená to tedy, že např. zvuk o hlasitosti 80 Ph vnímá člověk stejně, jako zvuk o frekvenci 1kHz a hladině akustického tlaku 80 dB.



Obrázek 7 - Křivky hladin stejné hlasitosti <sup>[5]</sup>

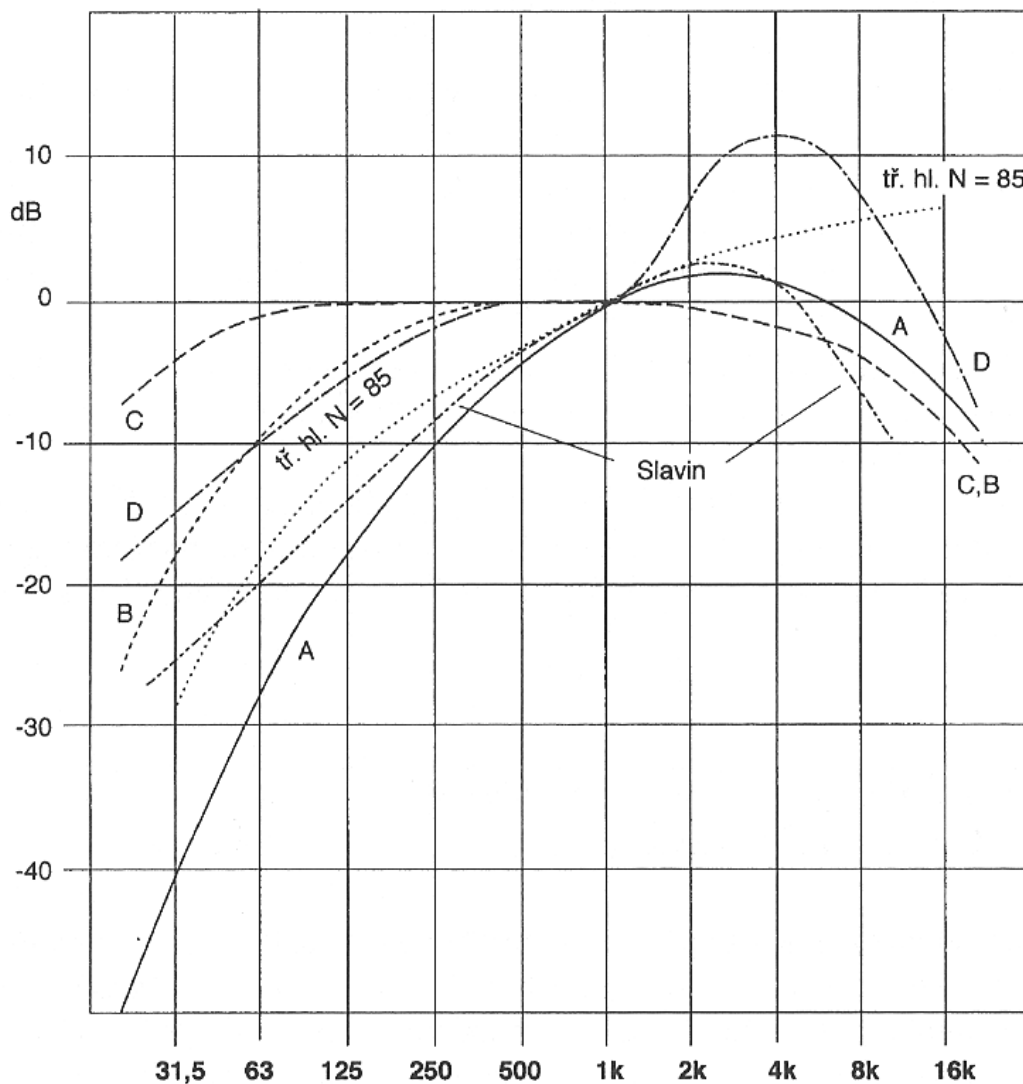
## 2.4 Objektivizované postupy měření hluku

Subjektivní vnímání hluku a fyzikální hodnoty zjištěné měřicími přístroji, jako je např. hladina akustického tlaku, spolu souvisí jen částečně. Převod objektivně naměřených hodnot na pocity vnímání hluku pomocí křivek hladin stejné hlasitosti vyhovuje u nejjednodušších zvuků, ale pro složitější signály jsou tyto postupy těžko použitelné.

Z tohoto důvodu byly vytvořeny a mezinárodně uznány váhové filtry, které korigují naměřené hodnoty v závislosti na frekvencích zvuku.

Tyto váhové filtry se označují A, B a C. V dnešní době se používá hlavně váhový filtr A, filtr B již ztratil svůj význam. V některých případech se uplatňují ještě také filtry C a D (letecká doprava).





Obrázek 8 - Kmitočtové průběhy váhových filtrů <sup>[4]</sup>

## 2.5 Předpisy v oblasti ochrany před hlukem

Legislativní předpisy, zabývající se oblastí hluku, lze rozdělit do dvou základních skupin a to předpisy pro oblast:

- a) emisí
- b) imisí

Jestliže se zajímáme pouze o zdroj hluku, jedná se o emise. To znamená, že hlukové emise jsou nezávislé na okolním prostředí.

Pokud se zabýváme úrovní hluku a jeho vlivu na místě příjemce, jedná se o imise. Imise jsou tedy ovlivněny nejen zdrojem hluku (emisemi), ale také prostředím, ve které se akustický signál šíří k příjemci.

### **Legislativa pro oblast emisí**

Hlavním zdrojem emisí jsou strojní výrobky. Jejich uvádění na trh řeší zákon č. 22/1997 Sb. a pro oblast hluku navazující Nařízení vlády č. 342/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku.

NV 342/2003 Sb. obsahuje seznam stanovených výrobků, u kterých musí výrobce před uvedením výrobku na trh prokázat, že výrobek splňuje požadavky na přípustné hodnoty emisí hluku. Toto nařízení vlády odpovídá evropské směrnici č. 2000/14/EC on the noise emission in the environment by equipment for use outdoors.

