

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

---

Katedra:

Zemědělské techniky a služeb

Obor:

Zemědělská technika, obchod, servis a služby

---

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Téma:

**HLUKOVÉ ZATÍŽENÍ EXTRAVILÁNU VENKOVSKÝCH SÍDEL  
PROVOZEM SAMOJÍZDNÝCH STROJŮ**

---

Vypracoval:

**Petr Sukdol**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Alois Peterka, CSc.**

Rok odevzdání:

**2008**

## **PODĚKOVÁNÍ**

**Děkuji doc. Ing. Aloisovi Peterkovi, CSc. a Ing. Marii Šístkové, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce.**

## **PROHLÁŠENÍ**

**Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma: „Hlukové zatížení extravilánu venkovských sídel provozem samojízdných strojů“ jsem vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a měření. Použitou literaturu uvádím v seznamu literatury.**

.....

**V Českých Budějovicích dne**

.....

**Podpis**

# OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	1
1.1. ZVUKOVÝ SVĚT ČLOVĚKA.....	1
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	2
2.1. CO JE VLASTNĚ HLUK?.....	2
2.2. ZÁKLADNÍ ZDROJE HLUKU .....	4
2.2.1. TYPY HLUKU .....	5
2.3. ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY.....	5
2.3.1. AKUSTICKÉ VLNĚNÍ.....	5
2.3.2. KMITOČET.....	6
2.3.3. VLNOVÁ DÉLKA.....	6
2.3.4. AKUSTICKÁ RYCHLOST .....	6
2.3.5. AKUSTICKÝ TLAK.....	6
2.3.6. AKUSTICKÝ VÝKON.....	7
2.4. VNÍMÁNÍ ZVUKŮ.....	7
2.5. ZJIŠŤOVÁNÍ HLUKOVÉ SITUACE PRO HYGIENICKÉ ÚČELY.....	12
2.5.1. ŠÍŘENÍ ZVUKU.....	12
2.5.2. ŠÍŘENÍ HLUKU VE STAVBÁCH.....	16
2.5.3. ZVUKY VZNIKAJÍCÍ ČINNOSTÍ ČLOVĚKA .....	19
2.5.3.1. HLUK SILNIČNÍ AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY.....	19
2.6. ÚČINKY HLUKU NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	21
2.6.1. HLADINA INTENZITY ZVUKU PRO RŮZNÉ ČINNOSTI.....	21
2.6.2. SPECIFICKÉ ÚČINKY HLUKU .....	24
2.6.2.1. VLIV HLUKU NA SLUCH.....	24
2.6.3. SYSTÉMOVÉ ÚČINKY HLUKU .....	28
2.6.3.1. VLIV HLUKU NA VEGETATIVNÍ FUNKCE A SRDEČNĚ – CÉVNÍ SYSTÉM .....	28
2.6.3.2. VLIV HLUKU NA METABOLISMUS.....	29
2.6.3.3. VLIV HLUKU NA VNITŘNÍ SEKRECI.....	29
2.6.3.4. VLIV HLUKU NA SPÁNEK.....	29
2.6.3.5. VLIV HLUKU NA SMYSLOVÉ VNÍMÁNÍ.....	31
2.6.3.6. VLIV HLUKU NA JEDNODUCHÉ MOTORICKÉ PROJEVY .....	31
2.6.3.7. VLIV HLUKU NA SLOŽITÉ SENZOMOTORICKÉ ČINNOSTI A NA VÝKONNOST .....	31
2.6.3.8. VLIV HLUKU NA SOCIÁLNÍ CHOVÁNÍ.....	32
2.6.3.9. VLIV HLUKU NA VÝSKYT NEMOCÍ.....	33
2.6.3.10. DÍTĚ A HLUK .....	33
2.6.3.11. NEMOCNÝ ČLOVĚK A HLUK.....	34
2.7. PREVENCE A OCHRANA PŘED HLUKEM.....	34

2.8. MĚŘENÍ HLUKU .....	35
2.8.1. ZVUKOMĚRY .....	35
<b>3. CÍL PRÁCE</b> .....	37
<b>4. METODIKA</b> .....	38
4.1. POPIS POUŽITÉ MĚŘÍCÍ APARATURY .....	38
4.2. POSTUP MĚŘENÍ HLUKU .....	40
4.3. POSTUP ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	40
4.4. MÍSTA MĚŘENÍ HLUKU.....	42
<b>5. NAMĚŘENÉ HODNOTY</b> .....	44
5.1. MĚŘENÍ HLUKU NA LOUCE U ČEJKOVIC.....	44
5.1.1. PODMÍNKY PŘI MĚŘENÍ .....	44
5.1.2. STANOVIŠTĚ 1 .....	45
5.1.2.1. MĚŘENÍ 1 .....	45
5.1.3. STANOVIŠTĚ 2.....	46
5.1.3.1. MĚŘENÍ 2 .....	46
5.1.3.2. MĚŘENÍ 3 .....	47
5.1.4. STANOVIŠTĚ 3.....	48
5.1.4.1. MĚŘENÍ 4 .....	48
5.1.4.2. MĚŘENÍ 5 .....	49
5.1.4.3. MĚŘENÍ 6 .....	50
5.1.4.4. MĚŘENÍ 7 .....	51
5.1.5. STANOVIŠTĚ 4.....	52
5.1.5.1. MĚŘENÍ 8 .....	52
5.2. MĚŘENÍ HLUKU NA POLI V CHATOVÉ OBLASTI DEHTÁŘE.....	53
5.2.1. PODMÍNKY PŘI MĚŘENÍ .....	53
5.2.2. STANOVIŠTĚ 1 .....	54
5.2.2.1. MĚŘENÍ 1 .....	54
5.2.2.2. MĚŘENÍ 2 .....	55
5.2.3. STANOVIŠTĚ 2.....	56
5.2.3.1. MĚŘENÍ 3 .....	56
5.2.3.2. MĚŘENÍ 4 .....	57
5.2.3.3. MĚŘENÍ 5 .....	58
5.2.3.4. MĚŘENÍ 6 .....	59
5.2.3.5. MĚŘENÍ 7 .....	60
5.2.3.6. MĚŘENÍ 8 .....	61
5.2.3.7. MĚŘENÍ 9 .....	62
5.2.3.8. MĚŘENÍ 10 .....	63
5.2.3.9. MĚŘENÍ 11 .....	64

<b>6. DISKUSE</b> .....	65
6.1. HODNOCENÍ HLUKOVÉ EXPOZICE V ČEJKOVICÍCH.....	65
6.2. HODNOCENÍ HLUKOVÉ EXPOZICE V CHATOVÉ OBLASTI DEHTÁŘE.....	68
<b>7. ZÁVĚR</b> .....	74
<b>8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	76

# 1. ÚVOD

## 1.1. ZVUKOVÝ SVĚT ČLOVĚKA

Zvuky jsou přirozeným průvodním projevem přírodních dějů a životní aktivity. Rovněž pro člověka mají zvuky veliký význam. Sluchem přijímá člověk ne sice největší, ale nejvýznamnější podíl informací o světě. Zvuk je důležitým poplašným signálem pro člověka, varuje před nebezpečím, podněcuje aktivitu jeho nervového systému, je základem řeči, která odlišila člověka od zvířat. Fyziologické výzkumy prokázaly v posledních letech, že již 5 dní staří kojenci se snaží záměrně produkovat různorodé zvuky. Zvuk a sluch hrají tedy významnou roli v individuální i společenské adaptaci člověka na prostředí.

Avšak nadbytek zvuků může mít takovou intenzitu, která neodpovídá lidským schopnostem, únosnosti a přizpůsobení. Navíc nadměrný zvuk může rušit vnímání důležitých zvukových signálů. Tyto příliš časté nebo příliš silné či v nevhodnou dobu se vyskytující zvuky, tj. zvuky, které jsou nežádoucí, obtěžující nebo dokonce škodlivé, označujeme jako hluk [1].

Škodlivé působení hluku na člověka vedlo mnoho vyspělých zemí k legislativním opatřením, jejichž výsledkem je řada zákonů, norem a jiných právních předpisů zajišťujících ochranu lidí před nadměrným hlukem a vibracemi jak v oblasti komunální hygieny, tak i na pracovištích[2].

## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1. CO JE VLASTNĚ HLUK?**

Definice ČSN 01 1600 „Akustika. Názvy a definice“ říká, že hluk je jakýkoliv zvuk, který vyvolává nepříjemný nebo rušivý vjem nebo má škodlivý účinek.

Měřítkem toho, co je hluk, je jednoznačně člověk; jeho odpověď, jeho fyziologická reakce, jeho prožitek. Odpovídá to zcela soudobému poznání, že pro účinky zvuku na člověka je rozhodující, jak je obdržená akustická informace zpracována příjemcem.

Při úvahách o rozlišení mezi zvukem a hlukem je nutné přihlédnout i k jeho fyzikálním charakteristikám. Z věcných argumentů pro to hovoří fakt, že některé závažné škodlivé účinky jsou vázány na určité minimální intenzity podnětu nebo obdržené dávky energie. Je vždy pravděpodobnější, že jako hluk bude působit zvuk silnější, přerušovaný, s tónovými složkami, rázy a impulsy prostě proto, že je biologicky účinnější než zvuky tiché a ustálené. Nezávislost na fyzikálních parametrech je typická především pro rušivé a obtěžující účinky. Je ale známo, že kritérium rušivosti může klamat, že psychologické zpracování zvukového vjemu nevyčerpá celou problematiku odpovědi organismu a že např. zvuky, přijímané kladně a pocíťované jako příjemné, mohou mít škodlivé důsledky.

V praktickém boji proti hluku zabezpečujeme pouze omezenou míru ochrany osob před hlukem, danou typickými reakcemi podstatné části populace, s vědomím, že atypické reakce citlivých jedinců je třeba řešit individuální péčí o tyto situace. Zatím co v běžném boji proti hluku stojí na prvním místě opatření u zdrojů hluku, v těchto mimořádných situacích je zpravidla neúčinnější - i když nepřilíš populární - zásah u senzitivního příjemce.



Opuštění fyzikálních parametrů při identifikaci hluku v životním prostředí by vedlo k naprosté ztrátě orientace pokud jde o přípustné hladiny, priority opatření v přijatých programech snižování hluku, pokud jde o možnost působit na producenty hluku sankcemi aj.

Vymezujeme-li hluk fyzikálně, musíme si být stále vědomi mezí platnosti metody. Není tím zrušena primární platnost psychofyziologických kritérií. Jakýkoliv limit, opřený např. o hladinu hluku, je nezbytná konvence, vyjadřující s přijatelnou pravděpodobností statistickou závislost skutečné odpovědi lidí na konkrétní hluk a absolutizování takové hranice je vědecky nepodložené.

Co rozumíme škodlivými účinky? Může dojít k poškození zdraví (např. akustické trauma nebo poškození sluchu z hluku), také může dojít ke vzniku nepříjemného nebo závažného příznaku (např. ušní šelesty, vzestup krevního tlaku), trvalé změny funkce, změny pracovní výkonnosti, míry únavy po pracovní směně, průběhu zotavení, hloubky spánku atd.

S ohledem na to, co bylo řečeno výše, je nutno při hodnocení konkrétní akustické situace uvažovat o hluku z hlediska celého spektra atakovaných funkcí a místa i času působení. Proto také požadavky na zachování vhodného akustického klimatu, resp. limity přípustných hladin hluku musí obsahovat z čistě fyziologických důvodů širokou paletu hodnot, které se mohou významně lišit.

Doposud jsme vymezovali hluk pouze ve vztahu k člověku, jak to vyplývá z náplně hygieny. Z hlediska celého životního prostředí je možno hovořit o hluku i tam, kde nežádoucí hluky mění např. objektivní kvalitu příslušného území, ovlivňují chování fauny, účinkují nepříznivě na stavby apod. [1].

## **2.2. 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 stavbách jsou stížnosti obyvatel obvykle směřovány na vnitřní zdroje (výtahy, kotelny, 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.

### **Hlavní hlukové zdroje**

1. dopravní hluky - automobilová, kolejová a letecká doprava
2. 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.
3. hluky související s bydlením - vestavěné technické vybavení domu (výtahy, trafa, kotelny), sanitárně-technické vybavení domu (koupelny, WC), činnost osob v bytě (hovor, rozhlas, TV, vysavač, kuchyňské stroje, myčky, pračky aj.)
4. hluky související trávením volného času – kulturní a společenská zařízení (divadla, kina, koncertní sály, poutě aj.), sportovní zařízení (např. hřiště, bazény, střelnice) [1].

### **2.2.1. TYPY HLUKU**

- 1. ustálený hluk, jehož hladina hluku se v daném místě a ve sledovaném časovém úseku vzávislosti na čase nemění o více než 5 dB**
- 2. proměnný hluk, jehož hladina hluku se v daném místě a ve sledovaném časovém úseku vzávislosti na čase mění o více než 5 dB**
- 3. vysokofrekvenční hluk s výraznými složkami v oblasti kmitočtů vyšších než 8 kHz**
- 4. hluk s výraznými tónovými složkami - hluk, jehož spektrum obsahuje tónové (diskrétní) složky, jejichž hladiny akustického tlaku jsou o více než 5 dB vyšší než v sousedících kmitočtových oblastech.**
- 5. impulzní hluk vytvářený jednotlivými zvukovými impulzy s dobou trvání do 200 ms, nebo sledem takových impulzů následujících po sobě v intervalech delších než 10 ms.**

## **2.3. ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY**

### **2.3.1. AKUSTICKÉ VLNĚNÍ**

Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i pevných látkách ve formě akustického vlnění. Podle toho, zda částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu, dělíme vlnění na podélné a příčné.

Částice se jednosměrně nepohybují se šířícím se vlněním, nýbrž kmitají pouze kolem svých rovnovážných poloh. Šíření akustického vlnění je spojeno s přenosem energie.

U plynů a kapalin se může vyskytovat pouze podélné akustické vlnění, avšak u materiálů elastických se může vyskytovat vlnění podélné i příčné, protože vykazují pružnost nejenom v tahu a tlaku, ale i smyku. Kombinací těchto namáhání vzniká i kmitání ohybové.

Mezi pevnými látkami a plyny resp. kapalinami může docházet k přenosu kmitů. Každý hmotný element prostředí může být tzv. oscilátorem.

### 2.3.2. KMITOČET

Kmitočet  $f$  (frekvence) určuje počet kmitů za sekundu, které vykoná kmitající hmotný bod.

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]}$$

T...doba kmitu [s]

Hz...herz

s...sekunda

### 2.3.3. VLNOVÁ DÉLKA

Vzdálenost, kterou zvuková vlna urazí za dobu jednoho kmitu  $T$ , nazýváme vlnovou délkou  $\lambda$  [m].

m...metr

### 2.3.4. AKUSTICKÁ RYCHLOST

Rychlost  $s$  jakou kmitají jednotlivé částičky prostředí, kterým se šíří akustická vlna, nazýváme akustickou rychlostí  $v$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ].

### 2.3.5. AKUSTICKÝ TLAK

Akustický tlak závisí na barometrickém tlaku. Barometrický tlak je hodnota přibližně 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.

Pa...pascal

### 2.3.6. AKUSTICKÝ VÝKON

Výkon kmitavého děje  $P$  v ustáleném stavu je definován jako práce vykonaná za jednotku času, kde práce je součinitelem síly a dráhy. Protože je akustický tlak definován silou působící na jednotkovou plochu, můžeme vyjádřit akustický výkon vztahem:

$$P = I \cdot S \text{ [W]}$$

$I$ ...akustická intenzita [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

$S$ ...sledovaná plocha [ $\text{m}^2$ ]

[2]

### 2.4. VNÍMÁNÍ ZVUKŮ

Zvuky vznikající v životním prostředí vnímáme sluchovým analyzátozem. Sluchový analyzátor má periferní část, tvořenou zevním, středním a vnitřním uchem, a část centrální, korovou, spojenou s periférií sluchovým nervem (jde o VIII. mozkový nerv, který kromě sluchových vláken má i vlákna vedoucí podněty z labyrintu, kde sídlí ústrojí rovnováhy).

Zevní ucho se skládá z boltce a zvukovodu. Boltce je nepohyblivý, má význam pro lokalizaci zdroje zvuku. Směrový účinek se projevuje jednak působením akustického stínu boltce a hlavy (lokalizace v předozadní rovině), jednak utvářením vnitřního povrchu, v důsledku čehož je nejsilněji vnímán zvuk, přicházející do ucha ze směru  $15^\circ$  před interaurální osou. Lokalizační účinek se projevuje teprve u tónů vyšších než 500 Hz a dosahuje maximum při 5 000 Hz. Lokalizace je usnadňována malými pohyby hlavy.

Zevní zvukovod má průměrnou délku 25 mm a objem 1,2 cm<sup>3</sup>. Při průchodu zvukových vln vhodného kmitočtu dochází k rezonanci (v pásmu 2-6 kHz s maximem u 4 kHz), jež má za následek vzestup akustického tlaku před bubínkem oproti hodnotě před boltcem. Rozdíl může činit pro frekvenci 4 kHz až 10 dB a je pravděpodobně jednou z příčin nejčasnějšího postižení tohoto kmitočtu při vývoji sluchové poruchy z nadměrného hluku.

