

Hygiena a prevence poškození sluchu na pracovišti

Bakalářská práce

Studijní program: B3944 – Biomedicínská technika
Studijní obor: 3901R032 – Biomedicínská technika

Autor práce: **Martin Dušek**
Vedoucí práce: MUDr. Vladimír Valenta, Ph.D.



Hygiene and prevention of hearing damage in work environment

Bachelor thesis

Study programme: B3944 – Biomedical engineering
Study branch: 3901R032 – Biomedical engineering

Author: **Martin Dušek**
Supervisor: MUDr. Vladimír Valenta, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Dušek**
Osobní číslo: **D15000003**
Studijní program: **B3944 Biomedicínská technika**
Studijní obor: **Biomedicínská technika**
Název tématu: **Hygiena a prevence poškození sluchu na pracovišti**
Zadávající katedra: **Fakulta zdravotnických studií**

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

Cíle práce:

Zhodnocení vývoje expozice hluku v pracovním prostředí, zhodnocení vývoje počtu nemocí z povolání způsobených nadměrnou expozicí hluku a zhodnocení efektivity protihlukových opatření v pracovním prostředí.

Teoretická východiska:

V závislosti na cíli práce je v rámci teoretické části potřeba vyjít z fyzikální podstaty hluku a jeho vlivu na zdraví, kdy při zvyšující se expozici hluku v pracovním prostředí a navyšování počtu exponovaných osob se významně navyšuje i riziko a počet nemocí z povolání způsobených tímto faktorem. Tento fyziologicky zdůvodněný a předpokládaný nárůst zdravotních postižení definovaných jako nemoc z povolání může být ovlivněn efektivitou protihlukových opatření z úrovně zaměstnavatele, zaměstnance, pracovní lékařské péče i orgánů ochrany veřejného zdraví.

Výstupem by mělo být ověření účinnosti různých typů preventivních opatření pro snížení expozice hluku u zaměstnanců

Výzkumné předpoklady:

V rámci výzkumu předpokládáme, že v minulých letech v souvislosti s nastartováním ekonomiky došlo v pracovním prostředí ke zvýšení expozice rizikovým faktorům, zejména hluku a to jak nárůstem úrovně hlukové expozice, tak počtem exponovaných osob. Dále předpokládáme, že se tento nárůst expozice projevil i nárůstem nemocí z povolání způsobených hlukem. Potvrzení či vyvrácení tohoto předpokladu nám odpoví na otázku účinnosti preventivních opatření na ochranu zdraví.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 70

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

MOUREK, J. Fyziologie: Učebnice pro studenty zdravotnických oborů. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1190-7.

TUČEK, Milan, Miroslav CIKRT a Daniela PELCLOVÁ. Pracovní lékařství pro praxi: příručka s doporučenými standardy. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0927-9.

POSPÍŠILOVÁ, Blanka, Jaroslav ŠRÁM a Olga PROCHÁZKOVÁ. Anatomie pro bakaláře II.: systém kardiovaskulární, systém nervový, smyslové orgány, soustava kožní, žlázy s vnitřní sekrecí. 2. vyd. Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-153-5. 2012. ISBN 978-80-87023-09-9.

KOMÁREK, Lumír, Kamil PROVAZNÍK a Hana PROVAZNÍKOVÁ. Manuál prevence v lékařské praxi. Praha: Fortuna, 1998. ISBN 80-7071-108-6.

BENCKO, Vladimír a kol., Hygiena: praktickým cvičením. Univerzita Karlova v Praze. Nakladatelství Karolinum.

SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 5., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.

Registr nemocí z povolání. Státní zdravotní ústav. ISSN 1804-5960.

Akustika - Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. 2000. ISO 9612.

Akustika - STANOVENÍ EXPOZICE HLUKU NA PRACOVIŠTI A POSOUZENÍ ZHORŠENÍ SLUCHU VLIVEM HLUKU. ISO 1999.

Akustika - Měření hluku vyzařovaného stroji pro zemní práce na stanovišti obsluhy - Podmínky stacionární zkoušky. ISO 6394.

MRAK, M. a M. BILBAN. Non-auditory effects of noise. Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, 2014. ISSN 13180347.

Vedoucí bakalářské práce:

MUDr. Vladimír Valenta, Ph.D.

Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání bakalářské práce: 28. dubna 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2018



prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc., MBA
děkan

V Liberci dne 30. listopadu 2017

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

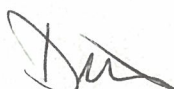
Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 30.4.2018

Podpis:



Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat MUDr. Vladimíru Valentovi, Ph.D. a Ing. Kateřině Forysové, za odborné rady, ochotu při konzultacích a poskytnutí materiálů při psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Tématem této bakalářské práce je zhodnocení vývoje rizikového faktoru hluku v pracovním prostředí, jeho vliv na zdraví zaměstnanců a výskyt nemocí z povolání způsobených nadměrnou expozicí hluku. Dále také zhodnocení efektivity protihlukových opatření v pracovním prostředí. Teoretická část je zaměřena na informace týkající se fyzikální podstaty zvuku a hluku, jeho měření, působení hluku na člověka a informace týkající se nemocí z povolání. Praktická část se zabývá zhodnocením vývoje expozice hluku v pracovním prostředí a zhodnocením počtu nemocí z povolání způsobených hlukem od roku 2006 do roku 2016 a zhodnocením efektivity protihlukových opatření. Dále je v praktické části popsáno provedeno měření hluku na pracovišti s komentářem a vyhodnocením výsledků.

Klíčová slova:

Hluk, hluk v pracovním prostředí, nemoc z povolání, měření hluku

Abstract

Theme of this bachelor's thesis is to evaluate the exposition of noise in work environment, evaluate the number of occupational diseases caused by exposition to noise and determine if anti-noise aids are effective. Theoretical part is focused on physical principle of sound and noise, measurement of noise, what effects does noise have on men and information about occupational diseases. Practical part is focused on the evaluation of exposition to noise in work environment and valuation of number of occupational diseases caused by noise since 2006 to 2016, with evaluation of effectivity of anti-noise aids. In practical part there is also description of measurement of noise in workplace with commentary and evaluation of the results.

Key words:

Noise, noise in the workspace, occupational disease, measurement of noise

Obsah

Seznam zkratk	12
Úvod	13
Teoretická část	14
1. Fyzikální akustika	14
1.1. Zvuk	14
1.2 Hluk	14
1.3 Šíření zvuku	15
1.3.1 Vlnová délka a frekvence	16
1.4 Akustický tlak a rychlost	16
1.5 Akustická intenzita	17
1.6 Hladinové veličiny	17
1.7 Ekvivalentní hladina akustického tlaku	18
1.8 Prostorová akustika	18
1.8.1 Ozvěna	19
1.8.2 Dozvuk	19
2. Hluk v pracovním prostředí	20
2.1 Zdroje hluku	20
2.2 Druhy hluku	21
2.3 Měření hluku v pracovním prostředí	21
2.3.1 Měření hlukové zátěže osob	21
2.3.2 Měření na pracovním místě	22
2.3.3 Měření v pracovním prostoru	22
2.3.4 Nejistoty měření	22
2.3.5 Zvukoměry	23
2.3.6 Mikrofony	23
2.3.7 Kalibrace	24
2.3.8 Korekce výsledků	24
2.3.9 Váhové filtry	24
2.3.10 Kmitočtová pásma	25
2.3.11 Měření nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku	26
2.3.12 Hygienické limity hluku v pracovním prostředí	26
3. Vliv hluku na člověka	28
3.1 Anatomie a fyziologie sluchového ústrojí	28
3.1.1 Zevní ucho	29
3.1.2 Střední ucho	29

3.1.3 Vnitřní ucho	29
3.2 Vnímání zvuku	30
3.2.1 Hladina hlasitosti.....	31
3.2.2 Hlasitost	32
3.2.3 Časové a frekvenční maskování.....	32
3.3 Působení hluku na člověka.....	32
3.3.1 Spektrální složení a frekvence v souvislosti s působením na člověka	33
3.3.2 Specifické účinky na sluch.....	33
3.3.3 Systémové účinky	34
3.3.4 Vliv hluku na smyslové vnímání, motoriku, výkonnost a emoce	34
4. Nemoci z povolání způsobené hlukem.....	35
4.1 Uznání nemoci z povolání.....	35
4.2 Dopady pro zaměstnance a povinnosti zaměstnavatele	35
4.3 Ohrožení nemocí z povolání	36
4.4 Fowlerovo hodnocení ztráty sluchu	36
4.5 Nemoc z povolání způsobená hlukem.....	37
4.6 Prevence poškození sluchu	37
4.6.1 Prevence pomocí zařazení prací do jednotlivých kategorií.....	38
4.6.2 Technická opatření prevence.....	39
4.6.3 Organizace práce a individuální ochrana	39
4.6.4 Preventivní lékařské prohlídky	40
Praktická část	41
5. Statistické zpracování dat.....	41
5.1 Cíle a hypotézy.....	41
5.2 Charakteristika zkoumaných vzorků dat	43
5.2.1 Osoby v ohrožení nemoci z povolání všemi rizikovými faktory	43
5.2.2 Osoby v riziku nemocí z povolání způsobených faktorem hluku	44
5.2.3 Srovnání obou vzorků dat podle pohlaví.....	45
5.2.4 Srovnání podle kategorizace práce.....	47
5.2.5 Srovnání vybraných průmyslových oborů podle počtu osob v riziku hluku.....	48
5.3 Analýza nemocí z povolání.....	50
5.4 Použité statistické testy	52
5.5 Závěr a doporučení pro praxi	53
6. Měření hygienických limitů pro podezření ze vzniku nemoci z povolání	56
6.1 Předmět měření a použité metody.....	56
6.2 Použité přístroje	56
6.3 Charakteristika prostoru měření.....	57

6.4 Popis měření.....	58
6.5 Výsledky, nejistota měření a zhodnocení výsledku měření	59
Závěr a doporučení pro praxi	60
Seznam použité literatury.....	60
Seznam tabulek	65
Seznam obrázků	65
Seznam grafů.....	66
Seznam příloh	67

Seznam zkratek

Atp.	a tak podobně
Atd.	a tak dále
Tzv.	takzvaně
č.	číslo
ČSN	česká technická norma,
ISO	International organisation for standartization
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
např.	například
NV	nařízení vlády, novela
OOPP	Ochranné pracovní pomůcky pro ochranu sluchu
Sb.	Sbírka

Úvod

Zvuk náš provází doslova na každém kroku. Člověk přijímá sluchem velkou část informací, které zprostředkovávají jeho představu a vnímání světa. Zvuk je hlavní zdroj informací o nebezpečí přicházejícího z okolního prostředí, podněcuje aktivitu nervového systému a je základní složkou komunikace, která odlišuje člověka od zvířat. Zvuk může mít dráždivý charakter, ale může také zlepšovat soustředění a vyvolávat příjemné pocity, například při poslechu hudby. Na druhou stranu s rozvojem průmyslu se mnohonásobil počet zdrojů hluku, kterým je moderní člověk vystaven. Dřívější generace se s tímto problémem nemusely v takové míře potýkat a ani si na tento fenomén zvykat. Lidé často tento problém přehlížejí a vystavují se zbytečnému nebezpečí poškození sluchu posloucháním hlasité hudby, či nedostatečnou ochrannou sluchu při konání hlučných činností. V pracovním prostředí lidé často nepoužívají ochranné prostředky, i když jim jsou k dispozici.

Poškození sluchu, způsobené dlouhodobým trávením času v hlučném prostředí, přichází velmi pomalu a lidé si často všimnou, že u nich došlo k poškození sluchu, až velmi pozdě. Toto postižení je nevratné, proto je v boji proti poškození sluchu hlukem jediné účinné opatření prevence. Postižení se dá se pouze kompenzovat určitými pomůckami, jako jsou naslouchátka atp. Neslyšící člověk je vystaven mnoha sociálním problémům, má sníženou reaktivitu vůči nebezpečným podnětům z okolí a je celkově znevýhodněn. V pracovním prostředí je často velká míra hlukového znečištění, způsobená hlavně průmyslovými stroji a jinými zdroji. Z výše uvedených důvodů je velmi důležité sledovat hladiny hluku a poskytovat pracovníkům odpovídající ochranu a prevenci před vznikem nemoci z povolání způsobenou hlukem. Cílem této práce je mimo jiné ověřit výskyt rizikového faktoru hluku v pracovním prostředí a jeho vliv na zdraví zaměstnanců. Dále zhodnotit zda je prováděna dostatečná prevence na ochranu zdraví zaměstnanců.

Teoretická část

1. Fyzikální akustika

Fyzikální akustika zkoumá vznik a způsob šíření zvuku. Zabývá se také popisem, odrazem, pohlcováním a chováním zvuku v různých prostředích. [4]

1.1. Zvuk

Zvuk je definován jako podélné mechanické vlnění v látkovém prostředí, které můžeme vnímat sluchem. Zdrojem je chvění pružných těles, které se přenáší do prostředí a vzbuzuje v něm zvukové vlnění. Z fyzikálního hlediska je zvuk popisován ve frekvenčním rozsahu normálního lidského sluchu od 20 Hz do 20 kHz. Zvuk ve s frekvencí nižší než 20 Hz označujeme za infrazvuk, zvuk o frekvenci nad 20 kHz za ultrazvuk. [1, 4, 5]

1.2 Hluk

Hluk je jakýkoliv zvuk, který má rušivý či obtěžující charakter, nebo jiné škodlivé účinky na člověka. Účinky jsou posuzovány nejen intenzitou a frekvencí zvukových vln, ale také délkou působení, proměnlivostí a náhlostí. Vnímání je často subjektivní pro každého jedince, neboť různí jedinci mohou být různě citliví na stejný zdroj hluku. [6]

1.3 Šíření zvuku

Mechanické vlnění je děj, při němž se kmitání šíří látkovým prostředím a dochází k přenosu energie. Ve vakuu se proto zvuk nešíří. Při šíření zvuku dochází ke střídavému zhušťování a zředování prostředí, které je způsobené chvěním materiálu. Zvuk se šíří jako prostorová podélná vlna od zdroje zvuku do všech stran ve vlnoplochách. Vlnoplocha se vyznačuje tím, že ve všech bodech vlnoplochy je v daném okamžiku stejný akustický stav. Každý bod vlnoplochy tedy můžeme považovat za bodový zdroj elementárního vlnění, tedy oscilátor. Vychýlením z jeho rovnovážné polohy se poruší rovnováha sil a začnou převládat síly, které se snaží hmotný bod vrátit do rovnovážné polohy. Takovéto prostředí označujeme jako pružné prostředí. Obvykle je toto prostředí vzduch, ale šíření probíhá v libovolném pružném materiálu jakéhokoli skupenství. Zvuk se tedy může šířit i strojní konstrukcí a následně být vyzářen do pracovního prostředí. Jestli je vlnění podélné nebo příčné určujeme podle směru kmitání částic, vzhledem ke směru vlny.