Limity emisí stanovené v těchto předpisech jsou závazné pro výrobce, dovozce v rámci členů EU.

### **Legislativa pro oblast imisí**

Základní předpisem pro oblast imisí je zákon č. 274/2003 Sb. a související Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a 272/2011 Sb., které zpracovává Směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2002/44/ES.

V příslušných nařízeních jsou stanoveny přípustné limity hodnot hluku.

Důležitější z pohledu prevence před účinky hluku jsou předpisy v oblasti emisí.

To znamená, že je důležité zejména omezovat zdroje hluku, vyrábět stroje a zařízení s nízkou úrovní hluku a snižovat tak požadavky na dodatečnou ochranu před hlukem.

## 2.6 Zkoušky zemědělských traktorů

Zemědělské traktory, stejně jako každý jiný výrobek, podléhají technickým zkouškám. Cílem zkoušek je ověřit technické parametry výrobku, předpokládanou životnost a také jeho bezpečnost.

V rámci OECD \* byly pro zkoušky traktorů stanoveny následující mezinárodně uznávané předpisy (kódy):

- Kód 2 - technické parametry
- Kód 3 - ochranné konstrukce zemědělských a lesnických traktorů (dynamická zkouška)
- Kód 4 - ochranné konstrukce zemědělských a lesnických traktorů (statická zkouška)
- Kód 5 - měření hluku na místě řidiče zemědělských a lesnických traktorů
- Kód 6 - vpředu montované ochranné konstrukce ROPS úzkorozchodných zemědělských a lesnických traktorů
- Kód 7 - vzadu montované ochranné konstrukce ROPS úzkorozchodných zemědělských a lesnických traktorů
- Kód 8 - ochranné konstrukce zemědělských a lesnických pásových traktorů
- Kód 9 - ochranné konstrukce pro teleskopické manipulátory
- Kód 10 - ochranné konstrukce FOPS zemědělských a lesnických traktorů

V Evropské unii existuje několik závazných směrnic, z nichž hluku zemědělských traktorů se týkají především tyto:

- Směrnice č. 77/311/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se hladiny akustického tlaku kolových zemědělských a lesnických traktorů působícího na řidiče
- Směrnice č. 2009/63/ES o určitých konstrukčních částech a vlastnostech kolových zemědělských a lesnických traktorů

---

\* Organisation for Economic Co-operation and Development – Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj

### **3. Cíl práce**

Cílem této práce je změřit úroveň hluku traktorů v různých provozních stavech (při zatížení, při volnoběžných otáčkách, při maximálních otáčkách) a vyhodnotit vliv hluku traktoru na okolí.

Důležitou součástí práce je vytvoření metodiky měření tak, aby bylo možné výsledky vzájemně srovnávat a vyhodnocovat i při opakovaných měřeních. Měření hluku bude provedeno u 3 traktorů stejné výkonové třídy, ale různých výrobců. Výsledky porovnat s legislativními předpisy, které stanovují přípustné hladiny akustického tlaku.

### **4. Metodika práce**

#### **4.1 Měřicí přístroje**

Pro naměření hladin akustického tlaku a zaznamenání podmínek měření jsou potřeba přístroje:

- hlukoměr s váhovým filtrem A a s možností záznamu naměřených dat
- délkové měřidlo pro určení polohy mikrofону
- meteorologická stanice pro záznam rychlosti větru a teploty okolí

#### **4.2 Podmínky měření**

Podmínky měření budou určeny tak, aby výsledky měření 3 různých traktorů byly vzájemně porovnatelné pro všechny 3 provozní stavy (pracovní zátěž, maximální otáčky, volnoběžné otáčky).

Měření bude prováděno na volném prostranství se zpevněnou plochou (beton, asfalt apod.). Plocha nesmí být během měření pokryta prachovým sněhem, vysokou trávou nebo volnou zeminou. Povrch nesmí být takový, aby vyvolával nadměrný hluk pneumatik za jízdy.

Během měření nesmí být v blízkosti traktoru nebo mikrofону zdroj hluku, který by mohl ovlivnit výsledky měření.

Měření se provádí se pěkného počasí bez srážek se slabým větrem o rychlosti max.5 m/s a s teplotou okolí min. 5°C.

Hluk okolí včetně vlivu větru musí být minimálně 10 dB (A) pod měřenou hladinou akustického tlaku.

Do výsledků měření se zaznamenají podmínky měření v rozsahu:

- místo měření
- datum a čas měření
- teplota
- atmosférický tlak
- rychlost větru

### **4.3 Metoda měření**

Metodika vychází ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/63/ES, která se mimo jiné zabývá také přípustnými hladinami akustického tlaku kolových traktorů. Tato směrnice ovšem neřeší měření hladiny akustického tlaku při volnoběžných otáčkách.

Metodika je proto upravena tak, aby byla použitelná pro porovnání všech tří provozních stavů traktorů, které jsou předmětem této práce.

#### **Měření při plném zatížení (za jízdy)**

Měří se na traktoru s motorem zahřátým na provozní teplotu.

Pracovní zatížení (plný výkon) traktoru bude simulováno na zkušební dráze podle obr. 9.

Na zkušební dráze je označena startovní A-A a cílová čára B-B ve vzdálenosti 10 m před a za polohou mikrofónu.

Mikrofon bude umístěn 1,2 m nad zemí, kolmo k ose jízdy traktoru a ve vzdálenosti 7,5 m od této osy.

Měření bude prováděno tak, že traktor se bude pohybovat k startovní čáře rychlostí přibližně čtvrtinovou, než je jeho maximální a se zařazeným rychlostním stupněm takovým, aby otáčky motoru byly přibližně volnoběžné.

Jakmile traktor dojede na úroveň startovní čáry, provede jízdu až do cílové čáry s maximální akcelerací. Při dosažení startovní čáry A-A se zapne záznam na hlukoměru a při projetí cílovou čarou B-B vypne.

Jak se traktor přibližuje k místu mikrofону, hodnoty akustického tlaku rostou a naopak se vzdalováním opět klesají.

