

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014

Lenka Zengová

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ
Studijní program: Veřejné zdravotnictví B5347

Lenka Zengová

Studijní obor: Asistent ochrany a podpory veřejného zdraví 5346R007

**MOŽNÁ OVLIVNĚNÍ ZDRAVOTNÍHO STAVU OBYVATELSTVA
HLUKEM - POROVNÁNÍ HLUČNÉ A TICHÉ LOKALITY**
Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Pavel Sedláček

PLZEŇ 2014

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 28.3.2014

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování:

Děkuji MUDr. Pavlu Sedláčkovi za odborné vedení práce a poskytování rad. Dále děkuji Doc. Ing. Josefu Formánkovi za zapůjčení přístrojů, vstřícnost a poskytování odborných rad a Ing. Radmile Koubové za poradenství.

Anotace

Příjmení a jméno: Zengová Lenka

Katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

Název práce: Možná ovlivnění zdravotního stavu obyvatelstva hlukem - srovnání hlučné a tiché lokality

Vedoucí práce: MUDr. Pavel Sedláček

Počet stran: Číslované 69, Nečísované 8

Počet příloh: 6

Počet titulů použité literatury: 32

Klíčová slova: hluk, zdraví, sluch, limity, měření hluku, mimopracovní prostředí, hlučná lokalita, tichá lokalita

Souhrn: Pro člověka je sluch spolu se zrakem nejdůležitějších smyslem. Tento smysl měl však odpradávná výstražný účel a nelze jej vypnout. V rozvíjející civilizaci dochází ke zvyšování hlukové expozice. Tato práce se zabývá problematikou hluku a jeho vlivem na zdraví člověka. Pro lepší pochopení tématu je zde popsán sluch, především jeho význam, funkce a poruchy. Tato práce také popisuje charakteristiku zvuku, hluku a nepříliš zřetelnou hranici mezi nimi. Zabývá se i hygienickými limity, účinky hluku na zdraví člověka a protihlukovými opatřeními. V praktické části je měřena a hodnocena hluková expozice obyvatel hlučné a tiché lokality pomocí přístrojů měřících zvuk a výpočtů.

Annotation

Surname and name: Lenka Zengová

Department: Rescuing and technical fields

Title of thesis: Possible influence of noise pollution on health condition of inhabitants - comparison of quiet and noisy location

Colosuntant: MUDr. Pavel Sedláček

Number of pages: 77

Number of appendices: 6

Number of literature items used: 32

Key words: noise, health, hearing, limit, noise measuring, outside-employment environment, noisy location, quiet location

Summary: For humans, hearing is the most important, along with the sense of sight. The hearing sense, however, has always been one of the main warning indicators of awareness and this sense cannot be turned off. In developing civilization, society has been facing increasing noise exposure. This study deals with the problem of noise and its effects on human health. For a better understanding of the subject matter, I will describe the effects of hearing, particularly its meaning, function and disorders. This work also describes the characteristics of sound, noise and the very distinct boundary between them. It deals with the hygienic limits, the effects of noise on human health and its protection measures. The practical part of the study measures and assesses human exposure to loud noise areas compared to quiet locations, using measuring instruments and sound calculations.

OBSAH

ÚVOD.....	11
Teoretická část.....	12
1 Sluch.....	13
1.1 Význam sluchu.....	13
1.2 Anatomie sluchu.....	13
1.3 Fyziologie sluchu.....	14
1.4 Teorie slyšení.....	14
1.5 Vliv hluku na sluch.....	15
1.6 Vyšetření sluchu.....	16
1.7 Poruchy sluchu.....	18
1.8 Prevence sluchových vad.....	19
1.9 Léčba poruch sluchu.....	20
2 Zvuk.....	22
2.1 Charakteristika.....	22
2.2 Reakce člověka na zvuk.....	23
3 Hluk.....	24
3.1 Charakteristika.....	24
3.2 Zjišťování hlukové situace.....	24
3.2.1 Přístroje.....	24
3.2.2 Měření.....	24
3.2.3 Upřesnění měření mimopracovního hluku.....	25
3.2.4 Výpočet.....	26
3.3 Hodnocení prostředí z hlediska hluku.....	26
3.3.1 Faktory ovlivňující reakce na hluk.....	26
3.3.2 Hodnocení hlukové expozice.....	27
3.4 Limity.....	28
3.5 Zdroje hluku.....	30
3.5.1 Zdroje hluku nevznikající činností člověka.....	30
3.5.2 Zdroje hluku vznikající činností člověka.....	31
3.6 Metody zjišťování vlivu hluku na člověka.....	33
4 Účinky hluku na člověka.....	34
4.1 Specifické.....	34
4.2 Nespecifické.....	35

4.3 Ekonomický dopad.....	37
5 Protihluková opatření.....	38
5.1 Obecná.....	38
5.2 Ochrana sluchu.....	38
5.3 Metody snižování hluku.....	39
Praktická část.....	41
6 Formulace problému.....	42
6.1 Výzkumný problém.....	42
7 Cíl a úkoly průzkumu.....	43
8 Metodika.....	44
9 Hypotézy.....	46
10 Výzkumný vzorek.....	47
10.1 Hlučná lokalita.....	47
10.2 Tichá lokalita.....	48
11 Prezentace a interpretace získaných údajů.....	50
11.1 Měření ve venkovním chráněném prostoru staveb v hlučné lokalitě.....	50
11.2 Měření ve venkovním prostoru staveb v tiché lokalitě.....	53
11.3 Srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku v obou lokalitách.....	56
11.4 Hodnocení neprůzvučnosti oken.....	58
11.5 Denní harmonogramy osob bydlících v hlučné a tiché lokalitě.....	60
11.5.1 Denní harmonogramy osob bydlících v hlučné lokalitě.....	60
11.5.2 Denní harmonogramy osob bydlících v tiché lokalitě.....	61
11.5.3 Srovnání hlukové expozice v obou lokalitách.....	62
11.6 Zdroje hluku v domácnosti.....	62
12 Diskuse.....	64
ZÁVĚR.....	68
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70
SEZNAM ZKRATEK.....	73
SEZNAM TABULEK.....	74
SEZNAM GRAFŮ.....	75
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
SEZNAM PŘÍLOH.....	77
PŘÍLOHY.....	78

ÚVOD

Sluch byl a je jedním z nejdůležitějších smyslů člověka. Dává nám informace o akustických dějích v okolí a v závislosti na nich pak reagujeme. Bohužel se rozvíjející se technickou stránkou civilizace a urbanizací stoupá v našem životním prostředí hluchnost. V civilizovaném světě se potýkáme s akustickým smogem a nadměrnými hladinami akustického tlaku.

Toto téma jsem si vybrala jak pro jeho aktuálnost, ale především pro možnost vlastního měření. Tato práce se zabývá převážně hlukem v mimopracovním prostředí.

V teoretické části se seznámíte s lidským sluchem, jeho fyziologií, poruchami i jejich léčbou. Dále budeme zkoumat zvuk a jeho vlastnosti. Pokusím se také vytyčit hranici mezi zvukem a hlukem, která není úplně zřetelná. U hluku se zaměříme především na zdroje v různých prostředích, především ale mimo práci. Dále budeme zkoumat účinky hluku na člověka a jeho zdraví. V závěru teoretické části se zaměříme na protihluková opatření.

V praktické části najdeme zdokumentované měření obou lokalit ve stanovených časech. Měření probíhalo pomocí dvou zvukoměrů. Tento výzkum se zaměřil na měření ekvivalentních hladin akustického tlaku ve venkovním prostoru staveb, zhodnocení dodržování hygienických limitů a zjištění zdroje hluku v naměřených hodinách. Dále byla hodnocena neprůzvučnost oken a s ní souvislost hladiny akustického tlaku vně a uvnitř místnosti. Na závěr praktické části je zhodnocena celodenní hluková expozice osob. Obyvatelé spolupracovali na vytvoření denního časového plánu a následně byly naměřeny hladiny akustického tlaku při jednotlivých činnostech. Ekvivalentní hladiny akustického tlaku a neprůzvučnost oken jsou počítány podle příslušných vzorců. Počet naměřených hodnot je odpovídající velikosti jejich změn.

Cílem této práce je poukázat na hlukovou situaci v okolí domu i vevnitř nejen pro měřená obydlí a lokality, ale i pro veřejnost. Na závěr bude vytvořen edukační materiál pro snazší oslovení veřejnosti.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Sluch

1.1 Význam sluchu

Sluch je smysl, který člověku neustále přináší údaje o vnějším světě. Umožňuje nám určit, co způsobilo hluk i kde se zdroj hluku nachází. To mělo v minulosti význam pro přežití lidského rodu i pro vývoj mozku. Sluch spolu s hlasem nám umožňují navázat kontakt s ostatními lidmi. Bez správného vývoje sluchu není pro člověka možné naučit se řeči. Sdělování plánů poznatků a idejí mělo velký vliv na utváření skupin lidí a později i celých národů. (17, 7)

1.2 Anatomie sluchu

Orgán sloužící k získávání akustických informací z okolí nazýváme ucho. Vnímáme jím zvuky okolního prostředí, ale zaznamenáváme jím i rovnovážné vjemy. Sluchový aparát je tvořen centrální a periferní částí. K periferní části patří zevní, střední, vnitřní ucho a sluchově-rovnovážný nerv. K části centrální pak sluchová a rovnovážná dráha a příslušná centra v CNS, teprve v nich si uvědomujeme druh a sílu zvuku. (1, 17, 8)

Zevní ucho je tvořeno dvěma částmi. Boltcem, jehož podklad je tvořen elastickou chrupavkou a potažen kůží. Jeho trychtýřovitý tvar napomáhá v pohybu akustických vln do druhé části - zevního zvukovodu. V něm dochází díky trubicovitému esovitě zahnutému tvaru k resonanci, která má vliv na zesílení nebo zeslabení určitých kmitočtů. V dospělosti měří kolem dvou až dvou a půl centimetru. Vnější část sestává z chrupavky, vnitřní z kosti. V chrupavce se místy vyskytují kožní adnexa - chloupky a mazové žlázy. (1, 8, 16, 17)

U vnitřního konce zevního zvukovodu začíná nakloněnou oválnou membránou - bubínkem - střední ucho. Následuje středoušní dutina, která se nachází v kosti spánkové. V ní dochází k přenosu zvuku pomocí převodního aparátu ze tří kůstek: kladívka, koválinky a třmínku. Její spodní část plynule nasedá na Eustachovu trubicu, která spojuje střední ucho s nosohltanem. (1, 8)

Střední a vnitřní ucho jsou propojeny třmínkem, který se napojuje do oválného okénka vnitřního ucha. Vnitřní ucho je uschováno v nejtvrděší kosti člověka - kosti spánkové. Je tvořeno vestibulem, třemi polokruhovitými kanálky a hlemýžďem. Vestibulum a polokruhovité kanálky zprostředkovávají člověku rovnovážné vjemy. Hlemýžď, který se skládá z kostěného a blanitého labyrintu, mezi kterými je tekutina - perilymfa. Blanitý hlemýžď je vyplněn také tekutinou - endolymfou a nachází se v něm vlastní smyslové ústrojí - Cortiho orgán. V něm jsou přítomny vláskové buňky, které slouží k převodu zvukových vln na nervový vzruch, který je dále veden do mozku sluchovou drahou, kde jsou tyto podněty analyzovány. V uchu mohou rovněž zvuky vznikat

(prostřednictvím vláskových buněk). Tyto zvuky se nazývají otoakustické emise a mohou být využity při vyšetřování sluchu, především u malých dětí. (16, 17)

Z Cortiho orgánu je vzruch veden do mozku sluchovým nervem (osmý hlavový nerv). Dál putuje sluchovou dráhou do korových center v oblasti spánkového laloku do Heschlových závitů. Dostává se i do center myšlení, paměti a učení. Tam dochází k analýze a určení významu slyšeného. (8, 17)

1.3 Fyziologie sluchu

Tvar ušního boltce podporuje odraz a vedení zvuku do zevního zvukovodu, kde jsou díky resonanci zesíleny zvuky ve frekvenčním rozpětí řeči. (1)

Ve středoušní dutině musí být pro správný přenos zvuku stejný tlak jako ve vnitřním prostředí. Svou funkci v udržování tlaku plní Eustachova trubice. Při každém polknutí nebo zívání umožní propojení s nosohltanem. (1, 8)

Při přenosu zvuku je využívána převodní funkce ucha. Bubínek se po dopadu akustického signálu rozkmitá a umožní tak přenos na tři sluchové kůstky. Ty mají v plynném prostředí velký rozkmit při malém tlaku a převádí jej do kapalného prostředí vnitřního ucha, kde je malý rozkmit a velký tlak (při stejném množství energie). Kmitání je přenášeno z perilymfy na blanitý labyrint a v něm přítomnou tekutinu endolymfu. Jejím rozkmitáním dojde následně k podráždění vláskových buněk v Cortiho orgánu a k převodu kmitu na bioelektrický impuls. V různých místech Cortiho orgánu je rozlišena schopnost vnímat různé frekvence. Vysokofrekvenční kmity jsou analyzovány u základny hlemýžďe, nízkofrekvenční v jeho špičce. Nervový vzruch je dále veden sluchovou dráhou do korových center CNS. Převážná část nervových vláken se kříží jak v oblasti prodloužené míchy tak v oblasti mozku. Z toho je možné usuzovat, že ztráta jedné hemisféry by zapříčinila jen nepatrnou ztrátu sluchu. (1, 8, 16, 17)

1.4 Teorie slyšení

Lidské ucho vnímá zvuky v rozpětí frekvencí 16 Hz až 20 kHz (počet kmitů za 1 vteřinu). Nejlépe jsou vnímány frekvence zvuků odpovídající lidské řeči. To jsou hodnoty zhruba od 500 Hz do 4000 Hz a v rozsahu intenzit zhruba 10 až 40 dB. Stejně jako pro ostatní smysly člověka, potřebujeme i k sluchu prahový podnět. Na podprahový podnět smyslová buňka nereaguje vůbec, na nadprahový podnět reaguje téměř stejně jako na prahový. (1, 8, 17)

U sluchu se ale setkáváme také s hmatovým prahem. Při dráždění zvukem o velké intenzitě dochází k podráždění nejen sluchových nervů, ale i senzitivních a zvuk tak vytváří i hmatový vjem.

S dalším zvyšováním intenzity zvuku je možné dosáhnout prahu bolesti. U obou prahů může i při krátké době expozice dojít k trvalému poškození sluchového analyzátoru. (18)

Rozpětí mezi prahem slyšitelnosti a prahem bolesti nám vymezuje sluchové pole. (17)

Ucho dokáže vnímat nejen určité tóny, ale i jejich rozličné kombinace. Dokáže rozlišit i spektrální stavbu zvuku - barvu tónu, díky které odlišíme například stejný tón hraný na různých hudebních nástrojích. Při poslouchání několika tónů zároveň může však dojít ke zkreslení. Jeden zvuk může maskovat jiný. Maskovací zvuk může oslabit či zcela překrýt vjem ze zvuku maskovaného. U tónů do 50 dB je schopnost maskování stejná u vysokých i hlubokých tónů, u vyšších intenzit více maskují tóny vysoké. (7, 17, 18)

Dále má náš sluch schopnost vnímání intenzity zvuku. Intenzita zvuku úzce souvisí s akustickým tlakem (tlak, který vzniká kmitáním tělesa), je přímo úměrná jeho druhé mocnině. Ucho člověka má velký rozsah co do vnímání intenzity zvuku a pro přehlednější posuzování byla vytvořena jednotka 1 Bel. Tato jednotka je logaritmická. Jednotkou je 1 bel. Ten získáme vypočtením dekadického logaritmu z poměru naměřené hodnoty akustického tlaku a nejnižší slyšitelné hodnoty akustického tlaku. Běžně se ale používá jednotka desetinové hodnoty belu - 1 deciBel. (3, 8, 17)

Přesný mechanismus zvukové analýzy těchto složitých zvuků nebyl ještě zcela objasněn. Otázkou jak je ucho vnímá se zabývá několik teorií. (17)

1.5 Vliv zvuku na sluch

Při delším poslouchání zvuku se setkáváme s přizpůsobením se - adaptací na určitý zvuk. Slabé tóny téměř u prahu sluchu můžeme dokonce přestat slyšet, pokud pro nás nemají varovný význam. Tento jev se označuje jako adaptace na prahu sluchu. U hlasitějších akustických signálů dojde k jejich oslabení. Ihned po zaregistrování zvuku nastoupí perstimulační adaptace. Zvyšuje se během několika minut, pak už dochází ke snižování vnímání zvuku minimálně. Po skončení zvukového podnětu ustupuje tato adaptace během sekundy. Navazujícím typem adaptace je sluchová únava. Ta zprostředkovává adaptaci asi během 7 minut. Sluchová únava ustoupí po náhlém odstranění zvuku za půl minuty až za několik hodin. (18)

Čisté tóny poškozují sluch více než šумы o stejné intenzitě. Nejhorší jsou zvuky s malým rozpětím kmitočtů. Naopak co nejméně poškozuje sluch je tzv. bílý šum. Krátké a intenzivní zvuky ucho identifikuje jen zkresleně, sluchová únava je však větší a trvá déle. Pravidelné opakování těchto zvuků podporuje lepší adaptaci. Pokud jsou zvuky častější nebo mají vyšší intenzitu, organismus se nestihne vypořádat s předchozí únavou, ta se začne hromadit a doba rekonvalescence

se prodlouží o několik hodin až dní. Může nastat až přetížení sluchu v důsledku vyčerpání adaptačních možností ucha. Příznakem mohou být šelesty, šumy nebo pískání v uších. Potíže začínají při expozici nebo po ní a mohou přetrvávat i několik hodin po expozici. (18)

Adaptační procesy se uplatňují v různých částech ucha - v zevním, středním i vnitřním uchu, pomocí sluchového nervu i v různých částech mozku. Adaptace zevního ucha spočívá v útlumu některých zvuků. Adaptace středního ucha je založena na spolupráci středoušních kůstek a svalů. Při nadměrném zvuku se svaly stáhnou a zamezí tak přenosu zvuku o frekvencích 1000 - 1500 Hz. Stáhnou se velmi rychle a vydrží až několik hodin. Nicméně i tyto svaly jsou unavitelné. V mozku jsou posouzeny vlastnosti zvuku a jeho význam. Pokud daný zvuk nemá pro člověka význam, vnímá ho člověk jen podvědomě nebo si na něj přivykne. (18, 19)

1.6 Vyšetření sluchu

Vyšetřením sluchu zjišťujeme, zda je přítomna porucha sluchu, její lokalizaci a závažnost. Nejprve začínáme jednoduššími metodami, pokud je to zapotřebí, navážeme na specializovanější vyšetření. (8)

Základem vyšetření by měla být anamnéza. Nejprve celková, při které lékař zjišťuje prodělané nemoci, používané léky, naše životní prostředí a onemocnění v rodině, potom cílená, při níž jsou důležité faktory související se sluchem. Těmi může být například hlučné pracovní prostředí nebo dlouhodobé užívání antihistaminik, aspirinu nebo některých antibiotik. (8)

Po anamnéze přistupujeme k samotnému vyšetření. Zprvu lékař prozkoumá ucho pohledem a pohmatem. Snaží se o nalezení abnormalit na ušním boltci, zvukovodu a bubínku. K vyšetření zevního zvukovodu a bubínku se využívá kovové ušní zrcátko trychtýřovitého tvaru. Při vyšetřování je nutno dbát zvýšené opatrnosti, aby nebyly poškozeny jednotlivé části ucha. Zvláště u vyšetření dětí je vhodné, aby asistující sestra fixovala hlavu dítěte po dobu vyšetření. Často se také využívá mikroskop s malým zvětšením, pomocí kterého je snazší identifikovat poškození bubínku a při jeho protržení i nežádoucí změny ve středoušní dutině. (8, 17)

Pro podstatnou část vyšetření sluchu je nutná spolupráce vyšetřovaného. U novorozenců a malých dětí s touto spoluprací nemůžeme počítat. K hodnocení jejich sluchu se může využívat akustických reflexů. Mezi ně se řadí reflex víčkový (dítě sevře víčka ze strany přicházejícího zvuku), reflex zornicový (po expozici zvuku se zornice dítěte pohotově stáhnou a následně pomalu rozšiřují), orientační reflex (při výrazném podnětu dítě reaguje např. pláčem) a pátrací reflex (otáčení se za zdrojem zvuku). Potvrzení normální funkce sluchu u dětí je důležité pro prevenci před prelingvální hluchotou. Dítě, které je hluché mezi 2. až 4. rokem života, není již později

schopné naučit se řeči. (16, 17)

Snadným a praktickým vyšetřením je klasická zkouška sluchu, kterou provádíme hlasitou řečí nebo šepotem, přičemž pacient vyslovená slova opakuje. Nejprve se provádí zkouška šepotem, následně řečí. U dětí je možné provést nejprve hlasitou řeč, abychom se ujistili, že dítě postup chápe. Měření se provádí ze vzdálenosti 10 metrů pro plnou řeč a 6 metrů pro šepot, ze které se pak lékař přibližuje k pacientovi. Ten je natočen vyšetřovaným uchem k lékaři a jeho druhé ucho vyřazeno buď sestrou nebo speciálním přístrojem pro tento účel - ohlušovačem. Vyslovovaná slova musí obsahovat hlásky s hlubokými (např. slova s "u"), středními (např. slova s "a" a "o") a vysokými formanty (např. "i", "e" a sykavky). Pomocí těchto zkoušek zjistíme podezření na poruchu sluchu. Pro bližší určení této poruchy jsou zapotřebí další vyšetření. (8, 9, 17)

Zkoušky pomocí ladiček se používají k rozlišení mezi převodními a percepčními poruchami. Pro určení kvality sluchové poruchy se využívá několika zkoušek. Při Weberově zkoušce přikládáme ladičku nejčastěji na temeno hlavy a zjišťujeme, ve kterém uchu je lépe slyšet. Pokud vyšetřovaný slyší více hůře slyšícím uchem jedná se o poruchu převodní, pokud na lépe slyšící ucho jde o percepční poruchu. V případě Rinneho zkoušky budeme hodnotit vzdušné vedení zvuku, kdy ladička je umístěna před uchem, s kostním vedením zvuku, kdy ladičku přiložíme na místo za uchem nazývané planum mastoideum, u každého ucha zvlášť. V případě lepšího slyšení u vzdušného vedení je ucho zdravé nebo se jedná o poruchu percepční naopak lepší kostní vedení zvuku znamená závažnější převodní poruchu. U zkoušky podle Schwabacha je porovnáváno zaznamenávání zvuku pacienta a lékaře. Pokud pacient slyší delší dobu než lékař, jedná se o převodní nedoslýchavost, pokud kratší o percepční. (8, 9, 17)

Další metodou na vyšetření sluchu je tónová prahová audiometrie. Funguje na principu vysílání tónů různé frekvence a hlasitosti a zaznamenávání tónů, které pacient slyšel. Výsledkem je graf, který nazýváme audiogram. Zjistíme tak práh slyšitelnosti vyšetřované osoby. Audiometrem můžeme zjistit i kvalitu kostního vedení zvuku výměnou sluchátek za vibrátor přiložený ke spánkové kosti. V audiogramu znázorňováno vzdušné vedení plnou, kostní vedení pak přerušovanou čarou. (1, 8, 17)