Ve vzduchu se zvuk šíří pomocí podélného vlnění. Důležitou veličinou je z hlediska šíření rychlost zvuku v daném prostředí. Rychlost ve vzduchu závisí hlavně na teplotě. Čím vyšší je teplota, tím více jednotlivé molekuly kmitají a interagují. Ve vzduchu o teplotě t v Celsiových stupních má zvuk rychlost c :

$$c = (331,82 + 0,61\{t\}) [ms^{-1}] \quad (1)$$

V kapalinách a pevných látkách je rychlost zvuku větší než v plynech. Rychlost ovlivněna pružností materiálu. Pružnost závisí na velikosti vazebních sil, kterými jsou jednotlivé molekuly materiálu vzájemně vázány. Čím jsou tyto síly větší, tím snadněji se zvuk šíří. Z výše uvedeného vyplývá, že zdroj, který vytváří vlnění, kmitá harmonicky, vzniká vlna sinusového průběhu, kterou můžeme popsat pomocí vztahu:

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T \quad (2)$$

kde λ je vlnová délka, T je perioda a f je frekvence kmitání. Tyto děje ovšem mohou probíhat i neharmonicky. [2, 3, 4, 6, 15]

1.3.1 Vlnová délka a frekvence

Vlnová délka je vzdálenost mezi dvěma nejbližšími body, které jsou v určitém okamžiku ve stejném akustickém stavu – mají stejnou fázi. Jinak řečeno se jedná o vzdálenost, kterou zvuková vlna urazí během jedné periody. Frekvence udává počet opakování periodického děje za určitý čas, tedy počet kmitů za jednotku času. Jednotkou je jeden hertz – Hz. Lidský sluch je schopen vnímat zvuky od 20 Hz do 20 kHz a nejvíce citlivý je na zvuky o frekvencích v rozmezí od 1000 Hz do 4000 Hz. Je-li zvuk charakterizován pouze jednou frekvencí, hovoříme o jednoduchém zvuku a je ho možné znázornit pomocí sinusoidy. Pokud ve zvukovém spektru převažuje dominantní frekvence a s ní vyšší harmonické, což jsou násobky frekvence základní, vlna poté nemá tvar jednoduché sinusoidy a jedná se o složený zvuk. Většina tónu má charakter složeného zvuku. [3, 4, 6]

1.4 Akustický tlak a rychlost

V důsledku zhušťování a zředování kmitajících částic v prostředí dochází ke změnám akustického tlaku p , který sečteme s tlakem prostředí (například atmosférickým tlakem). Výsledný tlak šíření zvukové vlny ve vzduchu je tedy součet tlaku atmosférického s tlakem akustickým. Akustický tlak je časově proměnná veličina, která nabývá kladných i záporných hodnot. Výsledný tlak tedy kolísá kolem hodnoty statického tlaku. Jednotkou je pascal [Pa]. Akustická rychlost určuje, jak rychle se kmitající částice pohybují kolem svých rovnovážných ploch v prostředí, kterým prochází akustická vlna. Akustická rychlost nemá nic společného s rychlostí šíření zvuku a je řádově menší. [5, 14, 15]

1.5 Akustická intenzita

Zvuk je spojen s přenosem energie, proto zavádíme veličinu intenzity:

$$I = \frac{W}{S} [W \cdot m^2] \quad (3)$$

Kde W je akustický výkon zvukového vlnění, což je vlastně energie vyzařená zdrojem, dopadající na plochu S , kterou vlnění prochází. Intenzita je tedy výkon, který projde jednotkovou plochou, kolmou na směr šíření vlny. Intenzita je přímo úměrná energii kmitání, které zvukové vlnění v daném okamžiku v bodě vzbuzuje. [2, 3]

1.6 Hladinové veličiny

Rozsah akustické intenzity mezi prahem slyšení a bolestivostí je 12 řádů (při frekvenci 1 kHz). Tento rozdíl je značný, proto kvůli přehlednosti a praktičnosti zavádíme vhodné měřítko pro sluchové vjemy. Zákon nazývaný Weber-Fechnerův říká, že změna akustických veličin, které se mění geometrickou řadou, vnímá lidské ucho jako řadu aritmetickou. Převod umožňuje funkce logaritmus. Vzniklou veličinu označujeme jako hladinu L . Její jednotkou je bel, v praxi se kvůli její velikosti ale setkáváme spíše s decibely. Hladinu akustické intenzity definujeme vztahem:

$$L_i = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} [dB] \quad (4)$$

kde I je okamžitá hodnota akustické intenzity a $I_0 = 10^{-12} [W \cdot m^{-2}]$, tedy intenzita odpovídající prahu slyšitelnost, což je mezinárodně stanovená referenční hodnota při frekvenci 1 kHz. Hodnota $I = 1 W \cdot m^{-2}$ odpovídá prahu bolestivosti. Rozdíl obou hodnot jsou 4 řády, proto je zavedení logaritmické stupnice vhodné. V praxi se většinou hladina zvuku nevyjadřuje pomocí akustické intenzity, ale pomocí akustického tlaku. Druhá mocnina efektivní hodnoty akustického tlaku se rovná akustické intenzitě. Nahradíme-li poměr intenzit kvadrátem poměru

akustických tlaků, dostaneme po jednoduché matematické úpravě vztah pro hladinu akustického tlaku:

$$L_p = 10 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 = 20 \cdot \log\frac{p}{p_0} [dB] \quad (5)$$

kde p představuje okamžitou hodnotu akustického tlaku a $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ [Pa], tedy akustický tlak odpovídající prahu slyšitelnosti, opět používaný jako referenční hodnota při frekvenci 1 kHz. Práh slyšitelnosti akustického tlaku odpovídá $L_p = 0$ dB. Jako práh bolesti je udáván akustický tlak 200 Pa, což odpovídá $L_p = 130$ dB. Dále můžeme zavést hladinu akustického výkonu:

$$L_W = 10 \cdot \log\frac{W}{W_0} [dB] \quad (6)$$

kde W je okamžitý výkon a $W_0 = 10^{-12}$ [W] je referenční hodnota. [2, 5, 9, 11]

1.7 Ekvivalentní hladina akustického tlaku

Ekvivalentní hladina je fiktivní ustálená hladina akustického tlaku, která má na člověka stejný účinek jako proměnlivá hladina akustického tlaku za stejný čas. S impulzním a proměnným hlukem se často setkáme v praxi. Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku je dán vztahem:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log\left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt\right] [dB] \quad (7)$$

kde T je doba trvání proměnného nebo impulzního hluku. [6, 9]

1.8 Prostorová akustika

Prostorová akustika se zabývá akustickými jevy uvnitř uzavřených prostorů. V uzavřených prostorech je hlavním úkolem zajistit dobrou slyšitelnost a srozumitelnost. [6]

1.8.1 Ozvěna

Při šíření zvuku prostředím dochází k dopadu zvukového vlnění na překážky. Část zvukové energie je pohlcena druhým prostředím a část odražena podle zákona odrazu. Intenzita reflektovaného vlnění je tedy vždy menší než intenzita vlnění dopadajícího na stěnu. Tento zákon říká, že úhel α , pod kterým dopadá paprsek, je stejný jako úhel odrazu α' . Oba paprsky leží v rovině dopadu.

Ozvěna je speciální případ odrazu, ke kterému dochází, jestliže je odrazejí stěna rovinná a řádově větší, než je vlnová délka dopadajícího zvukového vlnění. Malou nebo členěnou překážku, je schopno vlnění obejít, v důsledku ohybu vlnění. Ozvěna se jeví jako opakování předem slyšeného přímého zvuku. Lidské ucho je schopné rozeznat zvuky, pokud mezi nimi uběhne doba alespoň 0,1 sekundy, což je doba potřebná pro vyslovení jedné slabiky. Zvuk za tuto dobu urazí přibližně 34 metrů, proto při vzdálenosti 17 metrů od překážky vzniká tzv. jednoslabičná ozvěna. Ozvěnu se snažíme v prostorách eliminovat pomocí členění překážek atp., kvůli jejímu nepříznivému působení na člověka. [3, 4]

1.8.2 Dozvuk

Pokud je překážka blíže než 17 metrů, zvuky již neodlišíme, protože původní zvuk se překrývá s odraženým, dochází k interferenci vlnění a zvuky vzájemně splývají. Tím se zvyšuje celková hladina intenzity zvuku v prostoru a tedy i celková energie. To se projevuje prodloužením trvání zvuku, které nazýváme dozvuk. Ten působí rušivě při komunikaci a je s ním potřeba počítat při projektování velkých místností. [3, 4]

2. Hluk v pracovním prostředí

Hluk je jedním z nejrozšířenějších rizikových faktorů v pracovním prostředí. Jeho vnímání je subjektivní pro každého jedince a může mít jak negativní tak pozitivní vliv na výkonnost, náladu a spokojenost pracovníků.

2.1 Zdroje hluku

Hluková zátěž v pracovním prostoru je většinou ze 40 % způsobena hlukem z pracovního prostředí a z 60 % působením mimopracovního prostředí. Ve stavebních pracích jsou to často vnitřní zdroje jako výtahy, chlazení, vytápění, trafostanice nebo hluk způsobený člověkem, například hlasitý hlasový projev.

Vlivem rozvoje průmyslu došlo po zavedení některých nových technologií a strojů k významnému zvýšení emisí hluku z pracovního prostředí. Častým zdrojem je mechanizované ruční nářadí, jako jsou ruční pily a jiné dřevozpracující nářadí, brusky, přístroje se stlačeným vzduchem, nářadí na opracování kamene, nebo přístroje na držbu zeleně, jako například křovinořez. V těžkém strojírenství jsou to velké stroje a technologické procesy, jako je například kování. V hutnickém průmyslu se často setkáme s impulsním hlukem v lomech, který má charakter třesku. V textilním průmyslu jsou zdroje hluku pletací a tkalcovské stroje. Častým problémem je také zavedení vzduchotechniky ve velkých továrnách, která má rušivý charakter. Dalším problémem je ultrazvuk a infrazvuk. Například použitím dvou ventilátorů naproti sobě, může vznikat infrazvuk. Ke vzniku ultrazvuku dochází při používání ultrazvukových čističek atp. [18]

2.2 Druhy hluku

Hluk dělíme podle frekvence a průběhu v čase na hluk impulzní a neimpulzní. Impulzní hluk je tvořen jedním impulzem kratším než 0,2 sekundy, nebo sérií impulzů s intervalem minimálně 10 milisekund. Neimpulzní hluk dělíme na ustálený, proměnný a přerušovaný. U ustáleného hluku se jeho hladina v čase nemění o více než 5 dB na rozdíl od proměnného hluku, u kterého se hladina v čase mění o více než 5 dB. Přerušovaný hluk vykazuje tiché a hlučné intervaly, jejichž hladina se skokově mění. [6]

2.3 Měření hluku v pracovním prostředí

Při měření hluku v pracovním prostředí se postupuje podle normovaných metod uvedených v ČSN ISO 9612 a ČSN ISO 1999 a doporučeného metodického návodu vydaného MZ ČR. Všechna zařízení stanovená jako měřidla podle zákona č. 505/1990 Sb., O metrologii podléhají státní metrologické kontrole měřidel. Stanovená měřidla používaná k měření hluku na pracovišti musí být vybavena platným ověřovacím listem. Při hygienickém měření hluku na pracovištích se hodnotí veličiny L_{Aeq} (písmeno A popisuje použitý váhový filtr, viz. kapitola 2.3.9 Váhové filtry) a při měření impulzního hluku se hodnotí L_{Amax} , tedy maximální hodnota intenzity akustického tlaku. Výsledky jsou pak použity pro hodnocení vlivu hluku na člověka. Při tomto měření rozlišujeme měření hlukové zátěže osob, měření hluku na pracovním místě a měření hluku v pracovních prostorech. [8]

2.3.1 Měření hlukové zátěže osob

Při měření hlukové zátěže osob se mikrofon umísťuje přímo na osobu vystavenou hluku do blízkosti více exponovaného ucha. Mikrofon se připevňuje na pokrývku hlavy, část oděvu nebo ke speciální konstrukci, která jej udržuje ve vzdálenosti 10 cm od hlavy.