Zvukovod transformuje krátké zvukové děje v jednotné tlumené rezonanční kmity, takže impulsy neproniknou v původním tlaku a formě až k bubínku.

Uzavřením zvukovodu (mazovou zátkou apod.) se zvýší práh slyšení, a to zejména pro vysoké a střední frekvence, kde efekt obturace dosahuje 30-50 dB.

Ve středním uchu dochází k převodu ze vzdušného vedení zvuku ve vedení kapalinou (perilymfou). Při převodu nepoškozeným systémem dochází ke ztrátě nepodstatné části energie při současné změně charakteru signálu; zatímco při vzdušném vedení jde o zvukové vlnění o malém tlaku a velké výchylce, v tekutině je při malé amplitudě tlak značný.

O míře kompenzace energetických ztrát středoušní m systémem rozhoduje jeho impedance, závislá jak na vlastnostech bubínku, tak sluchových kůstek středoušních. Převod z velké plochy bubínku na 20x menší plochu oválného okénka pomocí pákového mechanismu představuje impedanční přizpůsobení, které zabraňuje převodní ztrátě cca 30 dB, ke které by jinak došlo na přestupu zvuku ze vzduchu do tekutiny. Normální převodovou funkci středouší, zejména normální napětí bubínku, zajišťuje Eustachova trubice, spojující středouší s nosohltanem a otevírající se při polykacím pohybu, která zajišťuje vyrovnání tlaků před a za bubínkem.

Impedanci středouší mohou změnit středoušní svaly, které zvyšují napětí bubínku a membrány oválného okénka. Reflexní stah těchto svalů nastává

při překročení hladiny 70 dB; čím hlasitější zvuk, tím kratší latence reflexu až do hranice asi 30 ms. Znamená to, že proti velmi krátkým impulsním hlukům středoušní reflex nechrání. Také účinnost pro vyšší frekvence je malá, takže hlavní oblastí uplatnění jsou hluboké tóny do 1 000 Hz.

Podráždění vnitřního ucha může být kromě přenosu zvuku přes střední ucho způsobeno tzv. kostním vedením, při němž se vibrace kosti lebky přenášejí až na perilymfu a endolymfu hlemýždě. Kostní vedení má asi o 40 dB vyšší práh než vedení vzdušné, takže se u zdravého ucha neuplatňuje, má ale význam při slyšení a kontrole vlastního hlasu. Jeho vyšetření se využívá k rozlišení sluchové vady převodní (středoušní) od percepční (porucha vnitřního ucha nebo centrální části receptoru).

Ve vnitřním uchu dochází pohybem (vpáčením) oválného okénka k přenosu akustických vibrací do nitroušní tekutiny ve scala vestibuli, která je přes scala tympani spojena s kulatým okénkem. Mezi oběma prostory vyplněnými perilymfou je v hlemýždi svinuta do závitů jeho blanitá část, v němž je mezi bazilární membránou, boční stria vascularis a horní Reissnerovou membránou vytvořena trojúhelníková scala media, vyplněná endolymfou, charakteristicky odlišnou od mozkomíšního moku a perilymfy vysokou koncentrací draslíku (35x) a nízkou koncentrací sodíku. Na bazilární membráně je Cortiho orgán, kde mezi pilířovými a podpůrnými buňkami je rozmístěno ve 4 řadách na 20 000 vláskových buněk, na jejichž spodní stranu naléhají nervová zakončení, a na horní ploše jsou vlásky (stereocilie), kryté tektoriální membránou. Pohybem buněk kochleární přepážky vůči membrána tectoria dochází k složitému pohybu v radiální i longitudinální rovině, takže stereocilie jsou vychylovány v různém úhlu a různými směry, což se projevuje změnou polaritý vláskových buněk. Podle frekvence přijímaného dráždícího zvuku dochází v hlemýždi k maximálnímu rozkmitání bazilární membrány v jednom nebo více místech pomocí tzv. postupující vlny.

Změna potenciálu vláskových buněk souvisí se vznikem sumačních potenciálů. Ze sluchového nervu (nebo i z povrchu hlemýždě) lze snímat akční potenciály jako synchronizovaný akční potenciál jednotlivých nervových vláken, přičemž hodnota potenciálu stoupá s intenzitou podnětu. Záznam potenciálu sluchového nervu je využíván klinicky při elektrokochleografii.

Od vláken sluchového nervu až do sluchové oblasti kůry je podráždění pravděpodobně přenášeno tonotopicky, tj. jednotlivé sousední frekvence jsou přenášeny sousedními elementy. Vzruch prochází složitou strukturou kochleárních jader až do nucleus olivarius superior, kde se uplatňují pochody související s interakcí obou uší, do colliculus inferior, význačného pro analýzu frekvencí a mechanismus prostorového slyšení, a dále do corpus geniculatum mediale. V obou posledních jádrech se vyskytují četné spoje sluchové dráhy s mimosluchovými oblastmi a řada elementů reaguje pouze na počátek podráždění (on-systém) a tzv. nemonotónním způsobem, tj. odpověď se zvyšuje se zvyšováním podráždění pouze do určité meze a dále je lineární. Sluchová dráha, tvořená 4 neurony, končí v temporálních lalocích v sluchové oblasti kůry velkého mozku. Zde dochází ke konečné analýze kvality zvukového podnětu a k uvědomění si sémantického obsahu slyšených zvuků, k porozumění řeči, k psychologickému hodnocení počítku. Centrálně je částečně ovlivněn i průběh maskování slyšených zvuků. Centrifugální vlákna mohou ovlivňovat činnost periférie a přizpůsobovat přenos vzruchů do centra aktuální situaci. Jejich zakončení nalezneme až u vnitřních a vnějších vláskových buněk; jsou schopny tlumit aktivitu potenciálů a spolupůsobí postupné snižování odpovědi na opakující se podnět, tzv. habituaci. Vyřazení účinků kůry vedlo dokonce k zpomalení restituce periférie po nadměrné zátěži. Korově je tedy ovlivňována akustická adaptace a pravděpodobně i vývoj sluchových ztrát.



Zvýšené intenzitě podnětu odpovídá zkrácení latence, zvýšení počtu vyslaných potenciálů a zapojení většího počtu vláken. Intenzitní rozsah lidského sluchu je vymezen sluchovým prahem, odlišným pro různé frekvence. Nejcitlivější je lidský sluch ve frekvenční oblasti okolo 1 000 Hz, což v podstatě odpovídá frekvenčnímu obsahu lidské řeči. Při dosažení vysokých intenzit (nad 130 dB) se objevuje při dráždění zvukem bolestivý vjem, taktéž do jisté míry frekvenčně závislý.

Frekvenční rozlišení zvuků je dáno jednak tonotopií (tj. skutečností, že určitou frekvencí je maximálně podrážděna určitá část Cortiho orgánu a s ní spojená nervová vlákna), jednak se frekvence podnětu projeví v intervalech mezi akčními potenciály na sluchovém nervovém vláknu. Frekvenční rozsah lidského sluchu mladého člověka je 16-20 000 Hz. Uvádí se však, že spolehlivý sluchový vjem vzniká až při 32 Hz. S přibývajícím věkem dochází ke ztrátě slyšení vysokých tónů postupně až po přibližně 10 KHz.

Četná vlákna, která se od specifické sluchové dráhy odpojují v oblasti lamina quadrigemina, vedou nesespecifické podráždění do retikulární formace, polyneurální polysynaptické struktury, kde se komplexně zpracovávají podněty nejrůznějšího druhu, jak z vnějšího, tak vnitřního prostředí. Prostřednictvím ascendenční části retikulární formace dochází k ovlivnění nesespecifických korových oblastí, a naopak k převodu podráždění do četných dalších podkorových struktur.

Ascendenční vlákna z retikulární formace mohou podporovat nebo inhibovat vznik vzruchů až na úrovni 1. neuronu a u sluchu asi i na úrovni receptoru. Pod jejich vlivem se nachází celý vegetativní a endokrinní systém. Z řečeného vyplývá, že prostřednictvím retikulární formace za přítomnosti či nepřítomnosti korové kontroly (historie organismu, zkušenost, představivost, předvídání) dochází k mnohostrannému ovlivnění regulačních funkcí organismu v oblasti vegetativní, humorální, motorické i senzorické. Tím jsou dány předpoklady pro vznik pestrého

obrazu projevů působení hluku na lidský organismus, který je díky korovým mechanismům dále rozvíjen, jak podrobněji ukážeme jinde.

Sluchový analyzátor má funkci alarmujícího orgánu. Převážná většina výstražných podnětů je přijímána z prostředí sluchem. Sluchové podněty jsou biologicky účinnější než zrakové. Proto také nemá organismus žádnou možnost fyziologicky vyřadit sluch z činnosti. Mechanismy ovlivňující hlasitost vnímaného zvuku působí pouze na velmi krátkou dobu, jejich tlumivé zapojení je podmíněno existencí velmi silných podnětů a po skončení hlasitého zvuku se sluch relativně velmi rychle navrácí ke své původní citlivosti.

Kromě signalizace zvuků z prostředí dochází u člověka prostřednictvím sluchu k řečové komunikaci, která má obrovský sociální psychologický význam. Naprostá nepřítomnost zvukových podnětů působí nepříznivě na rozvoj vyšší nervové činnosti a je subjektivně nepříjemná. Naprostá ztráta sluchu znemožňuje běžné osvojení artikulované řeči [1].

## 2.5. ZJIŠŤOVÁNÍ HLUKOVÉ SITUACE PRO HYGIENICKÉ ÚČELY

### 2.5.1. ŠÍŘENÍ ZVUKU

Tabulka 2.5.1.1. Rychlost zvuku v různých látkách

Látka	Rychlost zvuku [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]
Vzduch (13,4 °C)	340
Voda (25 °C)	1 500
Rtuť	1 400
Beton	1 700
Led	3 200
Ocel	5 000
Sklo	5 200

K objasnění zákonitostí šíření hluku od zdroje do libovolného místa prostoru přispěje připomenutí některých vlastností zdrojů hluku. Každý zdroj hluku je možné charakterizovat celkovým vyzářeným akustickým výkonem a směrovou charakteristikou, tj. rozdělením vyzářování energie do celého prostoru. Tím je určen tvar akustického pole generovaného zdrojem hluku ve volném prostoru. Pokud zdroj hluku umístíme do reálného prostoru konečných rozměrů, dochází v některých směrech šíření k pohlcování zvuku nebo k odrazům či ohybům zvukových vln a tvar pole se významně komplikuje.

Každé prostředí se skládá z částic, které v pružném prostředí mají schopnost předávat svůj pohyb (periodický či jednorázový) okolním částicím. Šíření rozruchu prostředím se označuje jako vlnění a spojnice sousedních geometrických míst prostředí, kde kmitají částice se stejnou fází, se nazývá vlnoplocha. Podle tvaru vlnoploch lze rozlišit různé typy vlnění. Začneme-li s těmi nejjednoduššími, pak např. u kulového vlnění mají vlnoplochy tvar soustředných koulí, u válcového vlnění mají vlnoplochy tvar souosých válců a u rovinného vlnění jsou vlnoplochy rovinné. Při studiu šíření hluku se setkáváme s pojmem zvukový paprsek, který charakterizuje směr nebo směry šíření akustického vlnění. V izotropním prostředí (tj. v trvalém prostředí, jehož vlastnosti nejsou směrově závislé) jsou zvukové paprsky kolmé na vlnoplochy u všech typů vlnění.

Šíření hluku od reálných zdrojů hluku není obecně rovnoměrné do celého prostoru. Informaci o směrových vlastnostech zdrojů hluku poskytují směrové vyzářovací charakteristiky, které udávají rozložení hladin akustického tlaku v závislosti na úhlu vyzářování v některé ze zvolených rovin. Směrovou vyzářovací charakteristiku obvykle určujeme ve vzdáleném akustickém poli za předpokladu, že pole tam není zkresleno překážkami, odrazovými plochami apod.

Zabýváme-li se otázkami šíření hluku od zdroje, je nutné si uvědomit, že každý zdroj hluku vytváří ve svém okolí akustické pole, které bez ohledu na tvar vlnoploch je možné:

a) s ohledem na vztah mezi zdrojem hluku, vzdáleností od něho ve srovnání s rozměry zdroje hluku a vlnovou délkou vyzařovaného hluku klasifikovat buďto jako blízké, či vzdálené pole,

b) s ohledem na vazbu vlastností prostoru a vzdálenosti od zdroje hluku klasifikovat buďto jako volné, či difúzní pole.

O difúzním poli mluvíme, jestliže v každém jeho bodě je dopad akustického paprsku z libovolného směru náhodný, intenzita zvuku je konstantní a hustota akustické energie je rovnoměrně rozložena. V praxi předpokládáme pro běžné případy, že v uzavřených prostorech je dozvukové pole vždy difúzním.

Pokles hladiny hluku bodového zdroje (za který považujeme např. jednotlivé vozidlo v dostatečné vzdálenosti od pozorovatele) ve volném zvukovém poli se vysvětluje vlivem tzv. sférické disperze, tj. rozdělení akustické energie na vzrůstající plochu. Sférická disperze představuje pokles hladiny hluku o 6 dB při zdvojnásobení vzdálenosti pozorovatele od zdroje.

Jiná je situace u liniového zdroje hluku definovaného jako řada soufázových bodových zdrojů hluku, která je teoreticky nekonečné délky, situována ve volném prostoru a vyzařuje válcové vlnoplochy, jejichž osy jsou totožné s osou liniového zdroje. Tento typ zdroje v prvním přiblížení představuje např. intenzívně pojížděná komunikace v dostatečné vzdálenosti od pozorovatele. Pro liniový zdroj hluku lze teoreticky odvodit, že vlivem sférické disperze dochází k poklesu hladiny hluku o 3 dB při zdvojnásobení vzdálenosti.

Dalším činitelem působícím při šíření hluku ve vzduchu je atmosférická absorpce, která je obecně závislá na teplotě a vlhkosti vzduchu a kmitočtu přenášeného signálu.

Ve venkovním prostředí téměř vždy zjistíme nenulový gradient (spád, změna na jednotku délky) teploty a rychlosti větru, a to zejména ve směru svislém. To má za následek změnu rychlosti zvuku v závislosti na výšce, ohybu a lomu zvukových paprsků. V blízkosti zemského povrchu jsou vesměs kladné gradienty větru - rychlost větru roste s výškou.

Popsaný vliv rozdílných atmosférických podmínek bývá hlavním důvodem značného kolísání měřených hladin hluku při větších vzdálenostech od jinak stabilního zdroje hluku. Tato skutečnost podtrhuje požadavek standardních atmosférických podmínek, mají-li být měření reprodukovatelná.

Dosud jsme převážně měli na mysli volné akustické pole, tj. pole bez překážek. V reálné situaci však je takový případ výjimečný, a to pouze vesměs v některém směru šíření hluku ze zdroje. Jestliže je prostor ohraničený, nastává odraz hluku při šíření (je-li vlnová délka stejná nebo menší než rozměry plochy). Intenzita odražené vlny závisí na vlastnostech odrazné plochy (pohltivosti). Odražený paprsek, resp. odražený hluk vyvolá před překážkou koncentraci akustické energie, která se projeví stoupanutím hladiny hluku - odtud vyplývá požadavek na volbu měřicích míst dále než 1 m od stěn.

Naopak za překážkou vzniká akustický stín, jenž se projevuje poklesem hladin hluku, resp. poklesem hustoty akustické energie a intenzity. Výsledný efekt stínění hluku překážkou je kromě spektrálního složení hluku závislý zejména na geometrických vlastnostech překážky (délce a výšce) a na vzájemném situování zdroje hluku a „pozorovatele“, tj. místa, kde efekt překážky vyhodnocujeme. Pochopitelně musí překážka, nebo jak častěji říkáme „protihluková clona či bariéra“ (pokud se jedná o uměle a cíleně budovaná opatření) splňovat požadavky na neprůzvučnost, což se dá celkem jednoduše splnit vhodnou volbou materiálu.

Jestliže vlnová délka dopadajícího akustického signálu je srovnatelná s rozměry překážky nebo je větší, nastane ohyb zvukového paprsku. Vlivem ohybu se snižuje účinnost protihlukových clon nebo překážek v oblasti nízkých kmitočtů.

Posledním jevem je lom zvukového paprsku, který nastává, prochází-li zvuková vlna rozhraním dvou prostředí, kde jsou pochopitelně rozdílné rychlosti šíření zvuku. Lom zvukových vln může např. nastat tehdy, jestliže ve velkém sále jsou nerovnoměrně prohřáté vzduchové vrstvy, jimiž se zvuk nešíří přímočaře - nastává lom zvuku (směrem do chladnějších vrstev vzduchu).