Výsledkem měření bude ekvivalentní hladina akustického tlaku vypočtená podle vzorce:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n \left( t_i \cdot 10^{L_i/10} \right) \right] \quad (8)$$

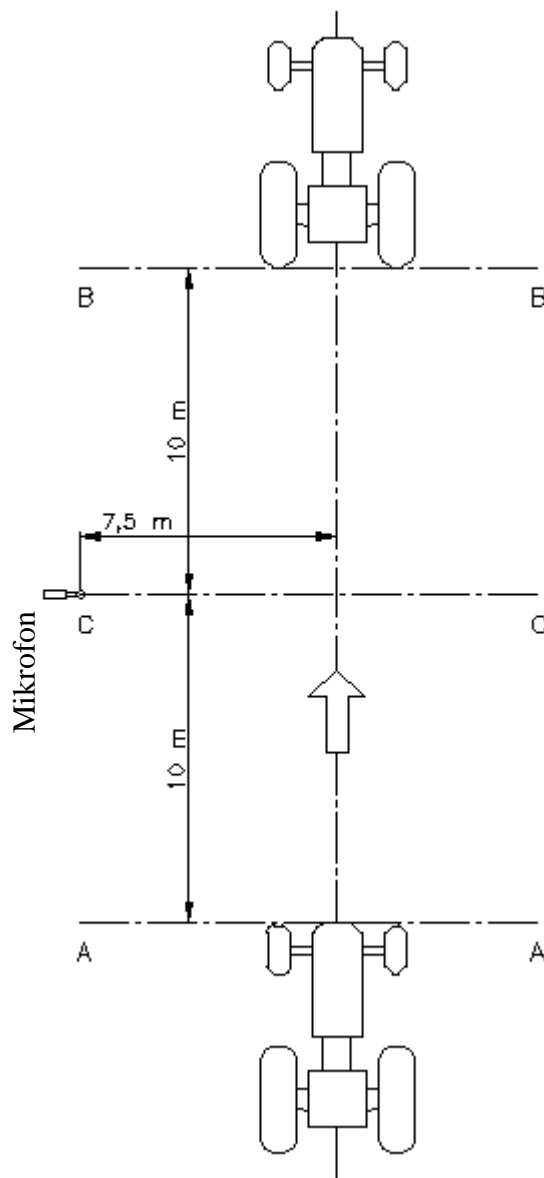
$L_{Aeq}$  je ekvivalentní hladina zvuku A [dB]

T doba měření

$L_i$  je hladina zvuku i-tého vzorku měření

$t_i$  doba měření i-té hodnoty

n počet naměřených údajů během intervalu T



Obrázek 9 - Měření traktoru za jízdy

### **Měření bez zatížení při maximálních a volnoběžných otáčkách**

Uspořádání měření je zobrazeno na obr. 10.

Traktor musí mít před měřením správně seřízené volnoběžné otáčky podle předpisů výrobce a nastaven omezovač otáček.

Měří se na traktoru s motorem zahřátým na provozní teplotu.

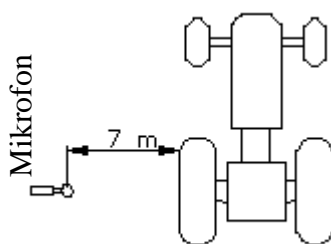
Měření při maximálních otáčkách: měří se maximálních při otáčkách, které předepisuje výrobce nebo které umožňuje omezovač otáček.

Měření při volnoběžných otáčkách: měří se při volnoběžných otáčkách motoru, které se podle typu traktoru pohybují v rozmezí přibližně 760-850 ot/min.

Mikrofon je umístěn 7 m od nejbližšího povrchu traktoru a ve výšce 1,2 m nad terénem. Protože se dá předpokládat, že hladina akustického tlaku se nebude během měření za maximálních otáček příliš měnit, stačí nastavit režim hlukoměru na režim S (slow) a měřit tak dlouho, aby přístroj zaznamenal asi 10 hodnot.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku podle vzorce (8), použitého při měření za jízdy.

Jestliže je rozptyl naměřených hodnot menší než 2 dB, lze zjednodušeně považovat se za naměřený výsledek aritmetický průměr zaznamenaných hodnot.



Obrázek 10 - Měření traktoru za klidu

#### 4.4 Vyhodnocení naměřených dat

Naměřené hodnoty budou uvedeny ve formě tabulek s naměřenými hodnotami a grafů.

Pro každý typ traktoru bude vyhotoven spojnicový graf s naměřenými výsledky při zatížení, při maximálních otáčkách a při volnoběžných.

Pro každý typ měření bude vyhotoven graf s porovnáním jednotlivých typů traktorů.



## 5. Měření hladin akustického tlaku traktorů

Měření probíhalo v Zemědělském družstvu Přeštěnice.

Družstvo se nachází v Jihočeském kraji v blízkosti města Milevsko v okrese Písek.

Zabývá se zemědělskou výrobou, chovem a prodejem prasat brojlerových housat a kuřat.

### 5.1 Výběr traktorů pro měření hluku

Traktory lze rozdělit podle výkonu do výkonových tříd <sup>[3]</sup>:

- malotraktory (do 30 kW)
- s nízkým výkonem (30 – 50 kW)
- se středním výkonem (50 – 90 kW)
- s vysokým výkonem (90 – 120 kW)
- s velmi vysokým výkonem (120 – 220 kW)
- s extrémně vysokým výkonem (nad 220 kW)

Tabulka 1 - Seznam typů traktorů ZD Přeštěnice

Typ	Maximální výkon	
	kW	Hp
CASE IH JX 95 *)	70	95
CASE MX 230	171,5	230
JOHN DEERE 6230 *)	70	95
STEYER 9094 *)	69,1	94
Zetor 162 45	117	156
Zetor 6211	41,8	56
Zetor 6718	60	80
Zetor 6748	50,7	68
Zetor 6911	44,7	60
Zetor 7011	65	87
Zetor 7211	44,7	60
Zetor 7245	44,7	60
Zetor 7711	54,4	73
Zetor 9641	73,8	99