Tato vzdálenost se dodržuje kvůli snížení zkreslení, které je způsobené odrazem zvukových vln. Toto měření se využívá, pokud se pracovník pohybuje mezi místy s různou hlučností. [23]

2.3.2 Měření na pracovním místě

Měření na pracovním místě se používá, pokud se exponovaná osoba zdržuje převážně na jednom místě a při pohybu mimo toto místo se nezdržuje v prostorách, ve kterých se L_{Aeq} nezvyšuje o více než 10 dB než na měřeném pracovním místě. [23]

2.3.3 Měření v pracovním prostoru

Měření v pracovním prostoru se využívá, pokud se pracovníci převážnou část směny pohybují v určitém pracovním prostoru, ve kterém jsou umístěny přístroje stejného typu nebo podobného typu např. linka na výrobu aut. Hluk se v tomto prostoru neliší hodnotami, ani povahou. Při tomto měření se vyberou charakteristická místa v prostoru, kde jsou změřeny L_{Aeq} , které se pak zprůměrují. Průměrná L_{Aeq} poté charakterizuje celý prostor. [23]

2.3.4 Nejistoty měření

Měření na pracovišti dělíme do tříd podle přesnosti: 1. třída s nejistotou do 2 dB, 2. třída s nejistotou do 4 dB a přehledová měření ve 3. třídě s nejistotou do 7 dB. Pokud se nejvyšší přípustná hodnota z měření hluku nachází v pásmu nejistoty, musí se měření opakovat přesnější metodou. Například pokud se rozdíl mezi hygienickým limitem a celosměnovou hladinou nachází v pásmu nejistoty pro 2. třídu 3 dB, musí se měření opakovat v 1. třídě přesnosti. Nejistoty dané měřidly jsou uvedeny a posuzovány podle ČSN EN ISO 9612:2010. [8, 10]

2.3.5 Zvukoměry

Zvukoměry se používají jako zařízení k měření akustického tlaku. K měření na pracovišti využíváme zvukoměry třídy 1, které vyhovují požadavkům ČSN EN 61672-1, ČSN IEC 651+A1 a ČSN EN 60804+A2. Při kmitočtové analýze nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku, infrazvuku a ultrazvuku se používají pásmové filtry třídy 1 nebo třídy 2, které splňují požadavky ČSN EN 61260+A1. Konstrukce zvukoměrů na trhu může být různá, ale ve své podstatě obsahují velmi podobné části. Zvukoměry obsahují vždy zesilovač s velkým vstupním odporem a integrační obvod, který určuje průměrnou změnu akustického tlaku v čase. Není totiž možné sledovat dostatečně rychle změny tlaku v čase. [8]

2.3.6 Mikrofony

Používané měřicí mikrofony musí splňovat požadavky pro pracovní etalonové mikrofony podle ČSN EN 61094. Mikrofon je nejdůležitější část řetězce hlukoměru. Je to snímač, fungující nejčastěji na principu kondenzátoru. Konstrukčně mikrofon obsahuje jednu pevnou elektrodu a druhá vytváří pružnou membránu. Tato membrána se vlivem změny tlaku deformuje a mění tím vzdálenost mezi elektrodami a zároveň kapacitu snímače. Na elektrony je přiveden konstantní náboj, který vytváří napětí nepřímo úměrné kapacitě. Tlak tedy rozkmitá membránu, která změní kapacitu snímače a tím i napětí. Výstupní napětí je tedy přímo úměrné akustickému tlaku. Při měření je nutné zohlednit vliv prostředí, především vítr, proto je většina mikrofonů opatřena krytem. [6, 7, 8]

2.3.7 Kalibrace

Kalibrace se používá pro zjištění velmi přesných výsledků měření. Provádí se před měřením, v jeho průběhu a po jeho ukončení. Provádí se akustickými kalibrátory třídy 1 nebo 2, vyhovující požadavkům ČSN EN 60942 a pistonfony, které vyhovují stejnojmenné vyhlášce. Použité kalibrátory musí být vybaveny kalibračním listem, jehož datum vydání nesmí být starší než 2 roky. [8]

2.3.8 Korekce výsledků

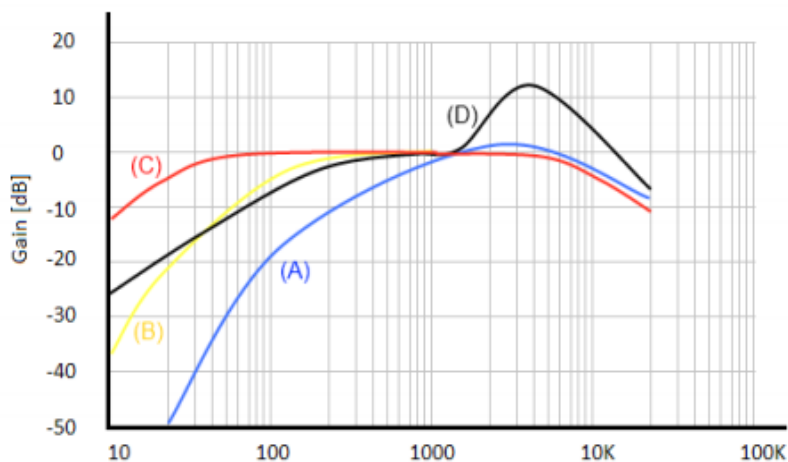
Pro úpravu naměřených hodnot v závislosti na druhu práce, noční směně, či jiné než 8 hodinové pracovní době, zavádíme korekci výsledků. Například korekce pro jinou než 8 hodinovou pracovní dobu je dána vztahem:

$$L_{eq,T_{eh}} = L_{eq1} + 10 \cdot \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) [dB] \quad (8)$$

kde L_{eq1} je ekvivalentní hodnota akustického tlaku po dobu T_e . T_e je doba trvání expozice a T_0 je referenční doba 8 hodin. [6]

2.3.9 Váhové filtry

Lidské ucho je různě citlivé na zvuky o různých frekvencích. Proto při měření zařazujeme do řetězce váhové filtry A, B, C a D, které jsou inverzní ke křivkám konstantní hlasitosti při hladinách 40, 80 a 120 dB. Důležité jsou filtry A a C, křivka B a D se používá pro letecký hluk. Váhové filtry upravují frekvenční charakteristiku zvukoměru tím, že k naměřené hodnotě přičtou příslušnou korekci, aby se co nejlíže podobala průběhu slyšení lidského ucha. Při popisu hladinových veličin, zařazuje písmeno filtru do indexu např. L_{Aeq} . Průběh korekcí filtrů je znázorněn na obrázku 1. [1, 7, 9]



Obrázek 1: Průběh korekcí filtrů A, B, C a D v závislosti na kmitočtu [7]

2.3.10 Kmitočtová pásma

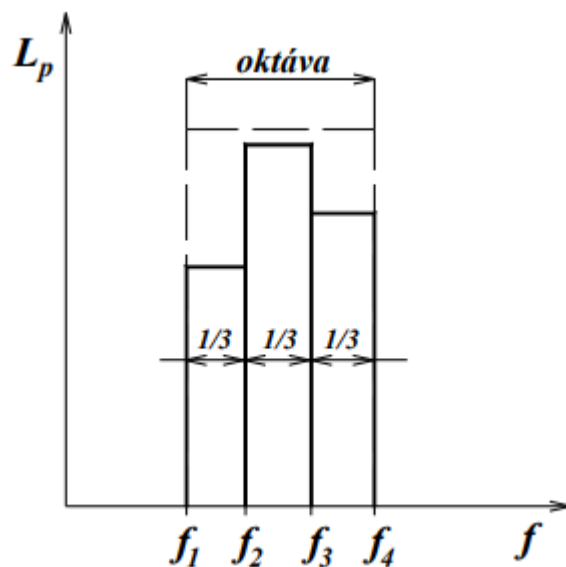
Akustické veličiny jsou obecně závislé na frekvenci. Pro zjednodušení frekvenčních spekter při měření zavádíme kmitočtová pásma o procentuální konstantní šířce. Oktávové pásmo je charakterizováno poměrem mezních frekvencí oktávy. Každou oktávu dále označujeme pomocí střední frekvence. Pro střední frekvenci platí vztah:

$$f_m = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad (9)$$

kde f_1 a f_2 jsou mezní frekvence. Třetinooktávové pásmo vznikne rozdělením oktávového pásma na třetiny v logaritmických stupnicích. Pro třetinooktávové pásmo platí vztah:

$$\log_{10} \frac{f_1}{f_2} + \log_{10} \frac{f_3}{f_2} + \log_{10} \frac{f_4}{f_3} = \log_{10} \frac{f_4}{f_1} = \log_{10} 2 \quad (10)$$

kde f_1 , f_2 , f_3 a f_4 jsou krajní frekvence, jak je vidět na obrázku 2. [9]



Obrázek 2: Příklad třetioktávového pásma [9]

2.3.11 Měření nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku

Nízkofrekvenční hluk se posuzuje v třetioktávových pásmech se středním kmitočtem od 20 Hz do 40 Hz. Výskyt zjišťujeme naměřením okamžité hladiny akustického tlaku s použitím váhových filtrů A a C. Pokud je rozdíl výsledků větší než 20 dB, je prokázáno působení nízkofrekvenčního hluku. Vysokofrekvenční hluk se posuzuje v třetioktávových pásmech ve frekvenčním pásmu od 8 kHz do 16 kHz. [8]

2.3.12 Hygienické limity hluku v pracovním prostředí

Limitní hodnoty musí být v souladu s nařízením vlády č. 272/2011 Sb., O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Hodnocení ustáleného a proměnného hluku se provádí na základě výsledků měření hladin akustického výkonu A. Nejvyšší přípustná hladina hluku A pro fyzickou práci v osmihodinové směně nevyžadující soustředění je $L_{Aeq,8h} = 85$ dB.

V závislosti na druhu činnosti (například duševní náročnost, monotónnost) se přičítají korekce od -5 až -40 dB. Takto stanovená hodnota je limitní dávka akustické energie ekvivalentní hladiny hluku A pro osmihodinovou směnu. Impulzní hluk vyjadřujeme špičkovou hladinou akustického tlaku C, která má přípustný limit hladiny akustického tlaku $L_{C\ peak} = 140$ dB. Pokud impulzní hluk vyjádříme ekvivalentní hladinou akustického tlaku A, je limit stanoven na $L_{eq,8h} = 85$ dB. U vysokofrekvenčního hluku je limitní hodnota $L_{eq,8h} = 75$ dB. Pro infrazvuk a nízkofrekvenční hluk je expoziční limit $L_{eq,8h} = 116$ dB. Pro frekvenční pásmo od 1 Hz až do 16 Hz je expoziční limit $L_{eq,8h} = 110$ dB. Pro frekvence od 20 Hz do 40 Hz je limit stanoven na $L_{eq,8h} = 105$ dB. [19]

3. Vliv hluku na člověka

Hluk může působit na člověka obtěžujícím charakterem. V praxi se často setkáváme se situací, že různí lidé reagují na stejný hluk subjektivně různě. Sluch má funkci alarmujícího orgánu, tedy aby člověk získal informaci o blížícím se nebezpečí. Reakce na nebezpečný podnět je doprovázena fyziologicko-biochemickým projevem a vznikem stresové reakce. Tato reakce může být vyvolána i známým zvukem, který nepřekračuje dané hygienické limity, ovšem jedinec ho má z dřívější doby spojen s nepříjemným zážitkem, např. zubní vrtačka vyvolává u mnoha lidí nepříjemné pocity. Některým jedincům nevadí hluk ani při psychicky náročné práci, ale naopak jim takové pracovní prostředí vyhovuje. Je tedy velmi těžké posuzovat škodlivost v jednotlivých hlučných prostředích.

Rozlišujeme hluk relativní, který působí psychogenně např. únavu, změny nálad atp., a hluk absolutní, který má navíc i přímý vliv na lidský organismus a může mít za následek přímé poškození sluchového orgánu, nebo ovlivnit vegetativní funkce jako je např. změna srdeční frekvence. Muži jsou citlivější na poškození sluchu, zatímco ženy ovlivňuje hluk spíše na psychogenní úrovni. Čím větší je síla podnětu, tím větší je i odpověď organismu. Hladinu hluku se snažíme snížit na přijatelnou úroveň. [23]

3.1 Anatomie a fyziologie sluchového ústrojí

Ucho je jeden ze smyslových orgánů, jehož hlavní funkcí je zpracovat zvukový signál z okolí. Tento signál je energie, která se šíří jako mechanické vlnění. [6]

3.1.1 Zevní ucho

Zevní ucho slouží k zachycení zvukových vln. Skládá se z boltce, zevního zvukovodu a bubínku. Boltce je kožní útvar podložený elastickou chrupavkou. Dolní okraj zevního ucha je zúžen do lalůčku. Zevní zvukovod je esovitá trubice dlouhá asi 30 mm a široká přibližně 10 mm. Zvukovod má vnější část kožní, která je podložena chrupavkou a vnitřní s kostěnou částí. V kožní části jsou četné mazové žlázy. Zevní ucho slouží k zachycení zvukových vln. [6, 12, 16]

3.1.2 Střední ucho

Střední ucho je tvořeno bubínkem a středoušní dutinou, ve které jsou ušní kůstky. Navazuje na ni systém dutinek a Eustachova trubice, která je propojena s hltanem. Bubínek je blána oddělující zevní zvukovod a středoušní dutinu. Mezi sluchové kůstky patří kladívko, které je přirostlé k bubínku a spojeno kloubně s Kovadlinkou. Ta dále navazuje na třmínek. Napětí mezi kůstkami je redukováno středoušními svaly. Eustachova trubice je dlouhá asi 4 cm a slouží k vyrovnávání tlaku mezi středouším, zvukovodem a hltanem. Bubínek je rozkmitán tlakovou vlnou a jeho pohyb přenáší dále sluchové kůstky. [6, 12, 16]