## 2.5.2. ŠÍŘENÍ HLUKU VE STAVBÁCH

V budovách má šíření hluku některé zvláštnosti dané tím, že jde jednak o šíření zvuku z jednotlivých uzavřených či polouzavřených prostor do prostor sousedních, oddělených přepážkami různého druhu, a zejména pak o šíření ze zdrojů, které jsou umístěny uvnitř budovy a jsou různým způsobem spojeny s budovou samotnou. Vzniká tím dvojitý způsob šíření:

- a) vzdušné šíření,
- b) šíření konstrukcí.

Při vzdušném šíření narazí zvukové vlny na přepážku, část energie se odrazí zpět, část je odvedena konstrukcí přepážky do okolí, část se absorbuje v překážce (přemění se v teplo) a část projde do místností sousední.

O podílu akustické energie prošlé přepážkou, tj. o tzv. neprůzvučnosti vyjádřené indexem vzduchové neprůzvučnosti ( $I_L$ ) rozhoduje plošná hmotnost stěny a její skladba. U plošné hmotnosti

přibývá neprůzvučnosti o cca 6 dB s každým zdvojnásobením. Přibližný empirický vztah:  $I_L = 151 \log M + 10$ ;  $M$  = hmotnost 1 m<sup>2</sup> stěny v kg (pokud se neuplatní vlastní rezonance stěny). Z toho vyplývá, že u vyšších požadavků na neprůzvučnost jsou potřebné přírůstky hmotnosti absurdně velké. Stejně neprůzvučnosti při podstatně nižší hmotnosti příčky se docílí skladbou příčky z více nezávisle kmitajících vrstev (tzv. sendvič), oddělených vhodně velikou vzduchovou mezerou (je zde rovněž kmitočtová závislost), která může být vyplněna pohltivým materiálem.

V neoborné praxi jsou často zaměňovány zvuková izolace a zvuková pohltivost. Vysoce účinné pohltivé materiály mohou mít velmi malý zvukoizolační efekt.

Se snížením hmotnosti dělicích prvků stavby je spojeno zpravidla vždy snížení akustické kvality. Snahy o vylehčení stavby musí být doprovázeny použitím zvukoizolačně účinnější skladby (konstrukce) příček.

Laboratorní neprůzvučnost stavebních prvků je vždy vyšší než neprůzvučnost tzv. stavební, tj. měřená na hotových stavbách. (Rozdíly bývají obvykle 2 dB, avšak u oken např. až 5 dB). Je to způsobeno šířením hluku tzv. vedlejšími cestami, tj. netěsnostmi styků stavebních prvků, stavebními prvky sousedícími s posuzovanou příčkou aj. O neprůzvučnosti dělicího prvku rozhoduje jeho nejslabší článek; o neprůzvučnosti stěny s dveřmi tedy především dveře apod. Neprůzvučnost výrazně narušují netěsnosti, štěrbiny či otvory (např. průchod instalačních potrubí).

Při šíření konstrukcí jde o šíření zvukových vln pevnými částmi stavby, které jsou navzájem pevně (nepružně) spojeny. Požadavky na stropní konstrukce obsahují údaj o minimální tzv. kročejové neprůzvučnosti, která se týká schopnosti nepřenášet zvuky, způsobené chůzí po podlaze, posouváním nábytku, pády drobných předmětů apod. Potřebné kročejové neprůzvučnosti se dosahovalo tzv. plovoucími podlahami, kdy celá konstrukce podlahy byla pružně uložená na nosné

konstrukci stropu. Jiné řešení je v pružné úpravě našlápne vrstvy nebo v použití stropního podhledu.

Otázka zvuku, šířícího se konstrukcí není vyčerpána kročejovou neprůzvučností. Většina problémů vzniká při nesprávném projektovém řešení nebo stavebním provedení uložení hlučných zařízení v budově, jako např. strojoven výtahů, domovních kotelen, vodních čerpadel, ventilátorů, kompresorů, vodovodních rozvodů apod. Obecně je možno říci, že je třeba zabránit přímému styku vibrujících zařízení s konstrukcí budovy, že přímý styk je třeba nahradit pružným uložením, které nedovoluje přestup takového vlnění do stěn a stropů, jež by se jimi mohlo dále šířit.

### Absorpční materiály

Význam zvuk pohlcujících materiálů spočívá ve změnách akustických vlastností toho prostoru, v němž byly tyto materiály použity.

Zmenšením množství odražené akustické energie (k zmenšení opravdu účinnému může dojít, když bude zvolený pohltivý materiál odpovídat svými vlastnostmi frekvenčnímu složení působícího hluku) se zkrátí doba dozvuku a zmenší se oblast difúzního pole v daném prostoru. Je tedy použití zvuk pohlcujících materiálů užitečné tam, kde se jedná o snižování hluku na větší vzdálenosti od zdroje, nebo v prostoru, kde spolupůsobí řada zdrojů, kde jde spíše o střední a nižší hladiny, kde hluk vzniká hovorem lidí nebo jejich různorodou činností atd. V difúzním poli se sníží hladina hluku o cca 5 dB, jestliže pohltivost vzroste 3x. K snížení o 10 dB je třeba zvýšit pohltivost již 10x ; to je většinou už obtížné pro nemožnost instalovat další pohltivé plochy. Absorpční vlastnosti mají materiály vláknité, kanálkovité a komůrkovité. Zvláštním případem jsou rezonátory, což jsou např. perforované kazety, vyplněné případně ještě pohltivým materiálem.



### **2.5.3. ZVUKY VZNIKAJÍCÍ ČINNOSTÍ ČLOVĚKA**

#### **2.5.3.1. HLUK SILNIČNÍ AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY**

Silniční doprava se u nás vyznačuje rychlým růstem, předstihujícím dynamikou ostatní druhy doprav.

V městské hromadné dopravě je zaznamenán rovněž ustavičný vzestup počtu cestujících. Podíl tramvají na výkonech se vcelku nemění. Úloha trolejbusů se snižuje a celý přírůstek jde na konto růstu významu autobusů.

Automobily jsou zdroje mobilní, které jsou v provozu v kteroukoliv dobu, mají vysokou hlučnost jako jednotlivá vozidla a navíc jsou koncentrována na dopravní síti. Vzhledem k životnosti automobilu jsou opatření ke snížení hluku nově vyráběných vozidel účinná až po jejich naprostém převládnutí v dopravním proudu, tj. nejdříve za 10 let. Přitom obecné utišení všech automobilů o 3 dB by přineslo stejný efekt, jako kdyby se snížila hustota provozu na polovinu.

Hlavními příčinami hluku automobilů je:

- hluk pohonné jednotky, tvořený hlukem sil vznikajících ve spalovacím prostoru, hlukem vznikajícím při nasávání vzduchu, hlukem pohybujících se součástí, ovlivněným jejich nepřesností, nevyvážeností, a hlukem ventilátoru
- hluk výfukového systému, zejména při výstupu plynů z tlumiče do okolí. Za jízdy vozidla k tomu přistupuje
- hluk převodového a rozvodového ústrojí,
- aerodynamický hluk karosérie (obtékání automobilu vzduchem),
- hluk odvalování pneumatik po vozovce,
- u nákladních automobilů rázy od otřesů nezátížené korby a neupevněného nákladu při přejíždění nerovností vozovky.

Na hluku automobilu se podílí ještě další faktory, z nichž nejdůležitější jsou pneumatiky (druh, vzorek, huštění) a povrch vozovky.

Např. zavedení radiálních pneumatik přineslo při jízdě na dlažbě, nebo nerovné vozovce zvýšení hluku o 1,5-2 dB oproti diagonálním. Pneumatiky se zimním vzorkem jsou rovněž o cca 2 dB hlučnější než letní. U nákladních vozidel se uplatní výrazně vliv nerovností (kanalizační vpuste, poklopy šachet, příčné vedení kolejnice). Významný vliv má voda na vozovce. Na stejném typu povrchu může mokrá silnice vést ke zvýšení hlučnosti až o 9 dB.

Okamžitá hlučnost vozidla je dána u určitého druhu a typu zejména rychlostí jízdy, otáčkami motoru a výkonovým zatížením vozidla. Je vcelku zřejmé, že při jízdě do kopce nebo při jízdě vozidla s těžším nákladem vznikne více hluku. To platí pro všechna vozidla. Složitější je vztah hlučnosti k rychlosti vozidel. Zde jednak se uplatňuje režim řazení, z čehož vyplývá, že vozidlo jedoucí pomaleji na nižší rychlostní stupeň může být hlučnější, než když po přerazení na vyšší převod jede rychleji. Proto je při stanovení optimální rychlosti jízdy (např. povolení rychlosti jízdy okolo chráněných objektů) třeba přihlídnout k jízdním charakteristikám rozhodujících vozidel dopravního proudu. Druhý vliv je tvořen podílem hluku motoru a hluku pneumatik. Tam, kde je rozhodující podíl hluku z jízdy (pneumatiky + aerodynamika), je závislost na rychlosti větší. Proto má smysl z akustického hlediska snižovat rychlost proudu osobních aut ze 100 na 80 km.h<sup>-1</sup>, ale nemá význam snížení rychlosti proudu s výrazným podílem nákladních aut z 60 na 40 km.h<sup>-1</sup>.

## 2.6. ÚČINKY HLUKU NA LIDSKÝ ORGANISMUS

### Hluk (zvuk) podle působení třídíme na:

- Pásmo fyziologické      do 69 dB(A)
- Pásmo zátěže            70 - 94 dB(A)
- Pásmo poškození        95 - 119 dB(A)
- Pásmo hmatu            120 - 129 dB(A)
- Pásmo bolesti            130 dB(A) a více

Tabulka 2.6.1. Hladina intenzity zvuku pro různé činnosti

Zvuk	Hladina intenzity zvuku [dB]
Zvukový práh	0
Šelest listí	10
Šum listí	20
Pouliční hluk v tichém předměstí	30
Tlumený rozhovor	40
Normální pouliční hluk	50
Hlasitý rozhovor	60
Hluk na silně frekventovaných ulicích velkoměsta	70
Hluk v tunelech podzemních železnic	80
Hluk motorových vozidel	90
Maximální hluk motorky	100
Hlasité obráběcí stroje	110
Startující letadlo ve vzdálenosti 1 m	120
Hluk působící bolest	130

## Účinky hluku

a) specifické, kde mechanismus odpovědi závisí přímo na vlastnostech či změnách a poruchách ve sluchovém analyzátoru,

b) systémové, u nichž se rozhodujícím způsobem uplatňují změny funkce v jiných oddílech centrálního nervového systému (CNS) než ve sluchovém orgánu a sluchové oblasti kůry, ať už k přenosu informace došlo převážně po sluchové dráze, nebo nervovými spoji, které na jednotlivých úrovních odstupují do subkortikálních částí mozku.

Mezi specifické účinky zařazujeme:

- sluchovou adaptaci, sluchovou únavu a sluchovou ztrátu, tj. krátkodobé, dočasné nebo trvalé posuny sluchového prahu způsobené hlukem, a akustické trauma;
- poruchy ve srozumitelnosti a přenosu akustické informace, především periferní a centrální maskování užitečného signálu rušivým hlukem;
- poruchy rovnováhy, vzniklé přímým přenosem podráždění zvukovou vlnou na polokruhovitě kanálky statického ústrojí.

U systémových účinků můžeme rozlišovat ovlivnění jednotlivých funkcí a systémů organismu:

- neurohumorální regulace, prokazatelné změnami v hladinách hormonů a jejich metabolitů, v úrovni imunitních procesů,
- neurovegetativní regulace, s důsledky zejména v tlakových poměrech v krevním řečišti, motilitě zažívacích orgánů, ovlivnění placenty, zvýšení svalového tonusu;
- biochemických reakcí, např. hospodaření s hořčíkem a vápníkem;

- regulace procesu podráždění a útlumu v CNS, projevující se změnami v usínání a délce i kvalitě spánku a v pohotovosti obranných a jiných reflexů;
- průběhu nejvyšších nervových funkcí, zahrnujících proces učení a zapamatování, využívání zásob paměti a průběh tvůrčích činností;
- ovlivnění motorických a smyslově motorických funkcí, např. pohybové koordinace, přesnosti zrakových prostorových i barevných vjemů s ergonomickými následky.

Systémové účinky se projevují též v komplexní podobě, kdy můžeme mluvit o určitém zvláštním stavu ovlivnění organismu:

- v podobě celkové nepřiměřené zátěže podněty, projevující se unavitelností, sníženou výkonností a nespecifickými somatickými příznaky;
- v podobě poruch emocionální rovnováhy, charakterizované rozmrzelostí a zranitelností psychickou zátěží;
- v podobě poruch sociální interakce, např. schopnosti kooperativního chování;
- v podobě nemoci, u níž působení hluku mohlo představovat specifický nebo i nespecifický mechanismus spuštění či urychlení patogenetického děje.

Bylo by chybou nepřipomenout pozitivní účinky sluchových vjemů: je to především informační zisk (někteří autoři soudí, že vlastně veškeré zvuky, které nemají informační hodnotu, jsou hlukem), včetně vnímání estetických zvukových zážitků, dále aktivizace CNS, vliv rytmizovaných zvuků na usnadnění určitých fyzických činností, vliv hluku na vznik endorfinů (působků s morfinovým účinkem, které se tvoří v mozkové tkáni), audioanalgezie a možnost využívat indiferentního zvuku jako akustické clony za účelem soustředění pozornosti.

## **2.6.2. SPECIFICKÉ ÚČINKY HLUKU**

### **2.6.2.1. VLIV HLUKU NA SLUCH**

Změny způsobené silnými zvuky na smyslových a nervových buňkách Cortiho orgánu jsou zpočátku vratné (reverzibilní), označují se jako sluchová únava a projevují se dočasným zvýšením sluchového prahu. Zotavení ze sluchové únavy trvá několik minut, hodin i dnů.

Při dlouhodobém a opakovaném působení nebo při přetížení zvukovou stimulací se změny stávají nevratnými (ireverzibilními), protože buňky ztrácejí svou vzrušivost a zanikají. Zánik smyslových buněk se velmi urychluje, jestliže je hluk kombinován ještě s dalšími vlivy - např. toxickými látkami, se změnami cévními a vibracemi. Buňky nejsou schopné regenerace, tzn. že jsou nenahraditelné. K zániku buněk dochází také fyziologicky během života člověka a s přibývajícím věkem dochází ke snižování ostrosti sluchové.

Škodlivost působení hluku na sluch je závislá na obou základních fyzikálních parametrech, tj. hladině intenzity hluku, frekvenčním složení a časových parametrech, zvláště nástupu, odeznění, opakování a trvání zvuku. Pro poškození sluchu je pravděpodobně rozhodující hladina intenzity hluku a délka hlukové expozice. Hluk vysokých hladin a frekvencí byl na základě těchto zjištění označen pro riziková hlučná pracoviště za profesionální škodlivinu a prokázané poškození sluchu průmyslovým hlukem se hodnotí a odškodňuje jako nemoc z povolání. Zvláštní postavení mají hluky impulsní a exploze. Jsou schopny vyvolat přímé poranění svým bezprostředně nastupujícím maximem zvukového tlaku a jeho stejně prudkým poklesem - zvláště u třesku a výstřelu. Toto nebezpečí je u všech tlakových hodnot přes 130 dB. Kromě poranění bubínku a kůstek může dojít též k poranění blanitého labyrintu přímou mechanickou silou působící v hladinách labyrintu - hlemýždě. Takový úraz se nazývá akustické trauma. Přechodem od třesku k účinku pouze

na hlemýžd' jsou exploze. U nich je hlukovým dějem (tlakovým výkyvem) ohrožen jak bubínek, tak i hlemýžd'.

U hluku stálého, přerušovaného a kolísavého je rozhodující jeho hladina a trvání, ev. spektrální složení a významný vliv má energetický integrál.

Kromě fyzikálních parametrů je poškození sluchu závislé na faktorech endogenních, tj. na zděděných vlastnostech jedince a na individuální citlivosti (vnímavosti) vůči hluku, psychogenních faktorech, celkové životosprávě, režimu práce a odpočinku, celkové délce hlukové expozice, na zdravotním stavu atd.

Důležitým úkazem je maskování nebo sluchové překrývání. Je-li sluchový orgán zatížen současně dvěma zvuky, může podráždění jedním z nich potlačit nebo alespoň oslabit vjem zvuku druhého. Podrobněji o maskování pojednává samostatná kapitola.

Při zatížení sluchového analyzátoru zvukem dochází ke vzniku adaptačních jevů, které se projevují snížením citlivosti sluchu. Pod obrazem návyku (přizpůsobení), může být škodlivé působení zastřené a pomalu vznikající chorobné změny mohou zůstat dlouho nepoznané. Rozdíl mezi adaptací a únavou je ve stupni trvání změn.