Pomocí tympanometrie můžeme objektivně zhodnotit funkci bubínku díky snímání odrazu zvuku. Je možné posuzovat také poddajnost bubínku při změně tlaku. (9, 17)

Další metodou je objektivní audiometrie. Díky ní je možné hodnotit reakce na zvukový podnět snímáním evokovaných ušních potenciálů z nervů, mozkového kmene a mozkové kůry (BERA, CERA). Jde o velmi drahé a také časově náročné vyšetření. Výhodu skýtá možnost vyšetření novorozenců, simulantů i lidí v bezvědomí. (8, 9, 17)

Vyšetření středoušních reflexů patří k dalším z objektivních metod hodnocení sluchu. Hodnotí

se schopnost adaptace středoušních svalů - stapediální reflex, při němž se změní poddajnost bubínku. (8,9)

Objektivní vyšetření sluchu lze provést také změřením otoakustických emisí. Viz výše. (17)

1.7 Poruchy sluchu

Ucho je velmi citlivý orgán a velmi snadno může dojít k jeho poškození. To by mělo být důvodem ke zvýšené snaze zabránit proniknutí jakýmkoliv předmětům do ucha. Poruchy sluchu se mohou objevit z různých příčin. Mezi nejčastější příčinu se řadí nadměrná expozice hluku z prostředí. Záleží na intenzitě i časovém trvání hluku. Při krátkém zvuku o vysoké intenzitě hrozí poškození - akustické trauma. Naopak při opakovaném působení hluku o nižších intenzitách hrozí chronické poškození. S tímto problémem se setkáváme stále častěji, protože se stoupající lidskou činností stoupá i hlučnost. Poruchy rozdělujeme podle postižené části sluchové dráhy na periferní a centrální nedoslýchavost případně hluchotu. (1, 5, 7, 8, 17)

U periferní nedoslýchavosti se dále rozlišuje převodní a percepční nedoslýchavost. (17)

Převodní nedoslýchavost vzniká v důsledku překážky, která znemožňuje nebo zeslabuje přenos zvuku. Po odejmutí překážky je sluchová funkce opět bez potíží. Jako příklad můžeme zmínit ucpaní zvukovodu uším mazem, protržení bubínku nebo porušení středoušních kůstek zánětem. K protržení bubínku může dojít v souvislosti s proniknutím cizího tělesa do ucha, prudkou ranou přes ucho, nadměrnou expozicí hluku popřípadě i tlakovou vlnou, zlomeninou spánkové kosti nebo infekcí. Naštěstí je tento stav reverzibilní. Převodní nedoslýchavost je dále charakterizována zachováním stejné kvality vjemu, ale jeho zeslabením. Díky tomu může postižená osoba slyšet zcela normálně, pokud zaregistruje vjem. (8, 17)

Oproti tomu percepční nedoslýchavost definujeme jako poruchu vnitřního ucha nebo sluchové dráhy. Vyskytuje se u dětí jako vrozená porucha nebo u starších osob často jako důsledek kornatění cév, špatného prokrvení, zánětu nebo úrazu. Dále představují velké nebezpečí záněty mozkových blan a nádory sluchového nervu. (16, 17)

Centrální nedoslýchavost se vyskytuje v souvislosti s poruchou podkorových a korových center CNS z různých příčin. (17)

Mezi nejčastější onemocnění uší se řadí zánět. Záněty zevního zvukovodu se vyskytují často v souvislosti s bakteriální, mykotickou či virovou infekcí. Zdrojem nákazy bývá bazén nebo veřejné koupaliště, zejména v létě. Záněty středního ucha mohou být hnisavé nebo nehnisavé. Úzce souvisí s Eustachovou trubicí. Ta má vliv na vstup infekce a díky její špatné průchodnosti může vznikat tlak, vedoucí až k protržení bubínku. Záněty mohou přecházet do chronicity. Jejich výskyt může být vázán i na jiné onemocnění. (1, 16)

Dále se můžeme setkat s ušním šelestem. Často se vyskytuje v souvislosti s nedoslýchavostí, může se však objevit v rámci jiného onemocnění či samostatně. Nepříznivě ovlivňuje psychiku člověka. (1, 5)

Stařecká nedoslýchavost se projevuje úbytkem ostroty sluchu s přibývajícím věkem. Člověk nejprve přestává slyšet vysoké tóny. Díky tomu si myslí, že jeho sluch je v pořádku, neboť většinu zvuků (s hlubokými tóny) slyší beze změny. Prostřednictvím vysokých tónů je ovšem člověk schopen rozeznat od sebe jednotlivé hlásky. Proto zaznamenává problémy v rozumnění a neslyší pouze zvuky jako telefon nebo zvonek. Nejhuře takový člověk rozumí, když mluví větší počet lidí najednou. K tomu přispívá i další opotřebení mozkové kůry. Projevy nedoslýchavosti mohou být různě závažné. I malá neidentifikovaná nedoslýchavost, dosud vykládaná jako nepozornost či přeslech, může znamenat závažné problémy. Kromě potíží s identifikací řeči zvyšují další riziko poškození sluchu, zejména hlukem, méně ototoxickými léky (tzn. léky toxické pro vnitřní ucho). Mezi nejrozšířenější z nich patří antibiotika Streptomycin, Gentamycin, některá cytostatika a diuretika. (1, 8, 17, 18)

Hluchotou se rozumí absence sluchu i při používání nejvýkonnějších sluchadel. Hluchota brání lidem v mezilidské komunikaci. Jediným řešením pro neslyšící je odezírání ze rtů. Příčiny hluchoty mohou být různé: genetické vlivy, infekce, úraz. V mnoha případech nelze příčinu zjistit. (16)

1.8 Prevence sluchových vad

Riziko poškození sluchu závisí jednak na nejvyšší hladině zvuku, ale i na celkové energii zvuku v čase. Například: „Poslech hudby z walkmanu s 95 dB lze připustit během jednoho týdne celkem na 6 hodin. Nebo: Průměrná hladina zvuku při 2 - hodinovém koncertu rockové hudby by neměla překračovat 100 dB.“ (18, s. 14,15) Když je intenzita zvuku vyšší nebo je sluch navíc zatěžován hlukem z jiných zdrojů, stoupá riziko poškození sluchu. (8, 18)

Při předcházení chorobám sluchu jsou důležité preventivní prohlídky. První možnost prevence sluchu by měla patřit našim dětem. (17)

Několik preventivních úkonů můžeme uskutečnit ještě před narozením dítěte. U rodičů postižených sluchovou vadou je vhodné posoudit vhodnost těhotenství provedením genetického vyšetření. Další možností je přerušování těhotenství u plodu s patologickým nálezem. Postižení sluchu může vzniknout i během těhotenství. Často se tak stane infekcí matky například zarděnkami nebo virem HIV. (17)

Po narození je vhodné vyšetření novorozenců pediatrem a toto vyšetření při pravidelných prohlídkách opakovat. Pokud není jisté, že dítě má sluch v pořádku, je vhodné ho poslat ke specialistovi. Vhodné je také věnovat pozornost sluchu dítěte doma a ve škole. Všímavost rodičů a

pedagogů tak může odhalit zhoršení sluchu. (17)

Jedním z nebezpečí je také používání zvukových médií. Často se jedná o dobrovolnou nadměrnou expozici. Posluchači by si měli být vědomi faktu, že kvalita hudby nezávisí jen na zvukové technice, ale i na jejich funkčním sluchu. Obzvláště nebezpečné je jejich používání mladistvými, jejichž vyvíjející se tělo nemusí nadměrnou zátěž zvládat. Zvláště hudba poslouchaná přenosnými přehrávači často zahlučuje posluchače nadměrným hlukem. S tím souvisí i fakt, že v hlasitém okolním prostředí si posluchač nastaví vyšší hlasitost. Díky tomu je možné i přeslechnutí zvukových signálů při dopravě. (17, 18)

U dospělé populace přichází velké ohrožení pracovním hlukem. Jsou žádány sluchové zkoušky, které by odhalily adaptabilitu pracovníka na hluk. Díky nim by bylo možné lépe vybírat zaměstnance. „Je totiž známo, že někdo snáší dlouhé roky velký hluk bez poruch sluchu, někdo za několik měsíců ohluchne.“ (17, s. 24) Zatím je možné využít ochranné osobní prostředky jako pasivní ochranu před hlukem nebo jiných - aktivních opatření. Mezi ně se řadí úsilí o odhlučnění provozů, zkrácení času v hlučném provozu nebo náhrada lidských zdrojů stroji. (17)

Ochranné osobní prostředky slouží jako chrániče sluchu v hlasitých provozech nebo sportu. Nejčastěji viděnými jsou sluchátka a ucpávky zvukovodu a přilby. Některé pomůcky poskytují ochranu pouze v určitých spektrech - například potlačují více vysoké frekvence (poškozující více sluch), naopak frekvence blízké řeči potlačují méně. (17, 18)

V neposlední řadě nám mohou pomoci odhalit poškození sluchu varovná znamení. Ta se projevují jako pocit zalehnutí uší nebo ušní šelesty - pískání, zvonění, šum. Pomocníkem nám může být také zvukoměr, kterým si můžeme zjistit hladinu hluku, kterému jsme vystaveni. (18)

1.9 Léčba poruch sluchu

Zhruba jedna třetina lidí s poruchou sluchu využívá pomůcek, které by jim pomohly. Část neslyšících si nechce přiznat svůj špatný sluch, jiní nevědí, jaké pomůcky jsou nabízeny, nejméně je těch, kteří se zkoušeli léčit, ale nebyli spokojeni. (8)

Obecně platí, že převodní vady jsou lépe operovatelné než percepční. (17)

Převodní vady sluchu se z naprosté většiny léčí operativně. Patří sem zejména protržení bubínku, léčené přelepením nebo myringoplastikou. Pokud dojde i k poškození středoušních kůstek provádí se operační postup tympanoplastika. (8, 17)

Léčba percepčních vad je nesnadná a většinou nese jen nepatrné zlepšení. Podáním léků rozšiřujících cévy se lékaři snaží docílit lepšího prokrvení smyslových buněk ucha. Toho je možné dosáhnout také terapií v hyperbarických komorách. Dále jsou používány léky podporující energetickou bilanci a stimulující nervovou tkáň. Přes veškerou snahu jsou výsledky neuspokojivé a

mnohdy je nutné používání sluchadel. Těch jsou na trhu různé druhy: kapesní, závěsné, nitroušní nebo brýlové. Hluchým osobám zbývá už jen odezírání nebo jim může být zaveden kochleární implantát. To je elektronické zařízení, které je zavedeno přímo do hlemýždě. Implantát pak může poskytnout vjem podobný původnímu. (8, 17)

Pojem reedukace znamená pokus o vrácení funkce poškozeného analyzátoru. Pomocí cvičení lze dosáhnout diferenciaci jednotlivých zvuků a tím i lepšího sluchu. Tato metoda je známá již od starověku. Reedukace má význam především u percepčních poruch. Reedukační cvičení trvá měsíce až roky. (17)

2 ZVUK

2.1 Charakteristika

Zvuk je chápán jako vibrační fenomén, který určují 3 veličiny: frekvence, hladina akustického tlaku a čas. Vzniká chvěním pevných těles, kapalin nebo plynů. Šíří se do prostředí zvukovými vlnami rychlostí zhruba 330 metrů za sekundu (ve vzduchu). Při svém pohybu se ohýbají, odrážejí a jsou pohlcovány. Prostředí, ve kterém se zvukové vlny šíří nazýváme akustické pole. (5, 7)

Frekvence stanovuje počet opakování za sekundu a její jednotkou je herz (Hz). Člověk vnímá frekvenční rozsah 16- 20 000 Hz jako výšku zvuku. Stárnutím se schopnost vnímání snižuje až po 10 KHz. Čím vyšší je frekvence tónu, tím lépe ji lidské ucho vnímá a naopak. Totéž platí i pro zvýšení intenzity. (5, 7)

Hladina akustického tlaku se určuje jako rozdíl tlaku pozorovaný v okolí. Jeho jednotkou je pascal (Pa). Člověk ji vnímá především jako hlasitost. Nejslabším tlakem, který člověk může registrovat je 20 mkPa a nejsilnějším 20Pa (při frekvenci 1000 Hz). Při měřeních jsou zjišťovány hladiny akustického tlaku, výkonu a zvuku. Všechny tyto hladiny se stanovují pomocí logaritmu. (5, 7)

Jednotkou hladiny akustického tlaku a zvuku je decibel (dB). Pro zvuk není vhodné počítat s běžnými lineárními stupnicemi kvůli mnohařádkovým rozdílům tichých a hlučných zvuků. Nejlépe je se pro počítání s hladinami akustického tlaku hodí logaritmy, protože zajistí zkrácení intervalů mezi hodnotami zvuku. Práh slyšitelnosti - 20mkPa odpovídá 0 decibelů, práh bolestivosti 20Pa 120 decibelům. Hladinu akustického tlaku značíme L a vypočítáme pomocí vztahu $L = 20 \log p/p_0$ dB, kde p označuje efektivní hodnotu tlaku zvuku v pascálech a p_0 referenční hodnotu $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Příklad: při zdvojení zvuku se stejnou akustickou hladinou je nastane zvýšení zvuku o 3 dB. Nejvýhodnější je měření s váženým filtrem A, který nejlépe odpovídá lidské reakci na zvuk. (5, 7)

Ekvivalentní hladina hluku neboli ekvivalentní hladina akustického tlaku charakterizuje energii nebo hladinu zvuku u proměnlivého zvuku v časovém průběhu, která by byla odpovídala hodnotě u rovnoměrného zvuku. Značíme ji $L_{Aeq,T}$ pro kmitočtovou charakteristiku A. Vzorec pro její výpočet

je následující
$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1L(t)} dt$$
, přičemž $L(t)$ znamená aktuální hladina hluku a T značí dobu, pro kterou počítáme ekvivalentní hladinu. (5, 7, 19)

Třetí podstatnou složkou pro hodnocení zvuku je jeho časový průběh. Rozlišujeme zde hluk ustálený - při kterém se hladina zvuku neodchyluje více než o 5 dB. Hluk proměnný přerušovaný - u kterého kolísají hladiny hluku v tichých a hlučných intervalech. Proměnný hluk nepravidelný - u

něj dochází k náhodnému kolísání hladiny zvuku s vyšším rozpětím než 5 dB. Pro měření nepravidelného proměnného hluku je určován podíl jednotlivých zvukových hladin v čase. Doba měření by měla být určena, aby s pokud možno nejvyšší pravděpodobností byl zachycen poměr obvyklých zvukových událostí (7)

2.2 Reakce člověka na zvuk

„Geneticky je dáno, že sluchové podněty jsou biologicky účinnější než zrakové a *organismus nemá žádnou možnost fyziologicky vyřadit sluch z činnosti*. Prakticky to znamená, že zvuk, který dosáhl prahu slyšitelnosti, nelze neslyšet.“ (6, s. 28) Většina výstražných signálů je vnímána automaticky právě sluchem. Zvuky vznikají při kmitání těles. Podle parametrů zvuku je možné určit směr pohybu tělesa, materiál, hmotnost a další vlastnosti, které ovlivní naši reakci na zvuk. Člověk reaguje na zvuk nejen díky biochemickým reakcím, ale záleží i na jeho psychickém, sociálním a duševním rozpoložení. (6)

3 HLUK

3.1 Charakteristika

„Hlukem se obecně rozumí akustický signál, jehož působení člověka poškozuje ruší, obtěžuje.“ (12, s. 5) Nelze proto jednoznačně rozlišit, kdy se jedná o hluk a kdy o pouhý zvuk. Tato informace, je pro každého člověka jiná. Obecně považujeme za hluk každý zvuk, který obtěžuje nebo člověku škodí. Negativní působení hluku je bezprahové. Předpokládá se, že rušivě budou působit zvuky hlasité, náhlé a zvuky obsahující tónovou složku, díky lepší biologické vnímavosti člověka. Nepříznivé účinky mohou mít ale i zvuky malé intenzity a energie. Hluk můžeme posoudit také objektivně s pomocí měření hladin zvuku, které by mohly poškodit sluch. (6, 7, 12)

3.2 Zjišťování hlukové situace

Každé měření může být provedeno jako imisní, hodnotící akustický tlak určitého prostoru, nebo emisní, kde zjišťujeme akustickou energii vyzářenou zdrojem. (7)

3.2.1 Přístroje

Ke zjišťování hlukové situace používáme zvukoměr někdy také nazývaný elektroakustický měřič. Jeho snímací částí je měřicí mikrofón. V něm dochází k převodu akustických vln na elektrické podněty. Následně je elektrický podnět upravován, dochází k jeho zpracování a rozboru. Zvukoměry mají různé vlastnosti, například použité váhové filtry či šířku pásma. K možnostem měření pomáhají také rozličné funkce, například funkce "Impulse", která umožňuje rychlejší nárůst hodnoty impulzního zvuku a jeho pomalejší klesání. Technika sloužící k měření akustických veličin se stále rozvíjí a umožňuje tak lepší záznamy, snadnější a přesnější měření. (7, 13)

3.2.2 Měření

Způsob, kterým provedeme měření, musí být v souladu s typem a záměrem měření, ale také s žádanou přesností a hodnocením naměřených hodnot. Dále se bere zřetel na spektrální skladbu zvuku, jeho průběh a na místo měření. Různá akustika je ve vnitřních a venkovních prostorách. Také fyzikální podmínky jako teplota vzduchu, rychlost proudění vzduchu, prašnost apod. ovlivňují naměřené hodnoty. (7)

Způsob měření a hodnocení hluku je upraven platnou legislativou. Jedněmi z takto upravujících předpisů jsou normy. (7)

Přesnost prováděného měření stoupá s počtem naměřených hodnot. Je závislá nejen na

metodice, ale také na použitých přístrojích, matematických a statistických výpočtech. Existuje několik tříd zvukoměrů podle přesnosti. U zvukoměrů první třídy se setkáváme s přesností do 0,5 dB, u druhé třídy do 2 dB a u třetí do 5 dB. Pro stanovení překročení limitu stačí, když je přesnost zvukoměru nižší než hodnota, o kterou byl limit hluku překročen. U zvukoměrů musí být kontrolována přesnost v předepsaných intervalech a musí být kalibrovány. (7)

Značný může být taktéž vliv stav ovzduší. Největší útlum způsobuje mlha. Oproti tomu velmi slabý účinek má mrholení. (7)

Před začátkem měření zjistíme povahu hluku, zda je proměnný, impulzní (rozdíl hodnot je větší než 5 dB). Dále změříme hluk pozadí (hluk, který není způsoben měřenými zdroji). Je možné také dále rozlišit tento hluk na hluk prostředí (celkový v měřeném místě), specifický hluk (konkrétního zdroje) a reziduální hluk (bez specifického hluku), který je velmi podobný hluku pozadí. Pak je nutné správně si určit dobu měření a konkrétní časy. Doba měření není jednoznačně určena. Rozlišuje se ale měření v denní době (u nás od 6:00 do 22:00) a noční době (u nás od 22:00 do 6:00). U celodenní expozice pro účely tvoření hlukových map se využívá dělení na den (6:00-18:00 hodin), večer (18:00-22:00 hodin) a noc (22:00-6:00 hodin). Je ale žádoucí volit časový úsek se všemi obvyklými hluky a v jejich obvyklém poměru. Při měření silničního hluku by měření mělo trvat minimálně 10 minut a počet projíždějících aut by měl převyšovat 50. (7, 21)

Důležité je zvukoměr nasměrovat nejcitlivější částí mikrofону ke zdroji hluku. Ve vzdálenosti do 2 metrů by se neměly vyskytovat žádné bariéry. (7)

3.2.3 Upřesnění měření mimopracovního hluku

Měření mimopracovního hluku je možno provést ve venkovním prostoru nebo uvnitř budov. Při měření venku bývá měřen hluk na volných plochách nebo ve venkovním chráněném prostoru staveb. U volných ploch se provádí různý počet měření. Pokud jsou rozdíly v měření vyšší než 5dB, je třeba přidat další měřicí místa. U chráněného prostoru budov je měřen hluk 2 metry od fasády domu. (7)

Při měření uvnitř staveb umísťujeme zvukoměr obvykle do středu místnosti, minimálně 1 metr od stěny a 1,5 metru od oken. Dále je snahou umístit zvukoměr do míst pobytu nejvyššího počtu lidí a případně i do výšky odpovídající výšce jejich uší, pro stojící zhruba 1,5 metru, pro sedící zhruba 1,2 metru. (7)

Měřeno je klasicky s měřidlem nastaveným na rychlé snímání hodnot ("Fast"). Pomalé snímání ("Slow") je používáno u proměnného zvuku. U impulzního zvuku je nutné snímání impulzů ("Impulse"). (7)

3.2.4 Výpočet

„Obecně je možno říci, že tam, kde můžeme získat údaje o hluku přímým měřením hladin v reálných podmínkách, dáváme přednost měření před výpočtem." (7, s. 71) Avšak měření může být vhodnější například u měření hluku z dopravy a pro předpovědi hluku u různých staveb. Hluková situace z dopravy bývá nejčastěji charakterizována výpočtem ekvivalentní hladiny hluku. (7)

3.3 Hodnocení prostředí z hlediska hluku

Klíčovou se stala ekvivalentní hladina hluku, protože poruchy sluchu velmi úzce souvisí s množstvím akustické energie, kterou ucho obdrželo. Avšak panuje názor, že i hodnocení pomocí ekvivalentní hladiny hluku může být zkreslené v závislosti na dalších charakteristikách zvuku - např. průběhu hlukových událostí, spektrálním složení, fyzikálním charakteru apod. (7)

Měření expozice hluku pomocí přístrojů a výpočtů by mělo odpovídat stupni vyvolaných negativních reakcí a příznaků u lidí. To platí jak pro akutní poškození hlukem, tak pro chronické. Pro možnost takového posouzení byly určeny výrazy: rozmrzelost (slouží k vnímání nepokoje), rušení (vyjadřuje překrývání hluku s jinou činností), hlučnost (osobní posouzení hluku v určité situaci) a obtěžování (narušení lidských práv nebo prostředí pro život). Při hluku vytvořeném různými zdroji může být však nesnadné odlišit, který zvuk je zodpovědný za rušivý vjem člověka. Není vyloučeno, že díky hluku v pozadí vzniká nespokojenost z mnohem menších hladin hluku než by tomu tak bylo bez hlučného pozadí. (7, 15)

U letecké dopravy byly stanoveny vzorce pro výpočet hladiny rušivosti hluku, efektivní hladinu hluku a dalších indexů. (7)

U silniční dopravy je i nadále výhodné počítat s ekvivalentní hladinou hluku. Jinou možností je počítat pomocí ukazatelů: L_1 (charakterizuje ojedinělé špičky), L_5 (opakované špičky), L_{10} (přibližná hodnota hluku z dopravy), L_{90} (hluk z prostředí), L_{99} nebo L_{95} (hluk pozadí). S pomocí těchto hodnot je možné stanovit poměry těchto hladin v ekvivalentní hladině zvuku a i odhadnout účinnost protihlukových zásahů. (7)