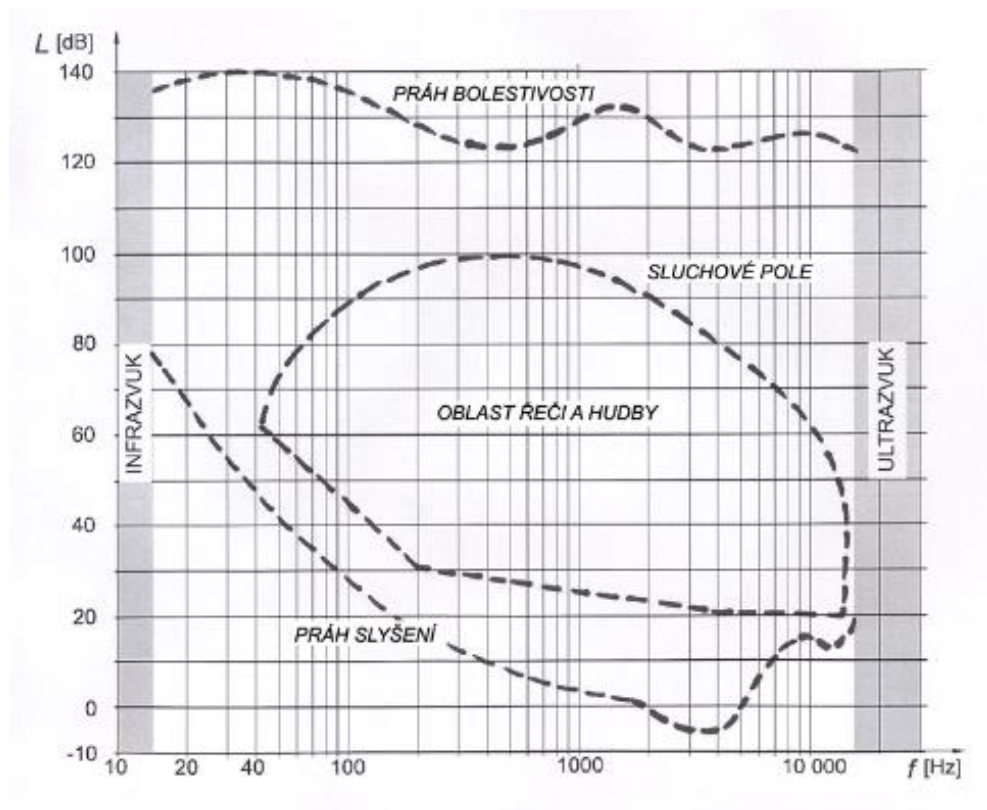
3.1.3 Vnitřní ucho

Vnitřní ucho je uloženo v pyramidě spánkové kosti. Skládá se z kostěného labyrintu, uvnitř kterého je blanitý labyrintu a blanitý hlemýžď. Obsahuje také rovnovážné ústrojí. Prostor mezi kostí a blanitou částí vyplňuje tekutina, kterou nazýváme perilymfa. Uvnitř lanitého labyrintu a blanitého hlemýždě je tekutina nazývaná endolymfa. Kostěný labyrint obsahuje okénko předsíňové a okénko hlemýžďové, pomocí kterých komunikuje se středouším. Hlemýžď obsahuje vlastní smyslové ústrojí – tzv. Cortiho orgán. Ten přeměňuje zvukové vlny, přenášené perilymfou a endolymfou,

na nervové vzruchy pomocí smyslových vláskových buněk. Tyto vzruchy jsou přenášeny sluchovým nervem do mozku. Funkce vnitřního ucha je také udržování rovnováhy. [6, 12, 16]

3.2 Vnímání zvuku

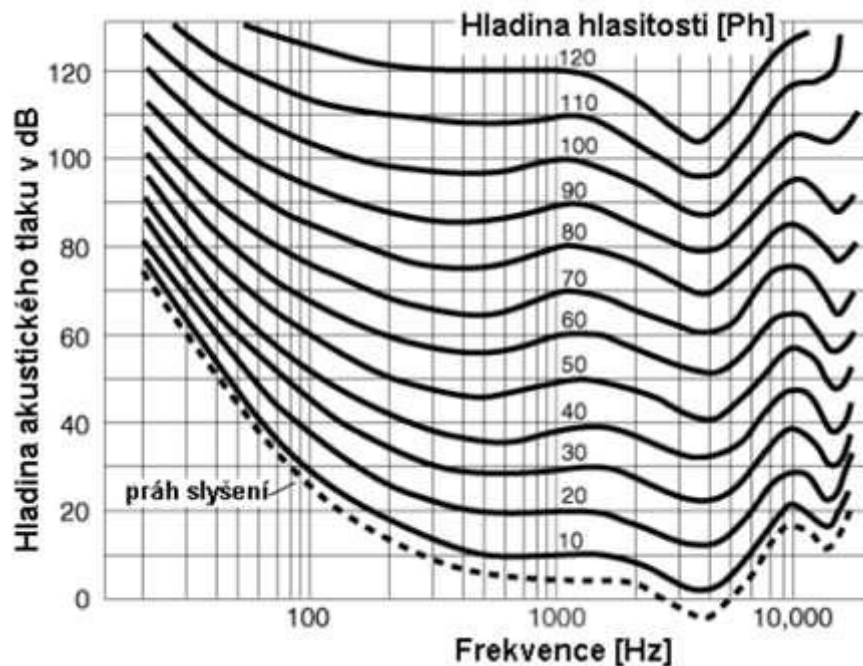
U zvuku rozlišujeme také určité vlastnosti. Patří mezi ně hlasitost, výška a barva. Lidský vjem sluchu je vymezen intenzitou zvuku, která odpovídá hlasitosti. Frekvenci odpovídá výška tónu a frekvenčnímu složení akustické vlny odpovídá barva tónu. Zvuky, které u posluchače vyvolají sluchový vjem, můžeme zařadit do tzv. sluchového pole. Sluchové pole, které je pro každého člověka individuální, můžeme vidět na obrázku 3. [3, 4]



Obrázek 3: Sluchové pole [24]

3.2.1 Hladina hlasitosti

Lidské ucho vnímá intenzitu zvuku jinak na různých frekvencích, proto zavádíme veličinu hladina hlasitosti L_n . Jednotkou je bezrozměrný fón [Ph]. Pro tón frekvence 1 kHz je hodnota hladiny hlasitosti rovna hodnotě hladině akustického tlaku. Tento tón je referenční. Pro ostatní frekvence je nutno hladinu hlasitosti porovnat s referenčním tónem. Vztah mezi vnímáním hlasitosti a hladinou intenzity získáme tak, že na zkoumané frekvenci buď zesílíme, nebo zeslabíme intenzitu a porovnáme ji s referenčním tónem. Výsledný grafický vztah mezi hladinou hlasitosti a hladinou intenzity zvuku nazýváme Barkhausenovy křivky stejné hlasitosti. Na obrázku č. 4 můžeme vidět, že hodnoty intenzity a hlasitosti si odpovídají pouze při frekvenci 1000 Hz, pro nižší a vyšší frekvence je při stejné hodnotě intenzity vjem nižší. [2, 11, 14]



Obrázek 4: Křivky stejné hlasitosti [11]

3.2.2 Hlasitost

Měření ukázala, že hladina hlasitosti nevyjadřuje přesné fyziologické vnímání lidského ucha. Zavádíme tedy další veličinu, kterou nazýváme hlasitost N s bezrozměrnou jednotkou 1 [son]. Zvuk o hladině hlasitosti 40 Ph odpovídá hlasitosti 1 sonu. Pro hlasitost platí vztah:

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

Takto definovaná veličina hlasitosti má tu vlastnost, že pokud se zvuk jeví dvakrát hlasitější než druhý, je také vyjádřen dvojnásobnou hodnotou hlasitosti. [7, 14]

3.2.3 Časové a frekvenční maskování

Pokud se před nebo po hlasitém tónu ozve tón s menší hlasitostí, je vnímání méně hlasitého tónu potlačeno. Tón je samozřejmě přehlušen i v případě, že zazní oba tóny naráz. Stejně může být pro člověka problém rozlišit dva frekvenčně podobné tóny. Hluk je proto problémem i v pracovním prostředí, kde jsou potřeba zaznamenávat akustické signály a rozlišovat mluvené slovo. [11, 14]

3.3 Působení hluku na člověka

Člověk se necítí dobře v prostředí nezvykle tichém, ani v prostředí hlučném. Hodnoty kolem 20 dB většina lidí hodnotí jako hluboké ticho. Příjemné tiché prostředí se pohybuje v hladině hlasitosti okolo 30 dB. Nad 30 dB působí hluk na nervový systém a psychiku. Od 60 dB se začínají projevovat nepříznivé účinky, které ovlivňují vegetativní reakce. Hodnoty nad 85 dB způsobují trvalý posun sluchového prahu, což vede k pozdější ztrátě sluchu. Při 130 dB vyvolává hluk bolest ve sluchovém orgánu a může poškodit tkáň. Důležité je také posoudit, jak dlouho se člověk v prostředí zdržuje a časový průběh hluku.

Pobyt v prostředí s hodnotou $L_A = 70$ dB po dobu 256 hodin má stejný účinek jako pobyt v prostředí s hodnotou $L_A = 100$ dB po dobu 15 minut. Přerušovaný hluk je rušivější, než ekvivalentní hluk ustálený, kdy je pozornost strhávána na každý nový impuls. [1, 11]

3.3.1 Spektrální složení a frekvence v souvislosti s působením na člověka

Spektrální složení zvuku má na člověka různé účinky. Hluk s širokou paletou frekvencí má vliv na oběhové funkce, úzkopásmový a vysokofrekvenční působí spíše pronikavě a rušivě a způsobí jednodušeji sluchové ztráty, než zvuk širokopásmový. Vliv na účinky mají také různé frekvence. Hluk s frekvencí nad 2 kHz je považován za škodlivější, než hluk s frekvencemi pod 1 kHz. Je ovšem známo, že pokud jsou ve spektru přítomny zároveň s vysokými frekvencemi i nízké frekvence, zhoršují působení vysokofrekvenčního hluku. [23]

3.3.2 Specifické účinky na sluch

Sluch má schopnost adaptace, tedy přizpůsobení citlivosti sluchu na různé podněty. Z počátku jsou změny na Cortiho orgánu vratné, dočasné posunutí sluchového prahu trvá několik hodin až dní, ovšem při dlouhodobém a častém působení hluku ztrácejí buňky vzrušivost a zanikají. Jedná se tedy o trvalý posun sluchového prahu. K posunu sluchového prahu dochází i fyziologicky s věkem. K akutnímu poškození dochází při působení třesku, výbuchu, nebo jiného náhlého zvuku z bezprostřední blízkosti. Při 130 dB může dojít k ruptuře bubínku, poškození Cortiho orgánu, či membrán vnitřního ucha. Příznaky mohou být pocit zalehnutí ucha, pískání až nedoslýchavost. U lehkých poškození, se může vše vrátit do normálu po několika dnech, u těžkých poškození dlouhodobě přetrvávají šelesty a pocity nestability. [18, 23]

3.3.3 Systémové účinky

Systémové účinky zasahují vegetativní funkce a oběhový systém. Reakce souvisí se stresovou a emocionální reakcí těla na nebezpečí, které hluk evokuje. Metabolicky je nejzřetelněji patrné vyplavení hořčíku z intracelulárního prostoru do krve. To se projevuje např. hypotonií svalstva. Při pravidelném působení hluku dochází k dlouhodobému poklesu intracelulárního Mg a v extrémních případech ke ztrátám hmotnosti v důsledku odbourávání buněk. Nedostatek intracelulárního hořčíku v srdeční svalovině má za následek zvýšení produkce hormonů z nadledvin, konkrétně noradrenalinu, který zvyšuje srdeční frekvenci a zvyšuje krevní tlak. Při působení hluku dochází také k vzestupu krevního cukru a zvýšení hladiny inzulínu v krvi. [18, 23]

3.3.4 Vliv hluku na smyslové vnímání, motoriku, výkonnost a emoce

Informace přijaté sluchem jsou vnímané silněji, než jiné smyslové podněty. Pod vlivem hluku dochází k omezení pozornosti a zúžení zorného pole. Byla zjištěna také souvislost se zhoršenou schopností jednoduchých motorických funkcí, související s omezenou zrakovou a motorickou orientací. Hluk také ovlivňuje svalový tonus a způsobuje hyperreflexii.

Výkonnost je ovlivňována individuálně a záleží na druhu vykonávané práce. U osob vykonávajících duševně náročnou práci a osob s rychlými reakcemi na podněty došlo ke snížení výkonnosti. U pracovníků vykonávajících duševně nenáročnou a monotónní práci, nebo osob s pomalou reakcí na podněty, došlo ke zvýšení výkonnosti. Hluk může mít tedy negativní i pozitivní vliv na výkonnost. U monotónních činností má budící charakter, zatímco u intelektuálně náročných prací dochází ke snížení výkonnosti. Hluk působí negativně po emocionální stránce, kdy často způsobuje rozmrzelost, podrážděnost a může vyvolat až agresivní chování. [18, 23]

4. Nemoci z povolání způsobené hlukem

Nemoci z povolání jsou taková onemocnění, která vznikla nepříznivým působením škodlivých vlivů v pracovním prostředí, podle nařízení vlády č. 290/1995 Sb., Nařízení vlády, kterým se stanoví seznam nemocí z povolání, lze uznat onemocnění jako nemoc z povolání tehdy, pokud je vyjmenováno v seznamu povolání a vzniklo za podmínek uvedených v seznamu nemocí z povolání. Nemoc způsobená hlukem a podmínky vzniku jsou obsaženy v Kapitole II – Nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory, položka č.4 – Percepční kochleární vada sluchu způsobená hlukem. [22]

4.1 Uznání nemoci z povolání

O uznání nemoci z povolání rozhoduje podle zákona č.373/2011 Sb., O specifických zdravotních službách, určené středisko nemocí z povolání, kde musí být pacient vyšetřen. Pracovní podmínky vzniku onemocnění zjišťuje krajská hygienická stanice. Vznik nemoci z povolání musí časově i věcně odpovídat konkrétnímu povolání u zaměstnavatele a musí splňovat určitý stupeň závažnosti. Na základě zhodnocení všech faktorů středisko sestaví hlášení o nemoci z povolání a rozešle je na potřebná místa jako například lékaři, zaměstnavateli, postiženému atp. Pokud se vznik nemoci z povolání neprokáže, středisko vydá zamítavý posudek. [22]