Adaptace je rychle vznikající a mizející přizpůsobení citlivosti sluchového orgánu na sluchový podnět. Podle návaznosti na působící hluk dělíme adaptaci na perstimulační a poststimulační. Perstimulační adaptace nastává během trvání hlukového podnětu a projevuje se subjektivním snížením hlasitosti zvuku. Poststimulační adaptace se projevuje zvýšením zvukového prahu pro zatěžující zvuk a přetrvává i jeho znění. Trvá velmi krátce a závisí na intenzitě zatěžujícího zvuku.

Déle trvající zvýšení sluchového prahu po předchozím zatěžování intenzivním zvukem nazýváme sluchovou únavou. Perstimulační adaptace i krátkodobá či dlouhodobá poststimulační únava probíhají pod obrazem kochleárního postižení, tj. podobají se projevy poruše vláskových buněk.

Při únavě spojitým spektrem zvuku závisí sluchová ztráta na jeho spektrální skladbě. Většina průmyslových hluků je charakterizována neperiodickým zvukem, který se vyznačuje spojitým rozložením akustické energie v širokém pásmu kmitočtu.

### Poruchy sluchu

Dělí se podle místa poškození ve sluchovém ústrojí na převodní a percepční.

Převodní poruchy sluchu – charakteristická je větší ztráta v hlubokých tónech než vysokých. Během postupu poruchy dochází většinou k vyrovnání ztráty sluchu pro všechny frekvence. Protože funkce vnitřního ucha zůstává zachována, nevzniká při čisté převodní vadě nikdy úplná hluchota. Ztráta se dá dobře kompenzovat, např. zesílením zvuku sluchadlem.

Percepční periferní poruchy sluchu - charakteristická je ztráta slyšení slabých zvuků a rychlejší narůstání vjemu hlasitosti. Postihuje nejdříve hluboké tóny a pak vysoké, nakonec největší následky zůstávají ve vysokých tónech. Změny vnímání hluku jsou kvantitativní, ale i kvalitativní. Vnímání hlasitosti zvuků se stává neúměrné a je i porucha v rozlišování výšky zvuků. Proto tato porucha se obtížně vyrovnává pomocí sluchadel.

Percepční centrální poruchy - lze rozdělit na poruchy v nervu a centrech, základním znakem je relativně dobrá sluchová ostrost pro tóny, ale je silně postiženo rozlišování zvuků a chápání jejich významu.

### Poškození výbuchem

Pro výbuch je typická výška tlaková, ale zejména doba trvání první tlakové vlny, která poškozuje struktury převodního systému - bubínek, sluchové kůstky a vnitřní ucho. Příznaky odpovídají rozsahu poškození jednotlivých struktur, bolest, krvácení, pocit zalehnutí, nedoslýchavost až hluchota, šelesty a i závrať. Kromě organických změn se objevují i psychogenní poruchy.



### Poškození třeskem

Akutní sluchové trauma - vzniká působením nadměrně silného náhlého zvuku (střelné zbraně), nebo náhlým impulsním hlukem (pneumatické nástroje) z bezprostřední blízkosti. U třesku se uplatňuje účinek tlaku na středním uchu, ale i ve vnitřním uchu, kde dochází k poškození řady struktur, zejména však jsou postiženy vláskové buňky Cortiho orgánu. Příznaky jsou rozmanité - např. pocit zahušení, zalehnutí ucha, pískání v uchu až nedoslýchavost. Lehké postižení se může upravit po několika hodinách až dnech. Při těžkém postižení je porucha výrazná, dlouhodobě přetrvávají ušní šelesty a pocity nestability. K ustálení stavu dochází až po několika měsících a restituce je nejistá.

### Opakované a dlouhodobé působení hluku

U dlouhodobého a opakovaného působení hluku na sluch a zejména při posuzování, zda se jedná o nemoc z povolání či nikoliv, je nutné znát pracovní prostředí. Stejně důležitá je expoziční doba - čas, po který je pracovník vystaven riziku nadměrného hluku.

Podstatou změn při sluchové poruše je zánik vláskových buněk v hlemýždi, přesněji v Cortiho orgánu z funkčního přetížení.

Příznaky jsou zalehlost v uchu, ušní šelesty, bolesti hlavy, nespavost, bušení srdce i závratě. V posledním stadiu to může být těžká nedoslýchavost a i praktická hluchota.

### Maskování

Tento jev probíhá v sluchovém analyzátoru, při současném poslechu dvou zvuků. Silnější z těchto zvuků - maskující - převládne a potlačí slabší - maskovaný. Tento děj se odehrává ve smyslových buňkách a nervových vláknech. Účinkem silného zvuku jsou tyto nervové elementy ve stavu podráždění, v refrakterní nebo relativní refrakterní fázi, a nemohou přijímat další zvukový podnět. Podle síly zvuku rozhoduje

o účinnosti tohoto děje počet podrážděných buněk a podle jeho frekvenčního složení je zasyčena příslušná oblast na bazilární membráně v hlemýždi. Přijde-li další zvuk téhož složení, měl by podráždit stejnou oblast. Pokud bude slabší, nebude vnímán. Silnější zvuk bude vnímán jen tehdy, podráždí-li větší oblast než původní.

### **2.6.3. SYSTÉMOVÉ ÚČINKY HLUKU**

#### **2.6.3.1. VLIV HLUKU NA VEGETATIVNÍ FUNKCE A SRDEČNĚ – CÉVNÍ SYSTÉM**

Toto působení nevyplývá z hluku jako takového, z jeho fyzikální podstaty, ale z emocionálního doprovodu, úleku, strachu či rozmrzelosti a podráždění. Důvody emocionální reakce jsou buďto v tom, že se člověk domnívá, že může být zdrojem hluku nějak přímo či nepřímo ohrožen, nebo v tom, že hluk interferuje s jeho žádoucím fyziologickým či psychologickým chováním.

Poplachová a orientační reakce je přitom rychle habituována. Člověk si na hluk zvykne, jakmile se zvuk, který ho způsobuje, stane obvyklým běžným hlukem. Odpovědi, které v organismu způsobila poplachová a orientační reakce, jsou v mezích běžné fyziologické reaktivity organismu.

Reakce na hluk není touto školou popírána. Reakci na hluk vyvolají náhlé a nečekané hluky. Odpověď v somatické oblasti u člověka i u zvířete může vyvolat řadu změn: změny oběhových poměrů pokud jde o krevní tlak, objem a rozdělení proudící krve, tepové frekvence, motility žaludku a střev, vnitřní sekrece a změny v imunitním systému a v jiných nervových a tělesných funkcích. Jsou to reakce, typické pro stresovou odpověď a fyziologicky je nelze odlišit od emoční odpovědi na úlek.

Jestliže ale hluková expozice pokračuje, adaptuje se člověk a převážně zvíře více méně úplně na novou situaci, jak to ukazuje např. vymizení zvýšeného svalového tonusu aj.

#### 2.6.3.2. VLIV HLUKU NA METABOLISMUS

Zřetelný vzestup hladiny krevního cukru a hladiny inzulínu po působení dopravního hluku zjišťujeme zejména u pacientů s koronárními a metabolickými potížemi. U těchto skupin pokusných osob byly zaznamenána zvýšení celkových lipidů a cholesterolu a snížení triglyceridů, při současném zvětšení rozptylu hodnot.

Také hladiny elektrolytů v séru a v moči se mění vlivem hluku. Jsou známy změny sodíku, draslíku, vápníku.

Největší pozornost na sebe váží změny hořčíkového metabolismu. Pod vlivem hluku je mobilizován intracelulární hořčík a vyplavován do krevního séra, částečně náhradou za přijímaný vápník.

#### 2.6.3.3. VLIV HLUKU NA VNITŘNÍ SEKRECI

Je pravděpodobné, že převaha sekrece epinefrinu nebo norepinefrinu záleží od specifického mechanismu účinku, kterým se od sebe liší hluk s emocionálním působením a hluk „habituální“, např. běžný pracovní hluk; u emočního hluku je to osa: zvuk - CNS - nadledvina - epinfrin v krvi - vzestup tepu, u habituálního hluku jde o zvuk - CNS - synaptická rezerva katecholaminů - norepinefrin - vzestup periferního odporu.

#### 2.6.3.4. VLIV HLUKU NA SPÁNEK

Působení hluku na usínání a kvalitu i délku spánku patří k nejzávažnějším i nejnázornějším systémovým účinkům. V rušení spánku hlukem se setkávají jak fyziologické, tak psychologické aspekty působení hluku, a rušivost jako subjektivní kategorie je zde objektivizována možností relativně přesně hodnotit poruchy spánku pomocí elektrofyziologických a jiných vyšetření.

S narůstajícími hladinami hluku v životním prostředí, vzrůstá počet osob, které nemají pro spánek z akustického hlediska optimální podmínky. Spánek je považován za aktivní zotavovací proces, probíhající v nervové soustavě. Spánek má význam pro obnovu pracovní schopnosti, zejména ústřední nervové soustavy a je pro organismus naprostou nutností. Při úplném nedostatku spánku dochází velmi rychle k hlubokým poruchám funkcí organismu. Jinak ale délka spánku kolísá jak individuálně, tak v důsledku určité životní situace v širokých mezích, a zkrácení spánku, ke kterému dochází krátkodobě v důsledku vnějších příčin, je u zdravého člověka dalekosáhle kompenzováno. Navíc platí, že čím je větší spánkový deficit, tím snadnější je nástup spánku a tím větší jeho odolnost vůči akustickým i jiným podnětům.

U pokusných osob se při změně hladiny hluku prostředí z 35 dB na 50 dB doba usínání zvýšila trojnásobně. Při stejné změně prostředí se délka periody klidného spánku zkrátila na polovinu a koeficient pohybové aktivity vzrostl až čtyřikrát.

Zdravotně jsou zajímavé primární i následné reakce. Primární reakce vedou pod vlivem hluku k změně hloubky spánku, přesunu ve stádiích spánku nebo k probuzení (které může být, je-li zcela krátké, nevědomé). Probuzení, které si spáček uvědomí, může být spojeno s potížemi s opětovným usnutím a s rozmrzelostí z přerušovaného, zkráceného spánku, který je často hodnocen subjektivně jako nedostatečný a méně kvalitní.

Následné reakce, které by měly být pozorovány v den po narušené noci nebo později, se mohou projevat jako snížení pozornosti a výkonnosti, nejružnější funkční změny nebo onemocnění.

#### 2.6.3.5. VLIV HLUKU NA SMYSLOVÉ VNÍMÁNÍ

Existuje řada důkazů o tom, že sluchem přijaté signály jsou účinnější než podráždění, zprostředkované jinými analyzátory. Při vypracování podmíněných reflexů byly všechny signály se zvukovou složkou účinnější než podněty, ve kterých zvuková složka zastoupena nebyla. Širokopásmový hluk je účinnějším podnětem než tón, což platí i pro odpověď evokovaného potenciálu mozku. Reakční doba na audiovizuální podnět je kratší než na samotné vizuální podráždění.

Ovlivnění činnosti jiných analyzátorů hlukem bylo sledováno zejména u zraku. Ani velmi intenzivní hluk nezhoršuje adaptaci oka na tmou, či odhad vzdálenosti. Pod vlivem hluku však dochází k omezení pozornosti k podnětům, nacházejícím se na periférii zorného pole. Osoby zvyklé na hlučné prostředí mají v tichu tendenci pociťovat časový interval jako kratší, což se u osob z tichého obytného prostředí nevyskytuje.

#### 2.6.3.6. VLIV HLUKU NA JEDNODUCHÉ MOTORICKÉ PROJEVY

Je známo, že působení náhlého hluku vede k zvýšení svalového tonusu. Zdá se však, že zvýšená svalová aktivita provází působení hluku dlouhodobě a dokonce přetrvává po skončení podnětu. Skutečnost, že pohybová koordinace může být narušena hlukem, je běžně uznávána ve sportu (např. tenis, skok vysoký). Avšak poruchy rovnováhy a pocity závratí, popisované u osob pracujících v extrémních hladinách hluku (okolo 120 dB a více) jsou pravděpodobně spíše důsledkem podráždění labyrintu.

#### 2.6.3.7. VLIV HLUKU NA SLOŽITÉ SENZOMOTORICKÉ ČINNOSTI A NA VÝKONNOST

Náhlé a neobvyklé hluky působí na složitější činnosti nepříznivě, protože se uplatňuje orientační nebo úleková reakce, interferující s úkolem. U trvalého hluku trpí spíše kvalita než kvantita výkonu u úkolů, vyžadujících pozornost a intelektuální práci. Účinek hluku u lehčích úloh

vymizí, u těžších přetrvává. Tam, kde se vyžaduje pro úspěšné splnění úlohy trvalá a soustředěná pozornost, je zhoršení markantnější.

Negativní účinky závisejí na řadě osobních charakteristik; přesto je možno říci, že hlukem jsou poškozovány činnosti složitější, závislejší na kontinuální pozornosti, činnosti spojené s tvůrčí duševní prací, vštěpováním, vybavováním poznatků, s tvorbou koncepcí, pracovních strategií atd. Odolnost vůči rušivým účinkům hluku zvyšuje motivace; běžný stupeň motivace působí po určitou dobu, intenzivní motivace může mít i trvalý efekt. I tam, kde hluk nepůsobí negativně na výkon, představuje zátěž; jestliže se díky mobilizaci vnitřních rezerv organismu výkon ustálil na příslušné úrovni, děje se tak za cenu úsilí, které je dnes možno již (např. biochemicky) analyzovat. Z hygienického hlediska můžeme za zátěž považovat hluk tehdy, jestliže i při zachovaném výkonu je hlučné prostředí vnímáno subjektivně nepříjemně.

#### 2.6.3.8. VLIV HLUKU NA SOCIÁLNÍ CHOVÁNÍ

Jde zejména o to, zda v hlučném prostředí nebo následně, po působení hluku, není ovlivněna vnímavost jedné osoby k situaci druhé osoby, ohleduplnost, ochota poskytnout pomoc, schopnost spolupracovat a další složky sociální interakce.

Lidé s předchozí hlukovou expozicí jsou méně ochotni splnit zdarma dodatečný úkol, přesahující původně dohodnutou a odměněnou spolupráci. Osoby provádějící kancelářskou práci v hluku byly přísnější k chybám spolupracovníků a navrhovaly nižší nástupní platy než ti, kteří tutéž práci prováděli v tichu. Práce prováděná ve skupině byla hodnocena jako lépe organizovaná a spolupracovníci jako výkonnější a žádoucí, jestliže se odehrávala v tichém prostředí, ve srovnání s obdobným úkolem, vykonaným v hluku.

#### 2.6.3.9. VLIV HLUKU NA VÝSKYT NEMOCÍ

U citlivých osob dlouhodobě vystavovaných nadměrnému hluku vyšších intenzit se objevuje soubor příznaků, který kromě snížení sluchové ostrosti zahrnuje zejména bolest hlavy, unavitelnost, snížení svalové síly, žaludeční potíže, nechutenství, poruchy rovnováhy a poruchy spánku. Objektivně se vedle sluchové ztráty naleznou změny v úrovni krevního tlaku, je hyperreflexie, pozitivní Chvostkův příznak, změny v krevním obrazu apod.

#### 2.6.3.10. DÍTĚ A HLUK

Děti a mládež mají rádi hluk. Vyhledávají jej, s požitkem jej vyrábějí a konzumují. Hluk je důležitou součástí jejich her, křik je sociálním organizátorem. Snad proto se mnohdy stavíme k narůstající hlukové expozici u mladé generace s bezstarostnou představou, že si mladí sami vyrobí tolik hluku, že vedle toho ostatní zdroje ztrácejí význam. Považujeme toto stanovisko za neudržitelné a jsme přesvědčeni, že ochrana dětí a mladistvých před hlukem si zasluhuje pozornost.

Děti reagují na hluk odchylně než dospělí; vcelku lze říci, že reagují méně výrazně: budí se později a při vyšších hladinách, práh vegetativních reakcí je vyšší, periferní vazokonstrikce nastupuje později, při vyšších hladinách a za použití širšího pásma kmitočtů a vymizí často ještě za trvání zvukového podnětu. Už od nejútlejšího věku dochází ale k degeneraci vnějších i vnitřních vláskových buněk Cortiho orgánu, urychlované působením ototoxických látek a vysokých hladin hluku. Uznává se, že vůči hluku je vyvíjející se organismus citlivější, že sluch mládeže je třeba chránit více než u dospělých.

#### 2.6.3.11. NEMOCNÝ ČLOVĚK A HLUK

Klid a ticho patří k základním požadavkům léčebného režimu. Potřeba ochrany před zbytečným podrážděním platí ve zvýšené míře pro akustické podněty, které mají vedle fyzikálních vlastností často významný informační obsah, usnadňující jejich aktivační účinek ve vegetativní a psychické oblasti.

Vedle obecně vyšší citlivosti oslabeného nemocného organismu, způsobené nižší tolerancí k zátěži, musíme počítat s vyšší potřebou spánku, o jehož bezprostředním léčebném účinku na řadu onemocnění není pochyb. Vytvoření podmínek pro nerušený hluboký spánek po dobu alespoň 9 nočních hodin a 2 odpoledních hodin musí být v denním pořádku zabezpečeno. Nutno pamatovat, že rušení hlukem je ve spánku provázeno výraznější vegetativní odpovědí, které nastupuje při hladinách o 15 dB nižších než při bdění [1].

