

# 1. ÚVOD

Zvuk je každé podélné mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem a je přirozeným průvodním projevem přírodních dějů a životní aktivity. Nejenom pro člověka, ale i pro všechny živé organismy, hraje zvuk významnou roli. Sluchem je přijímán ne sice největší, ale nejvýznamnější podíl informací o světě. Zvuk je důležitým poplašným signálem, který varuje před nebezpečím, podněcuje aktivitu nervového systému a je i základem řeči která právě odlišila lidi od zvířat. Zvuk může být uklidňující, dráždivý a v mnoha případech až nepříjemný. Nepříjemný zvuk je nežádoucí, obtěžující nebo dokonce škodlivý a označujeme ho jako hluk.

Chov skotu, zejména dojníc patří k nejdůležitějším kategoriím u kterých se očekává, že budou v pravidelných intervalech produkovat zdravá telata a poskytovat požadovanou mléčnou a masnou užitkovost.

Produkční a reprodukční vlastnosti jsou ovlivněny mnoha faktory. Vše začíná již narozením telete a pokračuje přes vhodnou skladbu krmiva, mikroklima stáje a končí samozřejmě přístupem pracovníků. Mikroklima stáje, tudíž i dojíren je ovlivněno zejména vlhkostí, hlučností, prašností a obsahem škodlivých plynů.

S výrazným nástupem techniky, která značně ulehčuje námahu pracovníků v živočišné výrobě, působí na pracovníky a zvířata často vlivy, které byly v tradičním chovu neznámé. Mechanizace vytváří především hluk a tudíž hlučnost prostředí je jedním z nejvýraznějších činitelů, které se v souvislosti s technizací vyskytují. Pokud hladina akustického tlaku přesáhne určitou mez, projeví se působení hluku stresově a může mít na svědomí nejenom zdraví pracovníků, ale i zvířat. Z toho důvodu by mechanizované pracovní procesy měly co možná nejméně narušovat mikroklima ve stájích, dojárnách atd. a pracovat s co nejnižší hlučností.

V poslední době, kdy už se ví, že vliv hluku na organismus lidí a zvířat je dosti značný, se těmto vlivům začala věnovat větší pozornost než dříve. Hlavním úkolem je proto zastavit růst hluku a to nejen v lidských obydlích, ale i na pracovištích a samozřejmě i v objektech živočišné výroby.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1. Hluk jako faktor životního prostředí

Definice ČSN 01 1600 „Akustika. Názvy a definice“ říká, že hluk je jakýkoliv zvuk, který vyvolává nepříjemný, nebo rušivý vjem nebo má škodlivý účinek.[2] Hlukem můžeme označit každý nežádoucí zvuk, který vyvolává v našem organismu nežádoucí účinky. Jinak nelze hluk přesněji fyzikálně definovat, neboť velmi záleží na vztahu k danému zvuku. Pro někoho může být tento zvuk hlukem, tudíž nepříjemný, ale pro jiného může být důležitým zdrojem informací. Proto boj proti hluku není bojem proti hluku vůbec, ale bojem proti zbytečnému neúměrně silnému hluku, který ruší a zneprůjemňuje pobyt a činnost člověka a zvířat, popřípadě ohrožuje přímo jejich zdraví.

V současné době je na škodlivé účinky hluku soustředěna pozornost mnoha odborníků v oblasti zdravotnictví. Stejně tak měřením a sledováním hluku zabývají stále větší skupiny odborníků různých profesí. Jednou z nejzávažnějších vlastností zvuku a hluku je, že se šíří na poměrně velké vzdálenosti, stovky metrů i více. Přitom se šíří stejně dobře vzduchem i vodou nebo pevnou hmotou, např. konstrukcí stavby. Za určitých podmínek se může akustické vlnění odrážet, lomit a ohýbat. V důsledku těchto jevů působí hluk na každého, kdo je v dosahu akustické energie. Nepostihuje tedy jen obsluhu daného stroje, který hluk vytváří, ale i osoby, zvířata, které se zdrojem nemají nic společného a pro něž je hluk nežádoucí a zbytečný. Proto se dá společný pracovní proces velice těžko oddělit od hlukové expozice. Navíc v dnešní době se většina odborných sektorů nedokáže obejít bez stále se rozšiřující mechanizace. Tím se poměrně velkým podílem přispívá k celoplošnému rozmístění zvýšené hladiny hluku. Typickým příkladem je vystavení občanů větších měst dopravnímu hluku, a to i mimo pracovní dobu. Přičemž hodnoty zatížení se mohou přibližovat až k hranici 80 dB.

Technický pokrok přináší i změny principů funkce strojů. K růstu hlučnosti přispívají i některé vylehčené konstrukce strojů a zařízení. Tím ztrácí daný stroj pohlcovat část akustické energie vznikající jeho provozem, což se opět projevuje na zvýšené akustické hladině.

## 2.2. Zdroje hluku

### 2.2.1. Základní zdroje hluku

- Hluková zátěž naší populace je způsobena v průměru 40 % z pracovního prostředí a z 60 % z mimopracovního prostředí.
- Ve městech je převažujícím hlukem mimopracovním hluk dopravní (75-85 %), kde na hlavních dopravních tazích dosahuje hladin 70-85 dB (A).
- Ve stavebních stížnostech obyvatel obvykle směřovány na vnitřní zdroje (výtahy, kotelní, trafostanice, vytápění, chlazení, větrání) a sousedský hluk (hlasité projevy obyvatel, reprodukční zvuková zařízení, provoz koupelen, WC, kanalizace, chladniček, digestoří, etážových kotlů apod.), ale objektivně nejzávažnější je podíl hluku přicházející zvenčí.
- V pracovním prostředí je vývoj hlukové situace komplikovaný, některé nové technologie přinášejí značnou hlučnost.

### 2.2.2. Hlavní hlukové zdroje

- **Dopravní hluky** - automobilová, kolejová a letecká doprava
- **Hluky ve výrobě** - ruční mechanizované nářadí (motorové pily, pneumatická kladiva apod.), důlní stroje, hutnictví, strojírenství (obráběcí stroje), textilní průmysl (tkalcovské stavy), vzduchotechnická zařízení, mobilní zařízení, samojízdné stroje, zemědělství, lesnictví aj.
- **Hluky související s bydlením** - vestavěné technické vybavení domu (výtahy, trafo, kotelní), sanitárně-technické vybavení domu (koupelny, WC), činnost osob v bytě (hovor, rozhlas, TV, vysavač, kuchyňské stroje, myčky, pračky aj.)
- **Hluky související strávením volného času** – kulturní a společenská zařízení (divadla, kina, koncertní sály, poutě aj.), sportovní zařízení (např. hřiště, bazény, střelnice)

Hluk vlastně nemůžeme ani přesně definovat, protože stejný hluk působí na jednotlivé typy lidí různě podle daných okolností. Hlukem obecně rozumíme každý zvuk nebo zvuky, které škodí lidskému organismu. Z psychologického hlediska je zachycený zvukový impuls podnětem. Tyto podněty dráždí určitá místa mozku, což můžeme posoudit jako libý nebo nežádoucí účinek. Tyto účinky jsou samozřejmě různé podle typu člověka, jeho nálady nebo třeba podle jeho zkušeností. Proto jsou důležité i účinky psychické. Mezi zdroje hluku patří hlavně věci vyrobené člověkem (auta, kosmické lodě, letadla), z menší části i sám člověk (hluk ve třídě) a nepatrně i příroda (sopečný výbuch).

## 2.3. Základní akustické pojmy a veličiny

### 2.3.1. Akustika

Akustika je rozsáhlý vědní obor, zabývající se komplexně zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem až po vnímání lidskými smysly. Má celou řadu poddisciplín, např. **hudební akustika** zkoumá fyzikální základy hudby, hudebních nástrojů a prostorů, **stavební akustika** zvukové jevy a souvislosti v uzavřeném prostoru, budovách a stavbách, **prostorová akustika** šíření zvuku v obecném prostoru, **fyzilogická akustika** vznikem zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímáním v uchu, **psychoakustika** vnímání zvuku v mozku atd.

### 2.3.2. Zvuk

Zvuk obecně můžeme definovat jako **mechanické kmitání**, které je charakterizováno parametry pohybu částic pružného prostředí nebo u vlnového pohybu parametry zvukového pole. Část zvuků se projevuje jako **slyšitelný zvuk** - což je akustické kmitání pružného prostředí v pásmu frekvencí od 16 Hz do 20 kHz, schopné vyvolat **zvukový vjem**. Frekvenční závislost definice slyšitelného zvuku je silně individuální, jen málokdo je schopen vnímat celé pásmo frekvencí (především horní hranice je velmi proměnná a závislá mj. na věku). Zvuky mimo toto pásmo neslyšíme, přesto jsme je schopni vnímat a mohou mít i nepříznivý vliv na zdraví či psychiku. Zvuky pod slyšitelnou hranicí (0,7 - 16 Hz) označujeme jako **infrazvuk** (velmi nízké frekvence,

lidské tělo je vnímá hmatem - jsou schopny rozvíbrovat celý povrch těla či bránici), zvuky nad slyšitelnou hranicí (do 50 kHz) jako **ultrazvuk**.

Zvuk vzniká kmitáním bodů a bodových soustav. Kmitavý pohyb je fyzikální děj, u něhož se v závislosti na čase střídavě (periodicky) mění charakteristické veličiny, např. poloha, rozměr, tlak, rychlost apod. Nejjednodušší je periodický pohyb sinusového (tj. harmonického) průběhu.

### **2.3.3. Základní akustické veličiny**

#### **2.3.3.1. Hlukové spektrum**

Akustické spektrum je soubor hodnot sledované akustické veličiny uváděny v závislosti na kmitočtu. Zvuky, které můžeme pozorovat v našem okolním prostředí, nejsou jen akustické signály o jednom jediném kmitočtu. Každý reálný zvuk se skládá z řady drobných signálů, čímž se utváří akustické spektrum.

#### **2.3.3.2. Akustický tlak**

Akustický tlak je závislý na tlaku barometrickém a vyjadřuje tlak odchylky od klidové hodnoty barometrického tlaku. Jednotkou akustického tlaku je jeden pascal (Pa). Atmosférický tlak má hodnotu 100 000 Pa, kdežto akustický tlak je veličina o mnoho řádů nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, což je hodnota v porovnání s barometrickým tlakem téměř zanedbatelná. Tato hodnota byla stanovena jako vztažná hodnota akustického tlaku.

#### **2.3.3.3. Akustická rychlost**

Rychlost, jakou kmitají jednotlivé částičky prostředí, ve kterém se šíří zvuková vlna, nazýváme akustickou rychlostí. Jednotkou akustické rychlosti je stejně jako u kinematických rychlostí metr za sekundu ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Akustická rychlost je jednou

z nejvýznamnějších akustických veličin. Je to veličina přibližně srovnatelná s akustickým tlakem, ale její měření jsou velice složitá. Proto je používán k popisu zvukového pole právě akustický tlak, protože přístroje k jeho měření jsou podstatně jednodušší.

#### **2.3.3.4. Hlasitost**

Hlasitostí rozumíme míru subjektivního vjemu působeného hluku a je určována pro celé zvukové spektrum. Pokud chceme přesně udat hodnotu hlasitosti, musíme ji vztahovat k určitému kmitočtovému pásmu. Jednotkou hlasitosti je son (son).

#### **2.3.3.5. Hladina hlasitosti**

Hladina hlasitosti určitého zvuku udávána ve fónech (Ph) je číselně shodná s hladinou akustického tlaku (dB), posoudí-li normální posluchač hlasitost tohoto zvuku za stejnou s hlasitostí jednoduchého zvuku o kmitočtu 1000 Hz.

#### **2.3.3.6. Rychlost šíření zvuku**

Rychlost šíření zvuku je rychlost šíření rozruchu ve směru zvukového paprsku prostředím. Ve vzduchu se rychlost šíření zvuku v běžných podmínkách spočítá podle vzorce  $c = 331,8 \text{ m/s} + 0,6 \cdot T \text{ [m/s]}$ , kde T vyjadřuje teplotu vzduchu ve stupních Celsia. Standardizovaná hodnota 340 m/s pak odpovídá teplotě 13,6 °C. Jen pro představu: ve vodě se zvuk šíří rychlostí 1484 m/s a v oceli dokonce 5000 m/s.