4.2 Dopady pro zaměstnance a povinnosti zaměstnavatele

Pokud je zaměstnanci uznána nemoc z povolání a nemůže již danou práci vykonávat, je zaměstnavatel povinen podle zákona č.262/2006 Sb., Zákoník práce, doplácet rozdíl mezi příjmem před nemocí a po jejím vypuknutí, tj. poskytnout náhradu za ztrátu na výdělku, bolestné a proplatit náklady spojené s léčbou. Pokud zaměstnanec pozbyl zdravotní způsobilost vykonávat práci, která zapříčinila nemoc

z povolání, je mu zaměstnavatel povinen nabídnout jinou práci a dopláct rozdíl ve výdělku. Pokud zaměstnavatel není schopen nabídnout zaměstnanci jinou práci, musí dojít k rozvázání pracovního poměru se zaměstnancem a zaměstnavatel je povinen poskytnout odstupné ve výši dvanáctinásobku průměrného výdělku. Zaměstnavatel má povinnost být proti takovéto situaci pojištěn. [22]

4.3 Ohrožení nemocí z povolání

Ohrožení nemocí z povolání jsou míněny podle § 271 zákoníku práce změny zdravotního stavu, které nedosahují rozsahu poškození nemoci z povolání, avšak vznikly v pracovních podmínkách. Jedná se tedy o prevenci. Pro uznání platí stejný postup jako pro uznání nemoci z povolání, jsou však nastavena jiná kritéria. Zaměstnanec musí zpravidla přestat vykonávat svojí profesi a zaměstnavatel mu musí doplatit rozdíl výdělku, pokud je převeden na méně kvalifikované pracovní místo. Zaměstnavatel je povinen respektovat doporučení lékaře. [22]

4.4 Fowlerovo hodnocení ztráty sluchu

Dr. E. Fowler navrhl hodnocení ztráty sluchu v procentech, podle ztrát na jednotlivých frekvencích. Za nejdůležitější považoval frekvenci 2 kHz, kde úplnou ztrátu tohoto kmitočtu hodnotil 40 %. Druhá nejvýznamnější je v tomto hodnocení frekvence 1 kHz, která je hodnocena jako 30% ztráta. Úplným ztrátám na frekvencích 500 Hz a 4 kHz přiřadil každé po 15 %. Za 100% hluchotu považoval ztrátu sluchu rovné hodnotě 95 dB. Pro hodnocení sluchových změn jsou základem audiogramy. Z nich lze vypočítat limitní hodnota sluchové ztráty, která pro velmi agresivní hluk činí 1,5 dB za rok. [13]

4.5 Nemoc z povolání způsobená hlukem

Nemocí z povolání způsobenou hlukem je většinou percepční kochleární vada sluchu. Za hranici poruchy sluchu pro uznání nemoci povolání se u osob mladších 30 let považuje ztráta 40% dle Fowlera. U osob nad 30 let se hranice zvyšuje o 1 % za každé 2 roky věku. U pracovníků nad 50 let je za poruchu sluchu považováno 50 % dle Fowlera. Jako kritéria pro uznání ohrožení nemoci z povolání jsou uvedené hodnoty ztráty sluchu sníženy o 10 %. Akutní traumata jsou v pracovním prostředí nezvyklá, ale mohou se objevit jako následek silných impulzů.

Dlouhodobý a opakovaný pobyt v prostředí, kde $L_{Aeq,8h}$ překračuje hodnotu 85 dB, může vést k chronickému poškození sluchu. Typicky začíná poškození okolo frekvence 4 kHz. Z počátku pacient ztrátu příliš nevnímá, protože pro mluvenou komunikaci není frekvence 4 kHz významná. Většinou si ji začne uvědomovat až později, když jsou postiženy i jiné frekvence. Diagnózu určujeme pomocí otorhinolaryngologického vyšetření a opakovaného audiometrického vyšetření, kde je vyhodnocován audiogram. Při vyšetření jsou pouštěny zvuky o určitých frekvencích a s určitou intenzitou. Pacient popisuje, kdy je schopen zvuk slyšet a podle toho zaznamenáme křivku. Poškození sluchu je doživotně nevratné a nelze jej ovlivnit žádnou známou léčbou. Postižení je pouze kompenzováno naslouchadly. [20, 21]

4.6 Prevence poškození sluchu

Kvůli nevratným poškozením a nemožnosti adaptovat se na hluk je prevence nejdůležitějším a nejúčinnějším faktorem při pokusech o eliminaci nemocí z povolání způsobených hlukem. [18]

4.6.1 Prevence pomocí zařazení prací do jednotlivých kategorií

Dle paragrafu 37 zákona č. 258/2000 Sb., O ochraně veřejného zdraví, je zaměstnavatel povinen do 30 dnů od zahájení prací provést souhrnné hodnocení úrovně zátěže u jednotlivých prací faktory rozhodujícími ze zdravotního hlediska o kvalitě pracovních podmínek a zařadit práce do kategorií 1 - 4 v souladu s vyhláškou 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazení prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběrů biologického materiálu pro provedení biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.

Do kategorie první se zařazují práce, při nichž podle současného poznání, není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví. Do kategorie druhé se zařazují práce, při nichž podle současného poznání, lze očekávat jejich nepříznivý vliv na zdraví pouze výjimečně zejména u vnímavých jedinců. Jedná se o práce, při nichž nejsou překračovány hygienické limity faktorů pracovních podmínek. Do kategorie druhé rizikové (2R), jsou zařazeny práce, při kterých je dosahováno hraničních hodnot a nelze jednoznačně určit, jestli překračují hygienické limity. Do kategorie třetí se zařazují práce, při nichž jsou překračovány hygienické limity faktorů hygienických podmínek a pro ochranu zdraví osob, je nutné používat ochranné zdravotní prostředky, organizační a jiná ochranná opatření. Do kategorie čtvrté se zařazují práce, u nichž je vysoké riziko ohrožení zdraví, které nelze zcela vyloučit ani při používání dostupných a použitelných ochranných opatření.

Z hlediska faktoru hluku se práce zařazují do kategorie 1 – 4, přičemž hygienický limit ustáleného a proměnného hluku na pracovišti $L_{Aeq,8h}$ je 85 dB dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., O ochraně zdraví nepříznivými účinky hluku a vibrací. Do kategorie druhé a druhé rizikové jsou zařazeny práce, u kterých jsou osoby exponovány $L_{Aeq,8h}$ v intervalu od 80 dB do 84,9 dB a špičkové hodnotě $L_{C peak}$ v intervalu od 130 do 139,9 dB. Do kategorie třetí jsou zařazeny práce, u kterých jsou osoby vystavovány hluku $L_{Aeq,8h}$ v intervalu od 85 dB

do 105 dB a špičková hodnota $L_{C\text{peak}}$ je v intervalu od 140 dB do 150 dB. Do kategorie čtvrté, tedy nejrizikovější, jsou zařazeny povolání, u kterých $L_{\text{eq},8\text{h}}$ překračuje 105 dB a špičková hodnota $L_{C\text{peak}}$ se pohybuje nad hodnotou 150 dB. Do čtvrté kategorie se dále řadí práce, u kterých je prokazatelná ztráta sluchu o více než 1 dB za rok, bez ohledu na hluková měření. [22]

4.6.2 Technická opatření prevence

Dle zákoníku práce má zaměstnavatel povinnost zabývat se snížením emise hluku strojů a zařízení, tedy snížení akustické energie, kterou vysílá zdroj do okolí. Tato opatření jsou ze zdravotního hlediska nejúčinnější, ovšem je nutno zahrnout tento požadavek přímo na výrobce zařízení, která hluk způsobují, nebo je alespoň vybavit protihlukovým krytem. Také je nutné správné projektování pracovních prostorů, tím dojde k eliminaci negativních prostorových akustických jevů a pokud možno oddělení pracovníků od zdroje hluku. [18]

4.6.3 Organizace práce a individuální ochrana

Pokud technickými opatřeními nelze snížit $L_{\text{eq},8\text{h}}$ pod hygienický limit, je zaměstnavatel povinen provést opatření na ochranu zdraví zaměstnanců. Tato opatření se týkají rotace pracovníků na rizikových a nerizikových pracovních pozicích a zavedení povinných bezpečnostních přestávek. První patnáctiminutová přestávka musí být zařazena po maximálně dvou hodinách od započetí práce. Následují desetiminutové přestávky, které jsou uskutečňovány v intervalech po dvou hodinách práce. Poslední desetiminutová přestávka musí být zařazena minimálně hodinu před ukončením směny. Po dobu přestávek nesmí být zaměstnanec exponován hladinám překračujícím povolené limitní hodnoty.

Dále musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnanci osobní ochranné pracovní pomůcky pro ochranu sluchu (OOPP). Mezi OOPP patří např. zátkové chrániče, mušlové chrániče, akustické přilby a chrániče sluchu s elektronikou, která eliminuje určité frekvence. OOPP musí utlumit L_{eq} na takovou hodnotu, která nepřekračuje mezní hodnoty stanovené předpisem. Každý prostředek musí být označen stupněm útlumu hluku a indexem komfortu.

4.6.4 Preventivní lékařské prohlídky

Zaměstnavatel je povinen u zaměstnanců vykonávající rizikovou práci v hluku zajistit vstupní a preventivní lékařské prohlídky, jejichž náplň a četnost je dána vyhláškou č. 79/2013 Sb., O pracovně lékařských službách a některých druzích posudkové péče. U vstupní prohlídky lékař provede základní vyšetření, ORL vyšetření, prahovou tónovou audiometrii a vyhodnotí míru ztráty sluchu podle Fowlera. Periodické prohlídky se u rizikových prací kategorie třetí provádějí jednou za dva roky a u kategorie čtvrté jednou za rok. Lékař provede při periodické prohlídce stejná vyšetření jako při vstupní prohlídce. [18, 20, 22]

Praktická část

5. Statistické zpracování dat

Cílem práce je zhodnocení vývoje expozice hluku v pracovním prostředí, zhodnocení vývoje počtu nemocí z povolání způsobených nadměrnou expozicí hluku a zhodnocení efektivity protihlukových opatření v pracovním prostředí od roku 2006 do roku 2016. Data jsou získána z Registru nemocí z povolání Státního zdravotního ústavu a Registru rezortu zdravotnictví.

5.1 Cíle a hypotézy

Cíle:

- Zjistit, zda došlo ke zvýšení počtu exponovaných hlukem v pracovním prostředí v rizikových kategoriích 2R, 3 a 4.
- Zjistit, zda došlo ke zvýšení počtu nemocí z povolání způsobených hlukem.
- Zjistit, zda jsou účinná preventivní opatření na ochranu zdraví.
- Porovnat počet exponovaných zaměstnanců rizikovým faktorem hluku s celkovým počtem zaměstnanců vystavených všem rizikovým faktorům v pracovním prostředí.
- Porovnat, která odvětví průmyslu jsou v největším riziku hluku.

Hypotézy:

- Hypotéza 1:
 - H_0 : Došlo k celkovému zvýšení počtu osob v riziku hluku v kategoriích 2R, 3 a 4
 - H_A : Nedošlo k celkovému zvýšení počtu osob v riziku hluku v kategoriích 2R, 3 a 4

- Hypotéza 2:
 - H_0 : Došlo ke zvýšení počtu nemocí z povolání způsobených hlukem
 - H_A : Nedošlo ke zvýšení počtu nemocí z povolání způsobených hlukem

- Hypotéza 3:
 - H_0 : Počet nemocí z povolání neodpovídá nárůstu počtu osob v riziku a ochranná opatření proti hluku jsou dostatečně účinná
 - H_A : Počet nemocí z povolání odpovídá nárůstu počtu osob v riziku a ochranná opatření proti hluku nejsou účinnější než v minulosti

5.2 Charakteristika zkoumaných vzorků dat

Data tvoří osoby v riziku vzniku nemocí z povolání a osoby postižené nemocí z povolání v České republice od roku 2006 do roku 2016. Data jsou zpracována pomocí funkcí programu Microsoft Office Excel.

5.2.1 Osoby v ohrožení nemoci z povolání všemi rizikovými faktory

Tabulka 1: Osoby v riziku všech faktorů

Osoby v riziku							Nemoci z povolání		
Pohlaví			Kategorie práce				Pohlaví		
Rok	Muži	Ženy	Celkem	2R	3	4	Muži	Ženy	Celkem
2006	328999	130457	459456	60132	384086	15238	662	488	1150
2007	347320	137565	484885	63214	405528	16143	706	522	1228
2008	355930	138567	494497	65621	412318	16558	719	608	1327
2009	361877	140323	502200	66099	420296	15805	696	549	1245
2010	366519	142450	508969	67860	424866	16243	691	545	1236
2011	372938	146101	519039	69635	433261	16143	711	499	1210
2012	379063	149983	529046	70876	441911	16259	646	396	1042
2013	387806	154831	542637	72624	454169	15844	603	380	983
2014	392155	157346	549501	74043	459819	15639	666	548	1214
2015	383006	155336	538342	72490	451706	14146	606	429	1035
2016	368675	152872	521547	67863	439713	13971	654	588	1242
Průměr	367663	145985	513647	68223	429788	15635	669	505	1174

V tabulce 1 můžeme vidět počet osob vykonávajících rizikové práce a počet postižených, u kterých byla uznána nemoc z povolání, kterou mohl způsobit jakýkoli faktor rizika. Vidíme, že počet nemocí z povolání je oproti počtu pracovníků v riziku minimální. Data nemají extrémní hodnoty maxima a minima, pro zjednodušení grafického znázornění bylo tedy možné využít aritmetického průměru.