### 2.7. PREVENCE A OCHRANA PŘED HLUKEM

Nadměrný hluk je škodlivina, na kterou se člověk nemůže adaptovat. Ztoho důvodu jsou nejúčinnějším způsobem ochrany opatření, aby lidé byli vystaveni hluku v co nejmenší možné míře, zejména aby nebyly překračovány nejvyšší přípustné hodnoty, stanovené příslušnými předpisy.

Toho je možné dosáhnout pěti základními způsoby:

1. odstranění zdrojů hluku nebo podstatné snížení vyvolávaného hluku (tzn. nekonstruovat a nepoužívat stroje a zařízení s přílišnou hlučností, bránit šíření hluku a chvění pružným uložením, užívat antivibračních nátěrů). Nejlepším způsobem je inovace hlučného zařízení méně hlučným.
2. uzavření zdroje hluku vhodným krytem, např. obezdění kompresoru, vytvoření příčky apod.
3. oddělení exponovaného pracovníka od zdroje



4. omezení délky hlukové expozice, zařazení klidových přestávek pro odpočinek v nehlukném prostředí nebo střídání pracovníků v hlučném a nehlukném prostředí.
5. používání vhodných osobních ochranných pomůcek (vatové chrániče uší, rezonanční chrániče, sluchátkové chrániče, protihlukové kukly a přilby). Užívání těchto pomůcek by nikdy nemělo být konečným řešením, to hledáme ve snižování hlučnosti výše popsány způsoby.

## 2.8. MĚŘENÍ HLUKU

Metodika měření hluku musí být zvolena s ohledem na typ a účel požadovaného hodnocení akustické situace, s ohledem na požadovanou přesnost měření a následného hodnocení akustické situace, s ohledem na povahu (časový průběh) a kmitočtové složení hluku, resp. akustického signálu, s ohledem na dobu trvání hluku, s ohledem na místo měření, resp. hodnocení, tj. jedná-li se o venkovní prostor či o prostor uvnitř budov, s ohledem na fyzikální vlastnosti měřeného prostředí (kromě topografických vlastností determinují použitou metodu i fyzikální vlastnosti prostředí, např. rychlost proudění vzduchu, resp. větru, použitelnost měřicí techniky s ohledem na prašnost, teplotu, vibrace, elektrostatické pole, elektromagnetické pole apod. v měřeném místě).

### 2.8.1. ZVUKOMĚRY

Základním článkem každého zvukoměrného zařízení je měřicí mikrofón, který mění fyzikální veličinu akustického tlaku na elektrický signál. Výstupní elektrický signál z mikrofónu bývá upravován bezprostředně za mikrofónem pomocí polovodičového předzesilovače tak, aby mohl být prostřednictvím mikrofónního kabelu přiveden na vzdálené

hlukoměrné zařízení, které elektrický signál zpracovává, analyzuje, vyhodnocuje a také i registruje.

Elektrický signál, v místě mikrofonu, je ve zvukoměru upravován elektrickými obvody. Rozsah vstupních elektrických napětí je značný vzhledem k dynamice měřeného akustického tlaku a proto je prakticky vždy nutné provést zesílení signálu a jeho regulaci ve dvou stupních, aby nedošlo k přebuzení elektronických prvků a tudíž ke zkreslení signálu. Tím, že měřený akustický tlak převádíme na měření elektrického signálu, jedná se vždy o měření nepřímé, z čehož vyplývají přesně definované požadavky na vlastnosti jednotlivých prvků měřicího řetězce [1].

### **3. CÍL PRÁCE**

**Cílem této bakalářské práce je pomocí měřicí techniky (zvukoměru) změřit velikost hluku vznikající provozem zemědělské techniky pracující na polích a vyhodnotit tuto hlukovou zátěž pro lidská sídla. Provést měření hlukové hladiny pro různá stanoviště. Naměřené hodnoty porovnat s legislativními a hygienickými normami. Pokud bude naměřená hladina hluku překračovat maximální přípustné limity dané vyhláškou, zjistit o kolik a po jakou dobu působení tohoto hluku jsou vystavena lidská sídla a zejména lidé v nich.**

## **4. METODIKA**

### **4.1. POPIS POUŽITÉ MĚŘÍCÍ APARATURY**

Měření bylo provedeno za pomoci impulsivního zvukoměru, který patří Katedře zemědělské techniky, Zemědělské fakulty, Jihočeské university v Českých Budějovicích. Měřicí aparatura se skládá z kondenzátorového mikrofону, zvukoměru, zesilovače, převodníku (digitizer) a přenosného počítače (notebook).

Kalibraci zvukoměru provedl Český metrologický institut 30.5.2006.

#### **Mikrofon**

Kondenzátorový mikrofon je typu MK 102.

#### **Zvukoměr**

Zvukoměr nese typové označení 00023. Byl vyroben německou firmou Robotron.

#### **Zesilovač**

K zesilovač dale patří předzesilovač typu MV 102, pásmové filtry, hladinový zapisovač a měřidlo.

#### **Převodník**

Převodník slouží ke spojení zvukoměru s počítačem. Převodník má za úkol převést vstupní data ze zesilovače na data používaná počítačem. Jako napájecí zdroj slouží dvě čtveřice tužkových článků (typu R6).

### Přenosný počítač

Přenosný počítač je Siemens Nixdorf, PSD 3Nsx/20, 200 MHz.  
Naměřená data jsou ukládána do textového souboru.

**Foto 4.1.1. Použitá měřící aparatura**



### Teploměr

Teploměru bylo zapotřebí k zjištění teploty vzduchu při měření.  
Byl použit digitální teploměr TESTO 110 od firmy Fischer Scientific.  
Rozsah teploměru je  $-50^{\circ}\text{C}$  až  $+150^{\circ}\text{C}$ . Přesnost je  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (při  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $+80^{\circ}\text{C}$ ).

## 4.2. POSTUP MĚŘENÍ HLUKU

Před měřením, je nejprve nutné propojit jednotlivé části měřící aparaturu pomocí kabelů. Poté je nutná kontrola funkčnosti jednotlivých prvků a baterií zdroje. Dále se provádí kalibrace zvukoměru, popřípadě dokalibrování pomocí kalibračního šroubu. Váhový filtr se nastaví do polohy „A“. Poté je zapotřebí nastavit rozsah měření v dB. Nastavení kmitočtu filtru bylo provedeno na hodnotu 8 kHz. Nutné je nastavit mikrofon do příslušné výšky (v mém případě byla výška 150 centimetrů). Mikrofon byl kolmo k měřenému stroji. Poté se spustí program v přenosném počítači. Do programu se zadává délka měření (mnou zvolená délka byla 60 sekund), počet měření za sekundu ( zvolil jsem 3 měření za sekundu). Po ukončení měření se výsledky uloží do přenosného počítače.

## 4.3. POSTUP ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT

Pro zpracování naměřených hodnot byl použit počítač. Pomocí diskety byla přenesena data do mého počítače. K další úpravě dat byl použit program Microsoft Office Word 2003 a program Microsoft Office Excel 2003 pro vytvoření grafů z každého měření.

### Použité vzorce

$$\text{Aritmetický průměr: } \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$x_1, x_2 \dots x_N$  – hodnota

$N$  – počet hodnot

**Ekvivalentní trvalá hladina hluku:**

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

$$L_{aeq} = L_{pa} + 0,115 \cdot s$$

**$L_{pa}$ ...průměrná hodnota hluku [dB]**

**$s$ ...směrodatná odchylka [dB]**

**Směrodatná odchylka:  $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{x})^2}$**

**$n$ ...počet hodnot**

**$L_i$ ...suma všech hodnot**

**$\bar{x}$ ...aritmetický průměr hodnot**

**Hlukové limity [7]**

**Nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku pro osmihodinovou pracovní dobu je 85 dB.**

**Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB.**

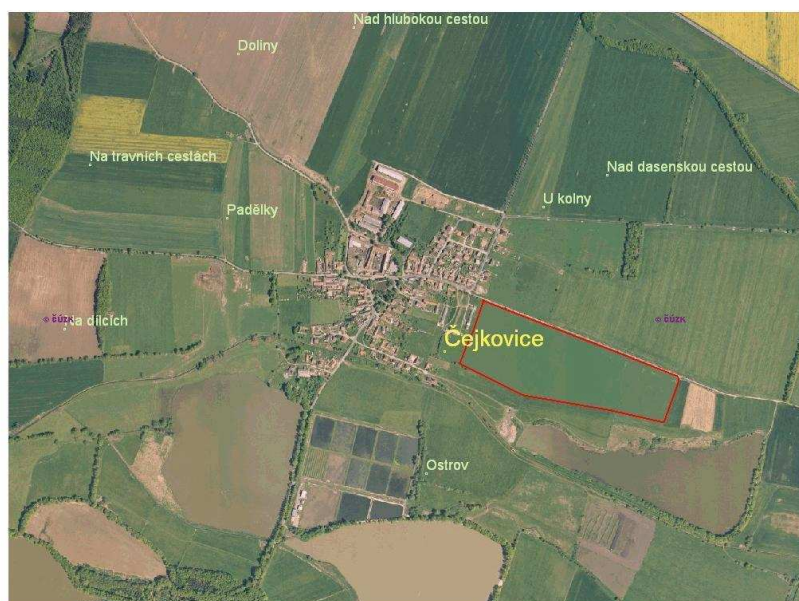
**Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB.**

## 4.4. MÍSTA MĚŘENÍ HLUKU

### a) Čejkovice

První místo měření bylo nedaleko Českých Budějovic, v Čejkovicích. Na louce (foto 4.4.1. - louka ohraničená červenou barvou) byla měřena pracovní operace – sběr trvalého travního porostu (TTP). Měření bylo prováděno na čtyřech stanovištích.

Foto 4.4.1. Louka u Čejkovic



### Specifikace pracovní operace na louce v Čejkovicích:

Sběr TTP byl prováděn z řádků pomocí řezačky JOHN DEERE 6810, jako odvozný prostředek TTP sloužil nákladní automobil TATRA 815. Sběr TTP trval 4 hodiny a 30 minut.



## **b) Chatová oblast Dehtáře**

Druhé měření bylo prováděno v chatové oblasti Dehtáře nedaleko Českých Budějovic. Na poli (foto 4.4.2. – pole ohraničené červenou barvou) byla měřena pracovní operace – sklizeň kukuřice na zrno. Měření bylo prováděno na dvou stanovištích.

Foto 4.4.2. Pole v chatové oblasti Dehtáře



### **Specifikace pracovní operace na poli v chatové oblasti Dehtáře:**

Ke sklizni byla použita sklízecí mlátička CASE 2388 Axial flow, typ MS/SC600. Jako odvozný prostředek sloužil nákladní automobil LIAZ 251.261 S3. Sklizeň kukuřice na zrno trvala 8 hodin.

## **5. NAMĚŘENÉ HODNOTY**

### **5.1. MĚŘENÍ HLUKU NA LOUCE U ČEJKOVIC**

#### **5.1.1. PODMÍNKY PŘI MĚŘENÍ**

**Datum: 8.10.2007**

**Čas měření: od 12 do 15 hod.**

**Teplota:  $\varnothing$  25,5°C**

**Rychlost větru: 2 m.s<sup>-1</sup>**

**Směr větru: západní**

**Počet stanovišť: 4**

Při každém měření byl mikrofon umístěn do výšky 150cm. Při měření byl mikrofon v neměnné poloze. Teplota vzduchu byla měřena ve stejné výšce (150cm), co nejbližší mikrofonu, před začátkem měření a po skončení měření. Z hodnot teploty vzduchu byl podle vzorce (kapitola 4.3.) vypočítán aritmetický průměr. Na měření vzdáleností byl použit pásový metr („pásmo“) a dvě tyče. Rychlost větru byla změřena miskovým anemometrem, směr větru byl změřen papírovou vlaječkou a kompasem.

#### **Použité značky:**

- Poloha stanoviště
- , ● Směr pohybu měřeného stroje

## 5.1.2. STANOVIŠTĚ 1

Stanoviště bylo 11m od silnice a 337m od západního rohu louky.

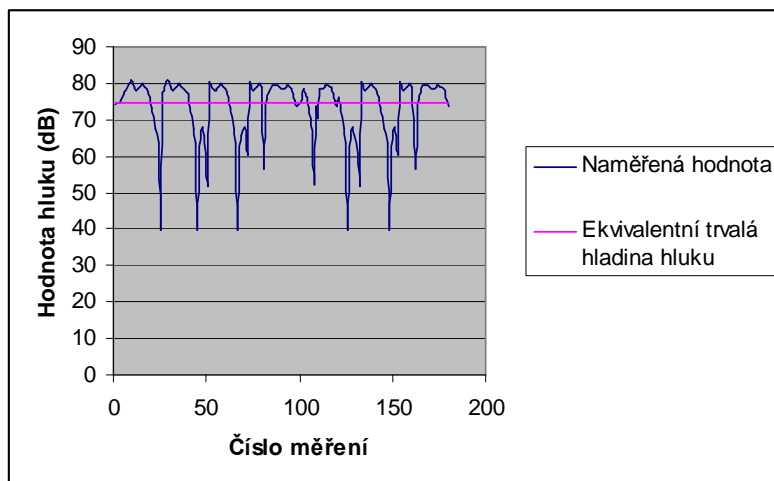
### 5.1.2.1. MĚŘENÍ 1

Při tomto měření byl umístěn mikrofon 8m kolmo ke stroji, stroj se pohyboval při práci směrem vlevo (graf 5.1.2.1.2.).

Foto 5.1.2.1.1. Měření 1



Graf 5.1.2.1.2. Měření 1 – vzdálenost mikrofonu 8m od stroje při práci.



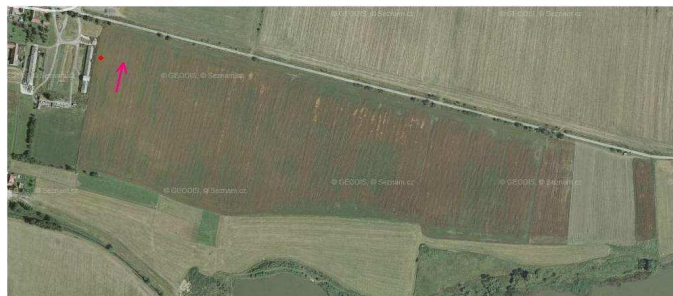
### 5.1.3. STANOVIŠTĚ 2

Toto stanoviště bylo 50m od silnice a 12m od stavby.

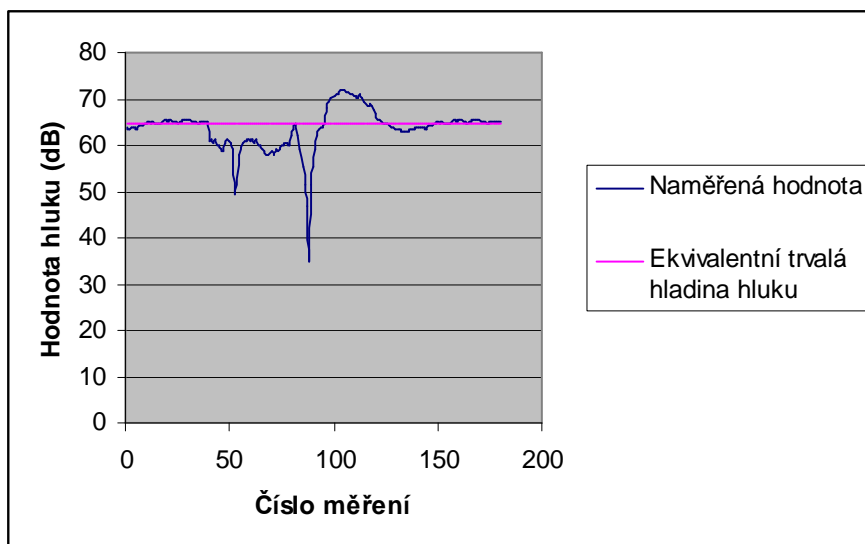
#### 5.1.3.1. MĚŘENÍ 2

Při tomto měření byl mikrofon umístěn ve vzdálenosti 50m kolmo od stroje (graf 5.1.3.1.2.), stroj pracoval.

Foto 5.1.3.1.1. Měření 2



Graf 5.1.3.1.2. Měření 2 - vzdálenost mikrofону byla 50m od stroje při práci.