## 5.2 Technické parametry měřených traktorů

Ze seznamu traktorů uvedených v tabulce č.1 byly zvoleny typy:

### John Deere 6230

Objem motoru: 4500 cm<sup>3</sup>

Výkon 70 kW při 2300 ot/min

Hmotnost: maximální celková 7600 kg, vlastní 4640 kg

Objem palivové nádrže: 165 l

Rozměry: délka 4289 mm, šířka 2275 mm, výška 2718 mm, rozvor 2400 mm

Pneumatiky: přední 14.9 R24, zadní 16.9 R38



Výrobce: John Deere

*Historie značky John Deere začíná v roce 1837. K obrovskému rozvoji firmy dochází ve 20. století, kdy se s nástupem spalovacího motoru výroba až neuvěřitelně rozrůstá - spolu s pluhy nastupují traktory, kombajny a další stroje potřebné pro mechanizaci zemědělství. Od roku 1963 se John Deere věnuje také výrobě zahradní a komunální techniky a v roce 1986 vstoupil John Deere i na pole výroby strojů pro úpravu a sekání golfových hřišť.*

*V současnosti působí John Deere po celém světě, kde má celkem 34 výrobních a vývojových podniků, z toho 16 z nich vyrábí zemědělskou techniku, 9 podniků vyrábí zahradní, komunální a golfovou techniku. [19]*

### **CASE IH JX 95**

Objem motoru: 4500 cm<sup>3</sup>

Výkon: 70 kW při 2500 ot/min

Hmotnost: maximální celková 6800 kg, vlastní 3770 kg

Objem palivové nádrže: 92 l

Rozměry: délka 4059 mm, šířka 1808 mm, výška 2618 mm, rozvor 2332 mm

Pneu: přední 12.4 R24, zadní 18.4 R34



Výrobce: Case IH

*Firma vznikla v roce 1842. Firma Case IH vznikla roku 1985 fúzí podniků International Harvester Comany (IHC) a Case. IHC měla sídlo v Chicagu a vznikla roku 1902 sloučením pěti podniků. Case má původ ve firmě Jeroma Increase Case, který roku 1843 založil v Racine (Wisconsin) továrnu, kde se vyráběly hlavně*

*mlátičky a parní stroje. Case IHC začaly už před první světovou válkou vyrábět traktory. Firma nabízí traktory, sklízecí mlátičky, lisy, aplikační techniky. [20]*

### **STEYR 9055**

Objem motoru: 4397 cm<sup>3</sup>

Výkon: 69,1 kW při 2100 ot/min

Hmotnost: maximální celková 6500 kg, vlastní 3950 kg

Rozměry: délka 4220 mm, šířka 2180 mm, výška 2690 mm, rozvor 2480 mm

Pneu: přední 14.9 R24, zadní 16.9 R38



Výrobce: STEYR

*Firma byla založena v roce 1864 v Rakousku. Sériová výroba traktorů STEYR byla zahájena v roce 1947. Od té doby STEYR byl lídrem v tomto odvětví v Rakousku a tak měl značný vliv na místní zemědělství. Jako průkopníci technického pokroku byly první traktory STEYR s pohonem všech 4 kol představeny v roce 1960. [21]*

## 5.3 Popis měření

### Použitá měřidla

Hlukoměr: VOLTCRAFT PLUS SL-300 (50-100dB)

Dálkoměr: BOSCH DLE 50 PROFESSIONAL

Meteorologická stanice: WS-1600-1

Před vlastní měřením byla vytyčena měřicí dráha podle obr. 9 na str.23 pomocí dobře viditelných značek. Pro určení vzdáleností a polohy mikrofonu hlukoměru byl použit laserový dálkoměr.

Hlukoměr, kterým bylo prováděno měření, byl umístěn na stativ 1,2 metru nad povrchem zkušební dráhy.



Obrázek 11 - Příprava měřicí aparatury

## Podmínky měření

Před vlastním měřením bylo nutné ověřit okolní podmínky, aby měření vůbec mohlo proběhnout v souladu s metodikou popsanou v odst. č. 4.2 . Zjišťovala se teplota vzduchu a rychlost větru pomocí meteorologické stanice. Teplota musela být minimálně 5°C a rychlost větru nesměla překročit 5 m/s.



Obrázek 12 - Měření meteorologických podmínek

Hladina hluku okolí musí být alespoň 10 dB (A) pod měřenou hladinou hluku traktorů. Protože se očekávaly hodnoty akustického tlaku při měření minimálně 70 dB(A), měla by být hladina akustického tlaku okolí max. 60 dB (A), aby nedošlo k ovlivnění výsledků.

Měření probíhalo přímo v areálu ZD Přeštěnice mimo pracovní dny a hladina akustického tlaku okolí byla průběžně kontrolována přímým odečítáním přístroje. Kontrola hluku okolí byla provedena vždy před zahájením každého měření. Maximální zjištěná hodnota 54 dB (A) zajišťovala dostatečný odstup od měřených hodnot při provozu traktorů.

Místo měření .....	ZD Přestěnice
Datum a čas měření.....	10.12.2011 7:30-10:30
Teplota.....	6,2 °C
Atmosférický tlak.....	979 hPa
Rychlost větru .....	0 m/s (bezvětrí)
Hladina akustického tlaku okolí (max.) .....	54 dB(A)

### **Postup měření**

Měření probíhalo u 3 vybraných traktorů ve stejné výkonové třídě a to v pořadí:

1. John Deere 6230
2. CASE IH JX 95
3. STEYER 9094

Traktory zemědělské družstvo používá v této době (prosinec) především k rozvozu krmiva do kravínů, které se nacházejí v blízkých vesnicích. Motory traktorů byly před měřením zahřáty na provozní teplotu a měřeny s přívěsem pro rozvoz krmiva.

Nejprve bylo provedeno měření traktorů za klidu (bez zatížení) a to při volnoběžných otáčkách a při otáčkách maximálních, které motor umožňuje a na které je seřízen.