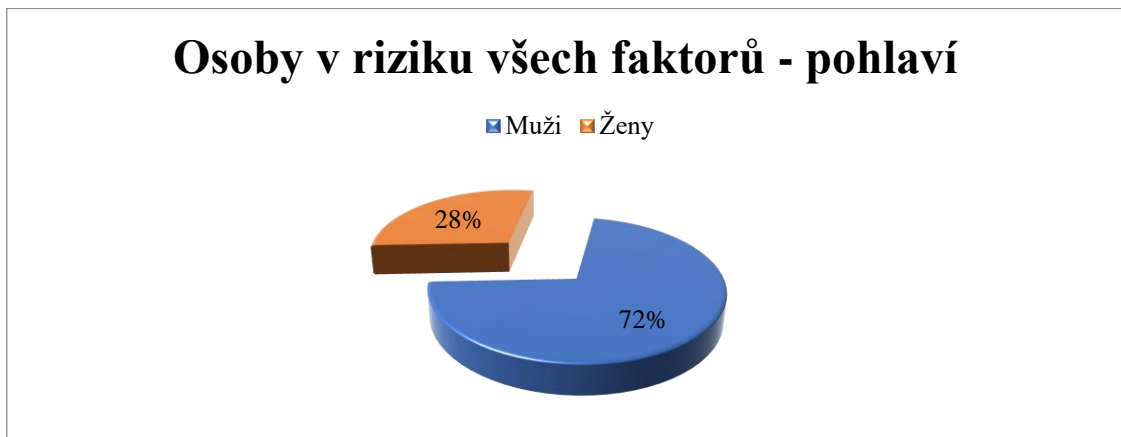
5.2.2 Osoby v riziku nemocí z povolání způsobených faktorem hluku

Tabulka 2: Osoby v riziku hluku

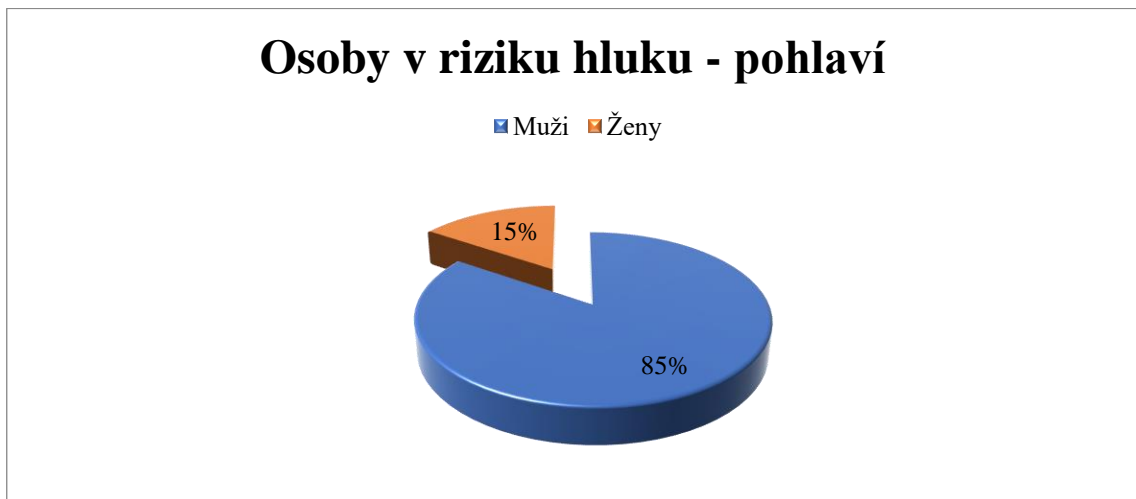
Osoby v riziku							Nemoci z povolání		
Pohlaví			Kategorie práce				Pohlaví		
Rok	Muži	Ženy	Celkem	2R	3	4	Muži	Ženy	Celkem
2006	212735	44596	257331	26267	229359	1705	20	2	22
2007	226155	46016	272171	27725	242478	1968	24	1	25
2008	232177	45963	278140	28492	247565	2083	18	1	19
2009	235071	45172	280243	28255	250008	1980	22	0	22
2010	236793	43757	280550	28430	250131	1989	14	2	16
2011	238431	42985	281416	28967	250482	1967	15	0	15
2012	241979	42804	284783	29088	253496	2199	11	0	11
2013	248300	42539	290839	29251	259717	1871	12	1	13
2014	250468	42543	293011	29579	261537	1895	15	2	17
2015	244558	41259	285817	28817	255040	1960	9	2	11
2016	237188	39357	276545	27473	246937	2135	14	0	14
Průměr	236714	43363	280077	28395	249705	1977	16	1	17

V tabulce 2 můžeme vidět počet pracovníků ohrožených nemocí z povolání způsobenou hlukem. Oproti tabulce 1 je v zde ještě větší rozdíl mezi počtem osob v riziku a počtem nemocí z povolání. Data nemají extrémní hodnoty maxima a minima, pro zjednodušení grafického znázornění bylo tedy také možné použití aritmetického průměru.

5.2.3 Srovnání obou vzorků dat podle pohlaví



Graf 1: Průměrné rozložení osob v riziku všech faktorů podle pohlaví

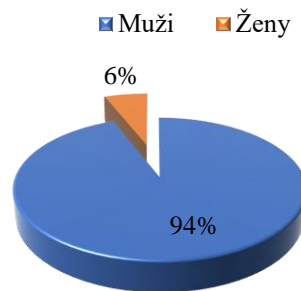


Graf 2: Průměrné rozložení osob v riziku hluku podle pohlaví



Graf 3: Průměrné rozložení osob postižených nemocí z povolání způsobenou jakýmkoli faktorem podle pohlaví

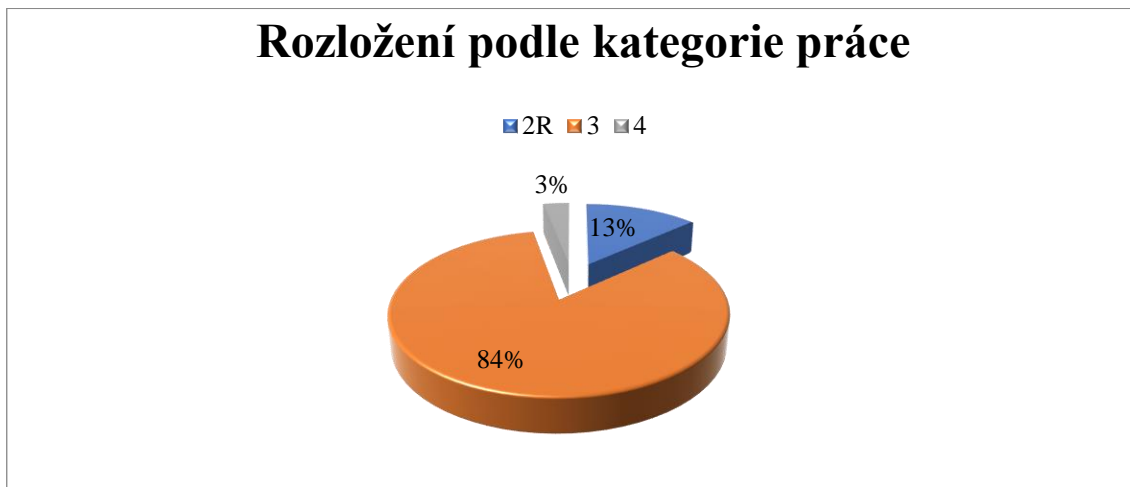
Nemoci z povolání způsobené hlukem - pohlaví



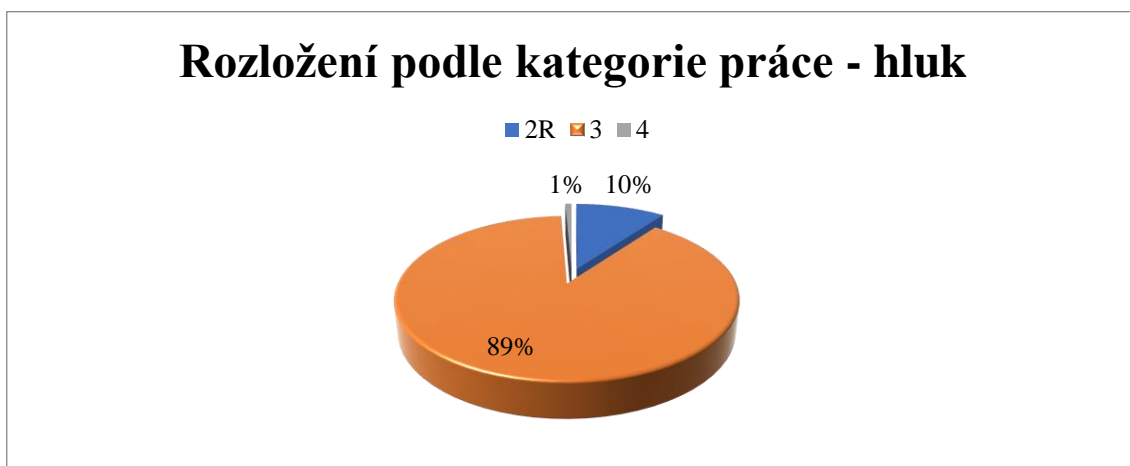
Graf 4: Průměrné rozložení osob postižených nemocí z povolání způsobenou hlukem podle pohlaví

V grafech 1, 2, 3 a 4 vidíme, že v celkovém počtu osob v riziku vzniku nemoci z povolání bylo od roku 2006 do roku 2016 průměrně 28 % žen a 72 % mužů. Můžeme konstatovat, že muži jsou ve větším riziku vzniku nemoci z povolání. V celkovém počtu postižených nemocí z povolání je průměrně 43 % žen a 57 % mužů a rozdíl mezi pohlavími se oproti riziku vzniku výrazně zmenšil. U pracovníků ohrožených hlukem bylo v riziku průměrně 85 % mužů a 15 % žen. Muži jsou v pracovním prostředí ohroženi hlukem podstatně více než ženy a rozdíl mezi pohlavími se u postižených nemocí z povolání způsobenou hlukem nezmenšil, ale naopak zvýšil. Postižených je 94 % mužů a 6 % žen. Muži jsou tedy ve větším riziku a jsou náchylnější ke vzniku nemoci z povolání způsobené hlukem.

5.2.4 Srovnání podle kategorizace práce



Graf 5: Průměrné rozložení pracovníků v riziku všech faktorů podle kategorie práce



Graf 6: Průměrné rozložení pracovníků v riziku hluku podle kategorie práce

Z grafu 5 můžeme vyčíst, že se průměrně 84 % pracovníků ohrožených všemi faktory nachází v kategorii rizika 3, kde jsou překračovány hygienické limity. Následuje kategorie 2R, tedy práce u kterých je dosahováno limitních hodnot, a nejméně osob se nachází v kategorii 4, kde nelze vyloučit poškození sluchu i při používání ochranných pomůcek. U rizika hluku se v kategorii 3 nachází průměrně 89 % pracovníků, v kategorii 2R 10 % pracovníků a v kategorii 4 pouze

1 %. V kategoriích 3 a 4, kde jsou prokazatelně překračovány limitní hodnoty hlukové zátěže, se tedy nachází 90 % osob.

Významnou metodou zmenšení počtu nemocí z povolání, je omezování expozice hluku, proto by v budoucnu v rámci praxi mělo v rámci prevence docházet v ideálním případě ke snižování celkového počtu osob v riziku, anebo alespoň k pokusům o to, aby se co nejvíce osob v riziku nacházelo v kategorii 2R, tedy v kategorii rizika, kde se expozice pouze blíží limitním hodnotám a je tedy menší šance vzniku nemoci z povolání.

5.2.5 Srovnání vybraných průmyslových oborů podle počtu osob v riziku hluku

Tabulka 3: Srovnání vybraných průmyslových oborů v riziku hluku

Obor činnosti	Počet osob v riziku
Těžba a úprava černého a hnědého uhlí	10147
Výroba potravinářských výrobků	7358
Výroba textilií	6886
Zpracování dřeva	14975
Výroba pryžových a plastových výrobků	12797
Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků	9517
Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů, slévárenství	21410
Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků	39345
Výroba strojů a zařízení	21822
Výroba motorových vozidel	24136
Stavitelství	19606



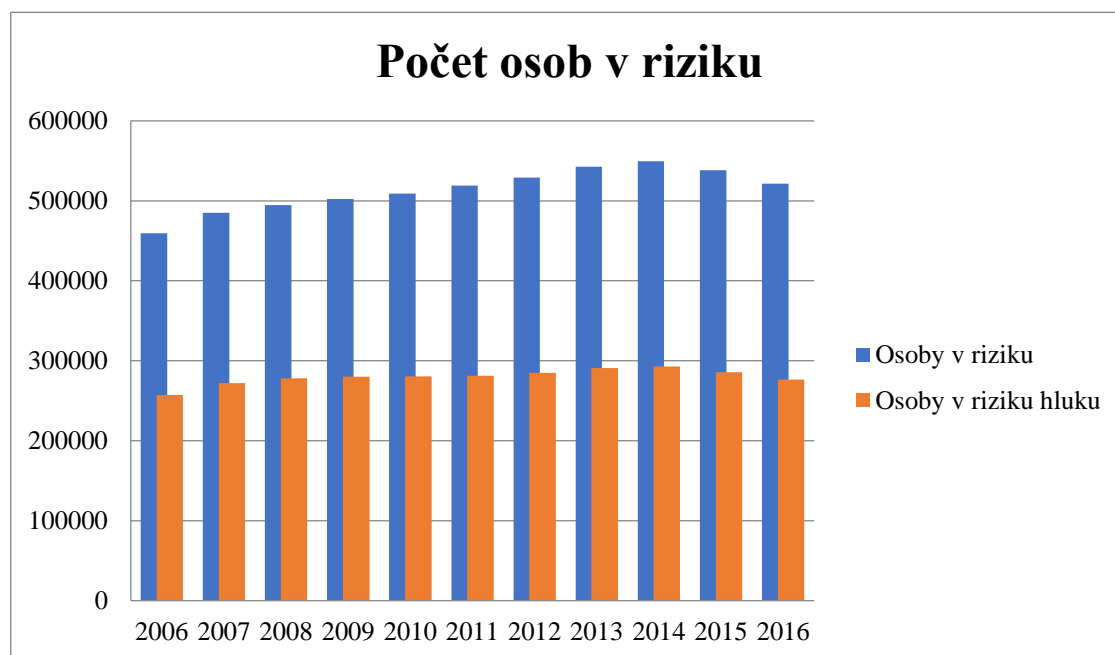
Graf 7: Srovnání počtu osob vystavených hluku ve vybraných oborech průmyslu

V tabulce 3 a grafu 7 můžeme vidět 11 průmyslových oborů s největším počtem exponovaných osob riziku hluku. Jedná se hlavně o obory, kde dochází k používání příručních strojů, těžkých strojů, montážních linek a k těžbě. Nejvíce osob ohrožených hlukem bylo v oboru výroby kovodělných výrobků (39 345). Data jsou platná k 31. 12. 2016 a byla získána z Registru nemocí z povolání Státního zdravotního ústavu. V rámci prevence je zde možnost většího sledování vybraných odvětví průmyslu z hlediska dodržování protihlukových a preventivních opatření.