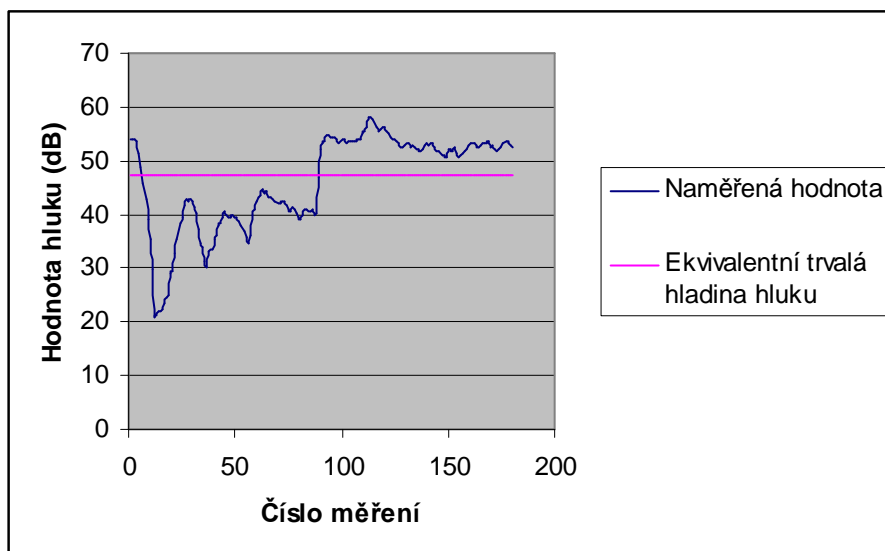
### 5.1.3.2. MĚŘENÍ 3

V tomto měření byla vzdálenost mezi mikrofonem a strojem 165m (graf 5.1.3.2.2.), stroj pracoval.

Foto 5.1.3.2.1. Měření 3



Graf 5.1.3.2.2. Měření 3 - vzdálenost mikrofonu od stroje při práci činila 165m.



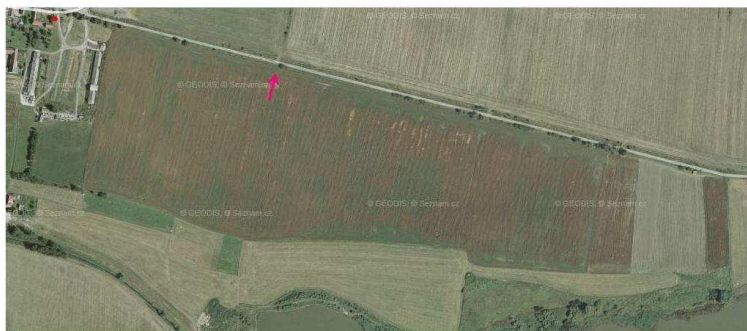
### 5.1.4. STANOVIŠTĚ 3

Stanoviště bylo 3m od budovy a 11m od silnice.

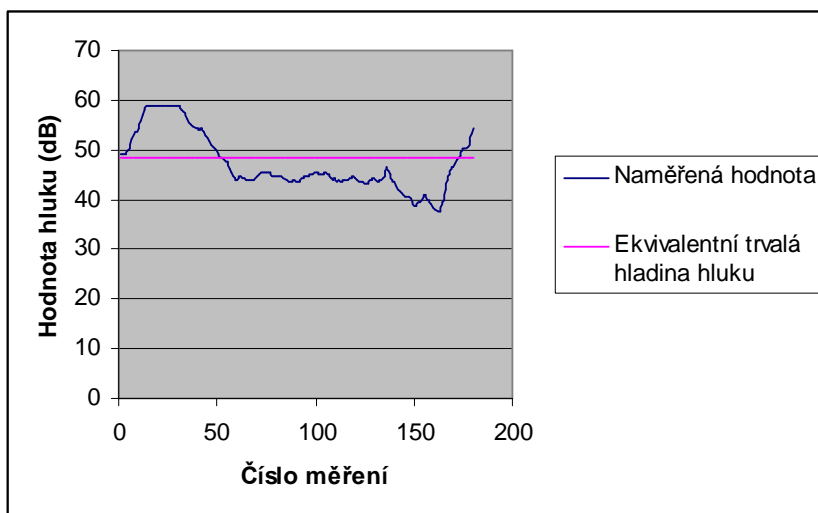
#### 5.1.4.1. MĚŘENÍ 4

Toto měření bylo prováděno ve vzdálenosti 283m od stroje (graf 5.1.4.1.2.), stroj pracoval.

Foto 5.1.4.1.1. Měření 4



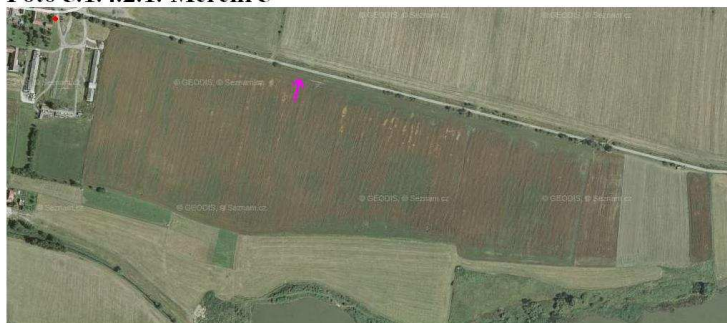
Graf 5.1.4.1.2. Měření 4 – vzdálenost mikrofону byla 283m od stroje při práci.



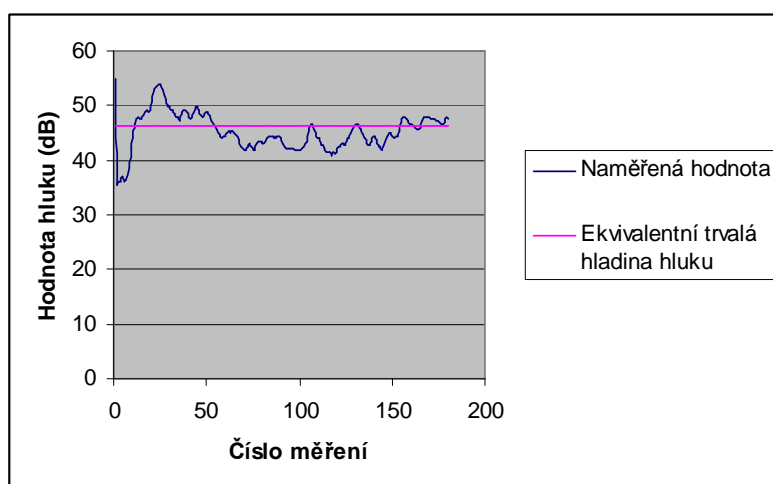
#### 5.1.4.2. MĚŘENÍ 5

Vdálčnost při tomto měření činila 300m od stroje (graf 5.1.4.2.2.), stroj pracoval. Kolem stanoviště projel nákladní automobil TATRA 815 a osobní automobil ve vzdálenosti 11m.

Foto 5.1.4.2.1. Měření 5



Graf 5.1.4.2.2. Měření 5 – vzdálenost mikrofону činila 300m od stroje při práci. Kolem stanoviště projel nákladní automobil TATRA 815 a osobní automobil.





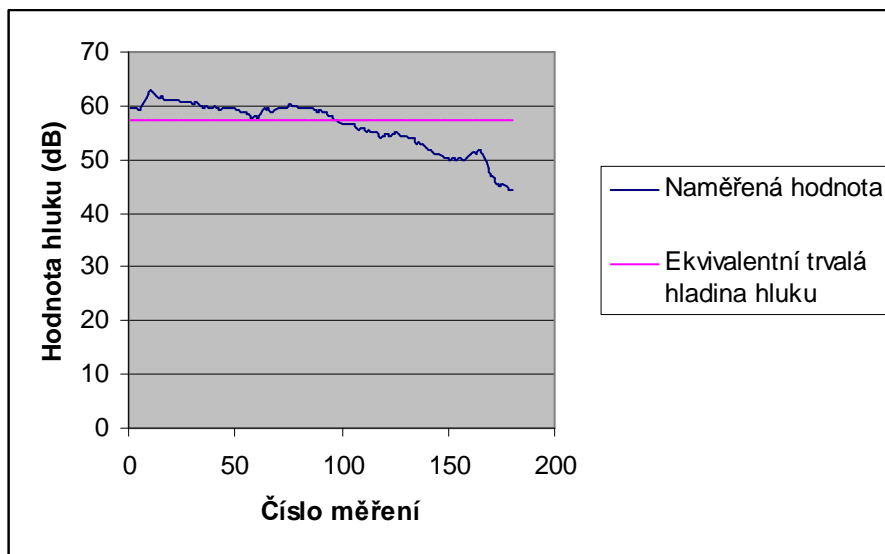
### 5.1.4.3. MĚŘENÍ 6

Vzdálenost od stroje byla 313m (graf 5.1.4.3.2.), stroj pracoval. Kolem stanoviště projel osobní automobil.

Foto 5.1.4.3.1. Měření 6



Graf 5.1.4.3.2. Měření 6 - vzdálenost mikrofону od stroje při práci byla 313m. Kolem stanoviště projel osobní automobil.





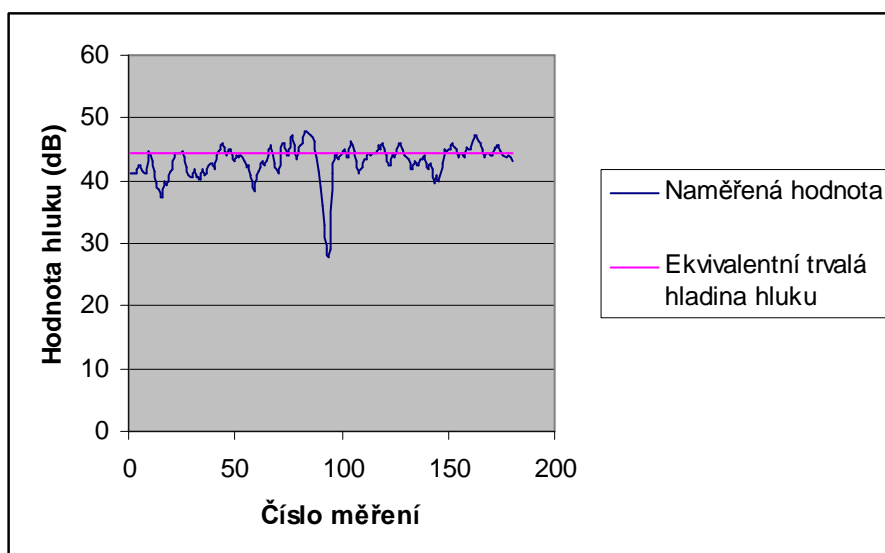
#### 5.1.4.4. MĚŘENÍ 7

Zde byl měřen hluk pozadí (graf 5.1.4.4.2.). Mikrofon byl umístěn 10m od budovy, směřoval na louku.

Foto 5.1.4.4.1. Měření 7



Graf 5.1.4.4.2. Měření 7 - hluk pozadí. Mikrofon byl 10m od budovy, směřoval na louku.



### 5.1.5. STANOVIŠTĚ 4

Toto stanoviště bylo 30m od silnice, na východní straně konce louky.

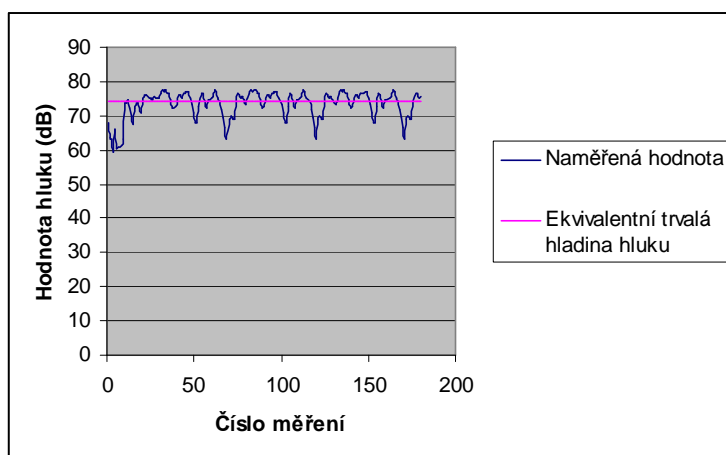
#### 5.1.5.1. MĚŘENÍ 8

Zde byl měřen hluk stojícího stroje bez zatížení. Stroj stál 8m kolmo k mikrofonu (graf 5.1.5.1.2.).

Foto 5.1.5.1.1. Měření 8



Graf 5.1.5.1.2. Měření 8 - vzdálenost mikrofonu 8m, stojící stroj pracoval bez zatížení.



## 5.2. MĚŘENÍ HLUKU NA POLI V CHATOVÉ OBLASTI DEHTÁŘE

### 5.2.1. PODMÍNKY PŘI MĚŘENÍ

Datum: 10.10.2007

Čas měření: od 11 do 14 hod.

Teplota:  $\varnothing$  15,7°C

Rychlost větru: 3 m.s<sup>-1</sup>

Směr větru: východní

Počet stanovišť: 2

Při každém měření byl mikrofon umístěn do výšky 150cm. Při měření byl mikrofon v neměnné poloze. Teplota vzduchu byla měřena ve stejné výšce (150cm), co nejbližší mikrofonu, před začátkem měření a po skončení měření. Z hodnot teploty vzduchu byl podle vzorce (kapitola 4.3.) vypočítán aritmetický průměr. Na měření vzdáleností byl použit pásový metr („pásmo“) a dvě tyče. Rychlost větru byla změřena miskovým anemometrem, směr větru byl změřen papírovou vlaječkou a kompasem.

#### Použité značky:

- Poloha stanoviště
- >, ● Směr pohybu měřeného stroje

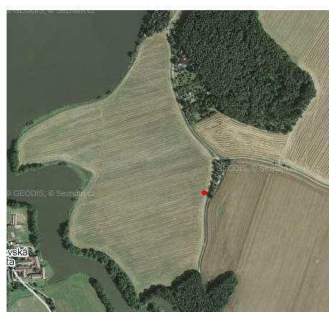
## 5.2.2. STANOVIŠTĚ 1

Stanoviště bylo u pozemní komunikace, 10m od nejbližší chaty.

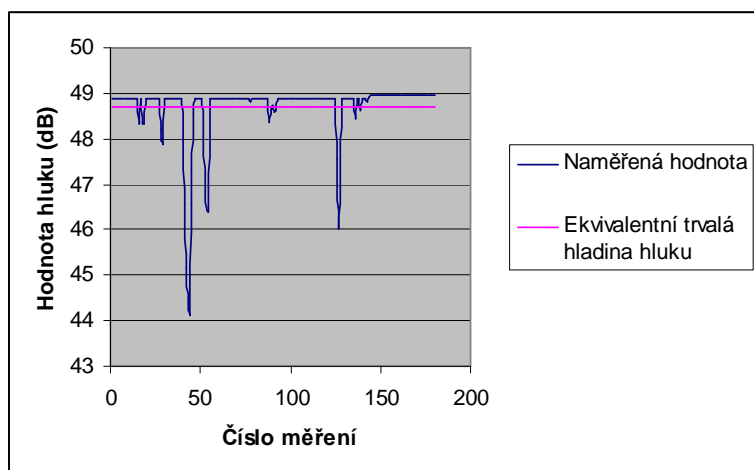
### 5.2.2.1. MĚŘENÍ 1

Při tomto měření byla zjišťována hladina hluku pozadí (graf 5.2.2.1.2.). Mikrofon byl umístěn 10m od nejbližší chaty. Mikrofon směřoval na pole.

Foto 5.2.2.1.1. Měření 1



Graf 5.2.2.1.2. Měření 1 - hluk pozadí, mikrofon byl 10m od nejbližší chaty, mířil na pole.



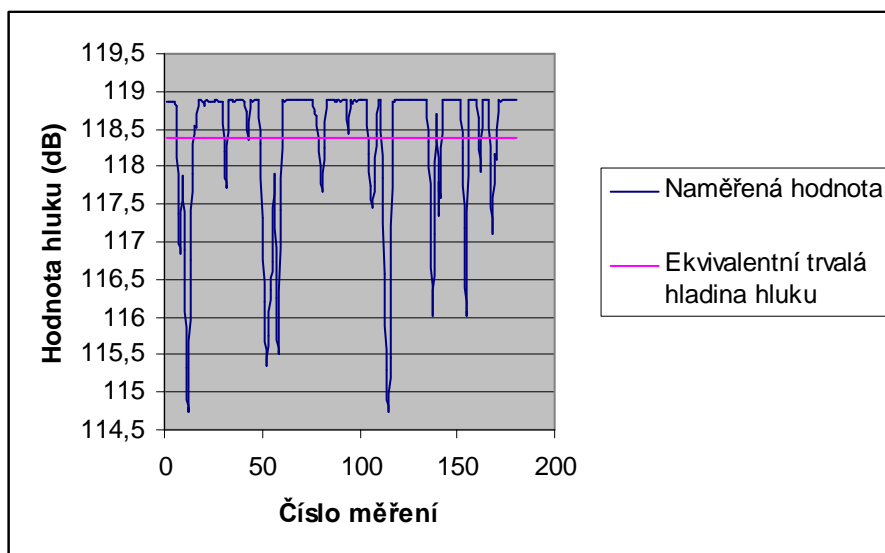
### 5.2.2.2. MĚŘENÍ 2

Zde byl měřen stroj při práci, vzdálenost od mikrofonu činila 8m (graf 5.2.2.2.2.). Stroj byl kolmo k mikrofonu.