Traktory jsou běžně seřízeny na nízké otáčky volnoběhu 850 ot/min a maximální otáčky volnoběhu (bez zatížení) 2500 ot/min. Přesné otáčky motoru by bylo nutné měřit nezávislým měřidlem, ale to pro účely měření hluku nebylo nutné.

Jednotlivé traktory vždy zastavily na značce pro měření dle obr. 10 na str. 24.

Po zastavení obsluha traktoru nastavila volnoběžné otáčky, proběhlo měření tak, aby počet měření byl minimálně 10 (hlukoměr zaznamenával hladiny akustického tlaku v intervalu 1s). Poté byly zvýšeny otáčky na maximum a proběhlo další měření ve stejné délce. Postupně se na měřicím stanovišti vystřídali všechny tři traktory.

Po ukončení těchto měření proběhlo měření při plném zatížení.

Při tomto měření měl každý traktor plně naložen vůz pro rozvoz krmení.

Plné zatížení bylo simulováno tak, že se traktor přibližoval velmi pomalu. Rychlost na startovní čáře podle obr. 9 na str. 23 byla přibližně 10 km/h, což odpovídá čtvrtině maximální rychlosti těchto traktorů, která je 40 km/h.

Na začátku měřicí dráhy řidič traktoru plně akceleruje až do průjezdu cílem. Počet změřených údajů je v tomto případě dán rychlostí průjezdu traktoru měřenou dráhou a frekvencí zapisování hodnot hlukoměrem. Ta byla v tomto případě 1/s.

## 5.4 Výsledky měření

### John Deere 6230

Tabulka 2 - Hladina akustického tlaku při volnoběžných otáčkách

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	7:58:28	77,8
10.12.2011	7:58:29	76,5
10.12.2011	7:58:30	76,7
10.12.2011	7:58:31	77,5
10.12.2011	7:58:32	76,8
10.12.2011	7:58:33	76,5
10.12.2011	7:58:34	76,4
10.12.2011	7:58:35	77,5
10.12.2011	7:58:36	76,9
10.12.2011	7:58:37	77,1
10.12.2011	7:58:38	76,4
10.12.2011	7:58:39	76,7
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>76,9</b>
	<b>Max.</b>	<b>77,8</b>
	<b>Min.</b>	<b>76,4</b>



Tabulka 3 - Hladina akustického tlaku při maximálních otáčkách

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	7:58:58	85,5
10.12.2011	7:58:59	87,4
10.12.2011	7:59:0	85,7
10.12.2011	7:59:1	87,4
10.12.2011	7:59:2	86,3
10.12.2011	7:59:3	87,6
10.12.2011	7:59:4	86,4
10.12.2011	7:59:5	87,7
10.12.2011	7:59:6	86,5
10.12.2011	7:59:7	87,1
10.12.2011	7:59:8	86,1
10.12.2011	7:59:9	86,9
10.12.2011	7:59:10	86,9
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>86,8</b>
	<b>Max.</b>	<b>87,7</b>
	<b>Min.</b>	<b>85,5</b>

Tabulka 4 - Hladina akustického tlaku při zatížení (za jízdy)

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:21:7	75,5
10.12.2011	8:21:8	77,8
10.12.2011	8:21:9	79,6
10.12.2011	8:21:10	83,5
10.12.2011	8:21:11	82
10.12.2011	8:21:12	80,6
10.12.2011	8:21:13	72,8
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>80,0</b>
	<b>Max.</b>	<b>83,5</b>
	<b>Min.</b>	<b>72,8</b>

## CASE IH JX 95

Tabulka 5 - Hladina akustického tlaku při volnoběžných otáčkách

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:12:23	76,4
10.12.2011	8:12:24	76,3
10.12.2011	8:12:25	76,8
10.12.2011	8:12:26	77,2
10.12.2011	8:12:27	76,7
10.12.2011	8:12:28	77,1
10.12.2011	8:12:29	76,5
10.12.2011	8:12:30	76,9
10.12.2011	8:12:31	76,8
10.12.2011	8:12:32	76,8
10.12.2011	8:12:33	76,3
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>76,7</b>
	<b>Max.</b>	<b>77,2</b>
	<b>Min.</b>	<b>76,3</b>

Tabulka 6 - Hladina akustického tlaku při maximálních otáčkách

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:12:42	87,8
11.12.2011	8:12:43	85,9
12.12.2011	8:12:44	88
13.12.2011	8:12:45	86,6
14.12.2011	8:12:46	87
15.12.2011	8:12:47	88
16.12.2011	8:12:48	86,6
17.12.2011	8:12:49	87
18.12.2011	8:12:50	86,7
19.12.2011	8:12:51	87,4
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>87,1</b>
	<b>Max.</b>	<b>88</b>
	<b>Min.</b>	<b>85,9</b>

Tabulka 7 - Hladina akustického tlaku při zatížení (za jízdy)

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:21:44	76
10.12.2011	8:21:45	82,7
10.12.2011	8:21:46	81,6
10.12.2011	8:21:47	81
10.12.2011	8:21:48	75,3
10.12.2011	8:21:49	70,5
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>79,6</b>
	<b>Max.</b>	<b>82,7</b>
	<b>Min.</b>	<b>70,5</b>

#### STEYER 9094

Tabulka 8 - Hladina akustického tlaku při volnoběžných otáčkách

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:16:02	75,5
10.12.2011	8:16:03	76,3
10.12.2011	8:16:04	76,7
10.12.2011	8:16:05	76,4
10.12.2011	8:16:06	76,9
10.12.2011	8:16:07	77,1
10.12.2011	8:16:08	76,9
10.12.2011	8:16:09	77,4
10.12.2011	8:16:10	77,2
10.12.2011	8:16:11	76,8
10.12.2011	8:16:12	76,9
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>76,8</b>
	<b>Max.</b>	<b>77,4</b>
	<b>Min.</b>	<b>75,5</b>