Dále je dokázáno, že na rušivý účinek zvuku ovlivňuje i jeho informační obsah. Zvuky, které osobu upoutaly, ruší méně než ostatní zvuky. „Účinek hluku s informační hodnotou lze prokázat i na sekreci hormonů (Bělin 1985) a na vlivu na spánek." (7, s. 38) Existuje tedy možnost maskování hluku určitou hudbou nebo jinými zvuky. (7, 19)

3.3.1 Faktory ovlivňující reakce na hluk

Reakce na zvuk je úměrná tomu, jak silný je zvuk, jak daleko se nachází zdroj a jak je či není zvuk očekáván. To ale neplatí zcela, protože, člověk je schopen si na určité zvuky zvyknout a přizpůsobit

se jim viz podkapitola 1.5 Vliv zvuku na sluch. (6)

Dále platí, že zvuk působí rušivěji v noční době než ve dne skoro o polovinu. Rušivější je také hluk v letních měsících nežli v zimních. Uvnitř budov vyvolá stejný hluk větší reakci než venku. Mezi další faktory ovlivňující rušivost patří doba vystavení hluku, zda je dostupná informace o délce trvání hluku, možnostech snížení hluku, typ činnosti člověka, možnost mluvit, psychický stav a sociální vztahy. Nejvyšší rušivost hluku je mezi 24:00-05:00 hodinami a nejmenší mezi 09:00-16:00 hodinami, mezi těmito úseky jsou dva přechodné intervaly. Roli zde může hrát i skepse vůči odpovědným úřadům. (6, 19)

Dále působí rušivěji zvuky proměnné a zvuky obsahující tónové složky a impulzy. U rušivého účinku tónů hraje roli i frekvence. Značný rušivý efekt má přerušovaný zvuk, patrný i u zvuku malé intenzity. Více ruší také zvuky neznámé a neočekávané, méně zvuky se vzdáleným zdrojem. Také zvukové pozadí má menší vliv na rušivost než další zvuky, které se nahodile v prostředí vyskytují. (6)

3.3.2 Hodnocení hlukové expozice

Pro určení hlukové expozice používáme měření a výpočty hladin hluku u konkrétní osoby nebo skupiny osob. Taková měření nazýváme imisní. Oproti tomu zjišťování emisních hladin hluku znamená měření jednotlivých zdrojů hluku, jejich vlastnosti a technický charakter. (7)

Pro určení hlukové expozice je zásadní vztah obdržené dávky hluku a jejího účinku na člověka. Takový vztah bývá obvykle hodnocen u pracovního hluku. Často zůstává bez povšimnutí možnost ovlivnění zdraví pracujících hlukem z mimopracovního prostředí. „V práci zabývající se vlivem hlučného mimopracovního prostředí na vývoj sluchové ztráty pracovníků strojírenského závodu (Havránek 1976) bylo prokázáno, že na frekvenci 4 000 Hz se u pracujících s doplňkovou mimopracovní expozicí zvyšuje progres sluchové ztráty ve srovnání se skupinou bez dodatečné zátěže hlukem (tichá bydliště).“ (7, s. 39) (7)

S hodnocením hlukové zátěže se setkáváme jen zřídka u obyvatel, kteří nejsou vystaveni nadměrné zátěži v pracovní době. Byly však vytvořeny přibližné odhady u obyvatel Ameriky. Některé výzkumy se specializovaly na hlučnost jednotlivých domácích spotřebičů nebo rádio a televizi. Avšak údaje o celkové denní expozici hluku pro různé skupiny obyvatel s různými vlivy „nemáme doposud žádné, ani přibližné představy, ačkoliv pro zlepšení metodiky epidemiologických výzkumů vlivu hluku na populaci by takové údaje byly velmi žádoucí.“ (7, s. 39) Takové měření by bylo možné pomocí osobních expozimetrů. Dalším řešením, které přináší těžkosti, je sestavení denního plánu osob a jeho hodnocení s ohledem na expozici hluku v konkrétních situacích a činnostech. Termín hluková dávka je používán zřídka a nahrazován hlukovou expozicí, kvůli možné

nerovnosti naměřených hladin a sluchového vjemu. (7)

3.4 Limity

Omezení hluku rozlišujeme pro různá jednotlivá prostředí. Setkáváme se s imisními limity hluku a vibrací na pracovištích a pro chráněné prostory. Chráněné prostory rozlišujeme na chráněné venkovní prostory (nezastavené plochy sloužící například k rekreaci), chráněné venkovní prostory staveb (do 2 metrů od fasády obytných budov, školních a zdravotnických zařízení) chráněné vnitřní prostory staveb (uvnitř obytných místností, kromě staveb pro rekreaci, výrobu a skladování). Emisní hodnoty jsou posuzovány například v zákoně č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (5, 20, 22, 23)

Z historie měření a hodnocení hluku bylo vhodné upozornit na rok 1936, ve kterém byl v Praze měřen hluk způsobený dopravou. V šedesátých letech vznikaly limity pro pracoviště a domácí prostředí. Byla dokonce vytvořena i metodika pro měření dopravního hluku a vystavení obyvatel. V dalším desetiletí probíhalo u nás systematické hodnocení hluku a vznikaly hlukové mapy. Podle nich byly později sestavovány územní plány. Po druhé světové válce vznikla akustická společnost, kam přispívají rozliční odborníci v tomto oboru. Zástupci České republiky v minulosti pomáhali a i nyní pomáhají s tvořením norem v ISO. Je zde patrná snaha, aby české předpisy byly v souladu i s mezinárodními. (5)

Snaha České republiky omezovat nadměrný hluk je srovnatelná s vyspělými státy Evropy. Nejvýznamnějším zdrojem hlučnosti je u nás silniční provoz. K dalším zdrojům hluku, na které si lidé stěžují, patří zábavné podniky, provozovny a sousedský hluk. Zatímco sousedský hluk a hluk z domácnosti se snižuje, přibývají stížnosti na provozovny, diskotéky a další firmy. Jiné zdroje hluku nejsou tak významné. Z limitování hluku se vyjímá například sousedský hluk, hluk související se záchranou života a majetku, hluk ze záchranných akcí a hluk vznikající přelivem vody. (5, 22)

Naopak pro ostatní činnosti vytvářející hluk existuje zákonné omezení. U nás legislativní rámec tvoří především zákon 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, Nařízení č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a další související předpisy. (20, 22)

Pokud hluk v chráněných venkovních prostorech neobsahuje impulzní složky, měří se pomocí ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$. Platí pro něj limitní hodnota 50 dB, která je však dále upravována korekcemi, systémem přísnějších nebo benevolentnějších úprav. Tyto korekce závisí na typu zařízení, ke kterému venkovní plocha patří. Například pro zdravotnické zařízení a

lázně jsou povoleny nižší limity než pro ostatní stavby. Výši korekce ovlivňují třídy silnic a typ zdroje hluku, například letecký, silniční, produkce hudby. (20)

Pro hodnocení vnitřních chráněných prostorů staveb se používá ekvivalentní hladina akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ nebo maximální hladina akustického tlaku $A L_{Amax}$. Měření se nejčastěji provádí pro osm nejhlučnějších hodin **ve dne a jednu v noci**. U dopravního se měří celý den (16 hodin) i noc (8 hodin). Základní limit je zde 40 dB, ale je také dále upravován korekcemi. Jsou rozlišovány korekce pro pokoje v nemocnicích, ordinace, pokoje v hotelích, místnosti vzdělávacích zařízení a obytné místnosti. Poslední jmenované nás zajímá nejvíce. Platí zde nulová korekce pro denní dobu, -10 dB pro noc. Dále zde existuje korekce +5 dB pro obytné místnosti v blízkosti komunikací první a druhé třídy, což ovšem neplatí pro stavby s povolením k užíváním po roce 2005. Pro všechny chráněné prostory platí korekce hluku s tónovou složkou a zřetelně informačním charakterem korekce -5 dB. Jako hluk uvnitř objektu hodnotíme i hluk vznikající mimo stavbu, který do ní proniká jiným způsobem, nežli vzduchem. Limit pro zesilovanou hudbu je 100 dB ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v prostoru pro posluchače a je měřen po dobu čtyř hodin. Jako ukazatel hlučnosti slouží také ekvivalentní hladina měřená pro den, večer a noc. Například pro hluk z dopravy je stanoven celodenní limit 70 dB. (5, 20, 21)

Oproti tomu pro pracovní hluk jsou stanoveny limity převážně vyšší, ale pro osmihodinovou pracovní dobu. Základní limit představuje 85 dB ekvivalentní hladiny akustického tlaku. Pokud se ale jedná o práci náročnou na pozornost, rovná se limitní hodnota 50 dB. Na pracovištích, kde hluk vzniká z vytápění nebo větrání je limit 70 dB. Povinnost používat osobní ochranné pracovní pomůcky na ochranu sluchu zaměstnance a provádět školení zaměstnanců o hluku platí od 80 dB. (20)

Složitější je srovnávat úroveň hlukové zátěže v Evropě, jelikož není zaveden jednotný systém pro jeho měření a hodnocení. Ne v celé Evropě jsou používány normy ISO. Různé jsou i stanovené limity v jednotlivých oblastech i pro různé zóny. V některých zemích je stanovena i hodnota, o kterou smí být tento limit překročen. Liší se mimo jiné také pro pobyt lidí venku a uvnitř budov. Je zde patrná snaha o zlepšení hlukové situace především v oblasti technologií. Již při výrobě je kladen důraz na nízké hlukové emise zdroje hluku. Snížení jejich emisí i s protihlukovými clonami však nepřináší výrazné zlepšení, zejména kvůli vzrůstajícímu provozu. (5)

Z důvodu stoupající hlukové zátěže byla nutnost zaměřit se více na jeho regulaci. Ta probíhá na několika úrovních, v rámci národa, oblasti a místa. Základní požadavek pro regulaci je vyhovující stanovení limitů. Limity by měly být reálné, schopné unést používání dosavadních technologií. Dále je zapotřebí disponovat odborným personálem (měření smí provádět pouze osoby s autorizací či akreditací), přístroji, metodikou a hodnoceními dosažitelnými v celé zemi. V neposlední řadě musí

být zajištěny sankce a jejich efektivní získávání. Zveřejněním výsledků hlukových studií je možno přispět k lepší informovanosti odborné i laické veřejnosti i k prohloubení zájmu o toto téma. Při snižování hluku je vhodné zaměřit se na samotný zdroj hluku. Tímto způsobem lze dosáhnout snížení hlučnosti u obytných staveb, někdy je ale zapotřebí současné omezení provozu nebo jiná protihluková opatření na hluk z dopravy. Vyjma letecké dopravy, jsou účinné také úpravy fasád, oken a povrchů. (5, 22)

3.5 Zdroje hluku

„O hlukové zátěži populace rozhoduje asi ze 60 % situace v mimopracovním prostředí a ze 40 % situace na pracovištích. V mimopracovním prostředí je v českých městech zodpovědný za cca 75-85 % hluk z dopravy, a to převážně z dopravy pozemní, zejména silniční.“ (7, s. 77) Hluk z dopravy má tedy největší vliv na celkovou hlučnost. Konkrétně závisí na frekvenci a typu dopravních prostředků. To souvisí i s koncentrací lidí na určitém místě, čím ta je vyšší, tím se nechá předpokládat vyšší hlučnost. Ve skutečnosti však tato závislost nemusí platit, protože ve velké míře záleží na infrastruktuře, druhu dopravy, umístění pracovišť apod. Všechna tato kritéria jsou ovlivnitelná. Měla by zde ale platit přímá úměrnost mezi hustotou obyvatel a potřebou preventivních opatření proti hluku. Na hluk uvnitř budov nebo hluk ze sousedství jsou sice podávány stížnosti, avšak v porovnání s venkovním hlukem nejsou takovým problémem. Kromě hluku z domácnosti se zde vyskytuje také hluk z technického vybavení domu, například topení nebo ventilace. **Jednou z možností jak snížit hluk zvenčí je výměna oken.** V pracovní sféře se setkáváme se zvyšováním hlukové zátěže díky vzrůstající automatizaci výroby. Zároveň je stále méně zaměstnanců podléhajících vysokému riziku. Bohužel někdy se snaha o lepší výkon techniky může negativně projevit na jeho zvukových emisích. (7)

Zdroje hluku můžeme dělit různými způsoby. Například na pohyblivé a nepohyblivé zdroje. Pohyblivé zdroje zahrnují dopravu a jinou pohybující se techniku, nepohyblivé především různé provozovny. Dále můžeme odlišit trvalé a dočasné zdroje hluku. Vhodné je také dělení zdrojů podle toho, zda se člověk podílí na jejich vzniku. (7)

3.5.1 Zdroje hluku nevznikající činností člověka

Řadí se sem různé přírodní zvuky. Vznikají buď jako důsledek přírodních jevů nebo životem zvířat. U fyzikálních jevů se jedná především o pohyby vody, vzduchu, sněhu, zemětřesení apod. Voda vytváří hluk s jednotvárnými, málo kolísavými frekvencemi, čímž spíše uklidňuje. Avšak hlasitost nad 60 dB ve dne a 40-50 dB v noci již působí rušivě. Oproti tomu negativní vnímání pohybů vzduchu nastává při mnohem nižších hladinách. (7)

Mezi nejvíce rušivé zdroje hluku mezi zvířaty patří štěkot psů. Pro hluk ze sousedství nejsou zavedeny limity. Je však možné porušování těchto práv řešit jinou cestou, s pomocí obce nebo soudu. Dalším zdrojem zvířecího hluku je ptactvo, ale není nijak závažný. Může se vyjímečně stát, že zpěvný pták poblíž měřeného místa vyvolá nárůst hladin zvuku až přes 60 dB. Není ale zřejmé, zda tyto zvuky vůbec označovat za hluk. (7)

3.5.2 Zdroje hluku vznikající činností člověka

Za nejvýznamnější hluk v této kategorii i obecně považujeme dopravní hluk. U nás je významný především rozvoj silniční automobilové dopravy a s tím související i hlučnost. Pokud by se podařilo ztišit veškeré vozy o 3 dB, bylo by dosaženo shodného výsledku, jako kdyby byla jejich frekvence poloviční. Silniční hluk je způsoben chodem motoru vozidla, převody vozidla, tvarem svrchní části vozidla (ten je důležitý pro jeho aerodynamiku; čím vyšší je rychlost auta, tím větší vliv má na hluk její snížení), kontaktem pneumatik a silnice (zimní pneumatiky vytvářejí zhruba o 2 dB větší hluk než letní), rázy vozu a převáženého břemene, vodou přítomnou na vozovce (až o 9 dB), rychlostí jízdy (avšak může větší hluk vznikat u vozidla jedoucího na nižší stupeň při nevyhovujících otáčkách) a typem vozidla (u nákladních vozů je vyšší hlučnost o 7-10 dB). Snižování hlukových emisí aut je výrobně možné i z hospodářského hlediska uskutečnitelné. Hlučnost vozidel je kontrolována ve stanicích technické kontroly. Špatně se ale hodnotí hluk způsobený nerovností cesty. (4, 7)

„Je třeba rozlišovat několik typů kolejových dopravních prostředků: jsou to tramvaje, městské rychlodráhy, vlaky meziměstské osobní a nákladní dopravy a speciální expresní vlaky.“ (7, s. 86) Hluk způsobuje především poháněcí mechanismus, styk kol a kolejí, charakteristika linky, rychlost prostředku a počet vagónů. Nejvíce rušivým kolejovým dopravním prostředkem je tramvaj. Její hlučnost je obdobná jako u nákladních vozidel. Většinou jsou na kolejnicích patrné rýhy. Kdyby se tyto rýhy, vznikající při brzdění, dařilo odstraňovat, klesla by hlučnost tramvají o 2 dB. Při provozu tramvají vzniká také rázový hluk (výhybky, spoje kolejnic) s nárůstem hodnot o až 10 dB. Dalším kolejovým zdrojem hluku je vlaková přeprava. Kromě pohybů kol po kolejích (nerovnosti a pohyb vlaku do stran) vytváří hluk hlavně pohonná jednotka (motor nebo větrák elektromotoru). Dále se uplatňují vlivy jako rychlost soupravy a počet vagónů podobně jako u tramvají. Železniční hluk je charakterizován spíše jako plošný. „Několik autorů zjistilo nezávisle na sobě, že obyvatelé snášejí lépe hluk z kolejové dopravy a že stejný efekt vyvolá hluk z železnice, teprve když je o cca 4-5 dB (A) vyšší než hluk z ulice.“ (7, s. 37) Nejzávažnější záležitostí je v této problematice hluk seřazovacích nádraží působících jednak na zaměstnance, ale i na lidi zdržující se v jejich okolí. Pro taková nádraží jsou typické zvuky různých frekvencí i hlasitosti, nevyjímaje hluk impulzní a

tónovou složkou. U přepravy metrem se setkáváme s nejvyšším hlukem uvnitř během jízdy a při brzdění vně soupravy. Další nesnází může být přenos vibrací i hluku pevnými stavbami (7)

„Letecký hluk má mezi dopravními prostředky dominantní postavení, pokud jde o výkon jednotlivého zdroje.“ (7, s. 90) Charakteristika hluku závisí na konkrétním typu letadla. U nadzvukových letadel se setkáváme s rušivým vlivem tzv. sonického třesku. Ten vzniká na základě změn tlaku v atmosféře a přináší člověku řadu negativních účinků. Zejména z důvodu vysokých výrobních a provozních nákladů se většinou setkáváme s letadly s podzvukovou rychlostí. (7)

Existují i další způsoby dopravy. V naprosté většině se ale jedná o nepodstatné zdroje hluku. patří sem například lanová, potrubní (zde se podílí na vzniku hlukových emisí u kompresory nebo vrážení přepravní buňky zevnitř do potrubí), pásová a lodní doprava. (7)

V pracovním prostředí vytváří hluk nejčastěji stroje a práce s nimi. Mezi významné zdroje hluku v pracovní době patří různá ruční automatizovaná zařízení (př. motorové pily, pneumatická kladiva, apod.) a výrobní postup. Další vliv na hlučnost provozu mají používané technologie a různé motory. Rizikové jsou zejména práce v dolech, hutnictví a strojírenství (např. při práci s obráběcími stroji a vzduchotechnikou), v textilních závodech, lesnictví, v zemědělství a stavebnictví. Celkový hluk z dopravy byl mírně zredukován, avšak u některých zařízení představuje i nadále velké potíže. (7)

Při používání chráněných budov je tvořen několikerý hluk. Prvním hlukem, se kterým se můžeme setkat, je hluk z technického zařízení místností nebo celého domu. Jednou z příčin hlukového zatížení chráněných prostor může být nevhodné umístění hlučné provozovny do jejich blízkosti, pokud neproběhne správně preventivní hygienický dozor. „Zdroji hluku mohou být zejména čerpadla výměňkových stanic, hořáky domovních či blokových kotelen, elektromagneticky buzený hluk transformátorů v transformátorové stanici, odstředivky a pračky domovních prádel, strojovny výtahů, výtahové šachty a dveře, ventilátory vzduchotechnických zařízení, mrazicí boxy a pulty obchodních jednotek, strojní zařízení drobných provozoven aj.“ (7, s. 100) Příčinou šířícího se zvuku z technického vybavení bývá nevyhovující místo uložení, chybění pružného obložení, nepohyblivé spojení s budovou, užití přístrojů s vysokými hlukovými emisemi, nevyhovující zvuková izolace nebo jejich kombinace. Závady jsou většinou špatně odstranitelné. Dalším hlukem se kterým se běžně v chráněných budovách setkáváme je hluk ze zdravotně technického zařízení. To znamená především veškerý přívod či odvod pitné nebo užitkové vody. Hlavními zdroji jsou tedy vodovodní potrubí, kohoutky, toaleta, ale řadíme sem i hluk z praček a chladniček. Hladiny hluku z těchto zařízení a spotřebičů se pohybují zhruba okolo 55-80 dB. Poslední hluk v chráněných budovách způsobují samotní lidé svým životem. K tomu využívají rozličné předměty, stroje, ale i svůj hlas nebo tělo. Různé spotřebiče a činnosti vydávají různě velký hluk. Není však rozhodující pouze hladina akustického tlaku, ale také spektrální složení. Velmi

důležitá je u těchto zdrojů doba expozice. S některými zdroji jsme ve styku krátkou dobu, jiné i několik hodin. (7)

Dalšímu hluku je člověk vystaven při svých koníčcích. Řadí se sem například hluk ze zábavních podniků a akcí. Hudební koncerty jsou často nebezpečné nejen pro diváky, ale i kapelu a zaměstnance zařízení. Mezi další zdroje patří sportovní zařízení a provozování sport. Problémy mohou nastat i u dětských hřišť. Chráněným budovám se musí vyhnout hlučné závody motoristů i střelnice s impulzním hlukem. (7)

3.6 Metody zjišťování vlivu hluku na člověka

Zkoumání vlivu zvuků na člověka probíhá různými způsoby. Jedním z nich jsou laboratorní pokusy. Většinou se provádí na zvířatech, protože pro člověka není možné zaručit, že dojde k poškození zdraví. Zvířata již přispěla velkou měrou k získání rozličných informací, jak funguje ucho. Často používaná jsou morčata, myši a krysy. Při tom je velmi důležité počítat s druhovými odlišnostmi jak pokusných zvířat, tak člověka. Co se týká pokusů prováděných na lidech, výsledky pokusů jsou často rozporuplné. Záleží zde na podobnosti pokusu realitě, metodice pokusu i výběru pokusného vzorku. Roli zde hraje i motivace. Opravdu realistických pokusů však není mnoho, takže není možné posoudit zcela jejich význam. Zajímavý je také fakt, že při poslechu živých zvuků se objeví reakce těla, avšak u umělých zvuků nikoliv(nejsou vnímány jako závažné). (7)

Další možností hodnocení vlivu hluku jsou epidemiologický výzkum. Je podstatné určit vhodný vzorek obyvatel podle dané typu výzkumu, lokalitu s vyhovujícími hlukovými podmínkami a cíl studie. (7)

Dále je možné hodnotit pomocí sociologických a psychologických metod. Provádí se buď hodnocení sledováním změn chování lidí nebo s pomocí dotazníků. Pozorovací metodou lze například určovat neklid ve spánku v hlučném prostředí. V šetření pomocí dotazníků k hodnocení hluku je často používané škálování odpovědí. Přesto, že se šetření s dotazníky zdá jako snadná metoda, může docházet k mnoha zkreslením nebo špatné interpretaci výsledků. (7)

Další metodou je audiologie neboli věda o slyšení. Jde o různé metody vyšetřování sluchu viz podkapitola vyšetření sluchu. Je poměrně vypovídajícím údajem o nepříznivém působení zvuku. To je i důvodem proč je tak hodnoceno poškození sluchu nadměrnou expozicí hluku z práce. (7)