Foto 5.2.2.2.1. Měření 2



Graf 5.2.2.2.2. Měření 2 - stroj pracoval 8m kolmo k mikrofonu.



### 5.2.3. STANOVIŠTĚ 2

Stanoviště bylo u pozemní komunikace, 12m od nejbližší chaty.

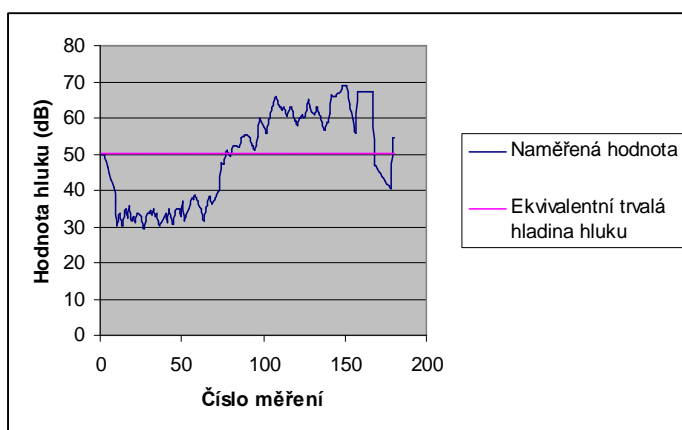
#### 5.2.3.1. MĚŘENÍ 3

Při tomto měření pracoval stroj za kopcem, vzdálenost byla 300m. Nákladní automobil LIAZ zastavil nedaleko mikrofonu (graf 5.2.3.1.2.).

Foto 5.2.3.1.1. Měření 3



Graf 5.2.3.1.2. Měření 3 – vzdálenost stroje byla 300m od mikrofonu, stroj byl krytý kopcem. Při měření přijel blízko k mikrofonu nákladní automobil LIAZ.



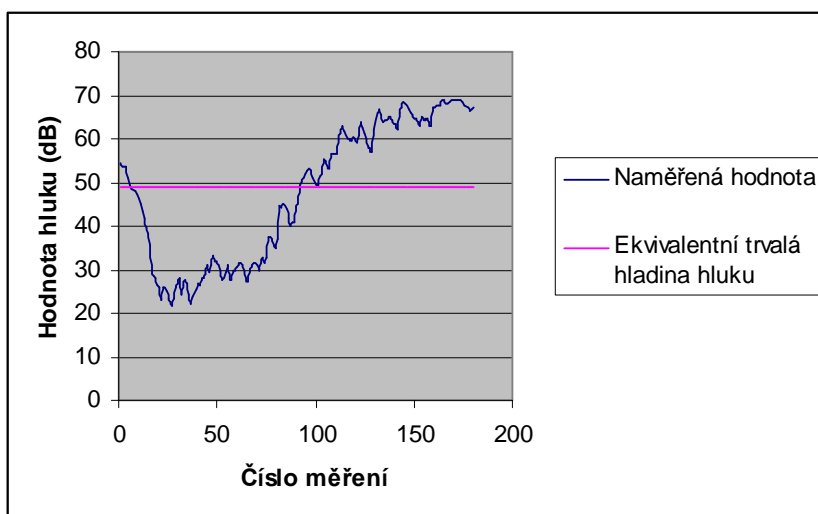
#### 5.2.3.2. MĚŘENÍ 4

Stroj pracoval ve vzdálenosti 76m. Po pozemní komunikaci, blízko mikrofonu projel osobní automobil (graf 5.2.3.2.2.).

Foto 5.2.3.2.1. Měření 4



Graf 5.2.3.2.2. Měření 4 - vzdálenost mikrofonu od pracujícího stroje byla 76m. Kolem stanoviště projel, po pozemní komunikaci, osobní automobil.



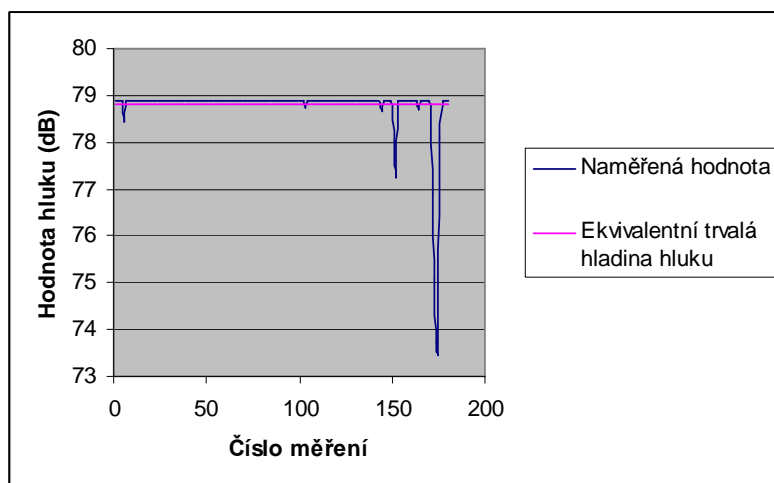
### 5.2.3.3. MĚŘENÍ 5

Při tomto měření stojící stroj vysypával zrno do nákladního automobilu LIAZ který stál za strojem. Vzdálenost od mikrofonu činila 46m (graf 5.2.3.3.2.).

Foto 5.2.3.3.1. Měření 5



Graf 5.2.3.3.2. Měření 5 – stojící stroj vysypává zrno do nákladního automobilu LIAZ, který stál za strojem. Vzdálenost stroje od mikrofonu byla 46m.





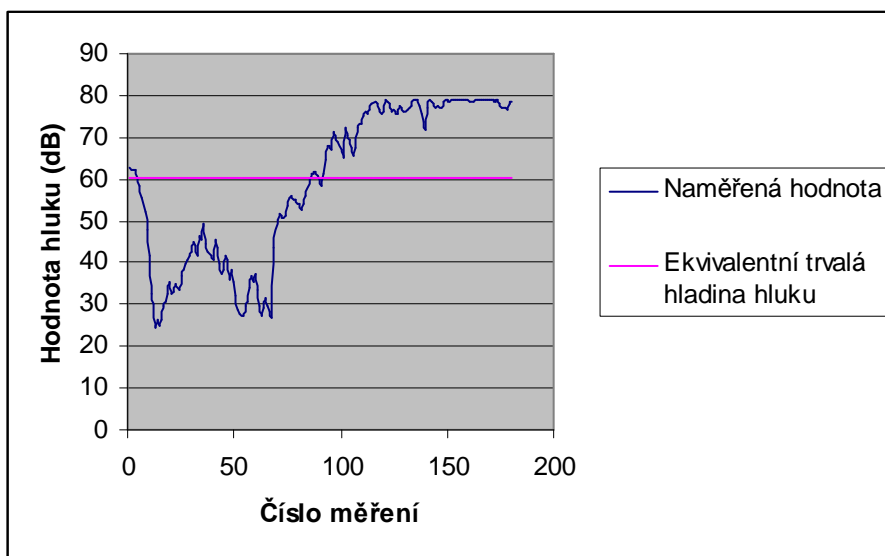
#### 5.2.3.4. MĚŘENÍ 6

Stroj pracoval ve vzdálenosti 62m od mikrofonu (graf 5.2.3.4.2.).

Foto 5.2.3.4.1. Měření 6



Graf 5.2.3.4.2. Měření 6 - vzdálenost pracujícího stroje byla 62m od mikrofonu.



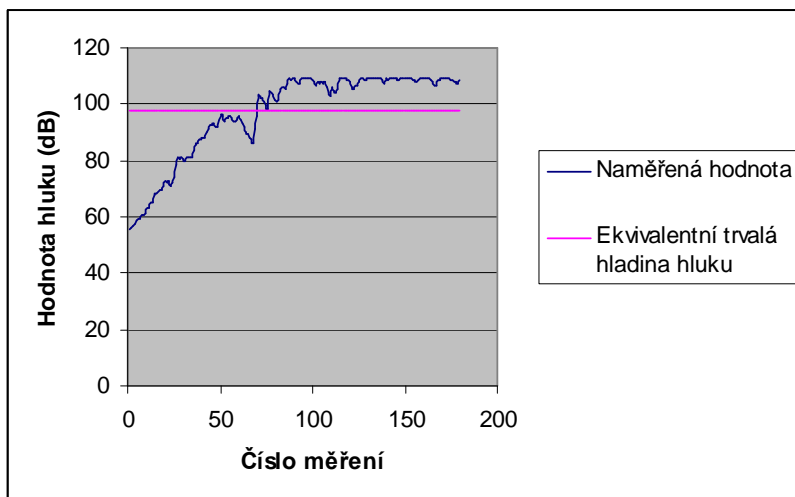
### 5.2.3.5. MĚŘENÍ 7

Stroj pracoval ve vzdálenosti 52m. Po pozemní komunikaci, kolem stanoviště projel nákladní automobil LIAZ (graf 5.2.3.5.2.).

Foto 5.2.3.5.1. Měření 7



Graf 5.2.3.5.2. Měření 7 – vzdálenost pracujícího stroje od mikrofону byla 52m. Kolem stanoviště projel po poli nákladní automobil LIAZ.



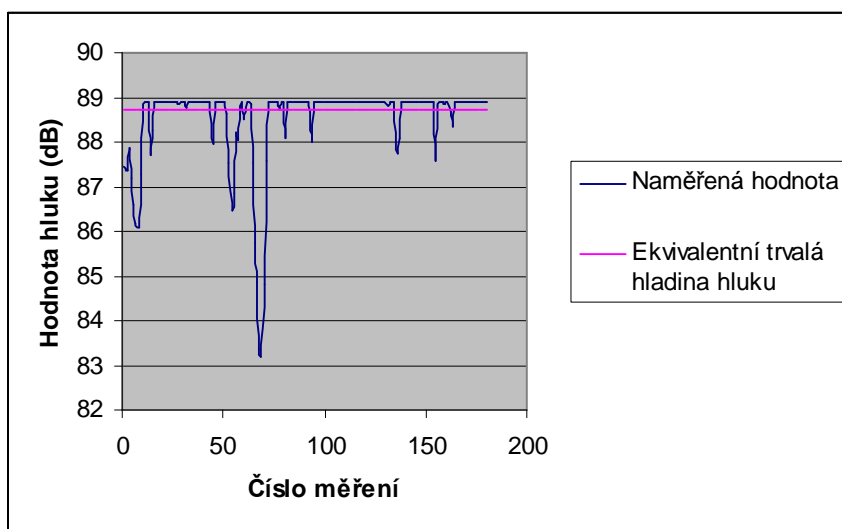
### 5.2.3.6. MĚŘENÍ 8

U tohoto měření byla vzdálenost mikrofону 43m od pracujícího stroje. Okolo stanoviště projel během měření osobní automobil (graf 5.2.3.6.2.).

Foto 5.2.3.6.1. Měření 8



Graf 5.2.3.6.2. Měření 8 – vzdálenost mikrofónu od pracujícího stroje byla 43m. Kolem stanoviště projel osobní automobil.



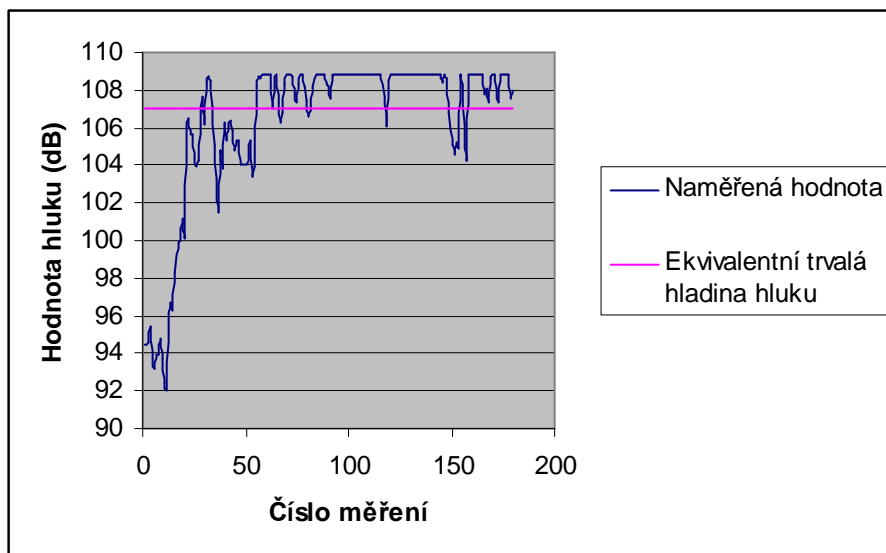
### 5.2.3.7. MĚŘENÍ 9

Při tomto měření činila vzdálenost od stroje při práci 23m. Během měření okolo projel nákladní automobil LIAZ (graf 5.2.3.7.2.).

Foto 5.2.3.7.1. Měření 9



Graf 5.2.3.7.2. Měření 9 - stroj byl ve vzdálenosti 23m od mikrofonu. Kolem stanoviště projel po poli nákladní automobil LIAZ.



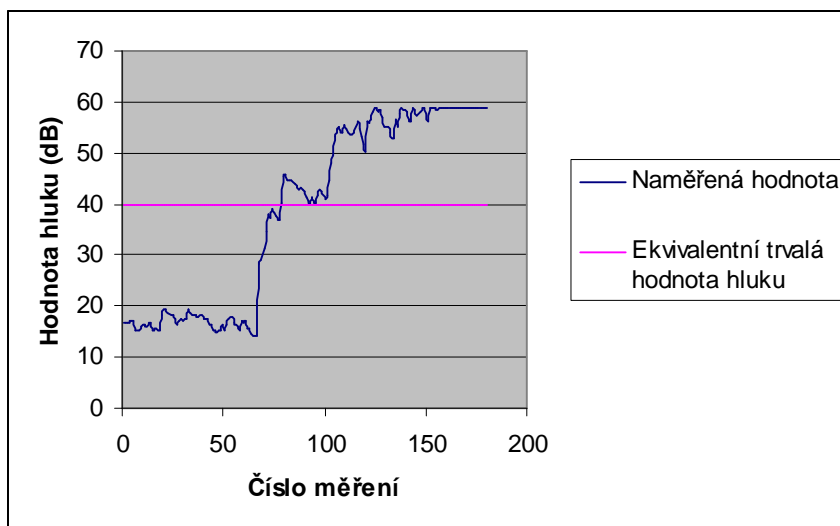
### 5.2.3.8. MĚŘENÍ 10

Zde byl měřen hluk pozadí (graf 5.2.3.8.2.). Mikrofon byl 10m od nejbližší chaty, mířil na pole.

Foto 5.2.3.8.1. Měření 10



Graf 5.2.3.8.2. Měření 10 - hluk pozadí. Mikrofon byl 10m od nejbližší chaty, mířil na pole.



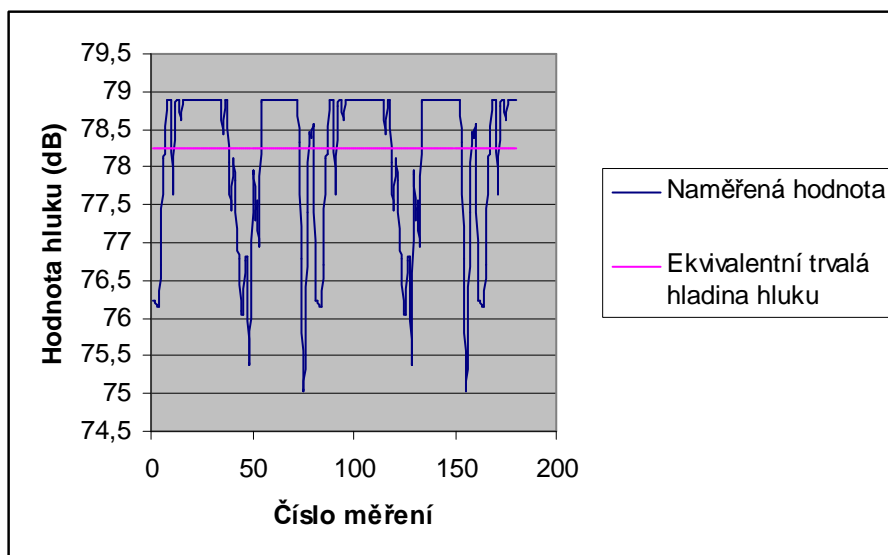
### 5.2.3.9. MĚŘENÍ 11

Zde byl měřen hluk stojícího stroje bez zatížení. Stroj byl ve vzdálenosti 8m od mikrofonu (graf 5.2.3.9.2.).

Foto 5.2.3.9.1. Měření 11



Graf 5.2.3.9.2. Měření 11 - stojící stroj pracoval bez zatížení, vzdálenost od mikrofonu činila 8m.



## **6. DISKUZE**

Na základě provedených měření lze vyhodnotit hlukové zatížení, které produkovaly dvě sledované linky v Čejkovicích a v chatové oblasti Dehtáře.