Tabulka 9 - Hladina akustického tlaku při maximálních otáčkách

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:16:26	86,4
10.12.2011	8:16:27	87,4
10.12.2011	8:16:28	86,6
10.12.2011	8:16:29	87,3
10.12.2011	8:16:30	86,8
10.12.2011	8:16:31	86,9
10.12.2011	8:16:32	86,8
10.12.2011	8:16:33	87,1
10.12.2011	8:16:32	86,8
10.12.2011	8:16:33	86,6
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>86,9</b>
	<b>Max.</b>	<b>87,4</b>
	<b>Min.</b>	<b>86,4</b>

Tabulka 10 - Hladina akustického tlaku při zatížení (za jízdy)

Datum	Čas	L [dBA]
10.12.2011	8:22:12	74
10.12.2011	8:22:13	78,8
10.12.2011	8:22:14	78,2
10.12.2011	8:22:15	80,7
10.12.2011	8:22:16	80,4
10.12.2011	8:22:17	74
	<b>L<sub>Aeq</sub></b>	<b>78,4</b>
	<b>Max.</b>	<b>80,7</b>
	<b>Min.</b>	<b>74,0</b>

Tabulka 11 - Průměrné ekvivalentní hodnoty hladin akustického tlaku

Typ traktoru	Volnoběžné otáčky	Maximální otáčky	Zatížení
John Deere 6230	76,9	86,8	80,0
CASE IH JX 95	76,7	87,1	79,6
STEYER 9094	76,8	86,9	78,4

Ekvivalentní hladiny zvuku A v decibelech jsou v tab. 2 až tab. 10 spočteny podle vzorce:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n \left( t_i \cdot 10^{L_i/10} \right) \right] \quad (9)$$

$L_{Aeq}$  ekvivalentní hladina zvuku A [dB]

$L_i$  hladina zvuku A i-tého vzorku měření [dB]

$T$  časový interval měření

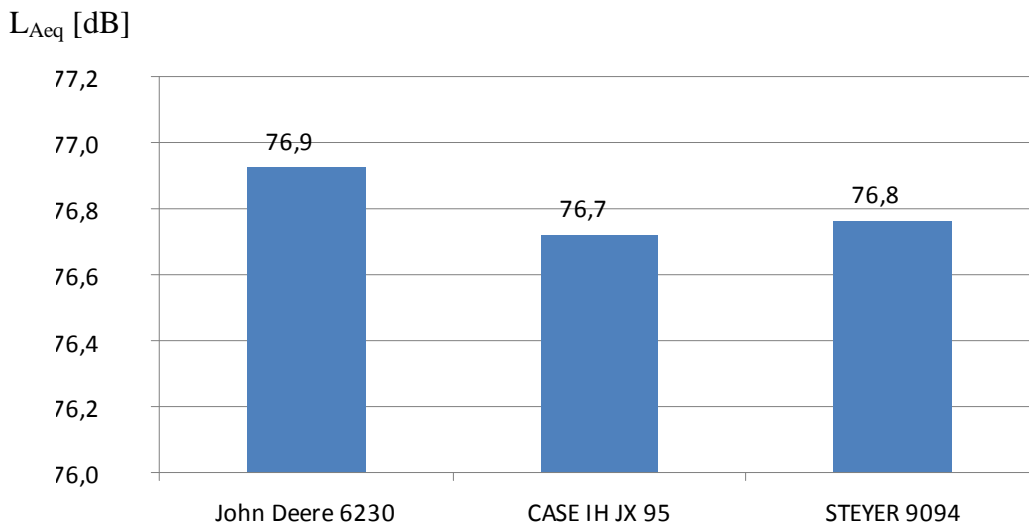
$t_i$  doba záznamu i-tého vzorku [s]

$n$  počet vzorků měření [-]

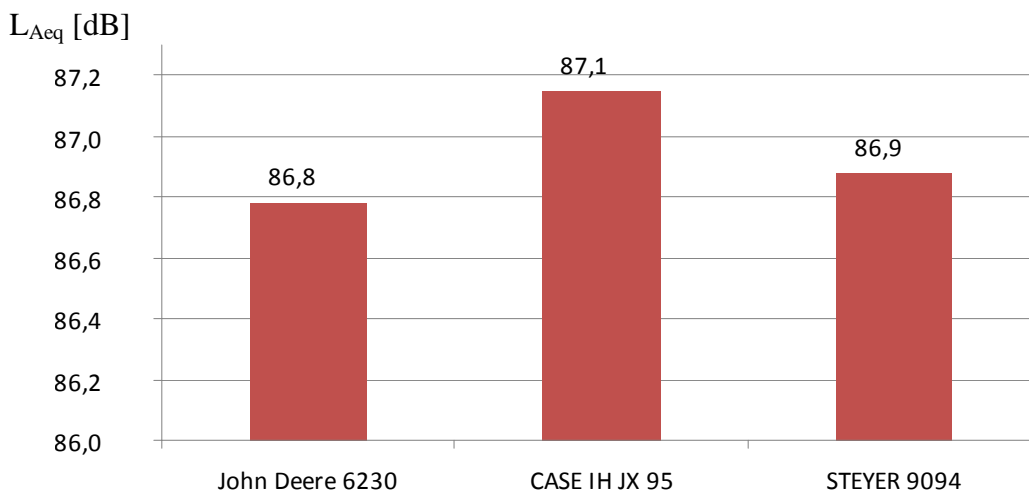
Protože byl hlukoměr nastaven na režim S (slow) s pravidelnou frekvencí záznamů  $1 \text{ s}^{-1}$  ( $t_i = 1 \text{ s}$ ), lze vzorec (9) upravit (viz. ČSN ISO 1999 odst. 4.4.5.2):

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( 10^{L_i/10} \right) \right] \quad (10)$$