### 2.3.3.7. Kmitočety

Je vyjádřením rychlosti periodicky probíhajícího děje. Vyjadřuje tedy počet cyklů za jednu sekundu a udává se v Hertzech (fyzikální rozměr je „s-1“). Pásmo slyšitelných kmitočtů je tedy 20Hz – 20kHz (řidčeji se udává 16Hz - 16kHz). Zvuky s vyšší frekvencí se nazývají souhrnně ultrazvuky, nižší frekvenci mají infrazvuky.

$$f = 1 / T$$

f – kmitočty (Hz)

T – doba kmitu (s)

### 2.3.3.8. Perioda, vlnová délka

Perioda, resp. doba trvání jedné periody, je převrácenou hodnotou její frekvence. Značí se „T“ a fyzikální rozměr má shodný, jako čas – sekundy. Vlnová délka pak zohledňuje rychlost šíření signálu v prostředí a vyjadřuje, jakou vzdálenost urazí signál za dobu jedné periody. Značí se „λ“ (lambda) a rozměr má stejný, jako míra vzdálenosti (metr). Jde tedy o součin rychlosti šíření „c“ a periody „T“.

$$\lambda = c / f$$

λ - vlnová délka (m)

c – rychlost šíření vzduchu (m.s<sup>-1</sup>)

f – kmitočty (Hz)

### 2.3.3.9. Intenzita zvuku

Zvuky vnímáme jako silné nebo slabé. Za objektivní fyzikální míru síly zvuku byla zvolena střední hodnota intenzity příslušného zvukového vlnění, která má význam energie vlnivého pohybu, procházejícího za jednotku času skrz plošnou jednotku, kolmou na směr postupu vlnění.

$$\mathbf{J = p \cdot v}$$

J – intenzita zvuku ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )

p – akustický tlak (Pa)

v – akustická rychlost ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

### 2.3.3.10. Akustický výkon

Akustický výkon je nejdůležitější charakteristikou zdrojů zvuku, která umožňuje srovnávání zdrojů mezi sebou, jejich hodnocení pro potřeby technické akustiky a v neposlední řadě také jejich hodnocení z hlediska vlivu na člověka.

$$\mathbf{P = J \cdot S}$$

P – akustický výkon (W)

J – intenzita zvuku ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )

S – plocha ( $\text{m}^2$ )

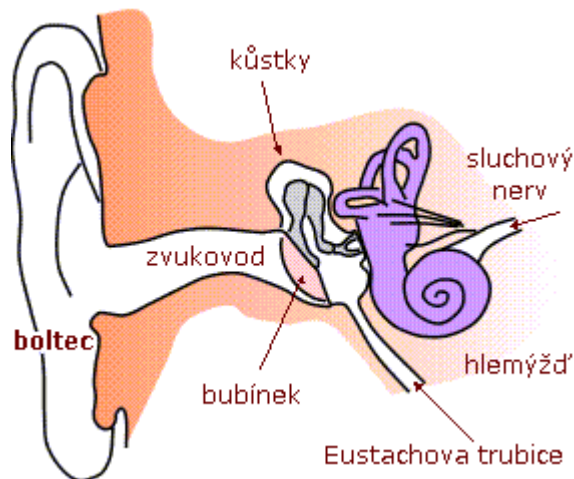


## 2.4. Ucho - mechanismus slyšení

Ucho je ústrojí sluchu a rovnováhy. Má tři části: zevní ucho, střední a vnitřní ucho.

### 2.4.1. Popis ucha

obr. 2.4.1.1.



#### 2.4.1.1. Zevní ucho

Má za úkol zachytit zvukové vlny a dovést je k bubínku. Zevní ucho tvoří ušní boltec, chrupavčitá struktura s množstvím záhybů, vystupující po obou stranách hlavy, a zevní zvukovod (trubice dlouhá asi 2,5cm). Je vystlán jemnou kůží s četnými mazovými žlázami. Proti střednímu uchu je zvukovod uzavřen bubínkem (pružná asi 0,1mm. silná a 1 cm velká blána).

#### 2.4.1.2. Střední ucho

Dutina ve spánkové kosti spojená Eustachovou trubicí, která pokrývá i tři kůstky-kladívko, kovádlíčko a třmínek. Kladívko je svým držátkem přirostlé k bubínku, oblou hlavičkou je kloubně spojeno s kovádlíčkem a ta je napojena na třmínek, který je zasazen do oválného okénka kosti skalní. Mezi plochou bubínek (50-90mm<sup>2</sup>) a malou ploškou třmínku (3mm<sup>2</sup>), kterou vyplňuje oválné okénko, je velký nepoměr. Kůstky tvoří systém pák, který pohyby bubínku takto koncentruje na malou plochu a dosahuje tím až třicetinasobné zvětšení síly kmitu.

### 2.4.1.3. Vnitřní ucho

Vnitřní ucho je uloženo v dutinách skalní kosti, které se souborně označují jako kostěný labyrint, skládající se ze třech polokruhovitých kanálek, z předsíně a hlemýždě. Do předsíňové části vedou ze středoušní dutiny dvě okénka: oválné, do něhož je zasazen třmínek a kulaté, uzavřené tenkou vazivovou blánou. Dutiny kostěného labyrintu jsou vyplněny tekutinou – perilymfou, v níž je vlastní smyslový orgán – blanitý labyrint, tvořený dvěma váčky: vejčítým se třemi polokruhovými chodbami a váčkem kulatým, na který se napojuje hlemýžď. Blanitý labyrint je vyplněn tekutinou–endolymfou.

**Hlemýžď:** Je to vazivová, slepě končící trubička, tvořící 2,5 závitů. Je dělen dvěma membránami – vestibulární a bazilární membránou na tři části, horní a dolní prostor. Střední prostor nedosahuje až docela do vrcholu, horní a dolní prostory jsou tam spolu spojeny. Perilymfa přechází tedy ve špičce hlemýždě z horního prostoru do dolního. Oválné okénko je tedy vstupem do horního prostoru. Nad vlákny sluchového nervu, vybíhajícími daleko z bazilární membrány, jsou umístěny řasnaté buňky, tvořící sluchové receptory.

**Cortiho orgán:** soubor struktur v přepážce hlemýždě středního ucha. Nejdůležitější součástí jsou vláskové buňky (sluchové receptory), v nichž dochází k převodu mechanické energie zvukových vln na elektrický signál. Ten je z vláskových buněk předáván transmitterem na vlákna sluchového nervu.

**Vláskové buňky:** (v každém uchu se jich nachází necelých 25 000, kdežto nervových vláken je v každém sluchovém nervu asi 30 000 i více). Jsou to podlouhlé buňky spočívající dolními konci na bláně, která odděluje střední prostor od spodního. Horní konce vláskových buněk jsou zanořeny do pevné blány, která je svrchu kryje. Vlázky touto blánou pronikají a ční svými konci do další pružné, jakoby rosolovité přepážky, která leží nad pevnou blánou a odděluje tak vlázky od vlastního středního prostoru. Vlákna sluchového nervu se bohatě větví kolem každé vláskové buňky. Tento vlastní sluchový orgán se rozkládá po celé délce středního prostoru.

Vláskové buňky mění zvukové vlny na elektrické impulzy. Kmity stěny středního prostoru se přenesou na pevnou blánu, která kryje vláskové buňky a ta se tak posouvá vůči rosolovité přepážce, jež leží nad ní. Tím se ohýbají konce vlásků, které jsou do rosolovité přepážky zanořeny. Dál už jdou jen impulzy elektrické. Pro přeměnu zvukových vln na elektrické signály je využito rozdílů v rozložení iontů. Střední prostor

blanitého hlemýžďe má proti hornímu a dolnímu prostoru stálý klidový potenciál, který můžeme snímat mikroelektrodou. Také rozložení iontů je tu obdobné jako v nervové buňce: velká převaha iontů draslíku (K<sup>+</sup>) a nedostatek iontů sodíku (Na<sup>+</sup>). V horním a dolním prostoru je iontové rozložení obrácené, což odpovídá iontovému složení typickému pro mezibuněčnou tekutinu. Tyto rozdíly jsou nezbytné, mají-li vláskové buňky vůbec fungovat. Kdyby byla tekutina ze středního prostoru mikropipetou odsáta a nahrazena tekutinou z horního a dolního prostoru, vláskové buňky by byly nenávratně zničeny. I v hlemýždi udržuje iontová pumpa rovnováhu. Ohýbáním vlásků vzniká tzv. mikrofonní potenciál, můžeme jej snímat mikroelektrodou zavedenou do středního prostoru. Získáme tak slabounký elektrický proud, který reprodukuje přesně zvukové vlnění přicházející do ucha. I ze sluchového nervu v blízkosti hlemýžďe můžeme tento proud snímat, dokonce i krátký čas po smrti zvířete, kdy klidový potenciál a ostatní nervová činnost už dávno vymizely.

## 2.5. Vedení zvukových vln

Boltec -> zvukovod -> bubínek -> kladívko -> kovadlinka -> třmínek -> oválné okénko -> perilymfa hlemýžďe -> Cortiho orgán s vláskovými buňkami -> sluchový nerv -> mozek

Kmity kůstek: převodem se kmity zesílí až 30x, nepřesáhnou výkyvy třmínku 1/20mm. Přenos kmity kůstkami je mechanicky bezvadný: kůstky přestávají kmitat takřka současně se skončením zvuku, není tu žádný „dozvuk“. Tak dokonalé tlumení se docílí tahem dvou malinkých středoušních svalů. Jeden se upíná na držátka kladívka a druhý na třmínek. Oba táhnou dovnitř středního ucha a tím celou převodní soustavu kůstek pružně tlumí. Kromě toho hlasité zvuky vyvolávají reflektický stah těchto svalů, což je ochranou před poškozením vnitřního ucha silným zvukovým nárazem. Je to reflex velmi rychlý. Uskuteční se během 1 až 2 setin sekundy.

Kmity zvuků přecházejí zvukovodem, rozkmitají bubínek a sluchovými kůstkami se přenesou na oválné okénko. Kmity oválného okénka se přenáší tekutinou (perilymfou) horního prostoru hlemýžďe a v určitém místě blanité přepážky středního prostoru vyvolají maximální vzduť (při běžné řeči se rovná zlomku milióntiny mm). Kulaté okénko svými výkyvy vyrovnává kmitání tekutiny hlemýždi.

### **2.5.1. Výška tónu**

Krátké vlny (vysokého kmitočtu čili vysoké tóny) dosáhnou nejvyššího rozkmitu blízko oválného okénka. Čím delší je vlna (čím nižšího kmitočtu nebo čím hlubší je tón), tím blíže k vrcholu hlemýždě je její maximum. V místě největšího rozkmitu jsou nejvíce drážděny vláskové buňky. Vlnění z horního a dolního prostoru přenáší na tekutinu středního prostoru, jehož dolní blána se pak nejvíce vychýlí v místě maxima postupující vlny. V tomto místě je největší ohyb vlásků a nejvýraznější podráždění příslušné vláskové buňky. A tak výšku vnímaného tónu určuje to, jak daleko od oválného okénka jsou vláskové buňky nejvíce podrážděny: čím blíže k němu, tím vyšší tón je vnímán, čím dále, tím hlubší.

### **2.5.2. Hlasitost zvuku**

Slabý zvuk vyvolává vzruch jen v malém počtu vláken (v místě nejvyššího rozkmitu membrán středního prostoru hlemýždě). Při zvětšující se hlasitosti zvuku jsou vzruchy v příslušných vláknech sousedních. Nejslabší zvuk, který ještě slyšíme, byl mezinárodní dohodou stanoven za nulový bod decibelové stupnice hlasitosti (10 dB). U pokusných zvířat se po dlouhodobém ohlušování objeví značný úbytek vláskových buněk a nervová vlákna sluchového nervu vykazují zvýšený práh dráždivosti. Vlákna sluchového nervu procházejí spodinou mozkovou a podkorovými centry přes několik synapsí. Ty představují jakási relé, ve kterých se mění kód elektrických informací (impulsů). Do mozku přicházejí jen shluky elektrických impulsů, oblasti mozkové kůry k tomu určené je musí vyluštit a vytvořit podle nich zvukový obraz.

## 2.6. Sluch

Sluch je smysl pro vnímání zvuku. Zvukové vlny jsou zachovány specializovanými mechanoreceptory. Sluch je vyvinut zejména u živočichů, kteří se mezi sebou dorozumívají pomocí zvukových signálů tj. u hmyzu a vyšších obratlovců. U hmyzu jsou sluchové orgány uloženy v tykadlech (komáři), na končetinách (cvrčci), nebo na hrudi (noční motýli). Člověk, jako živočišný druh má málo nepřátel, nepotřebuje mít velmi citlivý sluch. Proto jsou naše uši malé, ploché a nepohyblivé. Slouží nám hlavně pro zachycování zvuků pocházejících z různých směrů. Receptory pro vnímání zvuku u ryb jsou uloženy zejména v postraní čáře. Orgánem sluchu u vyšších obratlovců je ucho. Intenzita zvuku je kódována frekvencí vzruchů v daném nervovém vlákne. Vyšší frekvence (tj. ultrazvuk ) vnímají například delfini, psi, netopýři.

Podnětem pro sluch jsou zvukové vlny = podélné kmitání molekul vzduchu. Sluchem jsme schopni rozeznat zvuky a tóny, jejich intenzitu, výšku, zbarvení, směr, odkud přicházejí. Člověk slyší a rozlišuje tóny od kmitočtu 16 Hz až 16000 – 20000 Hz. Maximální citlivost sluchu je pro tóny okolo 1000 až 3000 Hz. Vědci měří hlasitost zvuku v decibelech. Zvuky okolo 90 – 100 dB mohou sluch poškodit

### 2.6.1. Sluch zvířat

Echolokace: způsob orientace některých živočichů v prostředí. Využívají ji druhy s noční aktivitou nebo žijících v jeskyních či v kalné vodě (např. Některé druhy ryb, ptáků, savců- hmyzožravci, netopýři, delfini). Živočich vydává zvuky (zpravidla ultrazvuky) a zachycuje jejich ozvěnu (echo), tj. Signál odražený od předmětu v prostoru.