4 ÚČINKY HLUKU NA ČLOVĚKA

„Není zcela jistě dokázáno, avšak zdá se, že hluk způsobuje zhoršení sluchu poškozováním vláskových buněk v hlemýždi.“ (8, s. 50) Reakci člověka na fyziologické a psychické úrovni ovlivňuje celkový zvuk, jemuž je člověk vystaven. Vzájemně se ovlivňují jeho intenzity, frekvence a charakteristika spektra. Hraje zde roli především maskování. Na reakci organismu se tedy zdánlivě podílí pouze hladina hluku, ale ve skutečnosti jde o soubor subjektivních reakcí na daný zvuk (hlavně jeho význam). Tentýž zvuk může tedy pro různé lidi nebo i pro jednoho člověka v rozličných situacích představovat odlišné riziko. Záleží tedy ve velké míře na psychice, dále na emocích, situaci, mezilidských vztazích minulosti. Za pozornost stojí také fakt, že je duševně náročnější v množství zvuků, které nás obklopují, si povšimnout toho, který pro nás nese podstatnou informaci. Jako pomocný faktor může složit motivace. Ovšem pokud ji nemáme nebo ztratíme, stává se pro nás zvuk obtěžující a přináší škodu našemu zdraví. V takových situacích se hluk stává zátěží a lze pociťovat stres, depresi či trauma. (6, 7, 8)

V praxi je možné lidi rozlišovat podle jejich odolnosti vůči hluku. Existují vnímaví a odolní jedinci, většina lidí se ale nachází někde mezi těmito extrémly. Statisticky určené limitní hodnoty by měly chránit většinu populace. (7)

Je známo několik faktorů, které negativně ovlivňují sluch při expozici hluku. Mezi ně patří ototoxické léky (viz podkapitola Poruchy sluchu), další ototoxické látky (př. arzén, mangan, oxid uhelnatý, sulfid uhličitý), vibrace, jiná onemocnění, vyčerpání a pravděpodobně i kouření. (7)

4.1 Specifické

Specifické (přímé) účinky organismu, které vyvolává hluk, jsou adaptačními mechanismy na něj (adaptace viz podkapitola Vliv zvuku na sluch). Škoda vzniká v oblasti ucha. Po nadměrné hlukové expozici ucha nastanou krátkodobě vratná, opakovaně nevratná poškození. To je důsledkem vyčerpání adaptačních mechanismů a přetrvávající sluchovou únavou (viz podkapitola Vliv zvuku na sluch). Zhoršení sluchu se dostavuje i s přibývajícím věkem, dochází totiž k postupnému odumírání vláskových buněk stejně jako u náhlého nebo dlouhodobého přetížení. Schopnost hluku poškodit sluch je do značné míry závislá na **charakteristice zvuku, zejména jeho hladině a délce jeho trvání. Kratší dobu expozice potřebují k poškození sluchu impulsní zvuky a výbuchy.** Jak již bylo řečeno, roli hrají také předpoklady a stav jedince. (4, 7, 18)

4.2 Nespecifické

Nespecifické neboli nepřímé účinky nevyvolávají v organismu změny týkající se kvality sluchu. Ovlivněna je psychika člověka a autonomní nervový systém. Zpracováním nervového vzruchu jsou ovlivněna i další centra (př. autonomních reakcí a vylučování hormonů). V závislosti na charakteru a intenzitě zvuku vzniká povzbuzení organismu nebo stresová reakce. „Odpověď na toto podráždění se pak projeví např. zúžením cév pokožky a ledvin, rozšířením cév ve svalech a mozku, zvýšením krevního tlaku, při silnějších podnětech dochází k aktivizaci žláz s vnitřní sekrecí." (18, s. 17,18) Takováto odezva organismu je fyziologická, pokud nejde o dlouhodobý stav. O tom, jak se lidské tělo vypořádá s nadbytkem takových podnětů, rozhoduje stáří, citlivost, životní styl, zdravotní stav a postoj k různým zvukům. Například při práci náročné na pozornost mohou rušivě působit i tiché zvuky, ale při rockovém koncertu o hladinách kolem 100 dB nemusí ani tentýž člověk pociťovat rušivý efekt. Ve vývoji a vzniku psychických onemocnění se podílí hluk takovým způsobem, jakým je vnímán konkrétní osobou. „Hluk ovlivňuje prvotně CNS a až druhotně psychické reakce, čímž se podílí na vzniku patologické odezvy - deprese, zvýšená tenze, změny nálad, popudlivosti atd." (2, s. 25) (2, 11, 18)

Stresovou reakci způsobenou hlukem můžeme pozorovat jako změnu napětí svaloviny kosterní i hladké. Stažení hladkých svalů vyvolá zúžení průsvitu cév a následný vzestup tlaku krve a srdeční frekvence, ovlivní odezvu zornic, vývoj únavy, vodivost kůže a zažívání. Dalším projevem je vyplavování stresových hormonů. Situace je hodnocena i podle jednotlivého množství adrenalinu i noradrenalinu. (2, 4, 7)

Hluk ovlivňuje také metabolismus člověka. Působí na látkovou přeměnu cukrů, tuků, minerálních látek, vápník, sodík, draslík a hořčík. Poslední jmenovaný s sebou nese řadu komplikací, př. horší odpověď na stresové stimuly. Dokonce panuje názor, že vznik dalších patologických stavů z hluku je vázán na rozvrat elektrolytů v těle. (7)

Hluk také zhoršuje kvalitu spánku (kratší méně hluboký spánek). **Je příčinou špatného usínání a po probuzení charakteristické únavy a bolestí hlavy.** Jsou tedy rozlišovány reakce primární (okamžitá změna procesu odpočinku a související pocity) nebo následné (objevují se následující den). Při stálém hluku nižších intenzit nedochází k dostatečnému prohloubení spánku, naopak u nahodilých zvuků vyšší intenzity dojde k rozpadu průběhu spánku. Také záleží na stádiu spánku, v některých stádiích je hluk vnímán více, v jiných méně a to až o 30 dB. Spánek je pro člověka velmi důležitý a má velký vliv na mozkovou činnost, pracovní způsobilost. Schopnost rychlého usnutí a dostatečně hlubokého spánku závisí mimo jiné na věku a spánkovém deficitu. Děti jsou na to lépe uzpůsobeny **a mohou spát o něco lépe** při vyšších hladinách hluku než dospělí. Naopak větší vnímavostí se vyznačují ženy a starší osoby. Bylo zjištěno, že žádná adaptace vůči vystavení hluku

ve spánku se neuplatňuje. Jde tedy o zvyknutí si ne o přizpůsobení se, což dokazuje fakt, že při zlepšení podmínek výrazně stoupne kvalita spánku. Maximální hodnoty hluku pro klidný spánek jsou stanoveny rozpětím 35-37 dB ekvivalentní hladiny akustického tlaku. Hluky podobné bílému šumu (je tvořen všemi tóny) však uspávají, např. déšť, vysavač. monotónní melodie. (4, 5, 7, 18)

Hluk působí i na ostatní smysly. Zvuky způsobují rychlejší reakci organismu, snadnější vnímání a dokonce zprostředkovávají lepší odezvu než ostatní vjemy. Pokud jde o zrak, ukazuje se na snížení schopnosti registrovat předměty na okrajích zorného pole. Ovlivněna může být ostrost a reakce na světlo. Jinak na nás můžou působit i barvy nebo poloha našeho těla. I u hmatu může docházet ke změnám ve vnímání. V neposlední řadě dochází působením hluku k subjektivnímu zkracování časových úseků a při nízké hlučnosti k jejich prodlužování. (7, 18)

Dále hluková expozice způsobuje ztrátu soustředění a znesnadňuje učení a práci. Dále mají exponovaní hlukem horší složitou motoriku ruky i její rychlost. Zhoršení rovnovážných funkcí při vystavení osob hluku přes 120 dB bylo objektivně dokázáno. Pracovní hluk narušuje i schopnost správného výběru. Jsou ale případy, kdy vhodná zvuková kulisa usnadní stereotypní práci nebo bude maskovat zvuky pozadí. U nevyspalých pracovníků byl zjištěn vyšší výkon v hluku, než bez něj, což je způsobeno jeho budivým působením. Podobně působí hluk i na výkonnost u ostatních zaměstnanců. U osob provádějících monotónní práci nebo podprůměrnou rychlostí dojde vlivem hluku ke zvýšení výkonu. Záporný efekt má hluk u složitějších a duševních prací. Hluk na pracovišti může mít tedy jak kladný, tak záporný vliv na výkon pracovníka. Při přetížení pracovníka hlukovou zátěží dojde k poklesu výkonu. Zatím ale není možno posoudit, na kolik se podílí na vlivu pracovní hlukové zátěže nevyhovující mimopracovní akustická situace. (4, 7, 18)

Je prokázáno, že dlouhotrvající hluková zátěž podporuje vznik aterosklerózy. Očekává se tedy při zvýšení hlukové expozice obyvatel také nárůst souvisejících onemocnění oběhové soustavy. K tomuto tématu se ale odborníci opírající se o studie staví dvěma způsoby. Jedni pokládají hluk za nespécifickou škodlivinu s neprokázaným rozsahem negativních účinků. Zastávají názor, že hluk nepoškozuje oběhovou soustavu z fyzikálního hlediska, nýbrž pouze jím způsobenými psychickými projevy. Odezvu na hluk způsobují zvuky neočekávané. Na opakovaný hluk si člověk rychle přivykne. Druhá skupina chápe odezvu organismu na hluk jako spontánní, nevyvolanou na základě psychiky. V provedených studiích se používal neagresivní stimul (bílý šum) s hlasitostí okolo 80 dB. Sledováno bylo především prokrvení povrchu těla, tlak krve a rozkmit tepové frekvence v periférii. Pro výzkum byli vybráni i lidé, kteří hluk nevnímají jako rušivý faktor (i přes mnohaletou práci v hlučném prostředí). I u těchto osob bylo zjištěno, že se nejedná o emocionální odezvu a na hluk nevznikl návyk. K vyřešení této otázky by bylo nutné přesného rozlišení jednotlivého působení hluku. (4, 5, 7)

Hlučnost se také negativně podílí na vzniku a léčení nemocí. Prodlužuje dobu uzdravení. (18)

Dalším problémem je zhoršování komunikace a tím i překážky v mezilidských vztazích. Možnost dorozumění se odráží od dalších faktorů ovlivňujících řeč. Například intenzita hluku způsobí zvýšení intenzity řeči. Řeč nemá stálou hladinu akustického tlaku, ale dochází k jejímu kolísání. Zřetelně působí v místnostech pouze řeč v hluku do 45 dB, nad tuto hodnotu hladiny akustického tlaku dochází ke zkreslení ozvěnami. Nejhorší dorozumívání je z toho hlediska v malých místnostech s velkými odrazy. Pomocí sledování úst mluvícího se dosáhne lepší srozumitelnosti, jako kdyby se hladina zvuku snížila o 5-8 dB. Existuje několik různě složitých postupů zkoumajících hodnocení srozumitelnosti řeči. (4, 7, 18)

Pro nedostatek studií, není možné přesně určit, kam až sahají škodlivé účinky hluku. Nejsou informace o škodlivých účincích zvuků, které nemají rušivý efekt (nejsou hlukem), a o celoživotní hlukové expozici a její charakteristice. Dále není přesně porovnán vliv hluku a ostatních spolupůsobících činitelů. (18)

„Z hlediska intenzity hluku lze zobecnit, že již hluk nad 30 dB působí na nervový systém, zvuk nad 50 dB ruší dobrou duševní pohodu, práci vyžadující soustředěnost a přesnost. Hluk nad 55 dB v dlouhodobé expozici znamená vážné obtěžování a může nastartovat vznik řady onemocnění. Jako dlouhodobě nesnesitelná bývá Světovou zdravotnickou organizací uváděna hodnota 65 dB. Při dlouholeté expozici na 85 dB dochází k poškození sluchového aparátu a hluk větší než 120 dB vede k poškození buněčných struktur a tkání.“ (4, s. 15)

4.3 Ekonomický dopad

Vlivem zvyšující se hlukové expozice obyvatel stoupá počet léků používaných při zmírnění důsledků. Mezi nejčastější patří léky zmírňující stres a nespavost. Nutnost těchto léků znamená zásah do zdravotní ekonomiky. Je prokázáno, že v oblastech s vyšší hlučností stoupá spotřeba těchto léků. Rušivý vliv hluku může znamenat i nutnost přestěhování do tišší lokality. Z toho navíc může vyplývat i snížení hodnoty prostor. To se týká všech hlučných lokalit a platí pro různé druhy zvuku. „Může se jednat o domy v okolí dálnice nebo v sousedství letiště, budovy v turistických centrech měst, jednotlivé domy poblíž průmyslové oblasti, dřevařského závodu nebo husí farmy.“ (5, s. 15)

(5)

5 PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ

5.1 Obecná

U nás je základním preventivním opatřením protihluková legislativa. Hygienické limity by měli chránit naprostou většinou populace (viz podkapitola Limity). Nebezpečí může hrozit i nadále vnímavým osobám (zhruba 4% populace). Asi jedna šestina obyvatel bude i při dodržování stanovených limitů pociťovat rušivý efekt hluku. Výhledově je možné snížení limitních hodnot v určitých rizikových situacích, ale převážně změny nejsou předpokládány. (7)

V roli kontrolního orgánu vystupuje hygienická služba. S pomocí dalších orgánů provádí preventivní hygienický dozor a běžný hygienický dozor v této problematice. Preventivní zahrnuje hodnocení dokumentace staveb podle územních plánů a hlukových studií. Pokud se předpokládá přesah limitních hladin hluku, provádí se rozbor zdrojů, kroky snižující hlučnost a jejich účinnost a jaké budou hladiny hluku v nejbližších chráněných prostorách. Při hodnocení hluku se mohou vyskytnout potíže jako neznalost emisních hodnot zdrojů, jejich směr a vlastnosti, snížení útlumu (př. otevřené okno). Existuje řada opatření, která dokážou snížit hlučnost, především na začátku plánování. Využívá se například stínění budov nebo instalací hlučných zdrojů do objektů lépe izolovaných před hlukem. „Nejsou-li dostupná ani tato, ani jiná technická opatření ke snížení emisí, je třeba požadovat i zde uplatnění pasívních opatření (odstranění oken a otvorů z fasády, sousedící s chráněnými objekty, výstavba bariéry, zemního valu, zelených pásů atd.).“ (7, s. 210) Kontrolním aktem je kolaudace. Měření hluku může být žádáno po pořizovateli stavby. (7)

Pro účely běžného hygienického dozoru u mimopracovního prostředí jsou používány hlukové mapy. Ke zpřesnění lze provést konkrétní monitorování. U hluku z dopravy může být provedeno jak měření hluku, tak počítání dopravních prostředků. Cílem je určit místa s nadměrným hlukem a žádat jeho nápravu, posuzovat vliv a efektivitu stávajících opatření, hodnotit hluk vznikající při stavbě a provádět šetření podnětů veřejnosti. Hluk ze sousedství je nevyhovující v případech, kdy nevzniká běžným používáním objektu nebo je nevyhovující izolace. (7)

V pracovním prostředí se zaměřujeme na provozy s vysokou hlučností a provozy s nižší hlučností, kde je ale prováděna práce náročná na soustředění. Důležitá je zde hladina hluku, celkový čas vystavení hluku a charakter práce. Četnost kontrol by měla odpovídat výši rizika. (7)

5.2 Ochrana sluchu

Protihluková opatření by v ideálním případě měla sluch zcela ochránit před poškozením. „Jak v oblasti pracovního hluku, tak i hluku v mimopracovním prostředí je hlavní zásadou technických a

stavebních opatření na snižování hluku jeho omezování nebo odstraňování u zdroje, zabránění jeho šíření, odrazům a přenosu do dalších prostor." (7, s. 214) Snižit hlukovou expozici je možné také úpravou uspořádání práce (zkrácení pobytu u zdroje, častější výměna pracovníků). Dalším způsobem ochrany zdraví obyvatel jsou preventivní prohlídky s hodnocením způsobilosti před nástupem do některých učebních oborů a povolání. Postupné zhoršování sluchu může být odhaleno periodickou prohlídkou. Případná nemoc z povolání se prošetří, nahlásí a vyplatí se poškozenému zaměstnanci odškodnění. Činnost v riziku hluku je mu nadále zakázána. Vyšetřování probíhá pomocí různých vyšetření (viz podkapitola Vyšetření sluchu). (7)

„Osobní ochranné pracovní prostředky proti hluku patří mezi tzv. náhradní opatření. Mají se tedy používat tam, kde za stávající situace nelze na pracovišti zajistit dostatečnou ochranu sluchu technickými a stavebními opatřeními. V současné době jsou součástí protihlukových preventivních opatření." (7, s. 225) Pokud nosí zaměstnanci stále ochranné pomůcky, mají nárok na bezhlučné přestávky, podle pokynů kontrolního orgánu. Existují OOPP umísťující se do zvukovodu (různé zátky do uší), dále sluchátkové a různé helmy a kukly. Jsou k dostání různé typy OOPP s rozličnými charakteristikami. (7)

5.3 Metody snižování hluku

Snižovat hluk je možno na třech místech: u zdroje, v prostředí a u příjemců. Nejsnazší je omezit hluk přímo u jeho zdroje. (7)

Pro snižování dopravního hluku je důležité územní plánování, reliéf místa a okolí a požadavky na dopravu. Ke snížení dochází také vlivem překážek v prostředí a zvýšeným pohlcováním hluku vhodnými materiály. Překážky mohou představovat obytné domy (tzv. bariérové domy) nebo bariéry (příloha č. 1: Účinnost protihlukových bariér). Snížení hluku většinou nepřevyšuje 12 dB. Pro výstavbu bariér hovoří fakt, že bariéry subjektivně snižují hlučnost (více než je změřeno) a dochází i k ochraně chráněných prostor. U živých rostlinných bariér se setkáváme jednak se špatnou izolační schopností díky mezerám, jednak mají značný pozitivní efekt na lidskou psychiku. Dále se uplatní také snížení rychlosti vozidel, upravení režimu dovozu zboží a vhodné posílení hromadné dopravy. (7)

U budov je v popředí zájmu zvyšování zvukové izolace obvodových plášťů staveb, z čehož největší vliv mají okna. Nejlépe izolují okna, která nelze otevřít. Zde ale vyvstává problém s větráním. Záleží ale i na dalších vlastnostech oken. Další možnost skýtá montáž skleněných clon, které se zavěšují před okno. (4, 7)

Pro hodnocení stupně izolace je využíván index neprůzvučnosti. Značí se R. U neprůzvučnosti oken však nezáleží pouze na hluku uvnitř a venku. Index neprůzvučnosti vypočteme následujícím

podle vzorce $R = L_1 - L_2 + 10 \log S/A + 8$ (dB), kde L_1 se rovná ekvivalentní hladině akustického tlaku venku, L_2 uvnitř, S plochu stěny v oknem a A celková pohltivost místnosti. A se v obydlených místnostech s pohlcením odrazu blíží nule, naopak v prázdných místnostech má hodnotu téměř 2. (7)

S hlukem uvnitř budov se setkáváme v souvislosti s průnikem hluku zvenčí, technické a zdravotní zařízení a probíhající stavební práce. Zabránit přenosu hluku se dá vhodně umístěným pružným obložením zdroje nebo ztišujícími barvami a dlažbou. I hluk vznikající vodovodním potrubím se dá omezit. (7)

Užití absorbčních materiálů se vyplácí především u hluku na dálku a u hluku z více zdrojů současně. „Absorbční vlastnosti mají materiály vláknité, kanálkovité a komůrkovité. " (7, s. 55) (7)

PRAKTICKÁ ČÁST

6 FORMULACE PROBLÉMU

S rozvojem technologií a civilizace stoupá hlučnost, jejímž následkem jsou obyvatelé vystaveni nadměrným hladinám hluku. To je dáno jednak snižujícím se počtem míst, kde se může lidský sluch rehabilitovat, jednak vysokým pracovním a mimopracovním hlukem. U pracovního hluku dohlíží na ochranu svých zaměstnanců zaměstnavatel. V mimopracovním prostředí jsou stanoveny limity pro hluk zvenčí, avšak podstatnou část hlukové expozice si dobrovolně vytváříme sami.

6.1 Výzkumný problém

Výzkum byl proveden na základě měření hladin akustického tlaku hluku v hlučné a tiché lokalitě. Záměrem měření je zjistit míru hlučnosti a porovnat obě lokality.

7 CÍL A ÚKOLY PRŮZKUMU

Pro tento výzkum byly určeny cíle:

Cíl 1: Změřit a zhodnotit hladinu akustického tlaku pro dvě denní a dvě noční hodiny ve venkovním chráněném prostoru staveb v hlučné i tiché lokalitě.

Cíl 2: Zjistit neprůzvučnost oken v hlučné a tiché lokalitě.

Cíl 3: Zjistit přibližnou celodenní expozici obyvatel.

Cíl 4: Vytvořit edukační materiál.

8 METODIKA

Pro měření byly použity dva zvukoměry, zapůjčené Katedrou konstruování strojů, Fakultou strojní, Západočeskou univerzitou v Plzni (příloha č. 2 - Smlouva o výpůjčce 1 a příloha č. 3 - Smlouva o výpůjčce 2). První přístroj názvu Voltcraft SL-451, třídy 2, s přesností 1,4 dB a rozsahem hladin 30-130 dB. (24) Druhý přístroj názvu Brüel & Kjaer 2238 Mediator, třídy 1, s dynamickým rozsahem 80 dB (29) (viz obrázek č. 1: Přístroj Voltcraft SL-451 a obrázek č. 2: Přístroj Brüel & Kjaer 2238 Mediator). Druhý přístroj má funkci měření ekvivalentní hladiny v čase. Naměřené hodnoty byly opisovány z displeje zvukoměrů ve stanovených intervalech do papírové formy (příloha č. 4: Poznámky 1 a příloha č. 5: Poznámky 2). Později byl nutný přepis hodnot do elektronické formy a shrnutí v programu LibreOffice. všechny výsledné hodnoty byly pro lepší přehlednost zaokrouhleny na jedno desetinné místo.

Měření proběhlo ve dnech 5. a 6. února 2014 v tiché lokalitě. Při měření kolísala venkovní teplota mezi 0°C v noci až 7°C ve dne. Bez sněhu a deště. V hlučné lokalitě bylo měřeno ve dnech 12. a 13. února 2014. Při měření kolísala venkovní teplota mezi 1°C až 9°C. Taktéž bez sněhu a deště.

Nejprve bylo provedeno orientační měření v okolí budovy ve dne i v noci. Za hodiny měřené ve dne byly vybrány 6:00-7:00 a 10:30-11:30 v tiché i hlučné lokalitě, přičemž dřívější hodina byla odhadnuta jako hlučnější. Pro měření v noci byla vybrána doba od 22:00-22:30, 2:00-3:00 a 5:30-6:00 v tiché i hlučné lokalitě, přičemž oba krajní intervaly byly uvažovány jako hlučnější. Hodnoty byly zapisovány v pětiminutových intervalech při stálém hluku a častěji při hluku proměnném. Pro denní měření bylo stanoveno měření na hlučnější fasádě objektu. Pro noční měření nebyl brán ohled na hlučnou nebo tichou fasádu, měření proběhlo na fasádě, kde se nachází ložnice osob.

Při měření neprůzvučnosti oken byly změřeny hladiny akustického tlaku (ekvivalentní, maximální a minimální a záznam dalších hodnot) uvnitř místnosti a před oknem. Měření bylo v obou lokalitách provedeno kolem poledne. Zároveň byla pro srovnání vypočítána neprůzvučnost oken podle příslušného vzorce.