### **6.1. HODNOCENÍ HLUKOVÉ EXPOZICE V ČEJKOVICÍCH**

Při prvním měření, kdy stroj pracoval 8m kolmo k mikrofonu byla naměřena maximální hodnota hluku 81,1366 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 74,4933 dB (graf 5.1.2.1.2.). Žádná z těchto hodnot nepřekračuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Vyjdeme-li z faktu, že se vzrůstající měřicí vzdáleností se hodnota hluku snižuje, dá se předpokládat, že tyto naměřené hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, tudíž jsou naměřené hodnoty v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB).

Druhým měřením byla měřena hladina hluku stroje, který pracoval 50m od mikrofonu. Maximální naměřená hodnota hluku byla 71,9497 dB, přičemž ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 64,6356 dB (graf 5.1.3.1.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož mezi strojem a nejbližším lidským sídlem byla překážka v podobě budov, které pravděpodobně část hluku pohltí a odrazí jiným směrem, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračují obě naměřené hodnoty, ale pouze maximální naměřená hladina hluku (71,9497 dB) je v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB).

Třetím měřením byl sledován hluk stroje, který pracoval 165m od mikrofonu. Maximální hodnota hluku byla 58,0443 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 47,258 dB (graf 5.1.3.2.2.). Žádná z těchto hodnot nepřekračuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož vzdálenost značně překračuje 165m a mezi strojem a obydlími jsou budovy, se dá předpokládat, že tyto naměřené hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, čili tento limit překračuje pouze maximální naměřená hodnota hluku (58,0443 dB).

Čtvrtým měřením byla měřena hladina hluku stroje, který pracoval 283m od mikrofonu. Maximální naměřená hodnota hluku byla 58,8696 dB, přičemž ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 48,3759 dB (graf 5.1.4.1.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož mezi strojem a nejbližším lidským sídlem byla překážka v podobě budov a přes značnou měřící vzdálenost, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračuje pouze maximální naměřená hladina hluku (58,8696 dB).

Při pátém měření byl sledován hluk stroje, který pracoval 300m od mikrofonu. Maximální hodnota hluku byla 54,938 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 46,4142 dB (graf 5.1.4.2.2.). Výrazný nárůst hluku na začátku měření byl zřejmě způsoben tím, že kolem stanoviště projel nakladní automobil TATRA 815 a poté osobní automobil. Žádná z těchto hodnot nepřekračuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož mezi



strojem a nejbližším lidským sídlem byla překážka v podobě budov a přes značnou měřicí vzdálenost 300m, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, čili tento limit překračuje pouze maximální naměřená hodnota hluku (54,938 dB).

Při šestém měření byla měřena hladina hluku stroje, který pracoval 313m od mikrofону. Maximální naměřená hodnota hluku byla 62,9014 dB, přičemž ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 57,3185 dB (graf 5.1.4.3.2.). Vysoké hodnoty na začátku měření byly nejspíše způsobeny tím, že kolem stanoviště projel osobní automobil. Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož mezi strojem a nejbližším lidským sídlem byla překážka v podobě budov a přes značnou měřicí vzdálenost 313m, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračují obě hodnoty.

V sedmém měření byla měřena hladina hluku pozadí. Mikrofon byl 10m od budovy a mířil na louku. Maximální naměřená hodnota hluku byla 47,9784 dB, přičemž ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 44,2658 dB (graf 5.1.4.4.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož lidské obydlí část hluku pohltí a odrazí jiným směrem, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit nepřekračuje žádná z naměřených hodnot.

U osmého měření byla měřena hladina hluku stojícího stroje, který pracoval bez zatížení, 8m kolmo od mikrofону. Maximální naměřená

hodnota hluku byla 77,6522 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 74,2531 dB (graf 5.1.5.1.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož mezi strojem a nejbližším lidským sídlem byla vzdálenost 760m, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračují obě naměřené hodnoty, tudíž jsou naměřené hodnoty v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB).

## **6.2. HODNOCENÍ HLUKOVÉ EXPOZICE V CHATOVÉ OBLASTI DEHTÁŘE**

V prvním měření byla měřena hladina hluku pozadí. Mikrofon byl 10m od nejbližší budovy a mířil na pole. Maximální naměřená hodnota hluku byla 48,9613 dB, přičemž ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 48,6981 dB (graf 5.2.2.1.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Jelikož lidské obydlí část hluku pohltí a odrazí jiným směrem, lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit nepřekračuje žádná z naměřených hodnot.

Při druhém měření, kdy stroj pracoval 8m kolmo k mikrofonu byla naměřena maximální hodnota hluku 118,8782 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 118,3782 dB (graf 5.2.2.2.2.). Obě hodnoty překračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, ale jelikož pracovník ovládá stroj z kabiny, která má určitou protihlukovou izolaci, lze se domnívat, že v kabině je hodnota hluku pod hranicí 85 dB a tudíž hlukové zatížení nemá nepříznivý

vliv na organismus pracovníka. Nejvyšší přípustná maximální hladina akustického hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB. Navzdory tlumícímu účinku zdí a oken lidského obydlí je vzdálenost mezi strojem a obydlím tak malá, že se dá předpokládat, že proniknutý hluk může mít negativní vliv na organismus člověka. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, tudíž jsou naměřené hodnoty v pásmu poškození (pásmo poškození je 95 – 119 dB).

U třetího měření, kdy pracoval stroj 300m od mikrofону byla naměřena maximální hodnota hluku 68,947 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 50,1187 dB (graf 5.2.3.1.2.). V první polovině měření jsou naměřené hodnoty velmi nízké, protože stroj byl kryt kopcem, který znamenal překážku pro šíření hluku, svou roli sehrála také značná měřící vzdálenost. V druhé polovině měření jsou naopak hodnoty vysoké, jelikož během této doby přijel nedaleko k mikrofону nákladní automobil LIAZ a zastavil na poli. Obě hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž hlukové zatížení nemá nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Nejvyšší přípustná maximální hladina akustického hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB. Lze se domnívat, že tlumící účinek zdí a oken lidského obydlí sníží naměřené hodnoty pod limit 40 dB. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, čímž tento limit překračují.

Při čtvrtém měření byla měřena hladina hluku stroje, který pracoval 76m od mikrofону. Stroj byl částečně kryt kopcem. V druhé polovině měření projel nedaleko mikrofону osobní automobil (po pozemní komunikaci). Maximální naměřená hodnota hluku byla 68,8782 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 48,8535 dB (graf 5.2.3.2.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu,

tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel, jelikož zdi a okna část hluku odrazí a část pohltí. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračuje pouze maximální naměřená hodnota hluku (68,8782 dB).

U pátého měření, kdy stojící stroj vysypával zrno byla vzdálenost od mikrofonu 46m. Stroj vysypával zrno do nákladního automobilu LIAZ, který stál za ním. Zde byla naměřena maximální hodnota hluku 78,8811 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 78,8262 dB (graf 5.2.3.3.2.). Obě hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž hlukové zatížení nemá nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Nejvyšší přípustná maximální hladina akustického hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB. Lze se domnívat, že tlumící účinek zdí a oken lidského obydlí sníží naměřené hodnoty, avšak ne pod limit 40 dB, tudíž hluk může mít nepříznivý vliv na organismus člověka. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, čímž tento limit překračují a jsou v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB).

Při šestém měření byla měřena hladina hluku stroje, který pracoval 62m od mikrofonu. Nízké hodnoty v první polovině měření si lze vyložit tím, že stroj byl kryt kopcem. V druhé polovině měření vyjel na kopec. Maximální naměřená hodnota hluku byla 78,8811 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 60,1407 dB (graf 5.2.3.4.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Lze předpokládat, že tyto hodnoty nepředstavují překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel, jelikož zdi a okna část hluku odrazí a část pohltí. Nejvyšší přípustná

ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračují obě hodnoty.

V sedmém měření, kdy stroj pracoval 52m kolmo k mikrofonu byla naměřena maximální hodnota hluku 108,8811 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 97,5735 dB (graf 5.2.3.5.2.). Vysoké hodnoty hluku ve druhé polovině měření byly pravděpodobně způsobeny tím, že kolem stanoviště s mikrofonem projel (po poli) nákladní automobil LIAZ. Obě hodnoty překračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, ale jelikož pracovník ovládá stroj z kabiny, která má určitou protihlukovou izolaci, lze se domnívat, že v kabině je hodnota hluku pod hranicí 85 dB a tudíž hlukové zatížení nemá nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Nejvyšší přípustná maximální hladina akustického hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB. Navzdory tlumícímu účinku zdí a oken lidského obydlí je vzdálenost mezi strojem a obydlím tak malá, že se dá předpokládat, že proniknutý hluk může mít negativní vliv na organismus člověka. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, tudíž jsou naměřené hodnoty v pásmu poškození (pásmo poškození je 95 – 119 dB).

Při osmém měření byla měřena hladina hluku stroje, který pracoval 43m od mikrofonu. Při měření projelo po pozemní komunikaci osobní auto, které mělo pravděpodobně vliv na vyšší hladinu hluku. Maximální naměřená hodnota hluku byla 88,8811 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 88,73 dB (graf 5.2.3.6.2.). Tyto hodnoty překračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB, ale jelikož pracovník ovládá stroj z kabiny, která má určitou protihlukovou izolaci, lze se domnívat, že v kabině je hodnota hluku pod hranicí 85 dB a tudíž hlukové zatížení nemá nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Nejvyšší přípustná maximální hladina akustického hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB.

Navzdory tlumícímu účinku zdí a oken lidského obydlí je vzdálenost mezi strojem a obydlím tak malá, že se dá předpokládat, že proniknutý hluk může mít negativní vliv na organismus člověka. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračují obě hodnoty a jsou v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB).

V devátém měření, kdy stroj pracoval 23m kolmo k mikrofonu byla naměřena maximální hodnota hluku 108,881 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 107,0316 dB (graf 5.2.3.7.2.). Vysoké hodnoty hluku při měření byly pravděpodobně způsobeny tím, že kolem stanoviště s mikrofonem projel (po poli) nákladní automobil LIAZ. Obě hodnoty překračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, ale jelikož pracovník ovládá stroj z kabiny, která má určitou protihlukovou izolaci, lze se domnívat, že v kabině je hodnota hluku pod hranicí 85 dB a tudíž hlukové zatížení nemá nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Nejvyšší přípustná maximální hladina akustického hluku uvnitř staveb pro bydlení a staveb občanského vybavení je 40 dB. Navzdory tlumícímu účinku zdí a oken lidského obydlí je vzdálenost mezi strojem a obydlím tak malá, že se dá předpokládat, že proniknutý hluk může mít negativní vliv na organismus člověka. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB, tudíž jsou naměřené hodnoty v pásmu poškození (pásmo poškození je 95 – 119 dB).

V desátém měření byla měřena hladina hluku pozadí. Mikrofon byl 10m od budovy a mířil na pole. Výrazný nárůst hodnot hluku při měření byl pravděpodobně způsoben přeletem letadla nad stanovištěm. Maximální naměřená hodnota hluku byla 58,8811 dB, přičemž ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 39,8861 dB (graf 5.2.3.8.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Ekvivalentní

trvalá hladina hluku byla 39,8861 dB, což nepředstavuje překročení hladiny 40 dB uvnitř lidských sídel. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tudíž byl tento limit splněn.

U jedenáctého měření byla měřena hladina hluku stojícího stroje, který pracoval bez zatížení, 8m kolmo od mikrofonu. Maximální naměřená hodnota hluku byla 78,8782 dB, zatímco ekvivalentní trvalá hladina hluku byla 78,2629 dB (graf 5.2.3.9.2.). Tyto hodnoty nepřekračují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu hluku 85 dB pro osmihodinovou pracovní dobu, tudíž nemají nepříznivý vliv na organismus pracovníka. Navzdory tlumícímu účinku zdí a oken lidského obydlí je vzdálenost mezi strojem a obydlím tak malá, že se dá předpokládat, že proniknutý hluk může mít negativní vliv na organismus člověka. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB. Tento limit překračují obě naměřené hodnoty, tudíž jsou naměřené hodnoty v pásmu zátěže ( pásmo zátěže je 70 – 94 dB).

## **7. ZÁVĚR**

Cílem této bakalářské práce bylo změřit, vyhodnotit a posoudit hlukového zatížení extravilánu venkovských sídel provozem samojízdných strojů. Z dosažených výsledků se dají konstatovat tyto závěry.

Při měřeních na louce v Čejkovicích nebyla překročena při žádném měření nejvyšší přípustná ekvivalentní trvalá hladina hluku pro pracovníky 85 dB [7]. Tudíž pracovníci nemusejí používat osobní ochranné pracovní prostředky. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku uvnitř staveb pro bydlení a občanského vybavení je stanovena na 40 dB [7]. V Čejkovicích je rovnoběžně mezi loukou a lidskými obydlími nevyužívané stavby, které v tomto případě slouží jako překážka šíření hluku. Stavby část hluku odrazí zpět a část hluku pohltí. Tyto stavby nejsou podél celého pole, tudíž nejsou lidská obydlí v určitých částech louky ničím kryta. Pozitivní je skutečnost, že v nekrytých místech se pracující stroj většinou jen otáčí, čili je doba šíření vyšší hladiny hluku velmi krátká. Z dosažených měření je pravděpodobné, že při určitých izolačních vlastnostech stěn a zavřených oken lidských obydlí bude limit 40 dB splněn. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB [7]. V Čejkovicích byl tento limit překročen při třech měření (první, šesté a osmé měření). A ve dvou z nich (kromě šestého měření) byly hodnoty v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB). Takové hlukové zatížení má nepříznivý vliv na lidský organismus, může dojít až k trvalému poškození sluchu. Pozitivní je skutečnost, že tento hluk nepůsobí dlouhodobě.

Při měřeních na poli v chatové oblasti Dehtáře byla překročena nejvyšší přípustná ekvivalentní trvalá hladina hluku pro pracovníky 85 dB [7] ve čtyřech případech (druhé, sedmé, osmé a deváté měření). Z hlediska pracovníka obsluhující stroj (sklízecí mlátičku) z kabiny, která má velmi dobře vyřešenou protihlukovou izolaci lze předpokládat, že hluk v kabině



bude pod úrovní 85 dB. Pokud by však hluk v kabině převyšoval limit, bylo by nutné poskytnout pracovníkovi osobní ochranné pracovní prostředky (například tlumící ucpávky do uší). Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku uvnitř staveb pro bydlení a občanského vybavení je stanovena na 40 dB [7]. Z dosažených měření je pravděpodobné, že přes izolační vlastnosti stěn a zavřených oken lidských obydlí bude limit 40 dB překročen v šesti případech (druhé, páté, sedmé, osmé, deváté a jedenácté měření). To by mohlo mít nepříznivý vliv na lidský organismus. Pozitivní je skutečnost, že tento hluk nepůsobí dlouhodobě. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru je 50 dB [7]. V chatové oblasti Dehtáře byl tento limit překročen u osmi měření (druhé, třetí, páté, šesté, sedmé, osmé, deváté a jedenácté měření). V pátém, osmém a jedenáctém měření byly naměřené hodnoty v pásmu zátěže (pásmo zátěže je 70 – 94 dB). Takové hlukové zatížení má nepříznivý vliv na lidský organismus, může dojít až k trvalému poškození sluchu. Ve druhém, sedmém a devátém měření byly naměřené hodnoty v pásmu poškození (pásmo poškození je 95 – 119 dB). Takové hodnoty působí stresově na organismus a může dojít až k trvalému poškození sluchu. Pozitivní je skutečnost, že tento hluk nepůsobí po dlouhou dobu.

Závěrem lze konstatovat, že při sklizni kukuřice na zrno v chatové oblasti Dehtáře, bylo naměřené hlukové zatížení extravilánu venkovských sídel větší, než sklizeň TTP v Čejkovicích. To je pravděpodobně dáno tím, že sklizeň kukuřice je energeticky náročnější.

Z dlouhodobého hlediska se nezdá být pravděpodobné, že provozem těchto strojů je ohroženo lidské zdraví.

## **8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] **Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví, 1. vyd., Praha, Avicenum, zdravotnické nakladatelství 1990, 280 s., ISBN 80-201-0020-2**
  
- [2] **Nový, R.: Hluk a chvění, 1. vyd., Praha, Vydavatelství ČVUT 1995, 389 s., ISBN 80-01-01306-5**
  
- [3] **Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení, 1. vyd., Praha, Sdělovací technika 1998, 188 s., ISBN 80-901936-2-5**
  
- [4] **Smutný, J., Pazdera L.: Měření a analýza hluku s využitím moderních matematických metod, 1. vyd., Brno, ECON publishing , s.r.o. 2000, 64 s., ISBN 80-902268-8-4**
  
- [5] **[www.szu.cz](http://www.szu.cz)**
  
- [6] **<http://cs.wikipedia.org>**
  
- [7] **Sbírka zákonů č.502/2000 – Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ze dne 27. listopadu 2000**