Psi: různá plemena psů slyší různě. Většina plemen má velké ušní boltce. Ty jsou ovládány sedmnácti svaly, které umožňují jejich vzpřimování a natáčení tak, aby zachycovaly zdroj Každého zvuku. Sluch psa může registrovat až 35kHz a je tak citlivý, že odliší dva metronomy, z nichž jeden tiká stokrát a druhý šestadevadesátkrát za minutu. Pes také dovede své vnitřní ucho uzavřít tak, aby za všeobecného hluku oddělil ty zvuky, na které se chce soustředit. Psi se vzpřímenýma ušima (např. Německý ovčák) mohou uši natáčet a tak zjišťovat směr zvuku. Psi s dlouhýma ušima ( např. Bladhaund) tuto schopnost nemají. Není známo, proč mají někteří psi dlouhé uši.

Snad Byla tato vlastnost vyšlechtěna u loveckých psů pohybujících se v hustém podrostu, protože dlouhé ušní boltce zabraňují vniku cizích těles do zvukovodu. Jiná domněnka je, že dlouhé uši usměrňují pachové vjemy, které přicházejí ze země. Ostatní zvířata: Kůň: má 17 svalů, které jsou schopny pohybovat ušima. Kočka: Vnímá zvuky o výšce až 25 kHz společně s morčetem vnímá zvuky desetkrát tišší než člověk. Delfíni a netopýři: Dorozumívají se ultrazvukem.

## **2.7. Účinky hluku na lidský organismus**

### **2.7.1. Hluk a jeho zdravotní účinky**

Hluk patří k nejrozšířenějším škodlivinám pracovního i životního prostředí. Vážným problémem se stává v posledních letech, protože rozvoj průmyslu a dopravy zaznamenal nebývalou akceleraci. Hluk je každý nechtěný zvuk, který má rušivý nebo obtěžující charakter, nebo který má škodlivé účinky, bez ohledu na jeho intenzitu, která v mnohých případech nehraje hlavní roli. Pro někoho příjemný zvuk - např. oblíbená hudba - je pro jiného nesnesitelně obtěžující hluk..

### **2.7.2. Účinky na sluchový orgán**

Vede k rušení vzájemné hlasové komunikace, dále k poruchám koncentrace až k slovním nedorozuměním a může vést i k problémům v mezilidských vztazích . Rozeznáváme dva typy sluchového postižení nadměrným hlukem. Dočasné zhoršení slyšení po krátkodobém vystavení silnému hluku (tzv. sluchová únava např. po celonočním pobytu v hlučných hudebních klubech apod.) a trvalé zhoršení sluchu , kdy dojde k nevratnému poškození smyslových buněk ve vnitřním uchu (dlouhodobě hlukově riziková práce x následkem tzv. hlukového traumatu - výbuch, třesk).

### 2.7.3. Systémové účinky hluku, působení hluku na celý organismus

Sluchový analyzátor má funkci alarmujícího orgánu. Sluchové podněty jsou biologicky účinnější než zrakové. Převážnou většinu výstražných podnětů z prostředí člověk přijímá sluchem. Organismus nemá žádnou možnost fyziologicky vyřadit sluch z činnosti. Jelikož nemáme "ušní víčka", uši jsou "otevřené" i při spaní a centrální nervový systém zpracovává všechny zvukové podněty. Alarmující hluk, který známe z denního života (např. hluk přibližujícího se nákladního auta) je i během spánku identifikován jako nebezpečný a podvědomě dochází k aktivaci stresové reakce. Ovlivnění zdravotního stavu vlivem nadměrného hluku se projeví kumulací mnoha negativních faktorů až za delší dobu, po minimálně 10-15leté expozici. Z metaanalýz epidemiologických studií vyplývá, že dlouhodobá noční expozice hluku silniční dopravy o průměrné hladině 55 dB a více vede k signifikantnímu zvýšení plazmatické koncentrace tzv. stresových hormonů (kortizol, adrenalin, noradrenalin) s následnými negativními důsledky pro celý organismus exponovaného člověka. Působením nadměrného hluku na hormonální a imunitní systém dochází k ovlivnění centrálního nervového systému, kardiovaskulárního systému, což vede mj. k civilizačním onemocněním, psychickým poruchám apod. Při hladině hluku již 55 dB je popisována tzv. primární vegetativní reakce na hluk (tj. reakce neovlivnitelná vůlí). Dojde ke zvýšení aktivity sympatického nervového systému, což se projeví změnami v cévním systému - zvýšení srdeční frekvence, zvýšení krevního tlaku, snížené prokrvení periferních orgánů, dále dojde ke zvýšení svalového napětí, zvýšení motility trávicího ústrojí a následnému rozvoji únavy. Fixací výše uvedených reakcí při dlouhodobé hlukové expozici se hluk uplatňuje jako tzv. chronický stresor = rizikový kofaktor při patogenezi kardiovaskulárních a jiných civilizačních onemocnění, které mají prokázanou stresovou etiologii. K dalším prokázaným negativním účinkům hluku patří změny v celkovém metabolismu - zvýšení hladiny glukózy, inzulínu, zvýšení krevní hladiny celkových lipidů a cholesterolu, což jsou opět rizikové faktory vzniku civilizačních onemocnění (onemocnění srdce a cév, cukrovka aj.) Pod vlivem hluku dochází ke zvýšenému vyplavování Mg z buněk. Obvyklý nedostatek Mg v naší stravě a současné působení hluku nebo i jakéhokoliv jiného chronického stresujícího faktoru vede k trvalému snížení hladiny buněčného Mg, což může vést až ke zmožení vaziva v srdeční svalovině. Objektivně se popisuje zhoršující se reakce na všechny (nejen hlukové) stresové podněty při nedostatku Mg.

#### 2.7.4. Hormonální účinky

Při současném působení nadměrného hluku a interferenci jiné zátěže (např. pracovní) dochází ke zvýšenému vylučování tzv. stresových hormonů adrenalinu a noradrenalinu do periferního krevního oběhu. Je nutné rozlišovat 2 typy hluku: **1. neznámý** (emočně vázaný) hluk - vzestup plazmatické koncentrace noradrenalinu i adrenalinu = zvýšení tepové frekvence i periferního cévního odporu. **2. běžný** (tzv. habituovaný) hluk - vzestup plazmatické koncentrace pouze noradrenalinu = vzestup periferního odporu - méně škodlivá reakce pro cévní systém. Tyto změny v cévním řečišti mají v konečné fázi mj. za následek zvýšení krevního tlaku. Z hlediska intenzity lze zobecnit, že hluky > 30 dB - nebezpečné pro nervový systém, > 55 dB - negativní ovlivnění vegetativního systému, > 90 dB - nebezpečí pro sluchový orgán, > 120 dB - poškození buněčných struktur a tkání.

#### 2.7.5. Účinky hluku na spánek

Spánek je aktivní zotavovací proces nezbytný pro regeneraci organismu. Nadměrný hluk prodlužuje dobu usínání, vede ke změnám délky i kvality spánku s následnými reakcemi jako je zvýšená unavitelnost, snížená výkonnost. Dlouhodobá spánková deprivace může přispět k oslabení imunitních schopností organismu a zvýšené náchylnosti k infekčním onemocněním.

#### 2.7.6. Psychické účinky hluku

Jsou dány jednak fyzikálními vlastnostmi zvuku, ale převážně osobnostními charakteristikami příjemce. Existuje cca 10% jedinců velmi sensitivních vůči hluku, 80% populace je tzv. "normální". Pro ně platí, že se zvyšující se kvantitou podnětu (hlučností) roste i kvantita odpovědi (pocit rozmrzelosti a obtěžování). Zbýlých 10% populace je nadměrně tolerantních a psychické účinky hluku nepocítují. Dále jsou velké individuální populační rozdíly rasové, geografické a sociologické v reakci na stejnou hlukovou zátěž - nejvíce se cítí být obtěžováni nadměrným hlukem lidé ve středním věku, v ženské části populace.



### **2.7.7. Rušivost**

Je subjektivní kategorie a rozhodující je pocit obtěžování. Nejvyšší rušivost a rozmrzelost je pocíťována při interferenci hlukové zátěže s aktuální aktivitou. Nezáleží na hladině hluku, protože nesnesitelně rušivý může být i sotva slyšitelný zvuk. Více obtěžuje hluk večer a v noci, v letním období, ze zdrojů umístěných uvnitř domů, větší rozmrzelost je u ovladatelných zdrojů hluku a lépe je snášen plynulý typ dopravy (dálničního typu) než přerušovaný typ silniční dopravy (přejezdy nákladních vozidel). Hluk ztěžuje proces učení, využívání zásob paměti i průběh tvůrčích schopností, ztěžuje vzájemnou komunikaci, vede k poruchám citové rovnováhy - např. způsobuje zvýšenou rozmrzelost, což může negativně ovlivňovat jak rodinný, tak i společenský život.

### **2.8. Etologie hospodářských zvířat**

Etologie patří mezi přírodovědní a speciální zoologické vědní obory, který analyzuje denní režim typický pro určitý druh zvířat. Obecná etologie se zabývá základy životních projevů a jejich ovlivněním nervovou soustavou, hormonálně instinkty, dědičností a analýzou životních projevů a zjišťováním jejich změn.

Dříve se etologický výzkum zabýval převážně volně žijícími zvířaty a pouze v malé míře zvířaty hospodářskými. Jelikož byla potřeba nabytých znalostí shledána jako naprosto nezbytná k omezení negativních vlivů domestikace, které v intenzivních chovech způsobovaly podstatné rozdíly v životních projevech zvířat, začalo se uskutečňovat mnoho etologických výzkumů i na úseku chovu hospodářských zvířat. Poznatky z etologie hospodářských zvířat umožňují velmi dobře zjišťovat vliv různých podmínek prostředí při různé technologii chovu. Bohaté zkušenosti z praxe, nashromážděné zootechnikou, jasně potvrzují nepříznivý vliv poměrně stálých podmínek existence na životní projevy zvířat a jejich produkční vlastnosti. Přizpůsobením příliš stálým životním podmínkám ztrácí organismus zvířat svou plachost a s tím i schopnost úspěšně vzdorovat nepříznivým vnějším vlivům. Například změněné mikroklimatické podmínky v průběhu roku při nových formách chovu vedou k tzv. fyziologickému tréninku orgánů, což přispívá k lepšímu tělesnému vývinu a vývoji zcela odlišných životních projevů.

V souvislosti s nástupem výrazné technizace v živočišné výrobě působí na zvířata často vlivy, které byly v tradičním chovu neznámé a jejichž účinek se z hlediska výzkumu i praxe často posuzuje zcela nesprávně. Jedním z nejmóvýraznějších nových činitelů prostředí, který se v souvislosti s technizací vyskytuje a jehož vliv byl dříve prakticky neznámý, je hlučnost prostředí.

## **2.9. Vliv hluku na zvířata**

Hluk působí jako fyzikální veličina na nervové cesty. Nepříznivý vliv nadměrného hluku záleží v komplexním ovlivnění organismu, což se projevuje u hospodářských zvířat zejména změnou životních projevů. U hospodářských zvířat chovaných ve stájích s nízkou hladinou akustického tlaku jsou životní projevy ovlivňovány již při vzestupu hladiny akustického tlaku na 40 až 60 dB. Zvířata zneklidní, zkracuje se doba jejich odpočinku a snižuje se příjem krmiva. Výsledkem těchto změn je pak i nepříznivé ovlivnění užitkovosti. Po určité době adaptace si však zvířata na tuto hlučnost zvykají. Po navyknutí organismu je vliv trvale působících hluků méně nepříznivý, než vliv hluků občasných při stejných hladinách akustického tlaku.

### **2.9.1. Účinky hladin akustického tlaku na zvířata**

Hladina akustického tlaku 65 dB vyvolává již u některých zvířat podráždění vegetativně hormonálního systému a hladina 70 dB se při delším působení u některých druhů zvířat projevuje škodlivě. Stupeň nepříznivého vlivu hluku závisí na jeho intenzitě a době působení.

Celkově je možno říci, že po navyknutí organismu je vliv trvale působících hluků méně nepříznivý, než vliv hluků občasných při stejných hladinách akustického tlaku. Organismus zvířete se snaží svými reakcemi přizpůsobit (adaptovat) na nepříznivé životní prostředí. Do těchto reakcí se zapojí všechny tkáně, orgány fyziologické systémy. V organismu začne probíhat celá řada fyzikálních a chemických procesů. Jestliže zvíře není schopno reagovat na tyto faktory prostředí, vznikne stresový stav. Stav stresu je definován jako „souhrn obecných, nespecifických a stereotypních“ reakcí organismu na působení silných podnětů rozdílného původu.