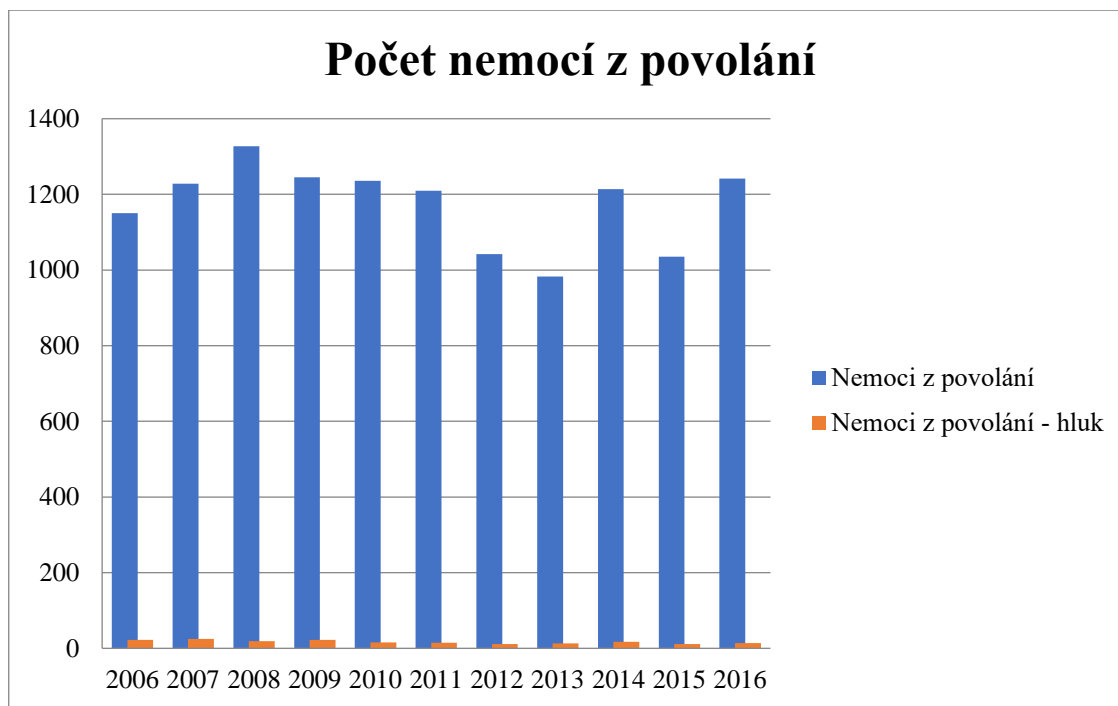
5.3 Analýza nemocí z povolání

Tabulka 4: Procentuální vyjádření počtu osob v riziku hluku a počtu nemocí z povolání

Rok	Osoby v riziku všech faktorů	Osoby v riziku hluku	%	Počet nemocí z povolání	%	Počet nemocí z povolání - hluk	%
2006	459456	257331	56,008	1150	0,250	22	0,009
2007	484885	272171	56,131	1228	0,253	25	0,009
2008	494497	278140	56,247	1327	0,268	19	0,007
2009	502200	280243	55,803	1245	0,248	22	0,008
2010	508969	280550	55,121	1236	0,243	16	0,006
2011	519039	281416	54,219	1210	0,233	15	0,005
2012	529046	284783	53,830	1042	0,197	11	0,004
2013	542637	290839	53,597	983	0,181	13	0,004
2014	549501	293011	53,323	1214	0,221	17	0,006
2015	538342	285817	53,092	1035	0,192	11	0,004
2016	521547	276545	53,024	1242	0,238	14	0,005
Průměr	513647	280077	54,581	1174	0,230	17	0,006



Graf 8: Srovnání počtu osob v riziku



Graf 9: Srovnání počtu nemocí z povolání

V tabulce 4 můžeme ve druhém sloupci vidět celkový počet osob v riziku všech faktorů vzniku nemoci z povolání a ve čtvrtém sloupci procentuální vyjádření počtu osob v riziku hluku z celkového počtu pracovníků v riziku. V šestém sloupci vidíme, u kolika procent postižených vznikla nemoc z povolání, způsobená všemi faktory. V posledním sloupci vidíme procentuální vyjádření počtu postižených nemocí z povolání z celkového počtu pracovníků ohrožených hlukem. Z tabulky 4 a grafů 8 a 9 je zřejmé, že hluk je velmi rozšířený rizikový faktor. Průměrně bylo faktorem hluku ohroženo 54 % všech pracovníků v riziku. Nemoc z povolání byla diagnostikována pouze u 0,23 % osob v riziku. I přes významnost počtu osob ohrožených hlukem se nemoc z povolání způsobená hlukem projevila pouze u 0,003 % ze všech osob v riziku a u 0,006 % osob z počtu pracovníků riziku hluku. Předpokládáme tedy účinnost protihlukových opatření.

5.4 Použité statistické testy

- Sharpirův – Wilkův test normality

Test ověřuje, zda výběr dat má či nemá normální rozdělení. Nulová hypotéza H_0 říká, že empirické a normální rozdělení se statisticky významně neliší. Pokud je *p-hodnota* menší, než zvolená hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), odmítáme H_0 a data tedy nemají normální rozdělení. Pokud je *p-hodnota* více než α , přijímáme H_0 a data mají normální rozdělení. [17]

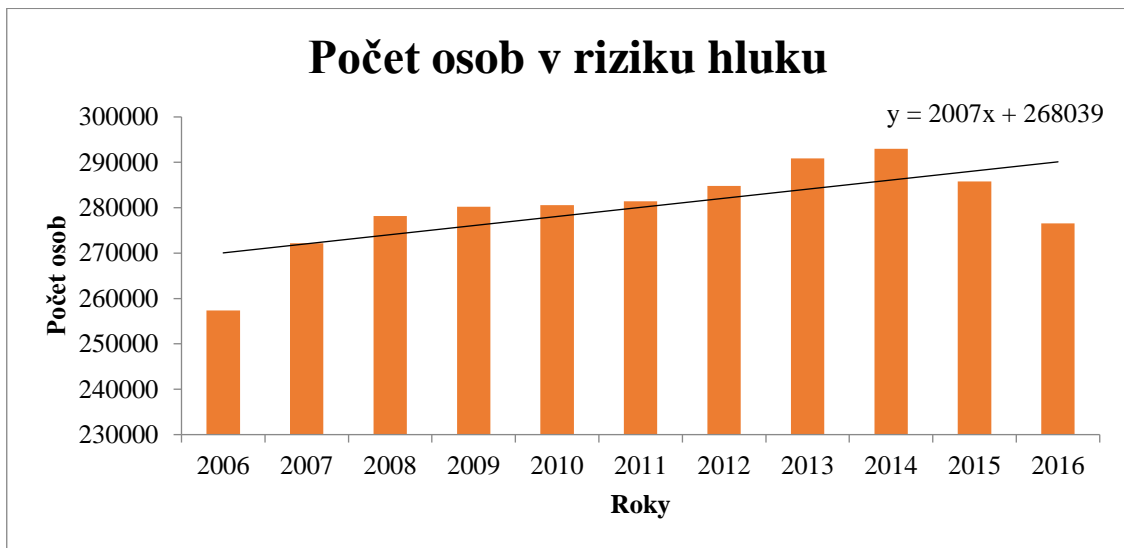
- Korelace

Korelace určuje vzájemný vztah mezi dvěma výběry dat normálního rozdělení. Pokud se prokáže korelace mezi dvěma veličinami, veličiny na sobě pravděpodobně závisejí. Zjišťujeme vzájemný lineární vztah mezi veličinami. Míru korelace určuje korelační koeficient r , který se pohybuje v intervalu od -1 do 1. Když je korelační koeficient roven -1, veličiny mají zcela nepřímou závislost, tedy pokud se zmenší první veličina, druhá se zvětší. Pokud je korelační koeficient roven 1, veličiny mají zcela přímou závislost, tedy pokud se zvětší jedna veličina, zvětší se i druhá.

- Jednoduchá regresní analýza

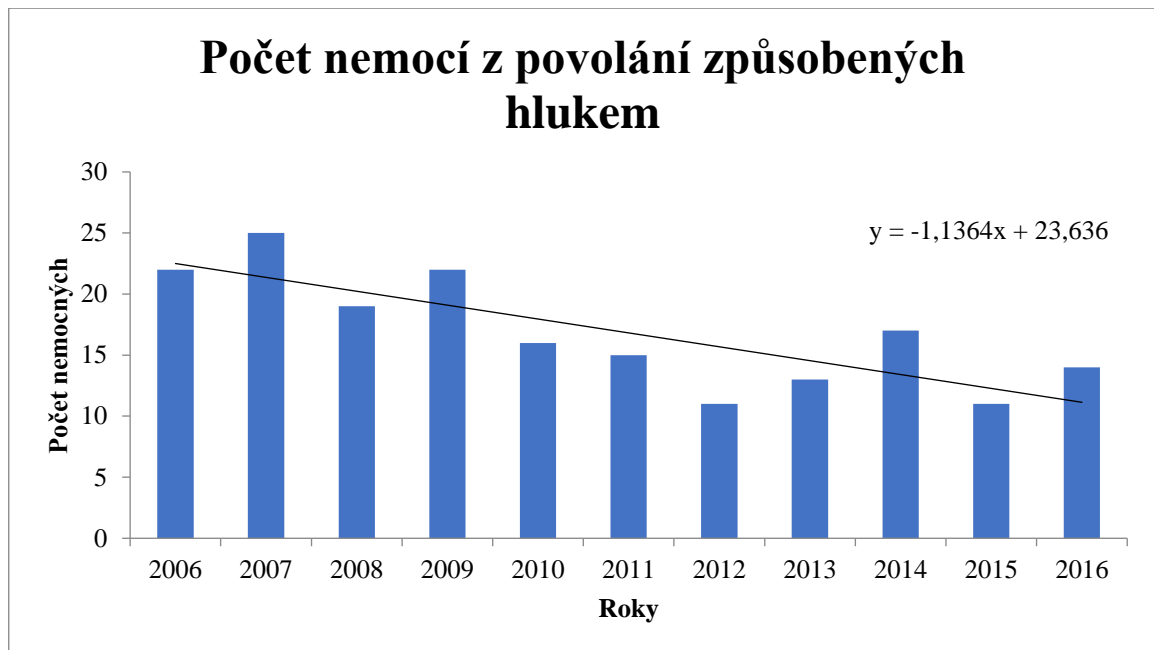
Pomocí jednoduché regresní analýzy hledáme regresní funkci $y = f(x)$, pomocí které určíme model závislosti. Závislost může být např. lineární, kvadratická, exponenciální atp. V tomto případě byla použita lineární regrese k aproximaci hodnot přímkou. Přímkou vyjádříme rovnicí $y = ax + b$, u které hledáme koeficienty a a b , které získáme pomocí metody nejmenších čtverců.

5.5 Diskuze



Graf 12: Vývoj počtu osob v riziku hluku

V roce 2006 byl počet pracovníků v riziku 212 735, což je také nejméně z celého období, v roce 2016 bylo v riziku 276 545 osob, což je přírůstek o 24 453 pracovníků (o 11 %). V roce 2014 dosáhl počet osob v riziku maxima 293 011. Už z grafu vidíme, že došlo k navýšení počtu osob v riziku hluku na pracovišti, můžeme ovšem konstatovat, že v letech 2015 a 2016 dochází oproti roku 2014 k mírnému poklesu. Celkový nárůst můžeme ověřit pomocí jednoduché lineární regrese, kdy je aproximovaná přímka $y = 2007x + 268039$ stoupající. U Hypotézy 1 potvrzujeme H_0 , tedy že došlo ke zvýšení počtu osob v riziku hluku a zamítáme H_A .



Graf 13: Vývoj počtu nemocí z povolání způsobených hlukem

V grafu 13 můžeme vidět, že počet nemocí povolání je v roce 2016 menší (14), než v roce 2006 (22). V roce 2016 došlo tedy oproti roku 2006 k poklesu o 8 postižených (o 36 %). Nejméně postižených bylo v roce 2012 a 2015 (11) a nejvíce v roce 2007 (25). Už z grafu můžeme předpokládat, že došlo k celkovému snížení počtu postižených nemocí z povolání způsobených hlukem a trend bude klesat. To můžeme ověřit pomocí jednoduché lineární regrese, kdy je aproximovaná přímka $y = -1,1364x + 23,636$ klesající. Klesl tedy i počet nemocí z povolání způsobených hlukem. U Hypotézy 2 zamítáme H_0 a potvrzujeme H_A , tedy že nedošlo ke zvýšení počtu nemocí z povolání způsobených hlukem.