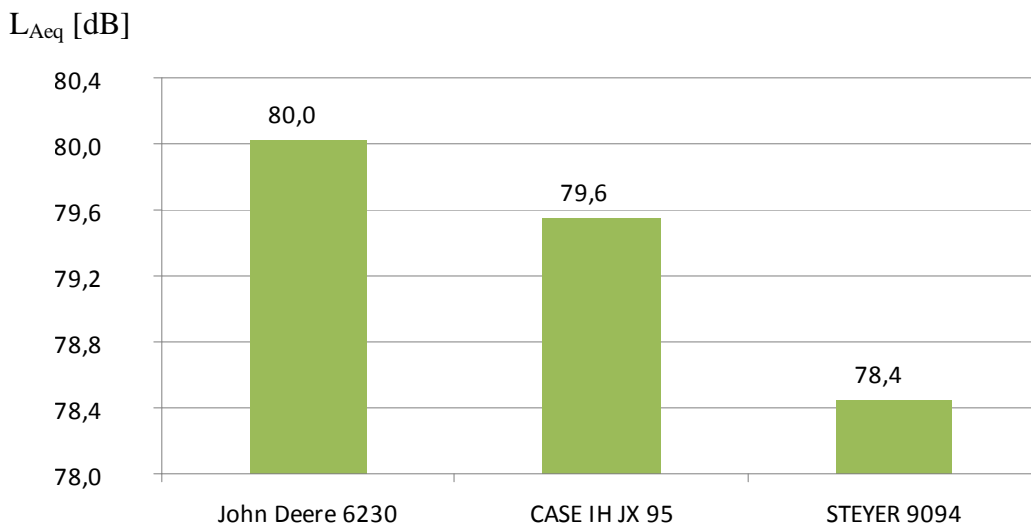
## 5.5 Porovnání hladiny akustického tlaku traktorů různých výrobců