## **2.9.2. Reakce na hluk**

Fáze reakce zvířete na působení faktorů jsou: A, poplachová fáze

B, adaptační fáze

C, fáze vyčerpání organismu

### **2.9.2.1. Fáze poplachová**

Poplachová fáze je krátkodobá odpověď na vznik stresoru. Trvá 6 až 48 hodin. V této fázi se mobilizují mechanismy na obranu proti negativním vlivům prostředí. Zvíře začíná hubnout a klesá produkce mléka.

### **2.9.2.2. Fáze adaptační**

Adaptační fáze trvá od několika dnů do několika týdnů. Upravují se změny, ke kterým došlo v počátcích působení hluku, upravuje se živá hmotnost, zvyšuje se užitkovost a odolnost proti dalším nepříznivým vlivům. Po této fázi mohou nastat 3 případy reakce organismu na působení stresoru: 1- působení stresoru skončí a zvíře se vyrovná s předchozím působením, 2- organismus se dokáže vyrovnat s nepříznivými podmínkami a zvíře se adaptuje na nové podmínky, 3- působení stresujícího podnětu je tak veliké, že organismus zvířete nedokáže odolávat a nastane fáze vyčerpání.

### **2.9.2.3. Fáze vyčerpání**

Fáze vyčerpání organismu vede až k úhynu zvířete. Prudce se snižuje živá hmotnost a užitkovost, dochází ke změně chování, zvířata jsou neklidná, často se objevuje svalový třes se zrychleným tepem i dechem. Jedinec přestane částečně, nebo úplně přijímat potravu, zvýší se jeho tělesná teplota, častěji močí a kálí a objevují se také žaludeční a střevní potíže.

## **2.10. Metody měření**

Hluk můžeme samozřejmě měřit. K tomu slouží hlukoměry. Měření hluku můžeme v podstatě rozdělit na dva druhy měření a to na měření hluku zařízení a na měření hluku prostředí.

### **2.10.1. Měření hluku dle účelu**

#### **2.10.1.1. Měření hluku strojů a technologických zařízení**

Měřením hluku strojů a zařízení se určují základní parametry charakterizující zdroj hluku při provozu. Důležité při tomto měření je, aby se vyloučily všechny rušivé zvukové vlivy, jako je vliv okolí a jeho odraz od jeho ploch, uložení, apod. Při měření hluku strojů a zařízení zajišťujeme tyto údaje:

- 1) Hladinu hluku, popř. hladinu akustického tlaku ve stanovené vzdálenosti od zdroje (např. u obráběcích strojů, elektromotorů, dojících robotů a počítačích strojů je stanovena vzdálenost mikrofону 1 metr od zdroje hluku).
- 2) Spektrum hluku, které představuje rozložení hladin akustického tlaku jednotlivých kmitočtových složek nebo ve stanovených kmitočtových pásmech sestavených v závislosti na kmitočtu.
- 3) Směrovou charakteristiku hluku, která představuje vyjádření hladin zvuku nebo hladinu akustického tlaku jako funkce směru.

#### **2.10.1.2. Měření hluku prostředí v místech pobytu osob a zvířat**

Měřením hluku prostředí určujeme akustické (zvukové) veličiny charakterizující hluk v místě pobytu osob na pracovišti nebo v místech ustájených zvířat. Při měření hluku v prostoru (např. dílně) bývá zpravidla více zdrojů hluku. Jelikož měření má vystihnout skutečný stav při práci pracovníka, neprovádějí se žádné zvláštní úpravy, a předpokládá se proto měření i v poli odražených zvukových vln. Při měření hluku prostředí zajišťujeme tyto údaje:

- 1) Hladinu hluku v určitém místě nebo prostoru

## 2) Spektrum hluku

Podle směrnic nesmí hluk překročit v místě hlavy pracovníka hodnoty hladin akustického tlaku nebo hodnoty hluku odpovídající přípustnému číslu třídy hluku  $N_p$ . Toto přípustné číslo třídy se odvozuje od základního čísla třídy hluku (základní přípustné hodnoty)  $N_z$  75 dB (toto číslo je pouze pro pracovní činnosti) s přičtenými korekcemi, které přihlížejí k druhu vykonávané činnosti člověka, k povaze hluku, jeho trvání nebo době působení. Korekce se k základnímu číslu třídy hluku  $N_z$  aritmeticky připočítávají. Výsledkem je nejvyšší přípustné číslo třídy hluku  $N_p$

Po měření a převedení naměřených údajů ze zvukoměru do počítače, provedeme porovnání naměřených hodnot s nejvyššími přípustnými hodnotami (NPH) uvedenými ve Vládním nařízení č.502/200Sb. (v r. 2003 proběhne jeho novelizace). NPH je dána součtem základní hodnoty a tzv. korekcí ( podle druhu činnosti, využití území , denní /noční doba). Pro celkové hodnocení se porovnává s NPH ta nejnejpříznivější naměřená hodnota .

Vybrané základní hodnoty hladin hluku pro různá prostředí:

- pracovní prostředí = 85 dB(A)
- obytné prostory a stavby občanského vybavení = 40 dB(A)
- venkovní prostor = 50 dB(A)

### **2.10.2. Měření hluku dle přesnosti**

#### **2.10.2.1. Podrobné měření I. třídy**

Výsledek podrobného měření I. třídy se nesmí od měřené hodnoty lišit o více než 0,5 dB.

#### **2.10.2.2. Běžné měření II. třídy**

Rozdíl výsledku běžného měření II. třídy nesmí být oproti skutečným podmínkám větší než 2 dB.

### **2.10.2.3. Přehledové měření III. třídy**

Výsledek přehledového měření III. třídy se nesmí od měřené hodnoty lišit o více než 5 dB.

### **2.10.3. Použití váhových filtrů**

Měření fyzikálních veličin hluku nerespektuje kmitočtové závislosti působící na vnímání zvuku lidským uchem. Pro přiblížení měřených veličin vlastnostem sluchového orgánu byly proto do zvukoměrných souprav zařazeny tzv. váhové filtry, které připodobňují kmitočtovou charakteristiku měřicího řetězce vybrané hladině hlasitosti. Váhové filtry mají jako elektrické obvody zařazené do měřících cest zvukoměrů zrcadlově přetransformované průběhy hladin hlasitosti, tzn., že pokles citlivosti sluchu směrem k nižším frekvencím musí odpovídat poklesu hodnoty měřené veličiny.

### **2.10.4. Jednotlivé metody měření**

#### **2.10.4.1. Zvukoměr - průběh „lin“**

Zvukoměr, který je doplněn o kmitočtový průběh „lin“, měří zdánlivě přímo hladinu akustického tlaku. Hladina akustického tlaku je měřena pouze pro jednoduchý, sinusový signál, nebo s určitou zanedbatelnou nepřesností pro pásmo nejvýše šířky jedné oktávy. Nepřesnosti, které vznikají při měření v celém rozsahu akustických kmitočtů, mohou dosahovat k chybě až 3 dB.

#### **2.10.4.2. Hladina zvuku C**

Zde není zavedena významnější kmitočtová závislost. Z toho důvodu slouží tato metoda především k hodnocení hlučnosti pro technické účely. U jednodušších zvukoměrů nahrazuje průběh „lin“.

#### **2.10.4.3. Hladina zvuku B**

Tato metoda se používala dříve a snažila se o přímý převod na hlasitost. V současné době již ztratila na významu.

#### **2.10.4.4. Hladina zvuku A**

Jedná se o starší metodu, která neztratila na významu. Význam spočívá v zavedení kmitočtové závislosti, která přímo určuje stupeň škodlivosti kmitočtu pro sluchový orgán.

#### **2.10.4.5. Hladina akustického tlaku**

Měříme ji pomocí měřicího mikrofону při kmitočtovém průběhu „lin“, nebo ve středních kmitočtových pásmech při váhovém filtru C.

#### **2.10.4.6. Hladina hlasitosti**

Hladina hlasitosti ve fónech se určuje přímými subjektivními testy. Dnes tato metoda pozbyla na významu, neboť se již nepovažuje za správné zjišťovat hladinu hlasitosti pomocí přepočtů z jiných naměřených veličin vzhledem k velké nepřesnosti vycházejících hodnot.

#### **2.10.4.7. Hladina rušivosti**

Nehodnotí hluk pouze podle jeho intenzity, ale i podle jeho spektrálního složení. Proto křivky hladin respektují subjektivní vjem obtěžování, či nepříjemnosti hluku.

#### **2.10.4.8. Hladina akustického výkonu**

Oproti jiným metodám, je touto metodou možno provádět přepočty hlučnosti strojů i pro jiná prostředí. Vychází z hladiny akustického tlaku, ale výsledná hodnota je udávána v hladině akustického výkonu.

#### 2.10.4.9. Hlasitost podle Stevense

Vychází ze změřených hladin akustického tlaku v oktávových pásmech a jednoduchým výpočtem dostaneme přímo hlasitost v sonech. Tato metoda však nerespektuje v plné míře spektrální složení sledovaného hluku., proto často dochází k nepřesnosti výsledků. Využívá se pro běžné hodnocení průmyslových hluků, kde není kladen důraz na chyby menší než 3 dB.

#### 2.10.4.10. Hlasitost podle Zwiklera

Tato metoda se zaměřuje i na spektrální složení hluku. Tím však stoupá její pracnost a časová náročnost. Z toho důvodu se tato metoda více nerozšířila. Použití této metody je oprávněno tam, kde je požadováno hodnotit sledovaný hluk včetně jeho spektrálních složek.

### 2.11. Přístroj pro měření hluku

#### 2.11.1. Jednotlivé části přístroje

- Elektroakustický měnič (mikrofon): měl by mít neměnné vlastnosti vůči vnějším podmínkám-teplotě, tlaku, vlhkosti, mechanickému poškození. Typy měničů- kondenzátorové, dynamické, piezoelektrické.
- Předzesilovač: má za úkol zesílit snímaný signál pro zesilovač.
- Zesilovač: jejich charakteristika musí být lineární v celém rozsahu od 20 do 20000 Hz.
- Pásmové filtry: jsou to obvody složené převážně z paralelních a sériových kombinací indukčností, kapacit a popřípadě odporů.
- Hladinové zapisovače: slouží pro přímý záznam akustického tlaku, jehož záznam je přímo viditelný. Můžeme zaznamenávat buď hladiny hluku, nebo hladiny akustického tlaku.



- Měřidlo (indikátor): má stupnici upravenou tak, že ukazuje přímo v dB v rozmezí -6 až +10 nebo 0 až +20. V dnešní době mají zvukoměry digitální displej, kde je uveden údaj měření.
- Výpočetní technika: dnes je již běžné použití počítačů. Měřená data jsou ze zesilovače pomocí převodníku převáděna do počítače. Počítač pak samostatně naměřené údaje vyhodnotí a zobrazí na monitoru.

## 2.12. Základní metody vyhodnocování naměřených hodnot

### 2.12.1. Aritmetický průměr

Této metody se využívá při vyhodnocování naměřených hodnot, jejichž hladina nedosahuje rozptylu vyššího než 5 dB.

$$x = x_1 + x_2 + \dots + x_n / n$$

x – aritmetický průměr (dB)

x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>,.....x<sub>n</sub> – hodnota

n - počet hodnot

### 2.12.2. Ekvivalentní trvalá hladina hluku

Tato hladina udává, jaká trvalá hladina ustáleného hluku má na lidský organismus stejný účinek, jako sledovaný, časově proměnný hluk.

$$L_{aeq} = L_{pa} + 0,115s^2$$

L<sub>aeq</sub> – ekvivalentní trvalá hladina hluku (dB)

L<sub>pa</sub> – průměrná hodnota hluku (dB)

s<sup>2</sup> – směrodatná odchylka

### 2.12.3. Střední hladina

Při větším počtu naměřených hodnot hladiny, kde všem odečtům přisuzujeme stejnou významnost, ale jejichž hodnoty mají rozptyl větší než 5 dB, hledáme střední hladinu jako průměr změřených hladin.

$$L = 10 \log \sum_{1}^n J_i / n \cdot J_o$$

L – střední hladina hluku (dB)

J<sub>i</sub> – hodnoty změřené při i-tém odečtu (dB)

J<sub>o</sub> – vztažné hodnoty intenzity zvuku a akustického tlaku (dB)

n – celkový počet odečtů

## 2.13. Ochrana proti hluku

V současné době se v průmyslu, stavebnictví i v zemědělství využívá několik metod ochrany proti hluku, kterými jsme schopni zabezpečit optimální akustickou pohodu.

### 2.13.1. Metody boje proti hluku

1. **Metoda redukce:** Snažíme se snížit hlučnost samotného zdroje hluku. Jedná se především o zamezení přenosu vibrací, doplnění zdroje hluku krytem, popřípadě omezením doby provozu. Tuto metodu lze uplatnit např. u klimatizačních jednotek a výrobních strojů.
2. **Metoda opatření na subjektu:** Jedná se o nejméně vhodný způsob zabezpečení akustické pohody. Spočívá v použití osobních protihlukových pomůcek.
3. **Metoda situace a dispozice:** Při využití této metody se snaží projektant o vhodné urbanistické začlenění objektu v městské zástavbě. Podstatnou úlohu při využití této metody hraje orientace a dispozice objektu. Můžeme využít i různých protihlukových překážek (hluk od dopravy kolejové i automobilové).