Při posuzování denní hlukové expozice obyvatel byl ve spolupráci s obyvateli měřených lokalit vytvořen přibližný harmonogram obvyklého dne. Ten obsahuje časové určení různých činností. Dále byly měřeny jednotlivé hladiny akustického tlaku (ekvivalentní, maximální a minimální a záznam dalších hodnot) u činností, spotřebičů, hluku pozadí a blízkého okolí obydlí. Měření bylo inspirováno metodickým pokynem. (25)

Obrázek č. 1: Přístroj Voltcraft SL-451



Zdroj: vlastní

Obrázek č. 2: Přístroj Brüel & Kjaer 2238 Mediator



Zdroj: vlastní

9 HYPOTÉZY

Pro tento výzkum byly určeny hypotézy:

Hypotéza 1: Ekvivalentní hladina akustického tlaku v chráněném prostoru staveb je v hlučné lokalitě vyšší ve dne i v noci.

Podhypotéza 1A: Ekvivalentní hladina akustického tlaku v chráněném prostoru staveb v hlučné lokalitě překračuje limitní hodnotu ve dne i v noci.

Podhypotéza 1B: Nejvyšší hodnoty hluku v obou lokalitách jsou tvořeny výhradně dopravou.

Hypotéza 2: Větší neprůzvučnost okna je v hlučné lokalitě.

Podhypotéza 2A: Hodnota neprůzvučnosti oken v hlučné a tiché lokalitě se liší maximálně o 10 dB.

Hypotéza 3: Obyvatel tiché lokality je v obvyklý den vystaven menší celodenní expozici hluku než obyvatel hlučné.

10 VÝZKUMNÝ VZOREK

Pro výzkum byla vybrána hlučná lokalita v Plzni v závislosti na odbornou zprávu z roku 2008 (32), která proběhla v Plzni a dalších městech, jako průměrnější. Lokalita byla dále vybrána podle hlukové mapy (26), s ekvivalentní hladinou hluku pro den, večer a noc 50-55dB. Jako tichá lokalita byl vybrán rodinný dům v obci Nezvěstice, 20 kilometrů od Plzně. Dům v tiché lokalitě byl vybrán na základě skutečnosti, že se nachází v chatové oblasti, není tedy stavbou pro bydlení a nepodléhá povinností dodržovat mezní hodnoty chráněných budov podle zákona (22). Tato oblast by měla sloužit k rekreaci a zároveň zde nebude možné požadovat snížení hluku na základě nedodržení předpisů pro chráněné stavby.

Podmínkou byl trvalý pobyt osob ve zkoumaných lokalitách. V každé z lokalit bydlí 2 osoby, vždy muž a žena. V lokalitě hlučné jsou to dospělí pracující lidé (ve skladu a na stavbě). Přístup k hluku mají kladný, několikrát do týdne jsou rušeni při usínání. V tiché lokalitě bydlí pár důchodců, k hluku mají rovněž kladný vztah a nepřipadají si rušeni.

10.1 Hlučná lokalita

Hlučná lokalita pro tento výzkum se nachází v Plzni v ulici Edvarda Beneše. Byt je situován ve třetím patře. Ložnice v tomto bytě se nachází na hlučné fasádě. Naopak okna do dvora má kuchyně.

Ulicí Edvarda Beneše vede méně významná komunikace, díky čemuž se pro určení mezních hladin hluku nepoužijí korekce pro I. a II. třídy silnic (30). Mezi dopravními prostředky převládají osobní automobily, méně časté jsou nákladní automobily. Mezi další vozy ovlivňující hlučnost patří sanitky a trolejbusy. Povrch země v okolí bytu má charakter roviny. **(28)**

V blízkosti bytu se nachází nemocnice, trolejbusová linka (ve vzdálenosti 50 metrů), tramvaj zastíněná bloky domů (ve vzdálenosti 300 metrů), restaurace (ve vzdálenosti 100 metrů) a hostinec (ve vzdálenosti 70 metrů). (Obrázek č. 3 - Nákres hlučné lokality) (28)

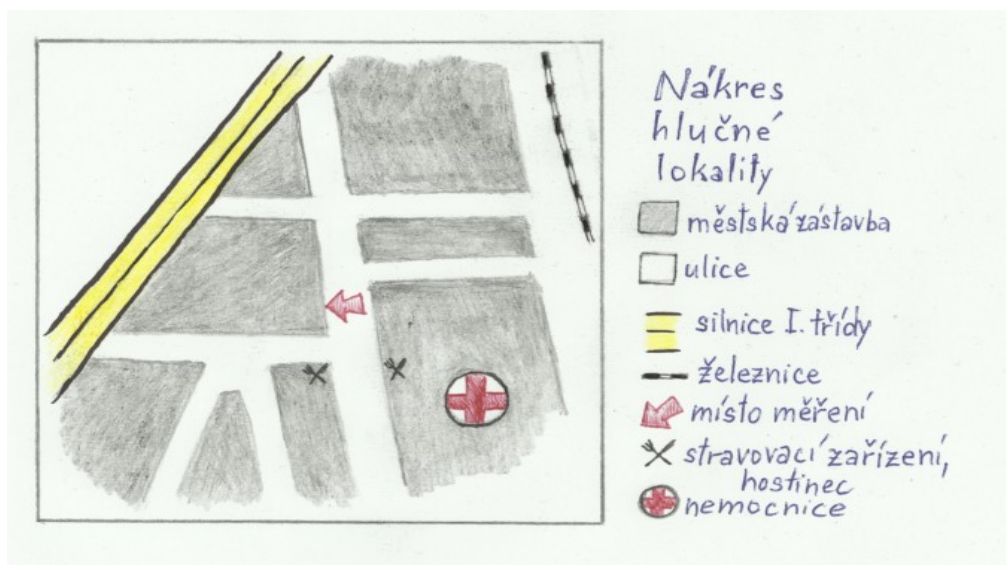
V bytovém domě není výtah. Topení, Ohřev vody Technické zařízení

V bytě se nachází obvyklé domácí spotřebiče jako pračka, lednice, sporák, televize nebo radio. Používány jsou žárovky a zářivky. Další hluk je vytvářen chůzí po parketách.

Ložnice je vybavena záclonami, kobercem, obrazy, skříní, židlí a postelí. Okna v ložnici jsou plastová. Jiná protihluková opatření nejsou použita.

Hluk vznikající pobytem osob je převážně tvořen mluvením, puštěnými spotřebiči a prouděním vody. V bytě nejsou chována žádná zvířata.

Obrázek č. 1: Nákres hlučné lokality



Zdroj: vlastní

10.2 Tichá lokalita

Tichá lokalita pro tento výzkum se nachází v Nezvěsticích v chatové oblasti. Dům má dvě patra a sklep a půdu. Za domem je zahrada o 30 m². Celý pozemek se nachází ve svahu.

Před dolní hranou pozemku vede málo frekventovaná silnice (několik aut denně). Směrem od svahu se dále nachází louka, kterou protíná řeka lemovaná stromy (asi 10 metrů vysokými). Za loukou ve vzdálenosti necelých 400 metrů je silnice z Nezvěstic do Žákavé. Silnice je zatěžována především osobními a nákladními automobily. Zaznívá sem také železniční doprava. Trať vede nad měřenou lokalitou (vzdušnou čarou 200 metrů a zhruba 500 metrů ze směru nesení hluku). (obrázek č. 4: Nákres tiché lokality) (28)

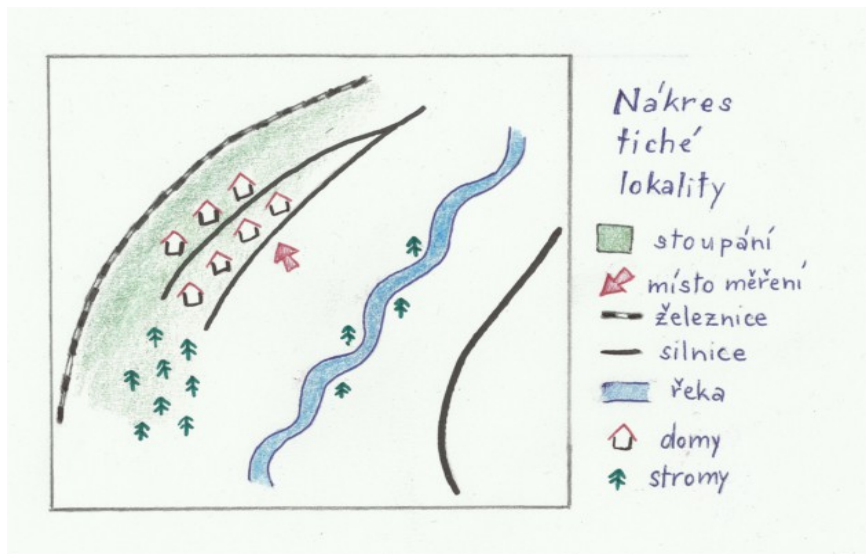
Dále se v blízkosti se nachází trvale obydlené domy a domy sloužící k rekreaci. Přes půl kilometru odsud je vzdálené koupaliště, na kterém se v letním období konají ve večerních hodinách zábavné akce. Zjišťování hladin hluku z těchto akcí nebylo předmětem měření. (obrázek č. 4: Nákres tiché lokality) (28)

K technickému zařízení domu patří topný plynový kotel pro ohřev vody a čerpadlo pro přívod vody ze studny.

V domě jsou používány běžné spotřebiče, například televize, lednice, sporák nebo hodiny.

Hluk vznikající pobytem osob je převážně tvořen mluvením, puštěnými spotřebiči a prouděním vody. V domě je chována chována kočka.

Obrázek č. 4: Nákres tiché lokality

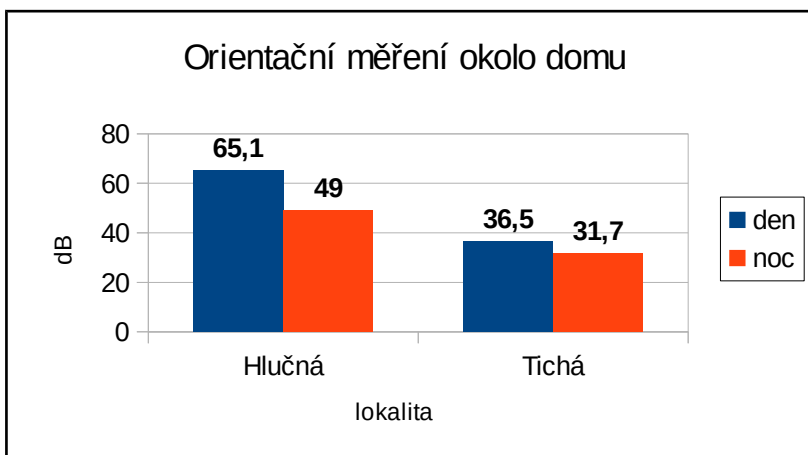


Zdroj: vlastní

11 PREZENTACE A INTERPRETACE ZÍSKANÝCH ÚDAJŮ

Nejprve byly měřeny orientační údaje o velikosti akustického tlaku v těsné blízkosti domu (Graf č. 1: Orientační měření okolo domu). Ve dne byla hladina měřena kolem poledne a v noci krátce po desáté hodině večerní.

Graf č. 1: Orientační měření okolo domu.



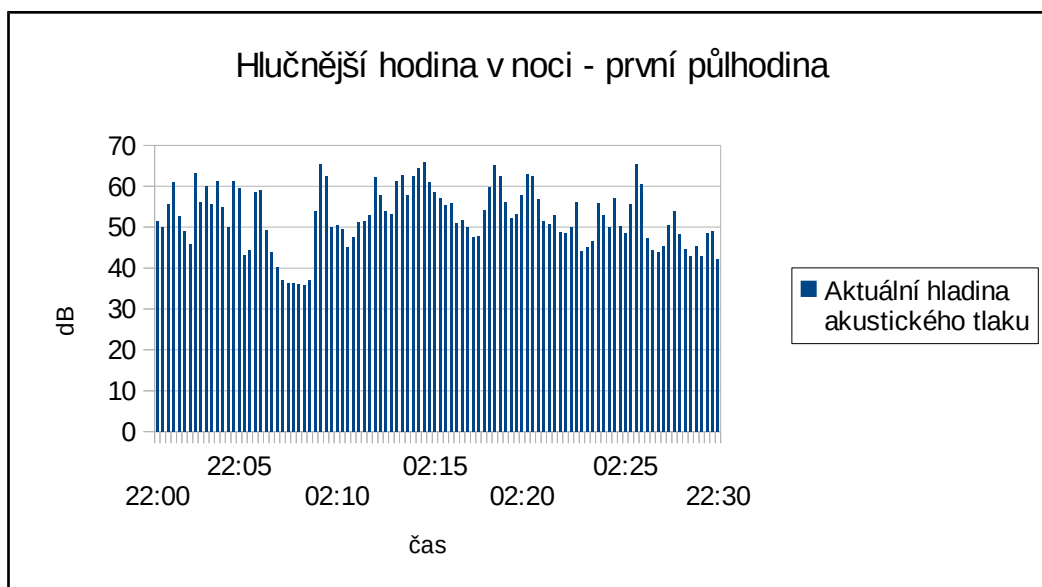
Zdroj: vlastní

11.1 Měření ve venkovním chráněném prostoru staveb v hlučné lokalitě

Měření hluku ve venkovním chráněném prostoru staveb a to za oknem. Hlukoměr byl umístěn 0,5 metru od fasády z technických důvodů. Měřeno bylo v noci z 12. února na 13. února a ve dne 13. února.

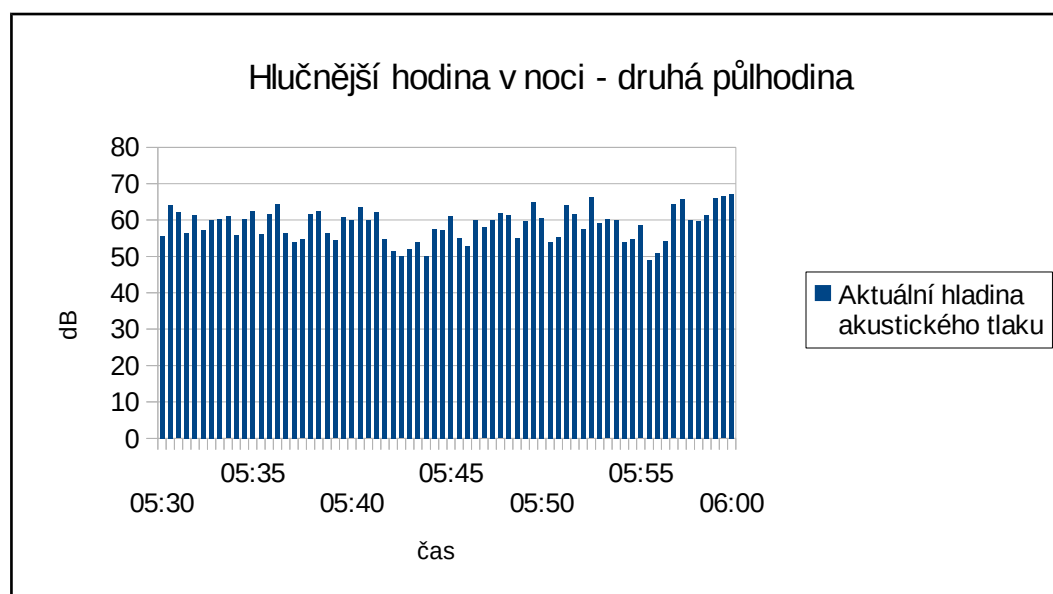
Noční měření probíhalo ve třech etapách: dvě hlučnější půlhodiny (jedna na začátku a druhá na konci noční doby) a jedna tišší hodina (v průběhu noci). Viz graf č. 2: Hlučnější hodina v noci - první půlhodina, graf č. 3: Hlučnější hodina v noci - druhá půlhodina a graf č. 4: Tišší hodina v noci. Výkyvy akustického tlaku byly způsobeny intenzitou dopravy. Počet zapsaných hodnot je úměrný rychlosti a míře změn těchto hodnot. V posledním případě byla vypočtena ekvivalentní hladina jednotlivých průjezdů vozidel a ta byla pak zanesena pro lepší přehlednost do grafu.

Graf č. 2: Hlučnější hodina v noci - první půlhodina



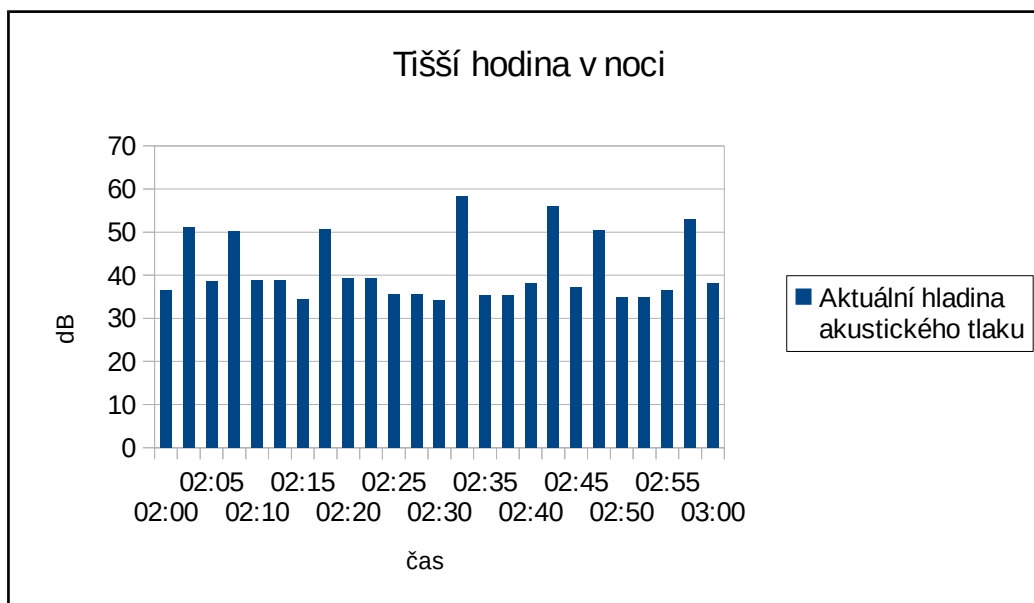
Zdroj: vlastní

Graf č. 3: Hlučnější hodina v noci - druhá půlhodina



Zdroj: vlastní

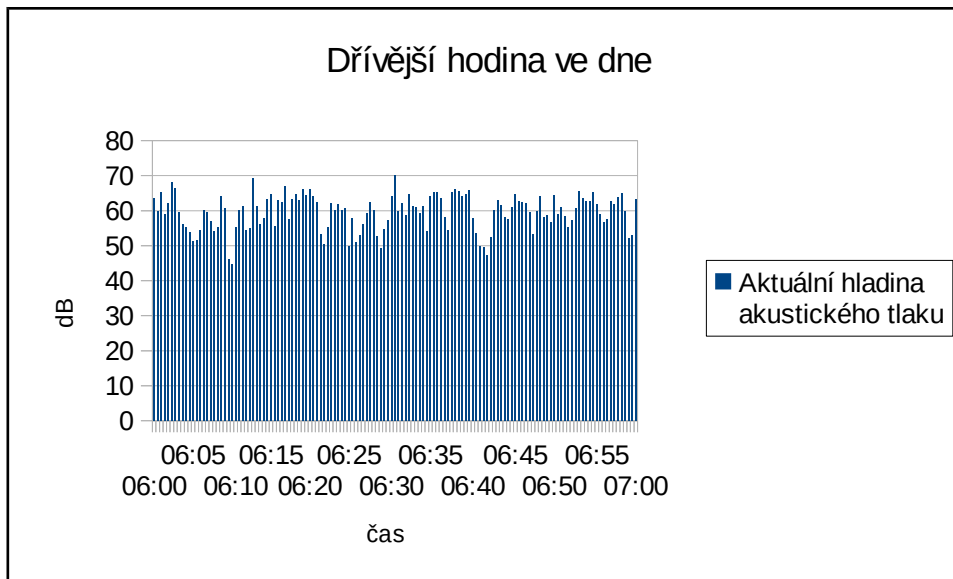
Graf č. 4: Tišší hodina v noci



Zdroj: vlastní

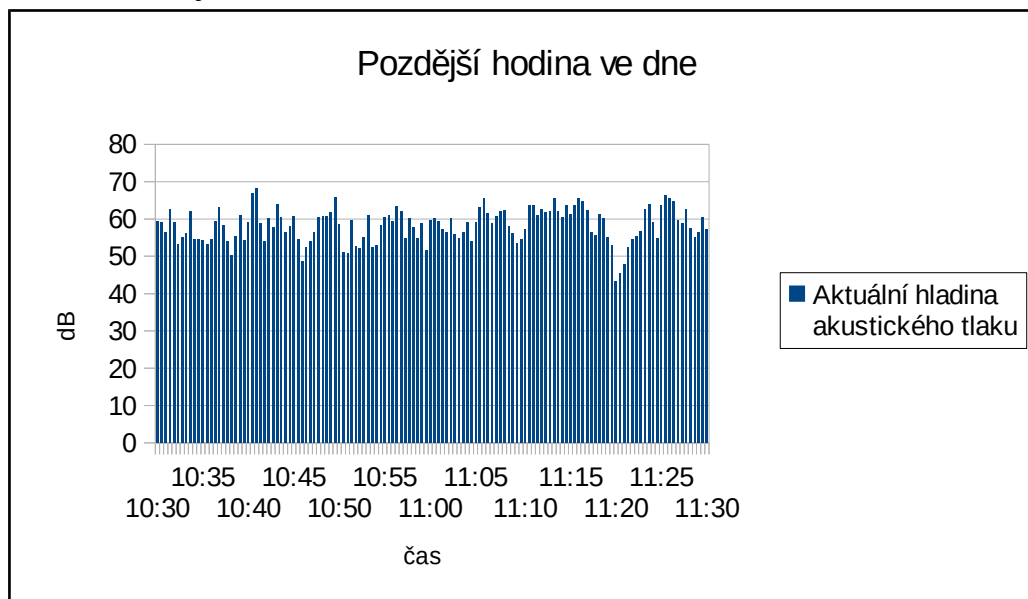
Měření pro den probíhalo dvě hodiny: první ráno od 6:00 do 7:00 hodin a druhá od 10:30 do 11:30. Původně byla dřívější hodina uvažována jako tišší, avšak ukázalo se, že jsou obě přibližně stejně hlučné (Grafy č. 5: Dřívější hodina ve dne a graf č. 6: Pozdější hodina ve dne). Zdrojem byla taktéž jako u měření v noci doprava. Obdobně určený jako u měření v noci je i počet zapisovaných hodnot přizpůsoben změnám hluku.