Obrázek 13 - Porovnání traktorů při volnoběžných otáčkách

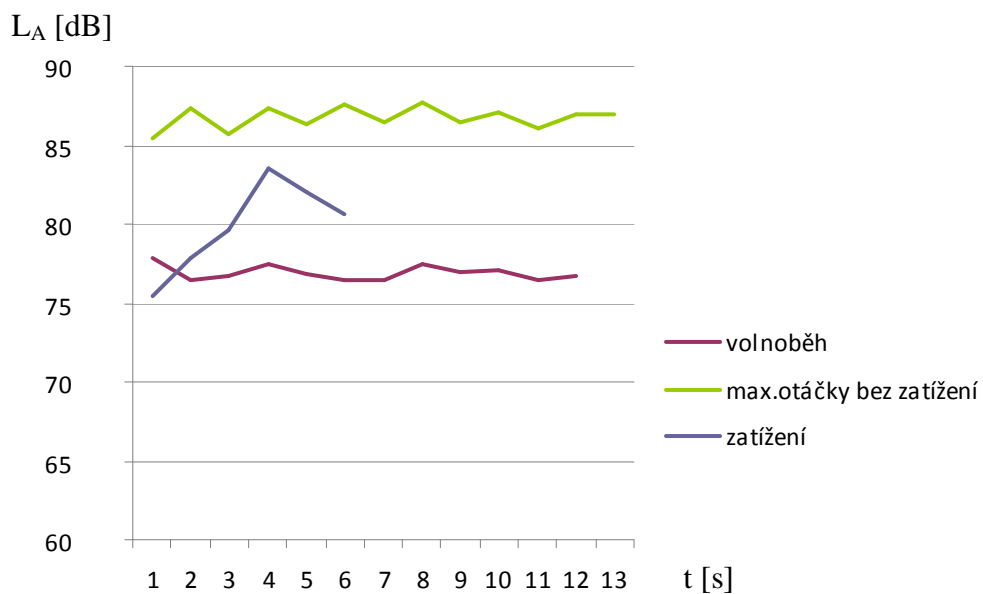


Obrázek 14 - Porovnání traktorů při maximálních otáčkách bez zatížení

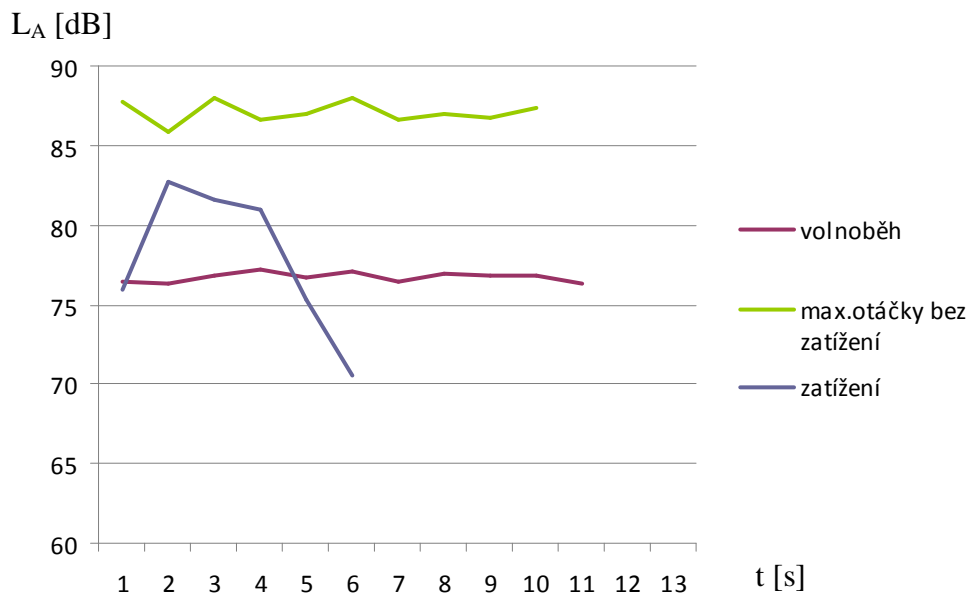


Obrázek 15 - Porovnání traktorů při zatížení

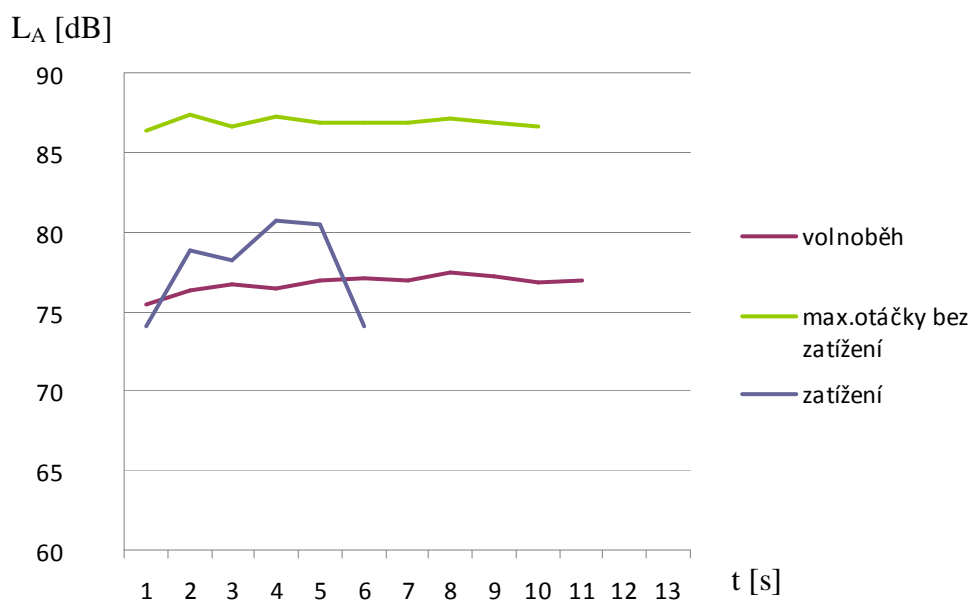
## 5.6 Porovnání hladiny akustického tlaku při různých provozních režimech



Obrázek 16 - Hladiny akustického tlaku - John Deere 6230



Obrázek 17 - Hladiny akustického tlaku - CASE IH JX 95



Obrázek 18 - Hladiny akustického tlaku - STEYER 9094



## 6. Závěr

Cílem této práce bylo na vybraném vzorku 3 traktorů stejné výkonové třídy změřit hladiny akustického tlaku v různých provozních režimech a vyhodnotit vliv hluku na okolí.

Nejmenší emise hluku vykazují traktory při volnoběžných otáčkách:

John Deere 6230	76,9
CASE IH JX 95	76,7
STEYER 9094	76,8

Tyto hodnoty jsou hluboko například i pod maximálně přípustnými hodnotami na pracovištích (85 dB).

Největší ekvivalentní hodnoty hladiny zvuku A byly naměřeny při maximálních otáčkách motoru bez zatížení:

John Deere 6230	86,8
CASE IH JX 95	87,1
STEYER 9094	86,9

Ekvivalentní hodnoty hladiny zvuku A při zatížení traktorů byly naměřeny hodnoty mnohem menší:

John Deere 6230	80,0
CASE IH JX 95	79,6
STEYER 9094	78,4

Toto lze vysvětlit jednak tím, že při jízdě a akceleraci traktor pracoval při nižších, než maximálních otáčkách a také metodikou měření, kdy údaj při zatížení traktoru je udáván jako ekvivalentní hodnota hladiny akustického tlaku zvuku měřená po celé zkušební dráze. Se zvětšující se vzdáleností traktoru od mikrofону logicky měřená hodnota klesá.

Lze konstatovat, že měřené traktory střední výkonové třídy mají velmi podobné hlukové charakteristiky ve všech zkoumaných provozních stavech.

Měřením bylo zjištěno, že větší vliv na úroveň hluku traktoru mají otáčky motoru, než vlastní zatížení traktoru, kdy motor pracuje v oblasti nižších otáček s vyšším kroutícím momentem.

## 7. Seznam použité literatury

- [1] Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T. (2006): Traktory. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
- [2] Liberko, M. (2004): Hluk v prostředí. Problematika a řešení. Praha, Ministerstvo životního prostředí
- [3] Pastorek, Z. a kol. (2001): Traktory. Praha, Agrospoj
- [4] Smetana, C. a kol. (1998): Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací technika
- [5] Veit, I. (2005): Technische Akustik. Würzburg, Vogel Industrie Medien GmbH
- [8] ČSN ISO 1999 Akustika. Stanovení expozice hluku na pracovišti a posouzení zhoršení sluchu vlivem hluku.
- [9] Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1997/sb006-97.pdf>)
- [10] Zákon č. 274/2003 Sb. (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4176>)
- [11] Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4331>)
- [12] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22560>)
- [13] Nařízení vlády č. 342/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4197>).
- [14] Kódy OECD (dostupné na <http://www.oecd.org/dataoecd/61/21/44525381.pdf>)

- [15] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/63/ES o určitých konstrukčních částech a vlastnostech kolových zemědělských a lesnických traktorů (dostupné na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:214:0023:0033:CS:PDF>)
- [16] Směrnice Evropského pralamentu a Rady č. 2000/14/ES týkajících se emisí hluku zařízení, která jsou určena k použití ve venkovním prostoru, do okolního prostředí (dostupné na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:25:32000L0014:CS:PDF>)
- [17] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/44/ES (dostupné na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:05:04:32002L0044:CS:PDF>)
- [18] Směrnice Rady Evropského společenství č. 77/311/EHS týkajících se hladiny akustického tlaku kolových zemědělských a lesnických traktorů působícího na řidiče (dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:04:31977L0311:CS:PDF>)
- [19] Historie firmy John Deere (dostupné na <http://johndeeredistributor.cz/Zemedelska-technika/O-nas/O-John-Deeree>)
- [20] Historie firmy CASE IH (dostupné na [http://www.caseih.com/en\\_us/AboutUs/Pages/CaseIHHistory.aspx](http://www.caseih.com/en_us/AboutUs/Pages/CaseIHHistory.aspx))
- [21] Historie firmy STEYR (dostupné na <http://www.steyr-traktoren.com/Pages/en/Ueber-Steyr/Geschichte/Geschichte.aspx>)