- 4. Metoda zvukové pohltivosti:** Využívá schopnost některých stavebních materiálů pohlcovat zvukovou energii a měnit ji na energii tepelnou. Tímto způsobem jsme schopni dosáhnout snížené odrazivosti stěn, stropů a podlah. Uplatnění najdeme např. při snižování hlučnosti ve výrobních halách, úpravách doby dozvuku a zabezpečení srozumitelnosti v občanských budovách.
  
- 5. Metoda zvukové izolace:** Tuto metodu lze po stránce stavebně-technologické považovat za nejdůležitější. Snahou této metody je obklopit zdroj hluku nebo chráněný prostor stavebními konstrukcemi (stěny, stropy, příčky) tak, aby nedocházelo k dalšímu šíření hluku. Použité materiály musí vykazovat z hlediska akustiky vhodné fyzikální vlastnosti. Za kritérium, které rozhoduje o vhodnosti návrhu, považujeme vzduchovou popřípadě kročejovou neprůzvučnost konstrukce.

Každá z výše jmenovaných metod má však své klady i zápory. Proto je nutné z hlediska zabezpečení akustické pohody, aby výše jmenované metody byly použity komplexně a našly uplatnění již v ranných stádiích projektu stavby. Dochází pak k minimalizaci nákladů, které jsou spojené s dodatečným odstraňováním závad projektu.

### 3. CÍL PRÁCE

Náplní této závěrečné práce je popsat stavební charakteristiku sledovaných dojíren a jejich technologického vybavení. Dalším a to hlavním smyslem práce je změřit hladinu hluku nejen v místech dojírny, ale i v místech ve kterých čekají jednotlivé skupiny dojníc na dojení tzv. čekárnách a také v místech pracovní obsluhy jednotlivých dojíren, v závislosti na minimální a maximální hodnotě hluku pro každou operaci. Naměřená data zpracovat a podle vzorců vyhodnotit naměřené hodnoty. Vypočítat ekvivalentní hladinu akustického tlaku a průměrnou hodnotu hluku za dobu pobytu pracovníků a skotu. Tyto naměřené hodnoty mezi sebou porovnat a stanovit při jaké operaci došlo k překročení maximální hladiny hluku, jak dlouho této maximální hladině hluku jsou pracovníci a skot vystaveni a jaké průměrné hodnotě je vystavena směna a skot. Dále tyto výsledky porovnat se zdravotními předpisy práce a pobytu ve ztížených pracovních podmínkách. Pokud je hladina hluku v některých případech překročena, budou navrženy možnosti snížení hluku, nebo použití pracovních ochranných pomůcek.

## **4. METODIKA**

První měření hluku jsem provedl dne 17. 2. 2006 ve městě Pacov na Vysočině. Samotné měření se uskutečnilo v dojírně firmy **SELEKTA PACOV a.s.** Druhé měření proběhlo ve **SZP** v Haklových Dvorech u Českých Budějovic. Poslední měření jsem provedl na zemědělské farmě **AGRIPROD s.r.o.** v Municích u Hluboké nad Vltavou. Jednotlivé údaje jsem zjišťoval vlastním měřením, nebo za pomoci spolupracovníka.

### **4.1. Popis použité zvukoměrné techniky**

Impulsní zvukoměr kterým bylo měření prováděno, patří Katedře zemědělské techniky, Zemědělské fakulty, Jihočeské university v Českých Budějovicích. Tato měřicí technika se skládá z kondenzátorového mikrofону, zvukoměru, zesilovače, převodníku a přenosného počítače.

#### **4.1.1. Mikrofon**

Mikrofon je typu MK 102, vyroben německou firmou RFT. Kalibrace mikrofону byla provedena Českým meteorologickým institutem a při ověřovacích zkouškách byly naměřeny nejistoty v souladu s normami.

#### **4.1.2. Zvukoměr**

Zvukoměr je vyroben německou firmou Robotron a jeho typové označení je 00023. Zvukoměr byl ověřen společně s mikrofonom.

#### **4.1.3. Zesilovač**

Příslušenstvím zesilovače jsou předzesilovač, pásmové filtry, hladinový zapisovač a měřidlo.

#### **4.1.4. Převodník**

Úkolem převodníku je převod výstupních dat ze zesilovače na data používaná počítačem.

#### 4.1.5. Přenosný počítač

K měření byl použit počítač Siemens Nixdorf, PSD 3 Nsx/20, 200 Mhz, ve kterém je nainstalován program pro měření hluku a do kterého jsou zaznamenávány přímé hodnoty daného měření.

Foto 4.1.5.1. – Použitá měřící technika



## 4.2. Postup měření hluku

### 4.2.1. Nastavení zvukoměru

Samotné měření začíná sestavením měřící soupravy, tudíž propojením jednotlivých, vzájemně na sebe navazujících článků. Za prvé je nutné vždy zkontrolovat funkčnost všech prvků soupravy a nabití baterií zdroje. Dále před vlastním měřením proběhla kalibrace zvukoměru a případné dokalibrování, které se provádí pomocí kalibračního šroubu. Na zvukoměru jsem nastavil váhový filtr „lin“, ve kterém se měří přímo hladina akustického tlaku. Poté jsem nastavil zvolený rozsah měření v dB, přizpůsobené pro každou operaci. Abych neměřil chybné hodnoty, zvolil jsem před každou operací zkušební měření, kdy při správně nastavené hodnotě se ručička měřidla pohybovala v poli měřící stupnice.

Při chybném nastavení ručička nereagovala a rozsah musel být změněn. Měření hluku jsem prováděl u zvířat, ale i u lidí, tudíž jsem musel nastavit příslušný kmitočet filtru. Pro zvířata činil 1 kHz a pro člověka 8 kHz. Kmitočty jsou různé z toho důvodu, že organismus zvířat vnímá nejlépe zvuky při frekvenci 1 kHz a lidský organismus při frekvenci 8 kHz. Poté co jsem splnil veškeré přípravné kroky jsem spustil program v přenosném počítači a zadal délku měření (má zvolená délka měření činila 30 sekund), počet měření za sekundu (jsem zvolil 1 hodnotu za sekundu), kmitočet filtru a zvolený rozsah dB (dle jednotlivých operací od 50 do 100 dB). Po ukončení měření jsem výsledky uložil do počítače a měření ještě jednou opakoval.

#### **4.2.2. Místo měření**

Měřicí místa jsem volil v závislosti na prováděné operaci. Mikrofon jsem umístil v místě, které zaujímal hlava zvířete při stání v dojícím robotu (výška tak okolo 1,5), nebo při volném pobytu dojníc ve stáji. Dále jsem také mikrofon umístil na pracovním místě obsluhy, tudíž ve vzdálenosti tak 10 cm od ucha.

#### **4.2.3. Doba měření**

Dobu měření jsem musel zvolit tak, aby měření zaznamenalo všechny výrazné změny hladin hluku. Doba trvání měření musí být buď po celou délku činnosti, nebo v průběhu její jednotlivých částí tak abychom vyloučili případné negativní vlivy okolí.

#### **4.2.4. Jednotlivá měření**

Prvním měřením bylo měření hlukového pozadí ve stáji, kde byla veškerá technika v klidu a měření hluku v okolí kravína. Další měření jsem prováděl dle posloupnosti jednotlivých operací, které ve stáji a dojárně probíhali. Tedy od krmení krmné směsí, shrnování chlévské mrvy, krmení senem až po čištění vemene před dojením a samotné dojení. Po ukončení měření jsem výsledky uložil do počítače a měření ještě jednou opakoval.

### 4.3. Postup vyhodnocení

Pro zpracování a vyhodnocování naměřených dat jsem použil výpočetní techniku. Nejprve jsem pomocí diskety přenesl data z přenosného počítače do počítače svého. K tomu abych dále mohl pracovat s daty jsem musel upravit jejich formát a k dalšímu zpracování byly použity programy Microsoft World a Microsoft Excel. Soubor hodnot tvořil součet údajů za obě dvě měření u každého pracovního režimu. Pro výpočet ekvivalentní trvalé hladiny hluku jsem použil aritmetický průměr a směrodatnou odchylku. Z ekvivalentní trvalé hladiny hluku jsem pomocí vzorce č. 4 vypočetl přepočtenou expozici hluku na dobu pobytu pracovníků, či zvířat.

#### 4.3.1. Použité vzorce

Vzorec č. 1 – aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$\bar{x}$  – aritmetický průměr (dB)

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – hodnota

$n$  - počet hodnot

Vzorec č. 2 – Směrodatná odchylka

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( y_i - \bar{y} \right)^2$$

$s^2$ - směrodatná odchylka

$n$  - počet hodnot

$y_i$ - suma mocnin všech hodnot

$\bar{y}$  - suma hodnot na druhou



Vzorec č. 3 – ekvivalentní trvalá hladina hluku

$$L_{aeq} = L_{pa} + 0,115s^2$$

$L_{aeq}$  – ekvivalentní trvalá hladina hluku (dB)

$L_{pa}$  – průměrná hodnota hluku (dB)

$s^2$  – směrodatná odchylka

Vzorec č. 4 – Přepočtená expozice hluku na dobu pobytu

$$L_{aeq,6,24\text{ hod}} = 10 \lg \frac{T_e}{T_o} 10^{L_{aeg.Ti/10}} + K + K_T$$

$L_{aeq,6,24\text{ hod}}$  – přepočtená hladina hluku na dobu pobytu pracovníků (dB)

$T_e$  – doba trvání operace (min)

$T_o$  – doba pobytu pracovníků, nebo skotu (min)

$L_{aeg.Ti/10}$  – ekvivalentní trvalá hladina hluku za dobu operace (dB)

$K$  – korekce dle druhu pracovní činnosti

$K_T$  – korekce pro jinou než 8 hodinovou pracovní dobu (dB)

#### 4.4. Charakteristika kravína v Pacově

Kravín v Pacově patří firmě SELEKTA PACOV, a.s. Tato firma se nezabývá pouze chovem dobytka, ale má i další předměty podnikání.

Můj zájem byl pouze o kravín s dojnicemi a dojírnou (resp. s dojícími roboty). Tato stavba je nově zrekonstruována a dojnice jsou zde ustájeny volně po obou stranách budovy, středem vede krmná chodba. Stavba je rozdělena na čtyři části volného ustájení a každá část má svého dojícího robota. V době mého měření zde bylo ustájeno 270 ks dojnic. Chován je zde Holštýnský skot. Průměrná denní užitkovost se pohybuje okolo 26 litrů mléka na kus a den. Provoz je zde dvousměnný. Každé směně zde pracuje minimálně jeden zootechnik a jeden krmič (traktorista), směna má 6 hodin.

Odkliz kejdy (tekutý hnůj) je zde prováděn odklízecí (shrnovací) lopatou, která je tažena ocelovým lanem. Odkliz má na starosti řídicí jednotka, která přes elektromotor o výkonu 0,63 kW spouští odkl. lopatu v určitých intervalech. Kejda je hrnuta do spádového kanálu, kterým stéká do přečerpávající jímky a tudy do hlavní skladovací jímky, která je zabudována v zemi vedle objektu.

Krmení směsí pro dojnice (kukuřice siláž, travní siláž, bobová směs) zabezpečuje krmicí míchací vůz KEENAN tažený traktorem Zetor Fortera 114 41. Krmicí vůz je vybaven lopatovým míchacím ústrojím, frézujícím ústrojím a dávkováním na 1 stranu. Krmení probíhá čtyřikrát denně.

Napájení zabezpečují vyhřívané, žlabové, nerezové napáječky.

Dojení je zde prováděno pomocí čtyř dojících robotů nizozemské značky LELY ASTRONAUT - robotic milking systém. Každá kráva dvakrát denně dojí. Popis robota viz. níže.

Foto 4.4.1. – Napáječka



Foto 4.4.2. – Krmná chodba



Foto 4.4.3. – Odklizová lopata kejdy



Foto 4.4.4. – Stáj pro dojnice



#### 4.4.1. Funkce dojícího robota LELY ASTRONAUT

Jelikož dojící roboti nejsou u nás prozatím tak příliš rozšířeni jako klasické dojírny, tak jsem si dovolil v této části stručně popsat jejich funkci. Firma Selekt Pacov, a.s. zakoupila celkem čtyři dojící roboty třetí řady firmy Lely. Nizozemská společnost Lely dosud vyvinula kolem 3000 dojících robotů, které našly uplatnění v pětadvaceti zemích světa, včetně České republiky. V dojících systémech firma zaujímá 69 % světového trhu, loni dosáhla obrátu 158 milionů eur. V Rotterdamu se v listopadu minulého představil nový model Astronaut A3. Nový model přináší řadu revolučních řešení. Systém zaručuje maximální pohodlí pro krávu – zpřesnilo se zjišťování aktuální pozice dojícího se zvířete, které má také dostatek prostoru, pulzace pro každý struk zvlášť zajišťuje optimální péči o mléčnou žlázu. Dojící robot Astronaut A3 přinesl zlepšení i pro farmáře, kteří ocení zejména nový software. Je názorný a srozumitelný a lze jej ovládat za pomoci dotekové obrazovky v těle robota i z připojeného počítače. Unikátní je kontrola kvality mléka. Systém umí kromě rozpoznání kolostra či krve v mléce zjistit během dojení aktuální počet somatických buněk v mléce v každém struku a případný nestandardní nádoj okamžitě oddělit. Při zavádění dojících automatů si krávy museli navyknout na úplně jiný režim, ale protože je zvíře k návštěvě motivováno přidělem koncentrátu (granule), zvykly si dost rychle.