Graf č. 5: Dřívější hodina ve dne



Zdroj: vlastní

Graf č. 6: Pozdější hodina ve dne



Zdroj: vlastní

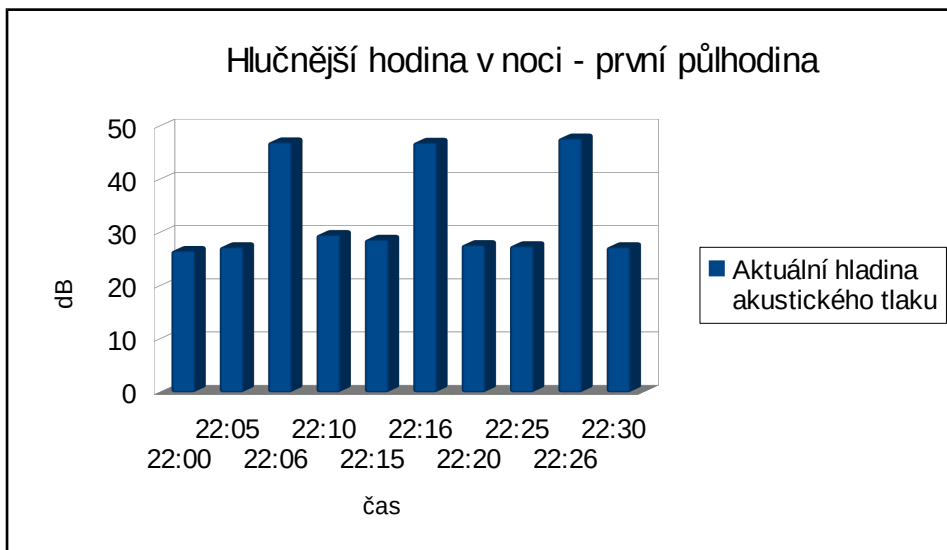
11.2 Měření ve venkovním prostoru staveb v tiché lokalitě

Měření hluk ve venkovním prostoru a za oknem. Hlukoměr byl umístěn stejně jako u hlučné lokality 0,5 metru od fasády z technických důvodů. Měřeno bylo v noci z 5. února na 6. února a ve dne 6. února.

Noční měření probíhalo obdobně ve třech etapách: dvě hlučnější půlhodiny (jedna na začátku a

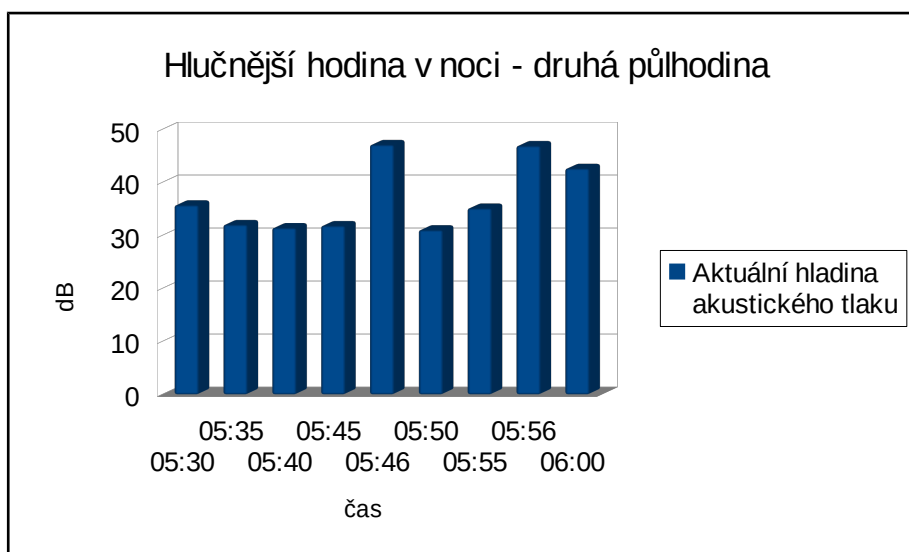
druhá na konci noční doby) a jedna tišší hodina (v průběhu noci). Viz graf č. 7: Hlučnější hodina v noci - první půlhodina, graf č. 8: Hlučnější hodina v noci - druhá půlhodina a graf č. 9: Tišší hodina v noci. Výkyvy akustického tlaku byly způsobeny technických zařízení bytu, konkrétně topný plynový kotel. Počet zapsaných hodnot je úměrný rychlosti a míře změn těchto hodnot. U hluku způsobeného kotlem byla vypočtena ekvivalentní hladina jednotlivých dob spuštění a ta byla pak zanesena pro lepší přehlednost do grafu.

Graf č. 7: Hlučnější hodina v noci - první půlhodina



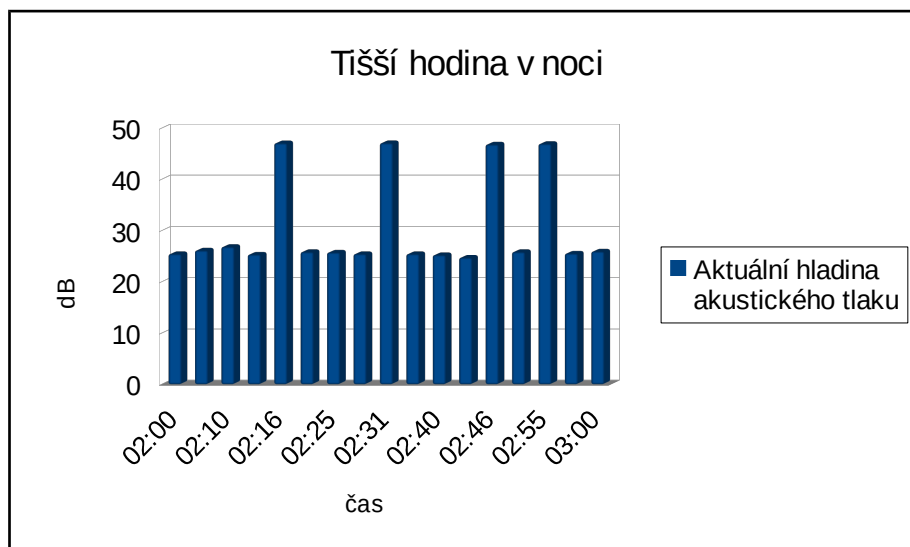
Zdroj: vlastní

Graf č. 8: Hlučnější hodina v noci - druhá půlhodina



Zdroj: vlastní

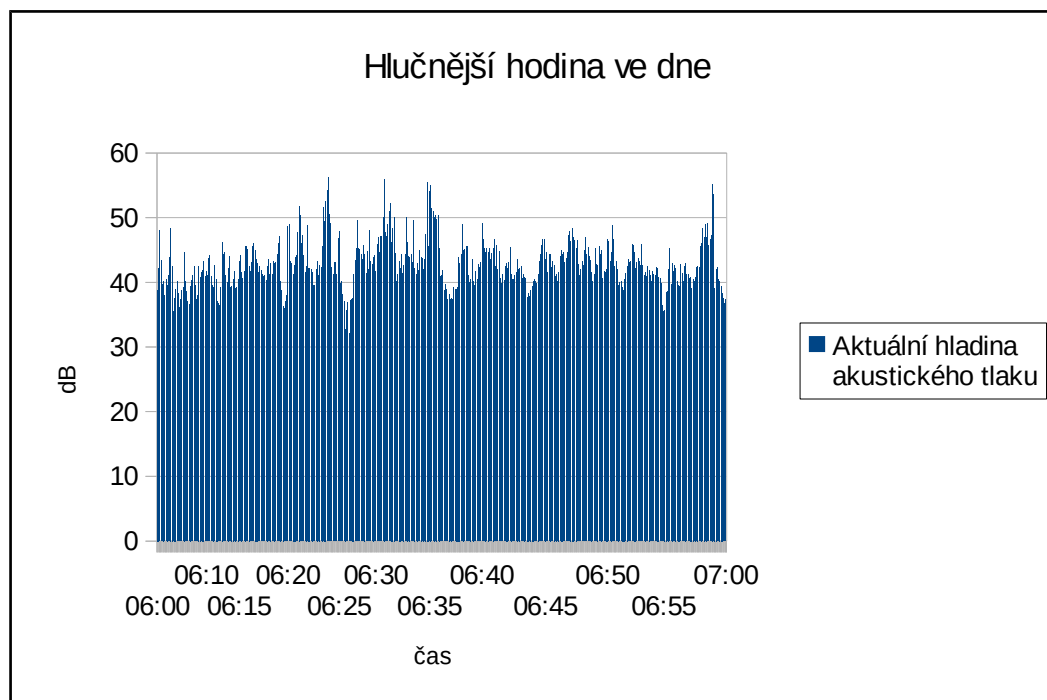
Graf č. 9: Tišší hodina v noci



Zdroj: vlastní

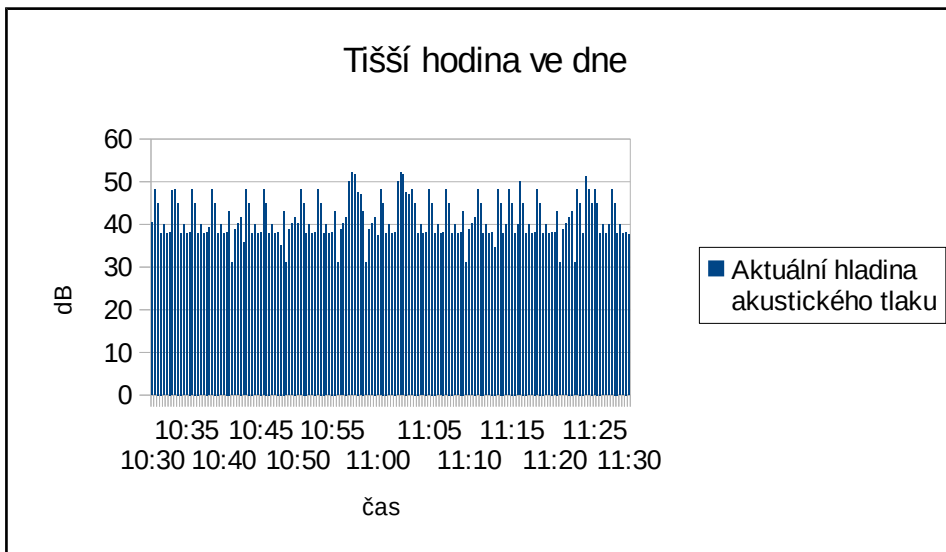
Měření pro den probíhalo stejně jako v tiché lokalitě dvě hodiny: první ráno od 6:00 do 7:00 hodin a druhá dopoledne od 10:30 do 11:30. Dřívější hodina byla uvažována jako tišší, což se potvrdilo (Grafy č. 10: Hlučnější hodina ve dne a graf č. 11: Tišší hodina ve dne). Zdrojem nejvyšších hodnot nebyl stejně jako u měření v noci topný kotel (vzhledem k rozdílné fasádě domu), nýbrž doprava. Počet zapisovaných hodnot je i nadále přizpůsoben změnám hluku.

Graf č. 10: Hlučnější hodina ve dne



Zdroj: vlastní

Graf č. 11: Tišší hodina ve dne



Zdroj: vlastní

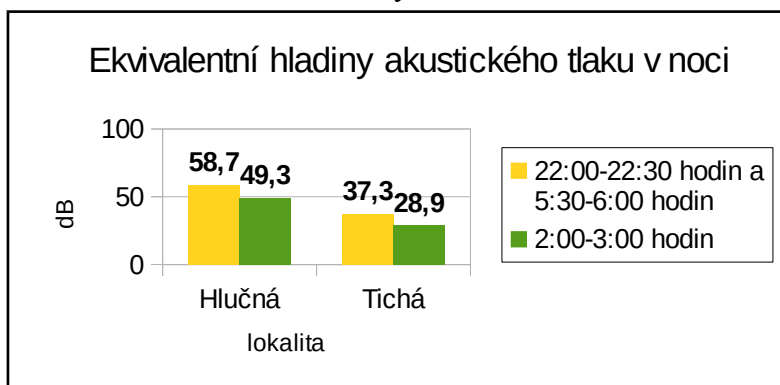
11.3 Srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku v obou lokalitách

Kromě aktuálních hladin akustického tlaku byla zaznamenávána také jeho ekvivalentní hladina za měřený časový úsek. Její hodnota byla opsána z displeje přístroje stejně, jako tomu bylo u aktuálních hodnot hluku. Nabízí se srovnání jednotlivých hodin v lokalitách v noci i ve dne (viz graf č. 12: Ekvivalentní hladiny akustického tlaku v noci, graf č. 13 : Hlučnější hodina v noci a č. 14: Ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve dne) a porovnání celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku z měřených úseků (viz graf č. 15: Ekvivalentní hladina akustického tlaku v hlučné a tiché lokalitě pro vybrané hodiny), která již byla spočítána podle vzorce

$$L_{AeqT} = 10 \log 1/1 \int_0^T 10^{0,1L(t)} dt$$

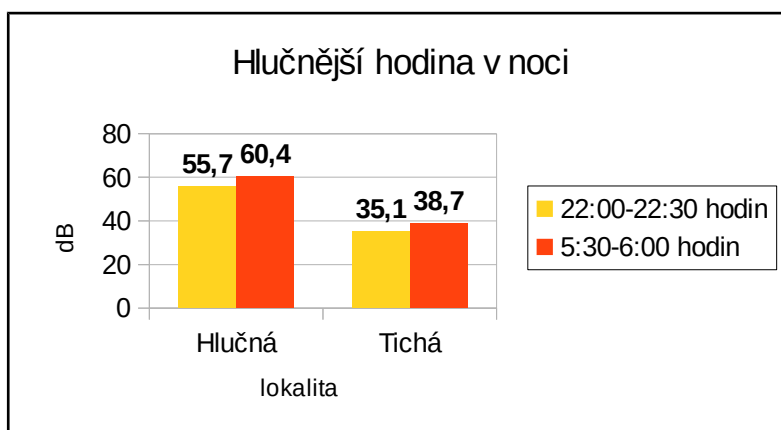
. Limitní hodnota **40 dB** pro ekvivalentní hladinu akustického tlaku ve venkovním chráněném prostoru obytných staveb v noci je překročena ve všech měřených úsecích hlučné lokality a není překročena u tiché lokality. Ve dne je limitní hodnota **50 dB** ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro venkovní chráněný prostor obytných staveb taktéž překročena a v tiché lokalitě nikoliv. (7)

Graf č. 12: Ekvivalentní hladiny akustického tlaku v noci



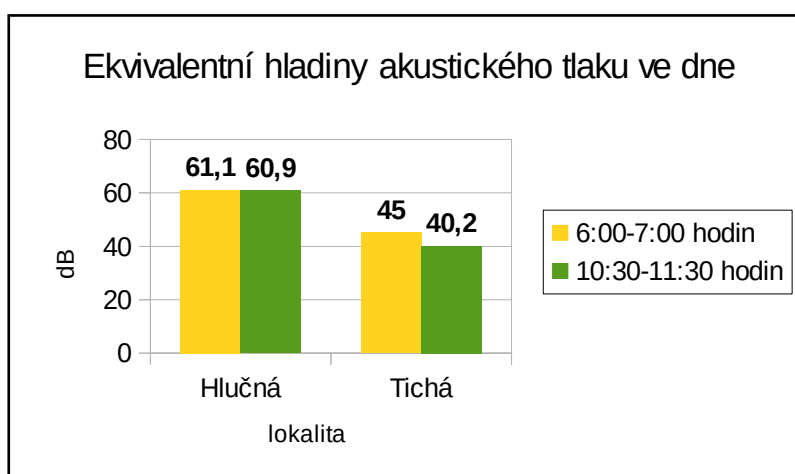
Zdroj: vlastní

Graf č. 13: Hlučnější hodina v noci



Zdroj: vlastní

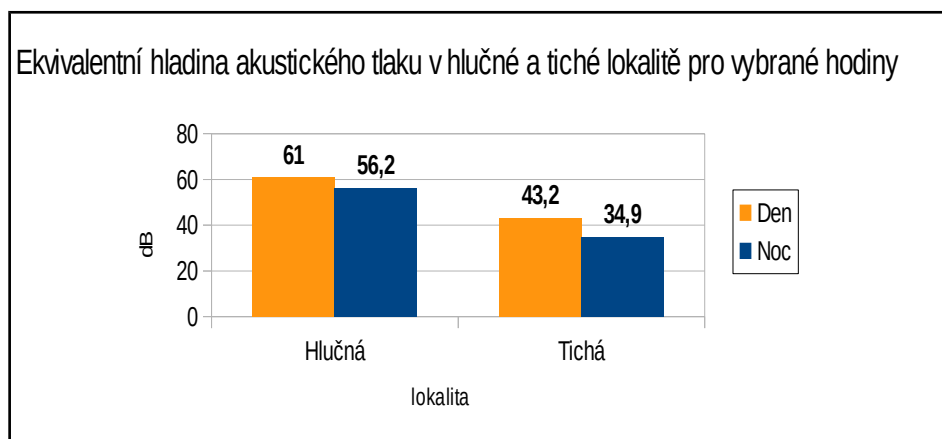
Graf č. 14: Ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve dne



Zdroj: vlastní

Celkové srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku v naměřených časových úsecích shrnuje graf č. 15. Rozdíl hlučnosti v lokalitách je zhruba 20 dB ve dne i v noci.

Graf č. 15: Ekvivalentní hladina akustického tlaku v hlučné a tiché lokalitě pro vybrané hodiny

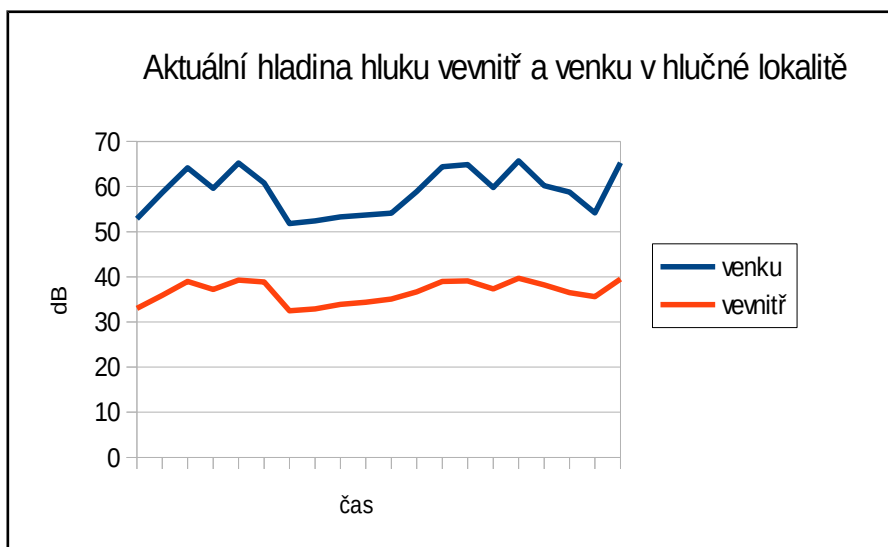


Zdroj: vlastní

11.4 Hodnocení neprůzvučnosti oken

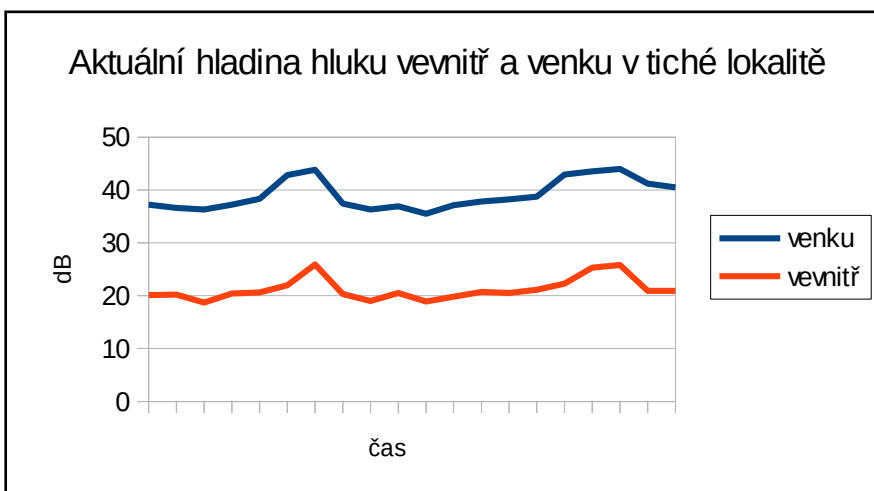
U hodnocení neprůzvučnosti oken byla sledována a zaznamenávána oběma přístroji zároveň. Jeden byl umístěn venku (třídy 2) a druhý vevnitř (třídy 1). Vnější zvukoměr byl půl metru od fasády a byl orientován místem nejvyšší citlivosti od domu. Vnitřní zvukoměr byl umístěn půl metru od okna a byl orientován místem nejvyšší citlivosti k oknu. Tento postup byl totožný v hlučné i tiché lokalitě. V obou lokalitách bylo měřeno kolem poledne, v tiché lokalitě 6. únory 2014, v hlučné 13. února 2014. V grafu č. 16: Aktuální hladina hluku vevnitř a venku v hlučné lokalitě a č. 17: Aktuální hladina hluku vevnitř a venku v tiché lokalitě je znázorněna závislost hodnoty akustického tlaku uvnitř na hodnotě venku.

Graf č. 16: Aktuální hladina hluku vevnitř a venku v hlučné lokalitě



Zdroj: vlastní

Graf č. 17: Aktuální hladina hluku vevnitř a venku v tiché lokalitě



Zdroj: vlastní

Průměrná hodnota rozdílu venkovních a vnitřních naměřených hodnot je u *tiché* lokality **17,9 dB** a u *hlučné* **22,3 dB**.

Neprůzvučnost oken byla dále hodnocena podle vzorce $R_w = L_1 - L_2 + 10 \log S/A$, kde R_w značí neprůzvučnost, L_1 značí ekvivalentní hladinu akustického tlaku venku, L_2 maximální hladinu hluku uvnitř, S plochu měřené stěny a A pohltivost zvuku v místnosti. (7, 14, 27, 31). Výsledkem je neprůzvučnost oken v *hlučné* lokalitě **34,2 dB** a v *tiché* **42,5 dB**. Tedy okno v *hlučné* lokalitě izoluje

přibližně o **3,9 dB lépe**. Výsledek je ale ovlivněn velikostí stěny, ve které se měřené okno nachází. Pohltivost měřených místností v obou lokalitách je stejná. Oba výsledky odpovídají běžným hodnotám neprůzvučnosti.

11.5 Denní harmonogramy osob bydlících v tiché a hlučné lokalitě

Pro hodnocení celodenní hlukové expozice osob byl sestaven harmonogram denních činností osob. Osoby z obou lokalit spolupracovaly na zadávání činností a času. Den byl určen jako všední s běžnými činnostmi, které osoby vykonávají.