Před prvním vstupem krávy do robota je nutné nasadit zvířatům respondery a zanést jejich údaje do počítače. Mléčná žláza se musí zbavit ochlupení, tím se předejde chybám v činnosti laseru, vyhledávajícím struky. Doporučuje se holit vemeno (opalovat studeným plamenem) podle potřeby čtyřikrát ročně. Štřapek ocasu je dobré odstříhnout, aby se nezachytil během přípravy k dojení mezi otáčející se čisticí kartáčky.

Při prvním dojení systém krávu nezná, vyžádá si tedy asistenci. Zootechnik za pomoci tlačítek displaye navede rameno robota pod krávu manuálně. Pak již vše ponechá na automaticce – laser ihned začne skenovat struky. Souřadnice jsou uloženy do paměti jednotky VCPC (Vee Code – hardwarová součást propojující a synchronizující dojící automaty), takže při dalším dojení již systém strukové souřadnice krávy zná. Kráva je již identifikována, příprava vemene a nasazení strukový násadců probíhá automaticky.

Práce dojícího robota probíhá non-stop a všechny operace se provádějí automaticky. Během dne se střídají krávy ve vlastním individuálním rytmu, kdy přijímají potravu, pijí, odpočívají nebo přijdou do prostoru robota k dojení.

Zootechnik vyřazuje robota z činnosti pouze kvůli vyprázdnění a vyčištění tanku na mléko nebo k provedení údržby. Před započítím odčerpávání při svozu mléka dá nejdříve tlačítkem umístěným u dveří mléčnice příkaz, aby všechny automaty přestaly dojit. Mléko se pod tlakem vyžene z potrubí od robotů do mléčnice. Stiskem druhého tlačítka se čerpá mléko z mléčného tanku do svozné cisterny.

K hlavnímu čištění, které je obvykle nastaveno na třikrát denně, se dojící robot vypíná automaticky, ale v případě potřeby lze tento proces odstartovat i manuálně. Při delším intervalu mezi dvěma dojeními zabraňuje zaschnutí mléka uvnitř zařízení proplach čistou vodou.

Proces dojení zajišťuje pohyblivé rameno, které se zasouvá pod dojnici. Pohyby opisují vždy nejkratší cestu mezi dvěma body a zajišťují rychlé reakční časy a lepší dosažitelnost výše i níže položených struků. Technologie dosahuje rychlejšího a preciznějšího čištění a stimulace struků. Na to následuje rychlé nasazení strukových násadců. Na lepší reakční časy ramene má vliv zcela nové zjišťování pozice dojící se krávy. Jde o bezdotykový systém prostřednictvím vážící jednotky umístěné pod podlahou. Zvíře stojí na plošině, která snímá aktuální změny jeho těžiště. V prostoru robota byla tedy odbourána zábrana, což přispělo k snížení stresu krav během dojení. Navíc jednotka snímá hmotnost zvířete při každé návštěvě robota. Vlivem masivní konstrukce kombinované s jemnými vlastnostmi pneumatického systému, rameno robotu dobře odolává někdy nepříliš přívětivému zacházení ze strany zvířete.

Lely Astronaut A3 dojící robot je vyroben z moderních materiálů, jako jsou ušlechtilá ocel a titan. Ty zaručují dlouhou životnost.

Sytém dojení Lely Astronaut je vybaven vývěvou s variabilními otáčkami. Je vytvářen podtlak 42 kPa.

#### **4.4.2. Postup při dojení robotem**

1. Identifikace krávy pomocí responndéru. Příprava před dojením (odstranění nečistot, čisticí kartáčky)
2. Nasazování strukových násadců
3. Dojení (individuálně mezi 3 až 15 min.), při dojení jsou krávy sypány do žlabu granule (šrot)
4. Ošetření po dojení (struky jsou sprejovány)
5. Zábrany (fixace) jsou otevřeny a kráva může odejít

Foto 4.4.2.1. – Dojící robot Astronaut (pohled ze strany obsluhy)



Foto 4.4.2.2. – Dojící robot Lely (pohled ze stáje)



Foto 4.4.2.3. – Čistící kartáčky vemene, strukové násadce (proplach)

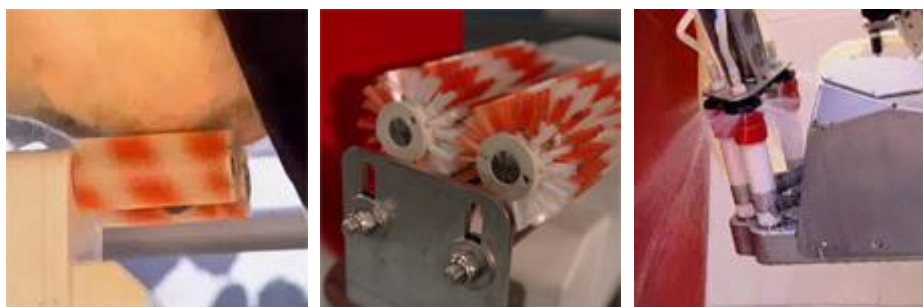


Foto 4.4.2.4. – Identifikační obojek (respondér)



Foto 4.4.2.5. – Dojení (struk. násadce)



Foto 4.4.2.6. – Kráva při dojení (pohled ze stáje, při dojení spokojeně žere)



Foto 4.4.2.7. – Autor bakalářské práce v terénu



## **4.5. Charakteristika kravína v Haklových Dvorech**

Ve SZP v Haklových Dvorech jsou kromě stáje s dojrnou i další stavby, provozní budovy a sociální zázemí pro zaměstnance zemědělského podniku.

Ve stáji pro dojnice po dobu mého měření bylo 90 krav, které jsou zde ustájeny volně a rozděleny do šesti sekcí, dle stádia laktace. Je zde chováno plemeno Holštýnského a Červenostřakatého skotu.

Na jednu stranu stáje navazuje objekt dojírny s instalovanou rybinovou dojrnou s 2 x 6 dojícími stánými a dojícím zařízením Agromilk od firmy Agrostroj Pelhřimov. Dojnice jsou po skupinách naháněny do prostor před dojrnou do tzv. čekárny. V čekárně čeká skupina dojnic přibližně 25 min. Každá dojnice je dojena průměrně 4 minuty. Dojí se 2 x denně. Mléko je čerpáno do mléčnice s jedním skladovacím tankem. Obsluhu dojírny zabezpečují čtyři pracovníci, resp. dva na každé směně. Pracovní směna zde trvá 5,5 hodin. Obsluha je v dojárně 210 minut za jednu pracovní směnu.

## **4.6. Charakteristika kravína v Municích**

V areálu zemědělské farmy Agriprod s.r.o. jsou kromě dojírny i další stáje, provozní budovy a sociální zázemí pro zaměstnance tohoto zemědělského podniku.

V jedné stáji jsou tři řady lehačích boxů s jednou hnojnou chodbou a krmištěm. Ve stájích je stádo dojnic pouze v období laktace. Dojnice jsou rozděleny do 6 skupin po 55 kusech. V každé ze skupin jsou dojnice v různém stádiu laktace.

V proluce mezi stájemi, je objekt dojírny s instalací autotandemové dojírny Westfalia s 2x 6 stánými v polygonovém uspořádání, který příčně propojuje stájové objekty. Mléko je čerpáno do mléčnice se skladovacími tanky. Dojnice jsou po skupinách naháněny do prostor před dojrnou tzv. čekárny, zde čeká skupina dojnic přibližně 25 minut. Každá dojnice je dojena průměrně 3,5 minuty, obsluha je v dojárně 210 minut za jednu pracovní směnu. Dojení zde obsluhují tři pracovníci. Je zde dvousměnný provoz. Pracovní směna trvá 5,5 hodin.



## 5. VÝSLEDKY

V této části jsou zaznamenány výsledky měření jednotlivých operací. V následujících tabulkách jsou uvedeny zdroje hluku, doba měření, minimální, maximální a ekvivalentní hladina hluku, doba trvání operace a hluková zátěž pro pracovníky po dobu trvání směny a pro skot pro dobu pobytu.

Tabulka 5.1. a 5.2. – Stupně působení hluku na organismus skotu a člověka

<b>Stupně působení hluku na organismus skotu</b>		
	<b>Hodnota</b>	<b>Charakteristika</b>
<b>Stupeň č. 1</b>	do 40 dB	bez nepříznivého vlivu na organismus
<b>Stupeň č. 2</b>	40 – 60 dB	bez nepříznivého vlivu na organismus po adaptaci
<b>Stupeň č. 3</b>	60 – 75 dB	nepříznivé působení na organismus
<b>Stupeň č. 4</b>	nad 80 dB	stresové působení na organismus

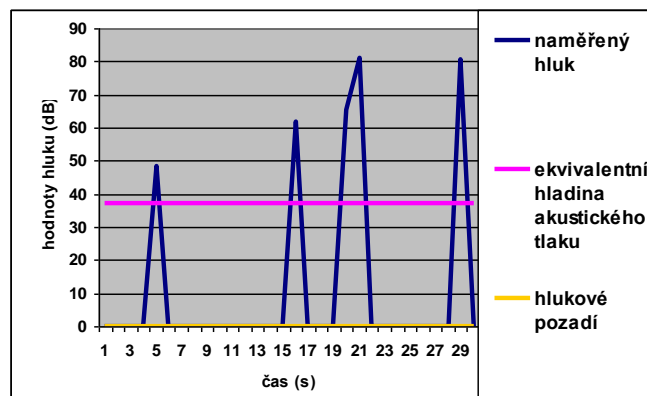
<b>Stupně působení hluku na lidský organismus</b>		
	<b>Hodnota</b>	<b>Charakteristika</b>
<b>Stupeň č. 1</b>	do 60 dB	bez nepříznivého vlivu na organismus
<b>Stupeň č. 2</b>	60 – 85 dB	nepříznivé působení na organismus
<b>Stupeň č. 3</b>	nad 85 dB	možnost trvalého poškození sluchu, stresové působení na organismus
<b>Stupeň č. 4</b>	130 dB	poruchy psychicko fyziologických reakcí organismu
<b>Stupeň č. 5</b>	nad 160 dB	protržení bubínku

## 5.1. Vyhodnocení hlukové expozice v Pacově

Tabulka 5.1.1. Hodnoty hluku naměřené při obsluze robota za směnu

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za směnu [min]	Hluková zátěž za směnu [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící robot	0	37,069	79,85	15	17,246

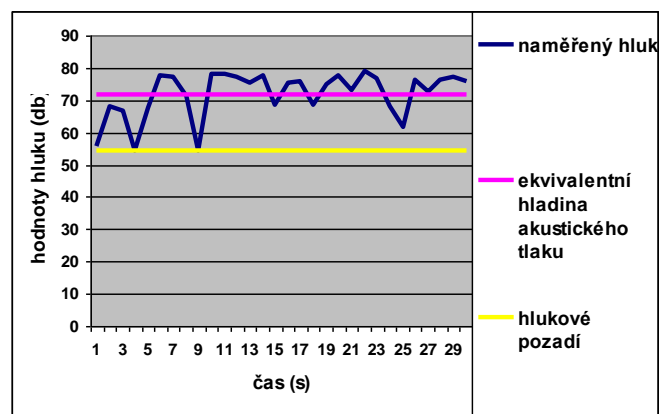
Graf 5.1.1 Hodnoty hluku naměřené při obsluze robota za směnu



Tabulka 5.1.2. Hodnoty hluku naměřené při přípravě robota na dojení

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za den [min]	Hluková zátěž za den [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící robot	54,25	71,946	79,16	2	43,329

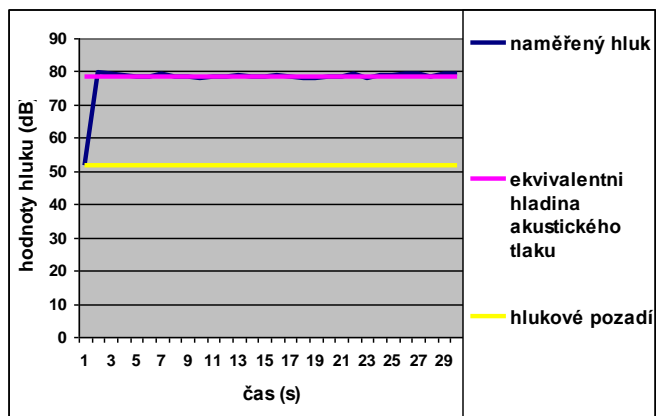
Graf 5.1.2. Hodnoty hluku naměřené při přípravě robota na dojení



Tabulka 5.1.3. Hodnoty hluku naměřené při dojení robotem u dojnic během dne

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za den [min]	Hluková zátěž za den [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící robot	51,81	78,236	79,85	20	65,226

Graf 5.1.3. Hodnoty hluku naměřené při dojení robotem u dojnic během dne

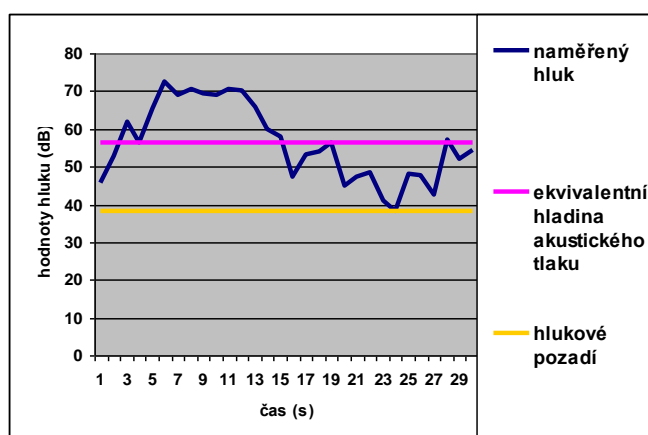


## 5.2. Vyhodnocení hlukové expozice v Haklových Dvorech

Tabulka 5.2.1. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro obsluhu

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za směnu [min]	Hluková zátěž za směnu [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojnice	38,305	56,411	70,509	25	45,137

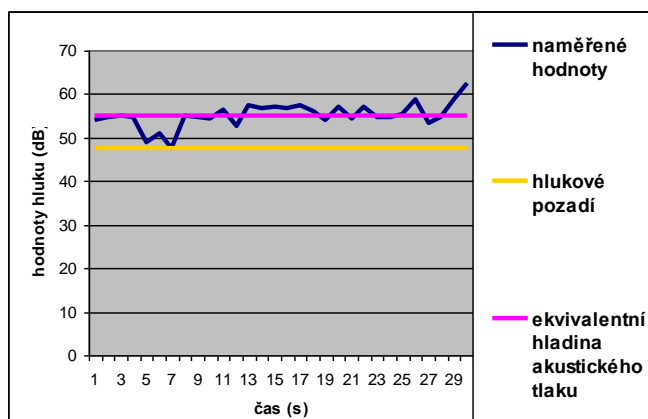
Graf 5.2.1. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro obsluhu



Tabulka 5.2.2. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro dojnice

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za den [min]	Hluková zátěž za den [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojnice	47,64	55,217	62,506	50	40,606

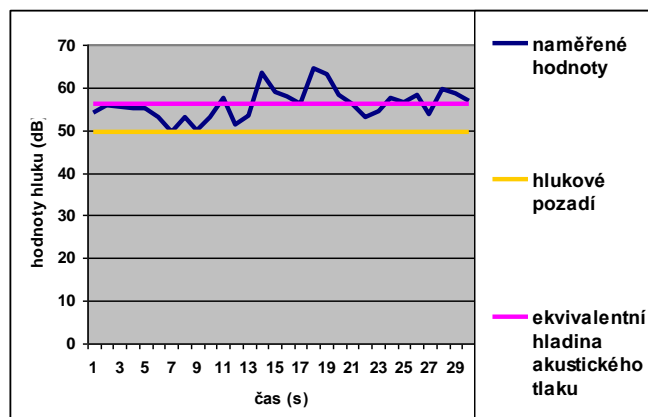
Graf 5.2.2. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro dojnice



Tabulka 5.2.3. Hodnoty hluku naměřené při dojení u obsluhy za směnu

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za směnu [min]	Hluková zátěž za směnu [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící zařízení	49,674	56,101	64,354	210	54,138

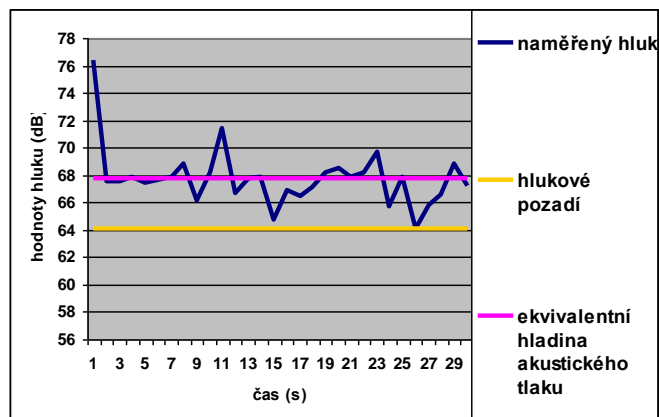
Graf 5.2.3. Hodnoty hluku naměřené při dojení u obsluhy za směnu



Tabulka 5.2.4. Hodnoty hluku naměřené při dojení u dojnic během dne

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za den [min]	Hluková zátěž za den [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící zařízení	64,053	67,787	76,428	8	45,233

Graf 5.2.4. Hodnoty hluku naměřené při dojení u dojnic během dne

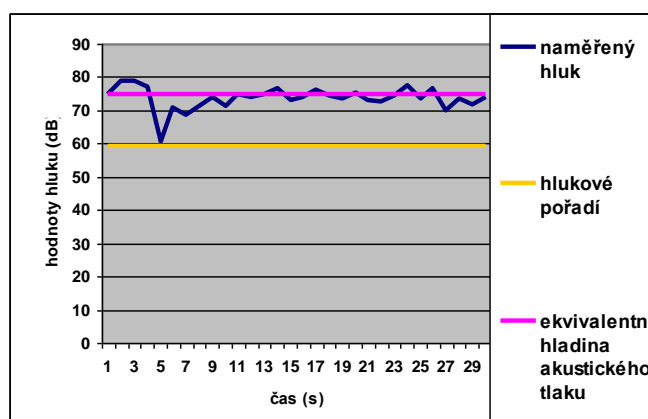


### 5.3. Vyhodnocení hlukové expozice v Municích

Tabulka 5.3.1. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro obsluhu

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za směnu [min]	Hluková zátěž za směnu [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojnice	59,38	75,004	78,22	25	63,97

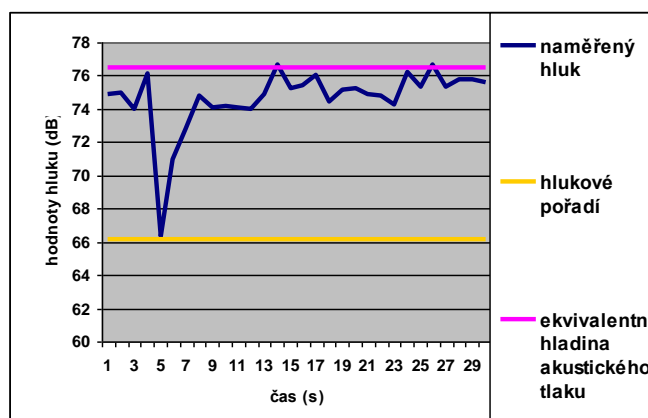
Graf 5.3.1. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro obsluhu



Tabulka 5.3.2. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro dojnice

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za den [min]	Hluková zátěž za den [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojnice	66,13	76,462	75,65	50	62,04

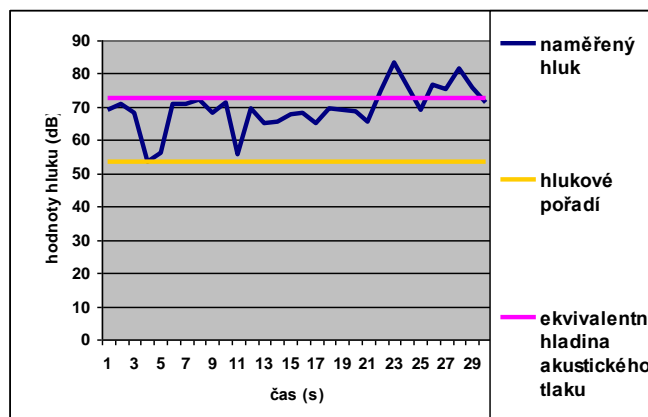
Graf 5.3.2. Hodnoty hluku naměřené v čekárně pro dojnice



Tabulka 5.3.3. Hodnoty hluku naměřené při dojení u obsluhy za směnu

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za směnu [min]	Hluková zátěž za směnu [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící zařízení	53,51	72,736	83,81	210	70,77

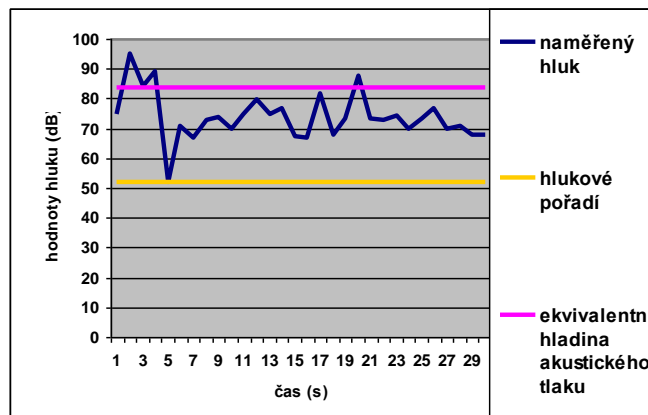
Graf 5.3.3. Hodnoty hluku naměřené při dojení u obsluhy za směnu



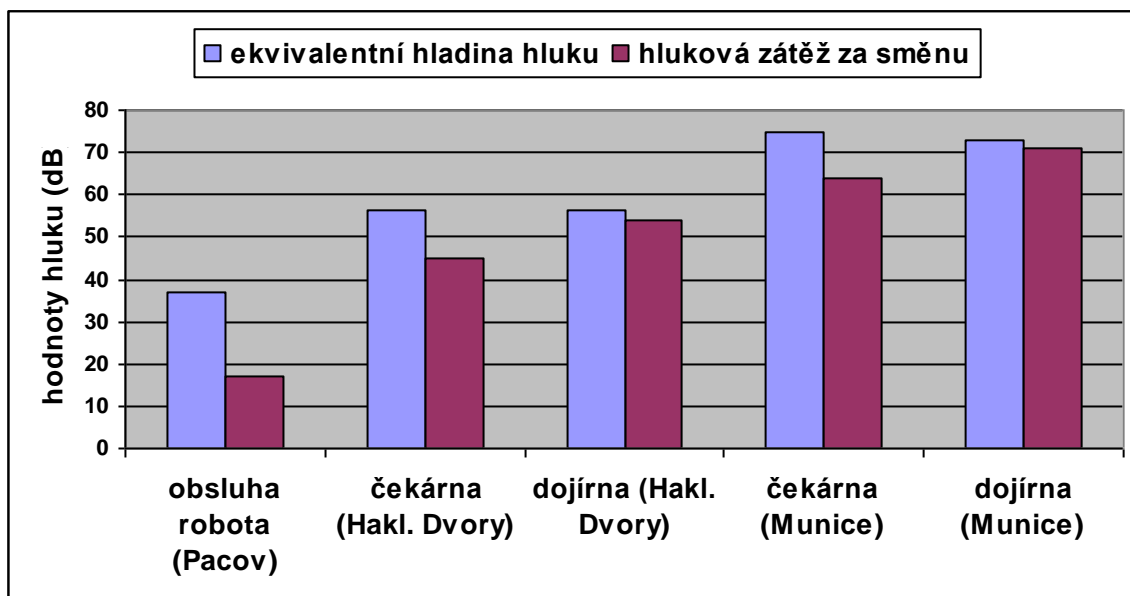
Tabulka 5.3.4. Hodnoty hluku naměřené při dojení u dojnic během dne

Zdroj hluku	Hladina hluku [dB]			Doba trvání operace za den [min]	Hluková zátěž za den [dB]
	minimální	ekvivalentní	maximální		
Dojící zařízení	51,81	83,56	94,91	7	60,43