11.5.1 Denní harmonogramy osob bydlících v hlučné lokalitě

Obě osoby bydlící v hlučné lokalitě pracují. Bohužel nebylo možné naměřit ekvivalentní hladinu akustického tlaku na pracovišti. Obě osoby pracují v celkem hlučných provozech (sklad a staveniště), kde nejsou používány OOPP a neprovádí se školení zaměstnanců o hluku a jeho účincích (podle nařízení vlády 272 je povinnost je provádět od ekvivalentní hladiny 80 dB). Z toho vychází předpoklad pro měření, že ekvivalentní hladina akustického tlaku na pracovišti je menší než 80 dB. Odhadem je hodnota 75 dB. (20)

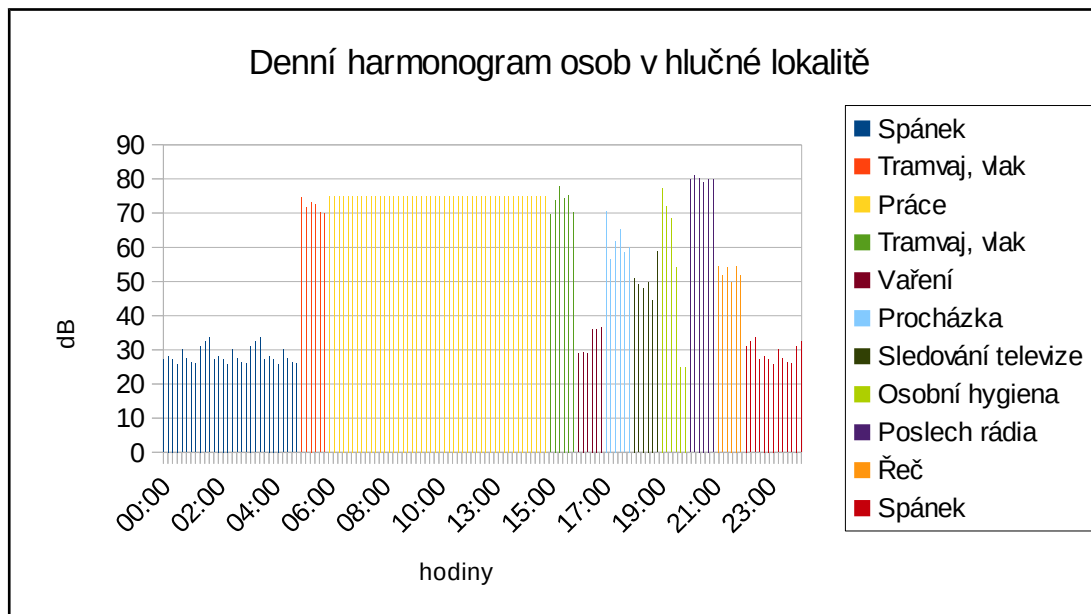
Ekvivalentní hladina akustického tlaku a aktuální hodnoty akustického tlaku byly dále měřeny pro další činnosti. Na základě ekvivalentních hodnot přepsaných z displeje zvukoměru i vypočítaných byla sestavena tabulka č. 1. Aktuální hodnoty akustického tlaku byly zaneseny do grafu č. 18: Denní harmonogram osob v hlučné lokalitě.

Tabulka č. 1: Činnosti a jejich hlučnost a trvání u hlučné lokality

Činnost	ekvivalentní hladina	minut denně
Spánek	29,5	420
Vaření	34,1	60
Sledování televize	58,6	60
Procházka	61,8	60
Řeč	53	60
Osobní hygiena	69,7	60
Poslech rádia	80,1	60
Tramvaj, vlak	74	120
Práce	75	540

Zdroj: vlastní

Graf č. 18: Denní harmonogram osob v hlučné lokalitě



Zdroj: vlastní

11.5.2 Denní harmonogramy osob bydlících v tiché lokalitě

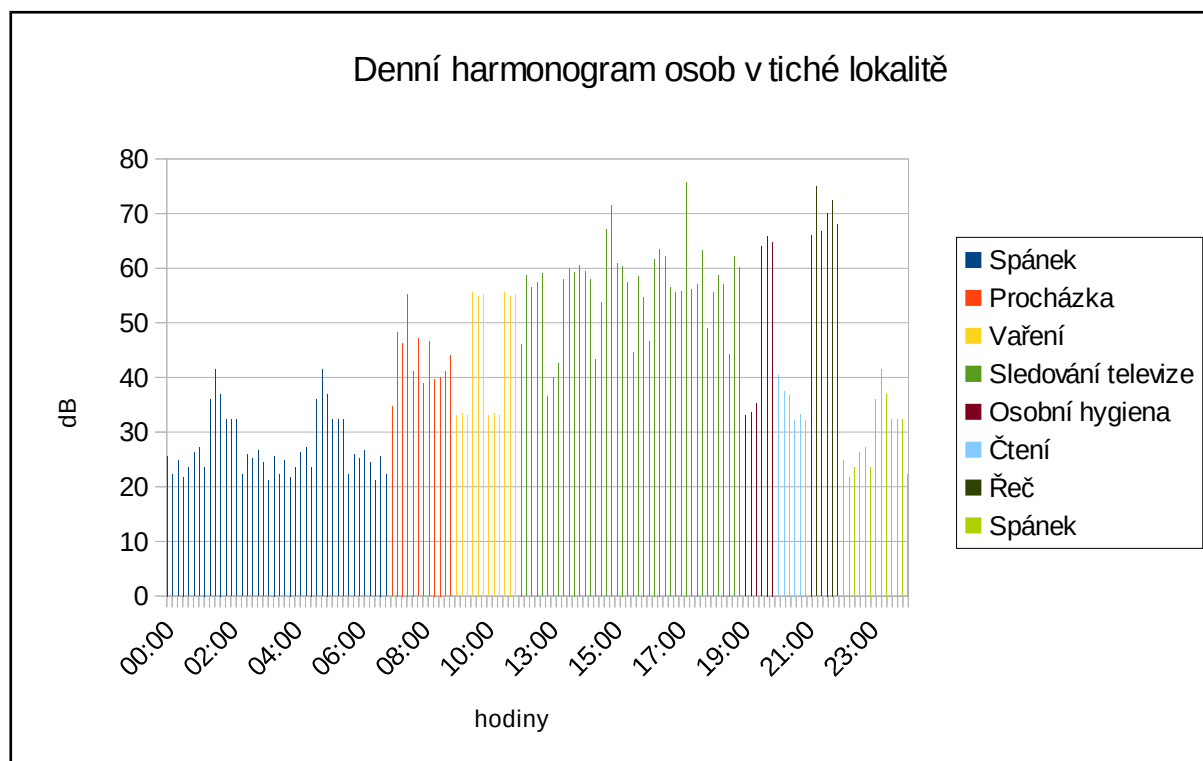
Obě osoby bydlící v tiché lokalitě nepracují (pobírají důchod). Ekvivalentní hladiny akustického tlaku a aktuální hodnoty akustického tlaku byly popisovány a vypočítávány obdobně jako u hlučné lokality. Činnosti jsou časově i akusticky charakterizovány v tabulce č. 2. V grafu č. 19: Denní harmonogram osob v tiché lokalitě se nachází obdobně jako u hlučné lokality přibližné znázornění denní hlukové expozice osob.

Tabulka č. 2: Činnosti a jejich hlučnost a trvání u tiché lokality

Činnost	ekvivalentní hladina	minut denně
Spánek	32,1	600
Procházka	44,5	120
Vaření	52,3	420
Sledování televize	60	120
Osobní hygiena	62,8	60
Čtení	34,2	60
Řeč	70,8	60

Zdroj: vlastní

Graf č. 19: Denní harmonogram osob v tiché lokalitě



Zdroj: vlastní

11.5.3 Srovnání hlukové expozice v obou lokalitách

Hodnota celkové expozice hluku byla vypočtena pro *hlučnou* lokalitu **72,7 dB** a pro *tichou* **59,5 dB** ekvivalentní hladiny hluku.

11.6 Zdroje hluku v domácnosti

V tabulce č. 3 a č. 4 jsou pro úplnost naměřeny hodnoty jednotlivých zdrojů hluku v domácnosti. Jsou zde i činnosti, objekty, přístroje, hluk pozadí apod.

Tabulka č. 3: Domácí zdroje hluku - hlučná lokalita

	Průměrná hodnota akustického tlaku [dB]	Minimální hodnota akustického tlaku [dB]	Maximální hodnota akustického tlaku [dB]
Televize	58,6	48,2	65,2
Vrzání parket	43,3	37,3	50,5
Splachování	64,8	56,2	76,5
Obývací pokoj (ticho)	26,1	25,2	26,8
Lednice	36,7	37,1	36,1
Kuchyně	29,2	28,7	30
Zářivka	25,2	24,7	25,9
Sprcha	72,6	70,5	73,4
Puštěný kohoutek	67,8	64,3	70,5
Schodiště	31	26,5	33,2
Tramvaj	72,9	66,7	79,2
Budík- tikání	35,8	34	37,2

Zdroj: vlastní

Tabulka č. 4: Domácí zdroje hluku - tichá lokalita

	Průměrná hodnota akustického tlaku [dB]	Minimální hodnota akustického tlaku [dB]	Maximální hodnota akustického tlaku [dB]
Televize	77,6	42,6	90
Zvonek	80,9	81,2	83,6
Splachování	76,7	30,1	80
Kotel	68,2	38,4	70,8
Lednice	46,6	43,2	48
Sporák	55,5	54,4	56,1
Zářivka	40,8	40,3	41
Sprcha	64,3	62,2	65,5
Puštěný kohoutek	64,8	64	65,9
Chrápání	37,3	30,2	39,5
Štěkající pes	73,9	71,2	77,8

Zdroj: vlastní

12 Diskuse

Tato práce se zabývá vztahem hlučného (především mimopracovního) prostředí člověka a vlivu na jeho zdraví. Avšak účinek hluku na člověka je dosti individuální. Důležitou roli zde hraje psychika. Existují ale všeobecně uznávané limitní hodnoty pro dané prostředí, jejichž překračování má negativní vliv na naprostou většinu obyvatel.

Pro snadnější hodnocení negativního vlivu hluku bylo měření provedeno v jedné hlučné a v jedné tiché lokalitě. Hlučnou lokalitou pro tento výzkum byla ulice Edvarda Beneše v Plzni a tichou pak chatová oblast obce Nezvěstice, která nepodléhá limitům pro chráněné budovy. Podmínkou byl trvalý pobyt osob. V každé lokalitě bydlí dvě osoby. Jejich postoj k hluku je převážně kladný. Rušení zaznamenává pouze dvojice z hlučnější lokality při usínání. Hodnocení probíhalo pomocí dvou zvuk měřících přístrojů. Ve stanovených časech a intervalech byly z přístrojů opisovány hodnoty, sloužící jako podklad pro výpočty a vznik grafů a tabulek.

Hypotéza 1: *Ekvivalentní hladina akustického tlaku v chráněném prostoru staveb je v hlučné lokalitě vyšší ve dne i v noci.*

V obou lokalitách bylo měřeno v jednotlivých intervalech, celkem 2 hodiny noční doby a 2 hodiny denní doby. Měření v noci bylo rozděleno na tři úseky. Prvním byla půl hodina od 22:00 do 22:30 hodin, záměrně hned na začátku noční doby. Druhým hodina od 02:00 do 03:00 hodin, záměrně uprostřed noci. Třetím úsekem byla půl hodina před začátkem denní doby od 05:30 do 06:00 hodin. Pro denní dobu byly stanoveny úseky dva: od 6:00 do 07:00 hodin a od 10:30 do 11:30 hodin. Výsledkem měření jsou jak ekvivalentní hodnoty naměřených úseků, tak průběhy hlukových hladin v závislosti na čase doplněny o nejvýznamnější zdroje hluku.

Z grafů vytvořených na základě naměřených hodnot je patrné, že v hlučné lokalitě je vyšší ekvivalentní hodnota akustického tlaku ve dne i v noci než v lokalitě tiché. **Hypotéza 1 byla potvrzena.** Vliv polohy lidského obydlí má tedy značný vliv na hlučnost ve vnějším prostoru staveb.

Podhypotéza 1A: *Ekvivalentní hladina akustického tlaku v chráněném prostoru staveb v hlučné lokalitě překračuje limitní hodnotu ve dne i v noci.*

Přesto, že v hlučnější lokalita byla vybírána jako průměrnější (tzn. ne jako nejhlučnější v Plzni),

hodnoty všech jejích ekvivalentních hladin akustického tlaku převyšovaly limitní hodnoty pro daný prostor. Pro noc to byla hladina **56,2 dB**. Limitní hodnota pro noc a danou lokalitu činí *40 dB*. Pro tichou lokalitu tento limit neplatí, protože se nejedná o stavbu pro bydlení, ale byl by bez potíží dodržen. V tiché lokalitě činila hodnota 34,9 dB. V noci byla ekvivalentní hladina akustického tlaku v hlučné lokalitě **61 dB**. limitní hodnota pro den a danou lokalitu činí *50 dB*. I tento limit by byl v tiché lokalitě dodržen. V ní byla naměřena hodnota 43,2 dB. Vzhledem k tomu, že i všechny ekvivalentní hladiny akustického tlaku každého samostatného intervalu měření překračují stanovené limity, je **podhypotéza 1A potvrzena**.

Podhypotéza 1B: Nejvyšší hodnoty hluku v obou lokalitách jsou tvořeny výhradně dopravou.

Jak již bylo řečeno, výzkum se nesoustředil pouze na hladiny akustického tlaku, nýbrž byl také charakterizován zdroj hluku. V naprosté většině případů tvoří hluk doprava, z níž převažující je silniční. Železniční doprava se vyznačuje pravidelností a obecně je lépe snášena. Letecká doprava u našich lokalit nehraje významnou roli.

U hlučné lokality převažovala silniční doprava. Nejčastějšími vozidly byly osobní automobily, nákladní automobily, doznívající hromadná doprava a sanitní vozy. Hluk způsobený sanitními vozy se ze zákona do stanovovaných limitů nepočítá. Pro účel hodnocení vlivu hluku na lidské zdraví však započítáván byl. Ovšem stojí za zmínku, že propoziční umístění bytu (velmi krátká vzdálenost k nemocnici, v jejíž blízkosti jsou již sirény vypínány), nízká četnost sanitních vozů, únosná charakteristika zvuku sirén a především vysoká četnost ostatní dopravy způsobují, že sanitní vozy mohou být naprosto zanedbány. Mezi zdroji silničního hluku dominují spíše nákladní automobily a v závěsu s vysokou frekvencí průjezdů osobních automobilů. Vlaková doprava do lokality zaznívá. Dle sledování výstupu z měřicích přístrojů lze přibližně stanovit, že samostatně jedoucí osobní automobil vyvolá změnu 1-10 dB v závislosti především na rychlosti a vzdálenosti, nákladní automobil přibližně 5-15 dB, přibližně stejně i železniční doprava. Sanitní vůz v plném provozu v lokalitě způsobí zvýšení hladiny akustického tlaku přibližně o 3 dB. (272)

U tiché lokality ve dne byla také dominantním zdrojem hluku silniční doprava. Hladiny jednotlivých zdrojů byly obdobné jako u hlučné lokality. Železniční doprava zde byla o něco významnějším zdrojem než u hlučné lokality. Navíc přibylo několik dalších zdrojů. Jedním z nich je ptačí zpěv dosahující hodnot přes 40 dB, ale subjektivně je vnímán často pozitivně. Dalším zdrojem zde bylo štěkání psů, s hladinami akustického tlaku nejčastěji mezi 40 až 50 dB. Nejvýraznějším zdrojem v tiché lokalitě v noci bylo technické vybavení domu, konkrétně topný plynový kotel, jehož emisní hladina hluku se blíží k 70 dB. Kotel se nachází v blízkosti ložnice a zvuk je přenášen

i konstrukcí domu jako slabé vibrace. I přes subjektivní nerušení obyvatel by bylo vhodné udělat některé opatření snižující hluk, aby se zamezilo škodlivému působení hluku na spánek.

Podhypotéza 1B se nepotvrdila.

Hypotéza 2: *Větší neprůzvučnost okna je v hlučné lokalitě.*

Míra průzvučnosti oken má spolu s celou stěnou vystavenou hluku zásadní vliv na míru obtěžování osob venkovním hlukem uvnitř budov. Pro lepší posouzení změny akustické hladiny uvnitř v důsledku změn venkovních bylo provedeno souběžné měření oběma přístroji, přičemž jeden byl vně budovy a druhý uvnitř. Bohužel je obtížné tyto dva grafy porovnávat, protože v hlučné i tiché lokalitě byly odlišné hodnoty akustického tlaku. Jako orientační ukazatel můžeme brát průměrnou hodnotu rozdílu venkovní a vnitřní hladiny akustického tlaku, která je u tiché lokality 17,9 dB a u hlučné 22,3 dB. Neprůzvučnost oken závisí i na použitém materiálu, k dispozici je široká nabídka zboží s několika třídami neprůzvučnosti. Hodnota neprůzvučnosti se vypočítává na základě znalosti venkovní a vnitřní ekvivalentní hladiny akustického tlaku, plochy stěny v níž je okno zabudované a pohltivosti místnosti. V obou lokalitách jsou v měřených místnostech okna plastová. U hlučné lokality byla vypočtena neprůzvučnost 42,5 dB a u tiché 34,2 dB. Z toho vyplývá, že okno v hlučnější lokalitě má o něco vyšší útlum než ono v lokalitě tiché. **Hypotéza 2 je potvrzena.**

Podhypotéza 2A: *Hodnota neprůzvučnosti oken v hlučné a tiché lokalitě se liší maximálně o 10 dB.*

Z vypočtených hodnot pro neprůzvučnost oken v hlučné lokalitě 42,5 dB a v tiché 34,2 dB vidíme, že rozdíl neprůzvučnosti v jednotlivých lokalitách je menší než 10 dB a činí **8,3 dB**.

Podhypotéza 2A je potvrzena.

Hypotéza 3: *Obyvatel tiché lokality je v obvyklý den vystaven menší celodenní expozici hluku než obyvatel hlučné.*

Celodenní hluková expozice obyvatel obou lokalit byla vypočítána podle denního rozvrhu obvyklých činností a změřením hladin akustického tlaku při jejich vykonávání. U obyvatel hlučné lokality bylo třeba určit přibližnou hodnotu pracovního hluku, jelikož skutečný údaj nebylo možné naměřit. Byla stanovena hladina 75 db ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro práci ve skladu a na stavbě. Všechny ostatní činnosti byly naměřeny a spočteny. Obyvatelé tiché lokality jsou v

důchodu. V *hlučné* lokalitě je celodenní ekvivalentní hladina akustického tlaku **72,7 dB**. V tiché lokalitě byla vypočtena expozice ekvivalentní hladinou akustického tlaku o hodnotě **59,5 dB**. **Hypotéza 3 se potvrdila.** Ze sestavených grafů vidíme, že nejvyšší vliv na hlukovou expozici u hlučné lokality má cestování tramvají a vlakem, práce v hlučném provozu, poslech rádia, procházka v místě bydliště a osobní hygiena, kde hluk vytváří proud vody. Naopak člověk žijící v tiché lokalitě byl nejvíce ohrožen sledováním televize, řečí a osobní hygienou. Oproti obyvatelům hlučné lokality si totiž obyvatelé tiché lokality pouští televizi o podstatně vyšší hlasitosti a mluví podstatně hlasitější řečí. Za tímto faktem stojí nejspíše stařecká nedoslýchavost u důchodců v tiché lokalitě. Je proto důležité, aby se vyvarovali dalšímu zvyšování hlukové expozice a tím zpomalili další rozvoj ztrát sluchu.

Jako edukační materiál byl vytvořen informační leták viz. příloha č. 6: Leták.

ZÁVĚR

V této práci je rozebírána pouze malá část z rozsáhlé hlukové problematiky. Pro lepší orientaci v hlukové problematice poukázali nejprve na sluch. Díky informacím o funkci sluchu a jeho poruchách a možnostech jejich léčby již víme, že percepční sluchové vady jsou obtížně napravitelné a jejich náprava mnohdy nenese velké zlepšení. Dále je navázáno na charakteristiku zvuku a možnosti jeho hodnocení. Se zvukem je nerozlučně spjat i hluk. Jejich rozlišení není snadné. Nabízí se měřítko, díky němuž bude chráněna většina lidí před poškozením sluchu z nadměrné hlukové expozice, a to stanovení hygienických limitů hluku. Obohacujícími informacemi jsou pro nás zajisté i účinky hluku na člověka. Zde rozlišujeme specifické (sluchové) a nespecifické (mimosluchové) účinky. Mezi nejvýznamnější a nejdiskutovanější mimosluchové účinky hluku patří zhoršení spánku, stres a ztráta soustředění. Vlivem vzrůstajícího hluku stoupá i zájem lidí o protihluková opatření.

Praktická část práce informuje o hlukové situaci lidí ve zkoumaných lokalitách. Hodnotí jak hlukovou situaci ve venkovním prostoru staveb, tak neprůzvučnost oken a celodenní hlukovou expozici obyvatel. Ta je hodnocena jak uvnitř jejich obydlí, kde se k hlukovému pozadí přidává hluk z dalších činností, tak z běžných činností mimo domov.

Pro hodnocení těchto vlivů byl proveden záznam hladin akustického tlaku dvěma zvuk měřicími přístroji, které zapůjčila Západočeská univerzita, Fakulta strojní, Katedra konstruování strojů. Byla zde snaha obdobných podmínek při měření v obou lokalitách. Měření proběhlo ve stanovených hodinách. Počet zaznamenávaných hodnot byl vždy úměrný velikostem jejich změn. V průběhu praktického výzkumu bylo nutné vypočítat ekvivalentní hladiny akustického tlaku a neprůzvučnost oken podle příslušných vzorců. Odhad hlukové situace před samotným měřením byl téměř přesný. Pouze za hlavní zdroj hluku ve všech měřených dobách byla považována doprava, ale v tiché lokalitě byly tvořeny vyšší výkyvy topným plynovým kotlem.

Zjištění nadměrné expozice hluku osob bydlících v lokalitách by měla být prvním krokem na jejich snaze o snížení hluku. Avšak tento výzkum není určen pouze zkoumaným lokalitám, ale i širé veřejnosti. Ta si může díky němu uvědomit, že je hluku v prostředí nadbytek. Protihlukových opatření je mnoho a existuje nespočet způsobů jak se vyvarovat nadbytečným hladinám akustického tlaku. Ukázalo se, že mezi ty zásadní patří výběr lokality k bydlení, zvuková izolace stěn a oken, používání osobních ochranných prostředků v hlučných prostředích a v neposlední řadě uvážení další dobrovolné expozice (např. zvážení hlasitosti televize).

V pátém dílu knihy Životní prostředí města Plzně, můžeme vidět, jak se město snaží omezovat hluk ve městě především v nočních hodinách. (10)

Toto téma je velmi rozsáhlé a nebylo zcela vyčerpáno. Tato práce se snažila shrnout jeho nejpodstatnější část. Další podrobnější výzkum v této oblasti by byl jistě přínosem. Podnětem pro další výzkum je zvláště pak vliv hluku na jednotlivé věkové skupiny.