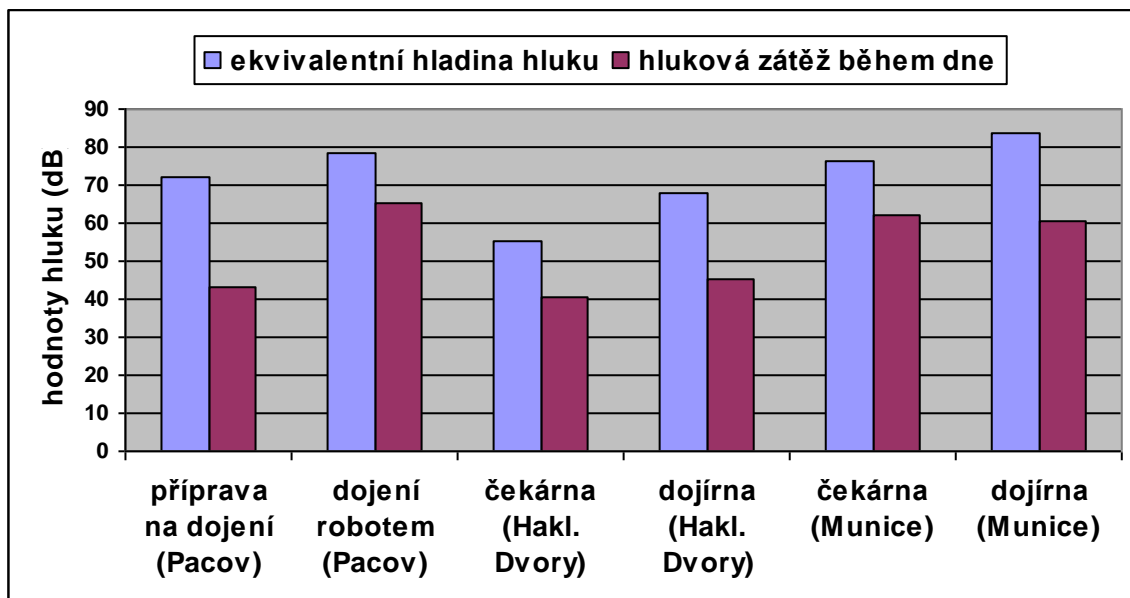
Graf 5.3.4. Hodnoty hluku naměřené při dojení u dojnic během dne



**Graf 5.3. Porovnání ekvivalentní hladiny hluku a hlukové zátěže pro lidi za směnu**



**Graf 5.4. Porovnání ekvivalentní hladiny hluku a hlukové zátěže pro dojnice během dne 24 hodin**





## 6. DISKUSE

Z dosažených výsledků měření hluku působícím při dojení a při činnostech s ním souvisejících vyplývá, že použitá technika či stroje vykazují podobné hodnoty hladiny hluku u lidí i u zvířat. K vyhodnocení slouží tabulky 5.1. a 5.2., které jsou uvedeny v kapitole 5.

První měření bylo provedeno v kravíně v Pacově. Mají zde dojící roboty, díky těmto robotům se kráva může během dne nechat podojit kdy ona sama chce, nemusí čekat jako u běžných dojíren v čekárně. Měřilo se celkem na třech místech. Nejprve jsem měřil hluk po příchodu krávy do dojícího robota, s tím jsou spojeny další činnosti, fixace krávy, očištění vemene, příprava strukových násadců, neboli taková příprava robota na samotné dojení. Naměřené hladiny hluku při 1000 Hz zde činily: minimální 54,25 dB, maximální 79,16 dB, ekvivalentní 71,946 dB a normovaná 43,329 dB. [Tab. 5.1.2.] Při průběhu dojení byly hodnoty: minimální 51,81 dB, maximální 79,85 dB, ekvivalentní 78,236 dB a normovaná 65,226. [Tab. 5.1.3.] Na konec byl měřen hluk při obsluze robota, protože dojící robot je téměř bezúdržbový, byly naměřené při frekvenci 8000 Hz tyto hodnoty: minimální 0 dB, maximální 79,85 dB, ekvivalentní 37,069 dB a normovaná 17,246 dB. [Tab. 5.1.1.]

Druhé měření se uskutečnilo v kravíně v Haklových Dvorech. Tam jsem zjišťoval hluk v čekárně, která je umístěna v prostoru před dojírnou a je využita jako čekací prostor pro skupinu dojnic před dojením. I přes to že zdrojem hluku byli pouze dojnice, které do sebe na malém prostoru vzájemně strkají a hlasově se projevují. Naměřené hodnoty hladiny hluku při frekvenci 1000 Hz činily: minimální 47,64 dB, maximální 62,506 dB, ekvivalentní 55,217 dB a normovaná 40,606 dB. [Tab. 5.2.2.] Při frekvenci 8000 Hz byly hodnoty: minimální 38,305 dB, maximální 70,509 dB, ekvivalentní 56,411 dB a normovaná 45,137 dB. [Tab. 5.2.1.] Dále jsem zde zjišťoval hladinu hluku v samotné dojárně. Z čekárny jsou dojnice vpouštěny do rybinové dojírny, kde je průměrná doba dojení 4 min a poté jsou vpouštěny chodbou zpět do své stáje. Zdrojem hluku jsou zde dojnice, dojící zařízení a obsluha. Výkyvy hluku jsou způsobeny ostříkáváním vlašnou vodou, nasazováním dojícího zařízení a v nemalé míře i hlasovými projevy obsluhujícího personálu. Hladina hluku při 1000 Hz byla: minimální 64,053 dB, maximální 76,428 dB, ekvivalentní 67,787 a normovaná hladina hluku během dne 45,233dB. [Tab. 5.2.4.]

Při frekvenci 8000 Hz byly hodnoty: minimální 49,674 dB, maximální 64,354 dB, ekvivalentní 56,101 dB. Hluková zátěž za směnu činila 54,138 dB. [Tab. 5.2.3.]

Třetí a poslední měření proběhlo v dojárně na farmě v Municích. Zde bylo provedeno podobně jako v Haklových Dvorech. Nejprve jsem zjišťoval hluk v čekárně, která je také umístěna v prostoru před dojárnou. Naměřené hladiny hluku při 1000 Hz činily: minimální 66,13 dB, maximální 75,65 dB, ekvivalentní 76,462 dB a normovaná hladina hluku 62,04 dB. [Tab. 5.3.2.] Při frekvenci 8000 Hz byly naměřeny tyto hodnoty: minimální 59,38 dB, maximální 78,22 dB, ekvivalentní 75,004 a normovaná hladina hluku 63,97 dB. [Tab. 5.3.1.] Dojnice jsou zde vpouštěny do tandemové polygonové dojírny, kde je průměrná doba dojení 3,5 minuty a poté jsou vpouštěny chodbou zpět do své stáje. Zdrojem hluku jsou zde samotné dojnice, dojící zařízení a obsluha. Výkyvy hluku jsou způsobeny stejnými činnostmi jako v Haklových Dvorech. Hladina hluku při frekvenci 1000 Hz byla: minimální 51,81 dB, maximální 94,91 dB, ekvivalentní 83,56 dB a hluková zátěž během dne činila 60,43 dB. [Tab. 5.3.4.] Při frekvenci 8000 Hz byly hodnoty: minimální 55,51 dB, maximální 83,81 dB, ekvivalentní 72,736 dB a normovaná hladina hluku 70,77 dB pro obsluhu. [Tab. 5.3.3.]

Z grafů 5.3. a 5.4. jednoznačně vyplývá, porovnáme-li ekvivalentní hladinu akustického tlaku a normovanou hladinu expozice hluku pro dobu trvání pracovního dne 5,5 h dochází u všech pracovních operací týkajících se dojení ke snížení hlukové zátěže. Hladina hluku při obsluze robota na farmě v Pacově byla snížena z 37 dB na 17 dB. Hladiny hluku v čekárnách byly též sníženy jak v Haklových Dvorech z 56 dB na 45 dB u obsluhy a z 55 dB na 40 dB u dojnic, tak i v Municích ze 75 dB na 63 dB u obsluhy a ze 76 dB na 62 dB u dojnic. Při dojení se snížily hodnoty hluku ze 78 dB na 65 dB u dojnic v Pacově, z 56 dB na 54 dB u obsluhy a z 67 dB na 45 dB u dojnic v Haklových Dvorech a také v Municích došlo ke snížení hodnot hluku ze 72 dB na 70 dB u obsluhy a z 83 dB na 60 dB u dojnic.

## 7. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení a vyhodnocení jakým hladinám hluku jsou vystaveni lidé a zvířata ve vybraných dojrnách. Z předchozích výsledků můžu konstatovat tyto závěry.

V dojrně v Pacově ze tří měřených operací překročily ekvivalentní trvalou hladinu hluku 60 dB dvě operace, a to příprava robota na dojení 71,946 dB a samotné dojení robotem 78,236 dB. Při těchto operacích sice došlo k překročení ekvivalentní hladiny hluku, ale po přepočtu na normovanou hladinu hluku se pohybují v prvním případě okolo 43 dB na den a ve druhém případě při dojení okolo 65 dB, což má u skotu nepříznivý vliv na organismus, ale odpadá zde stres a hluk, kterému jsou vystaveny dojnice v čekárnách v klasických dojrnách. Hladina hluku zde tedy není až tak vysoká, aby se zde vytvářeli opatření nadbytečná a neekonomická. Při obsluze robota nedošlo k překročení ekvivalentní trvalé hladiny hluku.

V dojrně v Haklových dvorech ze čtyř měřených operací nevyhovovala ekvivalentní trvalá hodnota hluku pouze u dojení 67,787 dB, kde ale po přepočtu na normovanou hladinu hluku na den činí hluk 45 dB, což je bez nepříznivého vlivu na organismus. Obsluha je při dojení za směnu vystavena hlukové zátěži okolo 54 dB, což je absolutně zanedbatelné. Při měření hluku v čekárně činily hodnoty po přepočtu na normovanou hladinu hluku 40 a 45 dB a to u dojnic a obsluhy. Tyto hodnoty jsou absolutně zanedbatelné a proto jsou zde jakákoliv opatření zbytečná.

Na mléčné farmě v Municích byly měřeny čtyři operace. První měřenou hodnotou byla hladina hluku v čekárně, hluk zde vytvářejí samotné dojnice. Ekvivalentní hladina hluku se zde pohybuje kolem 75 dB, po přepočtu na normovanou hladinu hluku zde působí hodnoty 62 dB. V tomto případě by možným řešením pro snížení hladiny hluku bylo vpouštět dojnice do čekárny po menších skupinách. Hladina hluku zde však není příliš vysoká, proto jsou jakákoliv jiná opatření nadbytečná a neekonomická. Posledním měřením bylo samotné dojení. Hladiny hluku zde měly velmi kolísavý charakter, zapříčiněný proměnlivými vlivy pohybu obsluhujícího personálu a dojnic, dojícího zařízení atd. Ekvivalentní hladina hluku pro obsluhu činila 72 dB vzhledem k působení 3,5 hodiny za pracovní směnu byla celková hluková zátěž za směnu 70 dB. V tomto případě je nejsnazším opatřením pro obsluhující personál použití pěnových zátek. V případě dojnic byla naměřena ekvivalentní hladina hluku 83 dB, vzhledem k velmi krátkému pobytu v tomto prostředí byla po přepočtu hluková zátěž

snížena na 60 dB, což nemá na dojnice nepříznivý vliv.

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku pro osmihodinovou pracovní dobu v hluku se stanoví součtem základní hladiny hluku  $L = 85$  dB a korekcí na druh vykonané činnosti. [6] V mém případě nebylo nutné přičítat nic, jelikož se jednalo o fyzickou práci bez nároků na duševní soustředění, sledování a kontrolu sluchem a dorozumívání řečí.

Při porovnání těchto třech druhů dojíren vykazuje nejmenší naměřené hodnoty dojírna v Haklových Dvorech, ale z hlediska hygienických předpisů bych se přiklonil k dojení pomocí dojířících robotů na farmě v Pacově. Zde se totiž dojnice nechá dojit pouze tehdy kdy ona sama chce a potřebuje a tudíž zde odpadá stres a hluk, kterému jsou vystaveny dojnice v klasických dojírnách, míněno naháněním dojníc po skupinách do čekáren, doba kterou stráví v čekárnách atd. Dojířící robot je sice velkou investicí, ale v tomto směru je bezkonkurenční a co se týče obsluhy téměř bezúdržbový a z toho plyne i menší počet pracovníků.

Hluková zátěž v dojírnách může mít podstatný vliv na zdraví obsluhujícího personálu, na pohodové podmínky dojníc. Hluk má též vliv na mléčnou užitkovost. Po celkovém zhodnocení všech mnou naměřených a zpracovaných výsledků hlukového zatížení na mléčných farmách lze tvrdit, že v těchto třech sledovaných dojírnách dojnícím i personálu nehrozí žádné negativní působení na organismus ani na mléčnou užitkovost.

## 8. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Nový, R.: Hluk a chvění, Praha 1995, Vydavatelství ČVUT, s. 389
- [2] Havránek, J.: Hluk a zdraví, Praha 1990, Zdravotnické nakladatelství, s. 280
- [3] Smetana, C.: Měření hluku a chvění, Praha 1974, SNTL – Nakladatelství technické literatury
- [4] Smetana, C.: Hluk a vibrace, Praha 1998
- [5] ČSN ISO 9612 Akustika – směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí, 2000, s. 27
- [6] Sbírka zákonů č. 502/2000 – Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, 27. listopadu 2000
- [7] <http://seznam.cz/Veda-a-technika//Prirodni-a-technickevedy/Fyzika/Akustika>
- [8] <http://cs.wikipedia.org/wiki/akustika>
- [9] <http://cs.wikipedia.org/wiki/zvuk>
- [10] [www.steiner.cz/david/akustika](http://www.steiner.cz/david/akustika)
- [11] [www.lely.com](http://www.lely.com)