Seznam použité literatury

Monografie

1. ARENBERGER, Petr. *Vybrané kapitoly z ušního, nosního, krčního, očního a kožního lékařství : Učební texty pro zdravotní sestry*. Praha: Czechopress Agency, 1994. 118 s.
2. BEDNARČÍK, Peter. Nespecifické působení hluku na lidský organismus. In *Sborník k problematice ekologie zvukového prostředí a hudby*. ČENČÍKOVÁ, Olga. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. Pedagogická fakulta. Katedra hudební výchovy, 1998. s. 24-27. ISBN 80-7044-196-8
3. BERAN, Vlastimil. *Chvění a hluk*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010. 202 s. ISBN 978-80-7043-916-6
4. BERNARD, Michal a DOUCHA, Pavel. *Právní ochrana před hlukem*. Praha: Linde, 2008. 200 s. ISBN 978-80-7201-736-2
5. BONNEFOY, Xavier. *Hluk a zdraví*. Přeložila Karolína Drbalová. Komentář k současnému stavu v České republice napsal Jiří Havránek. Praha: Fortuna, 2001. 28 s. ISBN 80-7071-185-X
6. ČENČÍKOVÁ, Olga. Psycho-fyziologická podstata rizikovosti hudby jako hluku. In *Sborník k problematice ekologie zvukového prostředí a hudby*. ŠUPÁČEK, Ivan. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. Pedagogická fakulta. Katedra hudební výchovy, 1998. s. 28-47. ISBN 80-7044-196-8
7. HAVRÁNEK, Jiří a kol. *Hluk a zdraví*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1990. 280 s. ISBN 80-201-0020-2.
8. HROBOŇ, Miloslav, JEDLIČKA, Ivan a HOŘEJŠÍ Jaroslav. *Nedoslychavost*. 1. vyd. Praha: Makropulos, 1998. 90 s. ISBN 80-86003-13-2
9. HYBÁŠEK, Ivan a Jan VOKURKA. *Otorinolaryngologie*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2006. 426 s. ISBN 80-246-1019-1
10. KLÁN, Miroslav a kol. *Životní prostředí města Plzně*. Díl 5. Plzeň: Ramap, 2010. 56 s. ISBN 978-80-254-7212-5
11. KOKEŠOVÁ, Jarmila. Hluk jako enviromentální stresor. In *Sborník k problematice ekologie zvukového prostředí a hudby*. ČENČÍKOVÁ, Olga. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. Pedagogická fakulta. Katedra hudební výchovy, 1998. s. 48-49. ISBN 80-7044-196-8
12. LIBERKO, Miloš. *Hluk v prostředí : problematika a řešení*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004. 27 s. ISBN 80-7212-271-1

13. MIŠUN, Vojtěch. *Vibrace a hluk*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2005. 177 s. ISBN 80-214-3060-5
14. NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Vyd. 3. Praha: České vysoké učení technické, 2009. 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9
15. ŘIHÁČEK, Tomáš. *Zvukové prostředí města a jeho vliv na prožívání*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009. 240 s. ISBN 978-80-210-4809-6
16. SKŘIVAN, Jiří. *Záněty středního ucha ; Sluch a jeho poruchy ; Hluchota*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2000. 44 s. ISBN 80-7254-128-5
17. ŠLAPÁK, Ivo. *Kapitoly z otorhinolaryngologie*. Brno: Paido, 1994. 39 s. ISBN 80-901737-5-6
18. ŠUPÁČEK, Ivan. Poruchy sluchu v důsledku působení hluku a nadměrně hlasité hudby. In *Sborník k problematice ekologie zvukového prostředí a hudby*. ČENČÍKOVÁ, Olga. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. Pedagogická fakulta. Katedra hudební výchovy, 1998. s. 8-23. ISBN 80-7044-196-8
19. TALBOT-SMITH, Michael. *Audio engineer's reference book*. Oxford: Focal Press, 1999. 704 s. ISBN 0 240 516850

Legislativa

20. ČESKO. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In *Sbírka zákonů ČR, ročník 2011, částka 97*. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>> [cit. 2011-11-01]. ISSN 1211-1244
21. ČESKO. Vyhláška č. 523/2006 Sb., , kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (vyhláška o hlukovém mapování). In *Sbírka zákonů ČR, ročník 2006, částka 168*. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-523>> [cit. 2006-11-30]. ISSN 1211-1244
22. ČESKO. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In *Sbírka zákonů ČR, ročník 2000, částka 74*. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>> [cit. 2013-08-01]. ISSN 1211-1244
23. ČESKO. Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci). In *Sbírka zákonů ČR, ročník 2002, částka 34*. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-76>> [cit. 2013-03-19]. ISSN 1211-1244

Elektronické zdroje

24. CONRAD ELEKTRONIC. USB datalogger Voltcraft SL-451 pro měření hluku. *Conrad.cz* [online]. Česká republika: 2014 © [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/usb-datalogger-voltcraft-sl-451-pro-mereni-hluku.k105031>
25. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ - HLAVNÍ HYGIENIK ČESKÉ REPUBLIKY. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. *Národní referenční laboratoř pro komunální hluk* [online]. Praha: 2001. Dostupné z http://www.nrl.cz/metodika/postup_prostredi.html
26. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Silnice. *Hlukové mapy* [online]. 2007. Dostupné z: <http://hlukovemapy.mzcr.cz/silnice.html>
27. OKNA-LANGER.CZ. Střešní okno Langer Akustic. *Okna-langer.cz* [online]. Ústí nad Orlicí: 2011 [vid. 2014/03/25]. Dostupné z: <http://www.okna-langer.cz/stresni-okna/stresni-okno-langer-akustic>
28. SEZNAM.CZ, a.s.. *Mapy.cz. Seznam.cz* [online]. Praha: © 1996-2014 [vid. 2014/03/25]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
29. SPECTRIS. Zvukoměr 2238 Mediator. *Spectris.cz* [online]. Praha: [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://mereni-a-analyza-signalu-hluku-a-vibraci.spectris.cz/zvukomer-2238-mediator/>
30. SPRÁVA A ÚDRŽBA SILNIC PLZEŇSKÉHO KRAJE, příspěvková organizace. Seznam komunikací - silniční síť Plzeňského kraje. *Správa a údržba silnic Plzeňského kraje, příspěvková organizace* [online]. Plzeň [vid. 2014/03/25]. Dostupné z: <http://www.suspk.eu/sit.html>
31. TOPINFO. Neprůzvučnost dvojitých stavebních prvků. *tzb-info.cz* [online]. Praha: © 2001-2014 [vid. 2014-03-25]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/nepruzvucnost-dvojitych-stavebnich-prvku>
32. VANDASOVÁ, Zdeňka, Ondřej DOBISÍK a Ondřej VENCÁLEK. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Zdravotní důsledky a rušivé účinky hluku: Odborná zpráva za rok 2008 [online] Praha: 2009. 20 s. Dostupné z: www.szu.cz/uploads/documents/chzp/hluk/hluk_08web.pdf. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva v ČR ve vztahu k životnímu prostředí.

Seznam zkratk

BERA - kmenová audiometrie

CERA - korová audiometrie

CNS - centrální nervová soustava

dB - decibel

Hz – Herz

kHz – kiloHerz

mkPa - micropascal

OOPP - osobní ochranné pracovní prostředky

Pa - pascal

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Činnosti a jejich hlučnost a trvání u hlučné lokality

Tabulka č. 2: Činnosti a jejich hlučnost a trvání u tiché lokality

Tabulka č. 3: Domácí zdroje hluku - hlučná lokalita

Tabulka č. 4: Domácí zdroje hluku - tichá lokalita

Seznam grafů

Graf č. 1: Orientační měření okolo domu

Graf č. 2: Hlučnější hodina v noci - první půlhodina

Graf č. 3: Hlučnější hodina v noci - druhá půlhodina

Graf č. 4: Tišší hodina v noci

Graf č. 5: Dřívější hodina ve dne

Graf č. 6: Pozdější hodina ve dne

Graf č. 7: Hlučnější hodina v noci - první půlhodina

Graf č. 8: Hlučnější hodina v noci - druhá půlhodina

Graf č. 9: Tišší hodina v noci

Graf č. 10: Hlučnější hodina ve dne

Graf č. 11: Tišší hodina ve dne

Graf č. 12: Ekvivalentní hladiny akustického tlaku v noci

Graf č. 13: Hlučnější hodina v noci

Graf č. 14: Ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve dne

Graf č. 15: Ekvivalentní hladina akustického tlaku v hlučné a tiché lokalitě pro vybrané hodiny

Graf č. 16: Aktuální hladina hluku vevnitř a venku v hlučné lokalitě

Graf č. 17: Aktuální hladina hluku vevnitř a venku v tiché lokalitě

Graf č. 18: Denní harmonogram osob v hlučné lokalitě

Graf č. 19: Denní harmonogram osob v tiché lokalitě

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Přístroj Voltcraft SL-451

Obrázek č. 2: Přístroj Přístroj Brüel & Kjaer 2238 Mediator

Obrázek č. 3: Nákres hlučné lokality

Obrázek č. 4: Nákres tiché lokality

Seznam příloh

Příloha č. 1: Účinnost protihlukových bariér

Příloha č. 2: Smlouva o výpůjčce 1

Příloha č. 3: Smlouva o výpůjčce 2

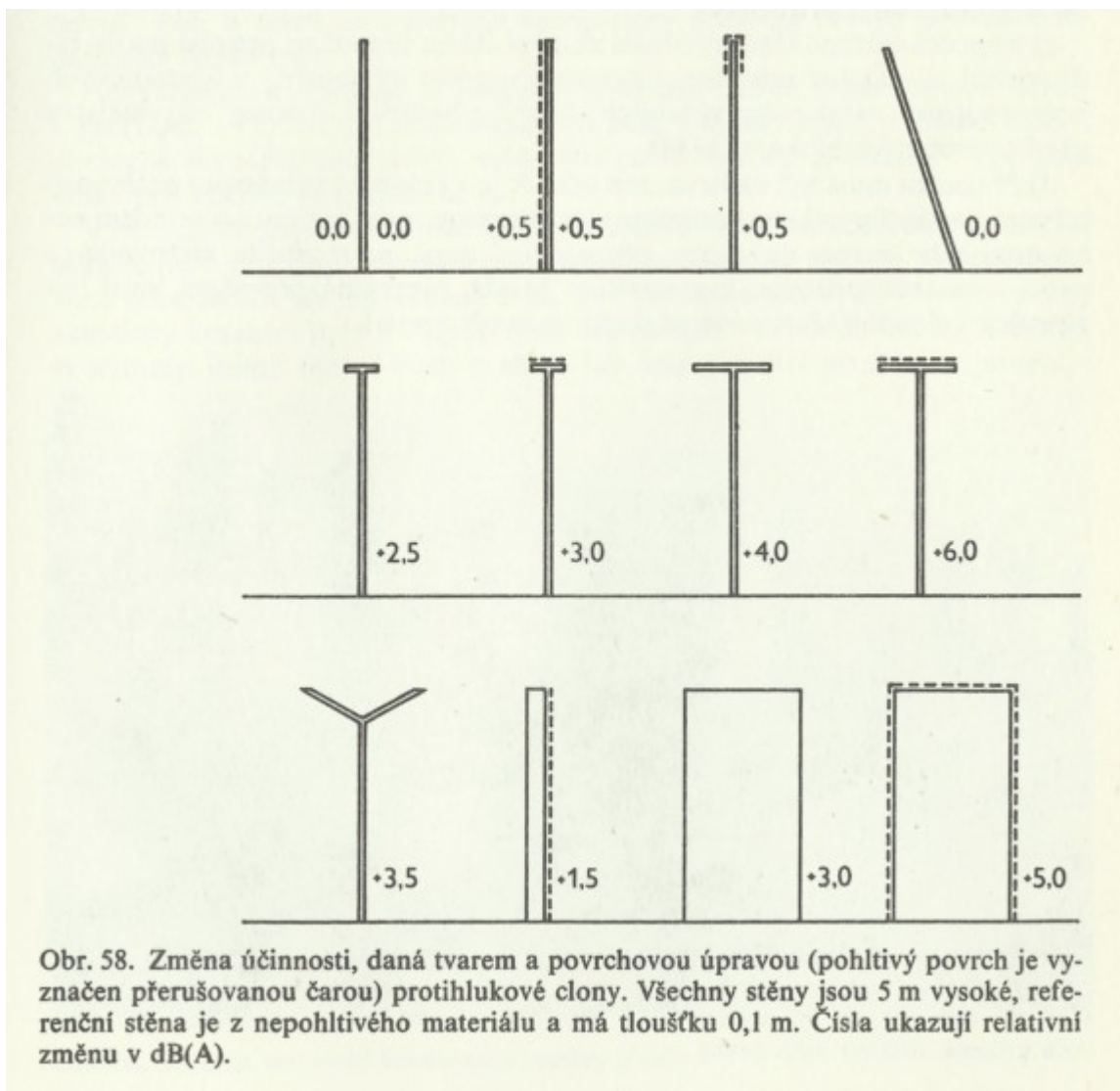
Příloha č. 4: Poznámky 1

Příloha č. 5: Poznámky 2

Příloha č. 6: Leták

Přílohy

Příloha č. 1 - Účinnost protihlukových bariér



Zdroj: (Havránek, s. 235)

Příloha č. 2 - Smlouva o výpůjčce 1

SMLOUVA O VÝPŮJČCE uzavřená mezi

ZČU v Plzni, Fakultou strojní, Katedrou konstruování strojů

Sídlo: Univerzitní 22

Identifikační číslo: 49777513

DÍČ:

Jednající:

(dále jen "půjčitel")

a

ZČU v Plzni, Fakultou zdravotních studií, Katedra záchranářství a technických oborů

Sídlo: Tylova 2929/59

Identifikační číslo: 49777513

DÍČ:

Jednající:

(dále jen "vypůjčitel")

Předmět výpůjčky

Předmětem výpůjčky je přístroj pro měření hluku typ model: Brüel and Kjaer 2238 Mediator pro měření v rámci studentského experimentálního měření pro vypracování bakalářské práce v sídle FZS s i bez obsluhy pracovníka KKS.

Cena výpůjčky

Vypůjčitel si půjčil předmět této smlouvy zdarma v rámci univerzitního kampusu.

Datum a místo převzetí, vrácení

K předání mezi smluvními stranami dne 04. února 2014 v prostorách půjčitele, předpokládaný termín vrácení dojde do 18. února 2014 v prostorách půjčitele. O předání a převzetí provedou smluvní strany zápis.

K převzetí a vrácení za půjčitele je oprávněn: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.

K převzetí a vrácení za vypůjčitele je oprávněn: Lenka Zengová

Ověření funkčnosti zařízení bude provedeno při předání.

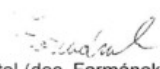
Povinnosti vypůjčitele

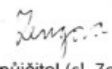
Vypůjčitel je povinen předmět výpůjčky chránit před poškozením, ztrátou nebo zničením. Je povinen předmět výpůjčky užívat výhradně osobně. Při poškození, ztrátě nebo odcizení je vypůjčitel povinen neprodleně uhradit náklady na opravu nebo nákup nového měřicího přístroje (pro měření tvrdosti materiálu) se stejnými parametry a od stejného výrobce.

Ostatní ujednání

Účastníci si smlouvu přečetli, souhlasí s ní a stvrzují ji svými podpisy. Smlouva byla vyhotovena ve dvou stejnopisech, z nichž každá ze stran obdrží po jednom.

V Plzni, dne


Půjčitel (doc. Formánek)


Vypůjčitel (sl. Zengová)


Ved, katedry FST/KKS (doc. Lašová)


Ved, katedry FZS/KAZ (PhDr. Pistulková)

Zdroj: vlastní

SMLOUVA O VÝPŮJČCE uzavřená mezi

ZČU v Plzni, Fakultou strojní, Katedrou konstruování strojů

Sídlo: Univerzitní 22
Identifikační číslo: 49777513
DIČ:
Jednající:

(dále jen "půjčitel")

a

ZČU v Plzni, Fakultou zdravotních studií, Katedra záchranářství a technických oborů

Sídlo: Tylova 2929/59
Identifikační číslo: 49777513
DIČ:
Jednající:

(dále jen "vypůjčitel")

Předmět výpůjčky

Předmětem výpůjčky je přístroj pro měření hluku typ model: Voltcraft SL-451 pro měření v rámci studentského experimentálního měření pro vypracování bakalářské práce v sídle FZS s i bez obsluhy pracovníka KKS.

Cena výpůjčky

Vypůjčitel si půjčil předmět této smlouvy zdarma v rámci univerzitního kampusu.

Datum a místo převzetí, vrácení

K předání mezi smluvními stranami dne 04. února 2014 v prostorách půjčitele, předpokládaný termín vrácení dojde do 18. února 2014 v prostorách půjčitele. O předání a převzetí provedou smluvní strany zápis.

K převzetí a vrácení za půjčitele je oprávněn: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.

K převzetí a vrácení za vypůjčitele je oprávněn: Lenka Zengová

Ověření funkčnosti zařízení bude provedeno při předání.

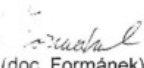
Povinnosti vypůjčitele

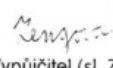
Vypůjčitel je povinen předmět výpůjčky chránit před poškozením, ztrátou nebo zničením. Je povinen předmět výpůjčky užívat výhradně osobně. Při poškození, ztrátě nebo odcizení je vypůjčitel povinen neprodleně uhradit náklady na opravu nebo nákup nového měřicího přístroje (pro měření tvrdosti materiálu) se stejnými parametry a od stejného výrobce.


Ostatní ujednání

Účastníci si smlouvu přečetli, souhlasí s ní a stvrzují ji svými podpisy. Smlouva byla vyhotovena ve dvou stejnopisech, z nichž každá ze stran obdrží po jednom.

V Plzni, dne


Půjčitel (doc. Formánek)


Vypůjčitel (sl. Zengová)


Ved. katedry FST/KKS (doc. Lašová)


Ved. katedry FZS/KAZ (PhDr. Pistulková)

Příloha č. 4 - Poznámky 1

6:00 - 7:00 DEN - HLUK - LENKA
 (odjezdová; sítě čísel prst)
 6:00 - 38,8; 42,2; 48,0; 43,4; 39,7; 40,2;
 37,9; 40,4; 39,6; 44,0; 43,8; 41,4; 42,5;
 41,5
 6:05 - 35,5; 37,6; 39,0; 40,1; 38,3; 36,7; 37,3;
 38,2; 39,2; 42,7; 40,1; 38,6; 37,0; 36,6;
 39,4; 40,3; 41,0; 42,4; 39,5; 37,3; 37,9
 +kotel
 (nem' slyšel) 6:10 - 42,5; 40,8; 41,5; 41,9; 43,3; 40,9;
 41,7; 41,1; 43,7; 44,2; 40,9; 39,5; 39,3; 42,6;
 40,5; 37,1; 36,7; 36,7; 39,2; 46,2 - vlek;
 44,3; 44,6; 44,0; 40,0; 42,2; 44,0; 39,9;
 39,4; 40,5; 41,7; 39,9; 39,2; 40,5
 A = -1
 6:15 - 43,2; 44,2; 41,6; 40,6; 41,7; 45,6; 45,5; 45,1;
 42,5; 41,7; 43,1; 45,5; 46,0; 45; 43,6; 43,0;
 41,5; 42,4; 41,8; 41,2; 40,9; 41,0; 40,3; 42,5;
 43,5; 41,2; 43,0; 41,2; 43,2; 43,0; 43,1; 44,3;
 46,0; 47,1; 40,2; 38,7; 36,3; 36,0; 37,0; 38,0
 6:20 - 46,6; 49,0; 43,6; 42,9; 41,3; 42,7; 43,9; 44,2;
 47,7; 51,8; 50,4; 46,0; 47,2; 44,2; 41,5;
 42,5; 48,8; 42,2; 42,2; 42,0; 41,6; 39,5; 39,5; 42,0;
 43,3; 44,1; 42,7; 42,3; 45,6; 51,6; 49,5; 52,6; 54,2;
 56,2; 50,5; 49,1; 42,3; 44,2; 43,1; 43,1; 41,2; 46,8
 6:25 47,8; 39,8; 40,1; 38,1; 37,0; 42,8; 35,6; 36,9;
 32,1; 37,7; 37,4; 37,6; 41,0; 43,4; 45,2; 49,6; 45,0;
 45,1; 44,3; 43,5; 45,7; 44,9; 44,4; 44,8; 42,0
 48,0; 43,2; 44,8; 43,9; 44,2
 6:30 41,7; 45,9; 46,9; 44,6; 47,1; 47,1; 50,0; 56,0; 47,2
 47,1; 49,0; 51,0; 52,2; 46,2; 48,4; 50,1; 44,5; 49,1;
 46,2; 43,3; 42,2; 44,3; 44,4; 42,7; 44,7; 50,0; 46,2;
 44,0; 43,9; 44,3; 43,1; 49,6; 42,2; 44,2; 43,0; 44,8;
 44,9; 43,9; 43,7; 42,1; 43,5; 47,5; 45,0; 45,6

Zdroj: vlastní

Příloha č. 5 - Poznámky 2

10.00 - 11.00 ~~DEK KLID VENKU~~
^{auto}
 6:35 - 54,1; 55,1; 57,4; 50,9; 50,1; 50,4; 49,8; 50,4; 48,3; ^{auto}
 40,9; 41,0; 41,8; 38,7; 39,7; 38,9; 37,4; 38,2; 37,3; ^{auto?}
 37,6; 37,3; 39,2; 38,9; 39,0; 39,3; 43,9; 43,0; 44,3; 47,0
 45,0; 45,1; 45,5; 45,5; 44,0; 40,0; 40,5; 43,5; 40,2; 39,5;
 41,7; 40,9; 42,8; 42,3; 43,7
 6:40 - 49,1; 46,6; 45,2; 44,7; 45,2; 43,5; 44,5; 45,3; 46,6; 44,9
 45,7; 42,0; 44,8; 40,6; 39,8; 41,2; 40,3; 42,4; 43,0; 42,2;
 43,1; 45,4; 41,3; 40,4; 40,4; 41,7; 41,6; 43,6; 42,0; 42,2
 42,4; 40,6; 41,2; 40,8; 40,6; 37,7; 38,4; 37,8; 38,8; 39,4;
 40,2; 40,9; 40,4; 39,8; 41,3; 43,2; 44,3; 45,7; 46,6; 46,6;
 6:45 - 43,6; 46,4; 44,5; 44,3; 44,4; 42,3; 43,2; 42,7; 40,9; 41,3;
 40,1; 41,6; 44,0; 45,0; 44,4; 44,6; 43,7; 43,7; 44,6; 47,3; 47,9;
 46,4; 48,4; 47,0; 46,5; 45,3; 46,5; 42,8; 44,1; 42,0; 43,8;
 42,6; 44,9; 46,9; 44,3; 45,4; 44,0; 43,4; 41,6; 40,7; 41,2; 45,2;
 42,8; 42,7; 45,5; 44,5; 45,0; 40,6; 41,7; 41,5; 42,1
^{auto}
 6:50 - 46,7; 46,3; 43,2; 44,7; 48,8; 46,6; 42,4; 43,2; 42,0; 39,6; ~~47,9~~
 40,0; 40,1; 39,3; 38,8; 40,5; 41,9; 42,5; 43,5; 43,1; 43,2; 40,9;
 41,7; 44,7; 42,2; 43,7; 43,8; 43,2; 42,6; 45,9; 42,6; 41,1;
 41,6; 40,9; 42,7; 41,9; 41,1; 40,1; 41,7; 44,2; 44,0; 42,3; 32,2; 41,8; 40,6
 39,8; 36,4
 6:55 - 35,5; 35,7; 38,5; 38,6; 42,1; 45,2; 37,7; 43,0; 41,7; 42,6; 42,2;
 40,1; 39,6; 39,4; 42,8; 44,4; 40,1; 42,4; 43,0; 41,2; 41,2; 40,6; 40,8;
 39,1; 40,5; 40,1; 40,8; 42,3; 42,5; 40,3; 41,5; 40,7; 40,3; 47,0; 47,0;
 47,8; 49,1; 45,7; 46,6; 47,2; 55,2; 53,6; 39,1; 42,7; 42,3;
 40,4; 40,2; 39,4; 38,2; 37,5; 36,7; 37,3

LAF max = 69,8 dB
 LAF min = 24,9 dB
 Lncg = 46,0 dB
 LAE = 80,4 dB

měření 1h
 rychlost - 4°C

Zdroj: vlastní