Porovnáním obou výběrů dat a grafů můžeme předpokládat, že mezi veličinami není závislost, například v roce 2013 byl třetí nejmenší počet nemocných i přesto, že byl ve stejném roce druhý největší počet osob v riziku. Nezávislost mezi počtem osob v riziku hluku a počtem nemocí povolání způsobených hlukem byla potvrzena pomocí testu korelace. Nejprve bylo pomocí Sharpirovo – Wilkovo testu normality ověřeno, že oba výběry mají normální rozdělení. Poté byla

zjištěna korelace obou výběrů, přičemž korelační koeficient $r = -0,614$ značí, že veličiny mají spíše nepřímou lineární závislost. Tento výsledek nám říká, že i přes zvýšení počtu osob v riziku hluku, nedošlo ke zvýšení počtu nemocí z povolání způsobených hlukem, ale spíše ke snížení. U Hypotézy 3 zamítáme H_A a potvrzujeme H_0 , tedy že počet nemocí z povolání způsobených hlukem není závislý na počtu osob v riziku hluk. Z toho vyplývá, že ochranná opatření proti hluku, jako například OOPP, povinné přestávky, technická opatření na úpravu hlučnosti strojů, členění a oddělování hlučných míst v pracovním prostoru a pravidelné preventivní lékařské prohlídky či kategorizace rizik, jsou účinná. Ochranná opatření a pomůcky by rozhodně měly být v praxi zachovány a zdokonalovány.

6. Měření hygienických limitů pro podezření ze vzniku nemoci z povolání

Pro podezření ze vzniku nemoci z povolání je vždy nutné provést měření hygienických limitů. Pro účely popisu způsobu měření bylo využito měření v souvislosti s podezřením na nemoc vzniklou z povolání u asi padesátiletého muže pracujícího celý život v automobilovém průmyslu. Data byla získána pomocí platné metodiky ve spolupráci se Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem na objednávku Krajské hygienické stanice Libereckého kraje.

6.1 Předmět měření a použité metody

Stanovení hladiny akustického tlaku na pracovišti. Bylo nutné provést hodnocení $L_{Aeq,8h}$. Použitá byla metoda Měření hluku: pracovní a mimopracovní prostředí, která je akreditována podle standartního operačního postupu pro měření hluku na pracovišti, který se řídí vyhláškami ČSN EN ISO 9612, Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti – Technická metoda, ČSN ISO 1999 Akustika – Odhad ztráty sluchu vlivem hluku, Věstník MZ ČR, částka 4/2013 Metodický návod pro měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti v chráněných a vnitřních prostorech staveb, ČSN ISO 6394 Měření hluku šířeného vzduchem vyzařovaného stroji pro zemní práce a nařízením vlády č. 272/2011 Sb., O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

6.2 Použité přístroje

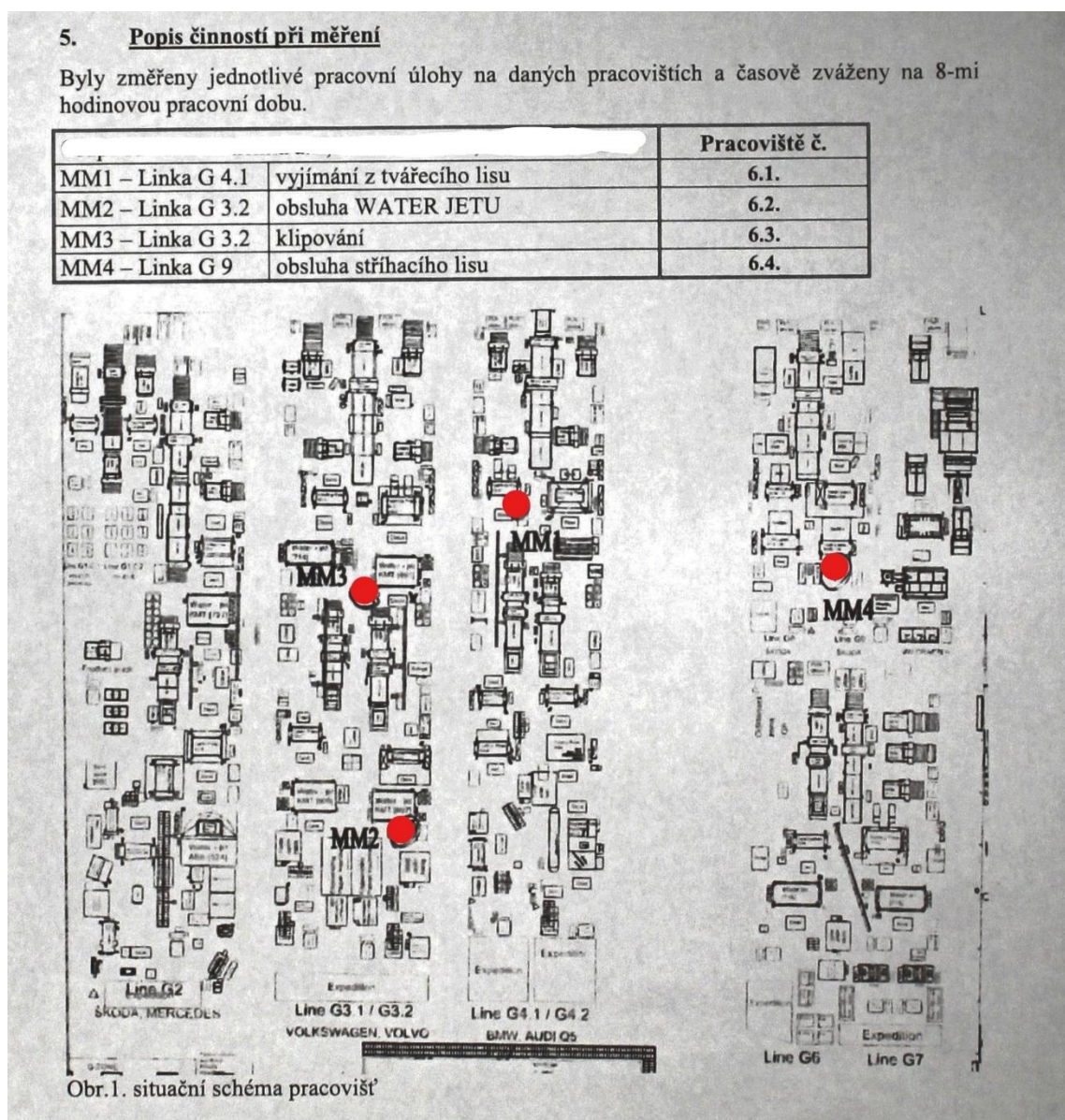
Zvukoměr – spektrální analyzátor NOR 140, Měřicí mikrofon NOR 1225 a Akustický kalibrátor 1251. Všechny přístroje od firmy NORSONIC, Norsko. Tyto přístroje byly ověřeny Českým metrologickým institutem Praha. Kalibrace proběhla před a po měření.

6.3 Charakteristika prostoru měření

V hale na výrobu dílů pro automobilový průmysl je 10 výrobních linek. V den měření byly v provozu 3 linky G 6, G 7 a G 10. Pracovní doba je 8 hodin, z toho 30 minut přestávka. Jedná se o třísměnný provoz. Měření bylo provedeno za běžného provozu na pracovištích G 4.1 vyjímání tvářecího lisu, G 3.2 obsluha water jetu a klipování a G 9 obsluha stříhacího lisu. Stříhací lis je mechanický stroj, který slouží na tvarování výrobku pod tlakem. Water jet je přístroj umožňující řezání pomocí tlaku vodního paprsku. Při klipování dochází k lisování výrobků. Těleso je deformováno pomocí tlakové síly. Všechny tyto mechanické přístroje vydávají hluk o různé frekvenci, frekvenčním spektru a hladině intenzity. Obsluha je proto vystavena riziku hluku. Pracovníkům byly poskytnuty protihlukové pomůcky na ochranu sluchu. Všechny zmiňované práce jsou zařazeny do druhé kategorie, kde je přípustný limit $L_{Aeq, 8h}$ od 80 do 84,9 dB.

6.4 Popis měření

Měření probíhalo jako měření na pracovním místě. Výsledky byly na každém pracovním místě měřeny po dobu 10 minut a poté časově zváženy pro 8-mi hodinovou pracovní dobu. V příloze 1 můžeme vidět rozdělení jednotlivých linek a jejich umístění v pracovním prostoru. Červené tečky a popisky znázorňují umístění jednotlivých pracovišť na schématu.



Příloha 1: Popis měření, schéma pracovního prostoru

6.5 Výsledky, nejistota měření a zhodnocení výsledku měření

Tabulka 5: Celkové výsledky měření

Pracoviště	Číslo protokolu	$L_{Aeq,8h}$ [dB(A)]	Nejistota měření U [dB(A)]	$L_{Aeq,8h}$ po přičtení U [dB(A)]	Přípustný limit	Splnění limitu
MM1 - Linka G 4.1	6,1	78,3	2	80,3	85,5	ANO
MM2 - Linka G 3.2	6,2	78,3	2	80,3	85,5	ANO
MM3 - Linka G 3.2	6,3	80,2	2	82,3	85,5	ANO
MM4 - Linka G 9	6,4	78,6	2	80,6	85,5	ANO

Podle hodnocení dle NV 272/2011 Sb. § 21: V tabulce 5 vidíme, že výsledná hodnota určující veličiny hluku a vibrací na pracovišti a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb měření prokazatelně splňuje hygienické limity i po přičtení nejistoty měření k výsledku. Celý protokol z měření je obsažen v seznamu příloh (Příloha 2, 3 a 4). Na sledovaných pracovištích nebyl překročen přípustný expoziční limit. Předpokládáme, že nemoc nevznikla v důsledku působení hluku na pracovišti a nemoc z povolání tedy nebyla uznána.

Závěr a doporučení pro praxi

Po analýze dat a zhodnocení vývoje rizikového faktoru hluku v pracovním prostředí můžeme potvrdit, že i přes nárůst počtu pracovníků v riziku hluku, nedošlo ke zvýšení počtu postižených nemocí z povolání, způsobených právě hlukem. Nemoc z povolání způsobená hlukem vzniká řádově u pouhé tisícin procenta pracovníků v riziku. Ochranné pomůcky a opatření, kterými jsou preventivní prohlídky, povinné přestávky, kategorizace prací, ochranné pomůcky na ochranu sluchu, členění prostoru, oddělení pracovníků od hlučných zařízení projektováním budov atd. jsou účinná. Jejich dodržování je dáno zákonem a zaměstnavatelé jsou povinni provést veškerá nutná opatření, jako je například zmiňovaná kategorizace prací, a poskytnout ochranu svým zaměstnancům. Na pracovištích probíhají kontroly hygienických stanic, které zajišťují a sledují jejich dodržování. Pracovníci hygieny také vyšetřují případy, u kterých se ukáže podezření na vznik nemoci z povolání. Zjišťují, zda došlo k poškození sluchu na pracovišti a jestli může být nemoc z povolání uznána. Popis konkrétního měření a způsob jeho vyhodnocení je pro ilustraci popsán v druhé polovině praktické části této bakalářské práce. Prevence je také účinná díky pravidelným kontrolám u lékaře, kde diagnostické metody pomohou včas odhalit poškození sluchu. Zaměstnanec, u kterého je zjištěno poškození sluchu a je ohrožen vznikem nemoci způsobenou hlukem, může začít pracovat na jiné pozici, na které už nebude vystaven faktoru hluku a tím nebezpečí eliminovat. Účinnost ochranných pomůcek na ochranu sluchu je zajištěna jejich precizní výrobou a odborným testováním. Problémem mohou být nedostatečně edukovaní zaměstnanci, kteří sami řádně nedbají na ochranu svého sluchu i přesto, že jim byly poskytnuty ochranné pomůcky. V praxi by tedy mělo docházet k zachování, zdokonalování a hlavně dodržování výše uvedených druhů prevence. Důležité je také vzdělávání zaměstnanců v oblasti hlukové hygieny.

Seznam použité literatury

- [1] LIBŘICKÝ, Stanislav. *Hluk a vibrace u vzduchotechnických zařízení*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Dostupné také z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=86665
- [2] ŠVEC Jiří a Pavel ŠVEC. Fyzikální veličiny popisující vliv fyzikálních polí na člověka. KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ VSB. *Transaction of the VSB – Technical University of Ostrava, Safety Engeneering Series* [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Dostupné z:
<http://tses.vsb.cz/Home/DownloadArchived?aid=293>
- [3] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.
- [4] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA, Encyklopedie fyziky. REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Fyzika.jreichl* [online]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- [5] MUCHA , Patrik. *Návrh manipulátoru pro měřící hlukové mikrofony*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky. Dostupné také z:
https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/6080/Mucha_DP_2012.pdf?sequence=-1
- [6] SACHOVÁ, Petra. *Hluk a jeho vztah k poškození sluchu*. Olomouc, 2016. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Lékařská fakulta, Ústav preventivního lékařství. Dostupné také z:
https://theses.cz/id/ms72qo/disertace2_fin_komplet.pdf
- [7] HLOUŠEK, Pavel. *Měření indexu hlasitosti*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Dostupné také z:

https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9313/bakalarska_prace.pdf?sequence=2

[8] Metodický návod pro měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb. KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ SZÚ. SZÚ [online]. Státní zdravotní ústav. Dostupné z:

http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/metodicky_navod_mereni_hluku_vibraci.pdf

[9] Decibelové veličiny v akustice, kmitočtová pásma. KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ UTB FT. *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf

[10] JANDÁK, Zdeněk. Posuzování hluku v pracovním prostředí podle ČSN EN ISO 9612. KOLEKTIV SZÚ. SZÚ [online]. Státní zdravotní ústav. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Jandak_100415.pdf

[11] VÁGNEROVÁ, M., P. POLÁČEK a L. VÁGNER. Příručka pro začátečníky, Základy akustiky. KOLEKTIV GRIEF-AKUSTIKA, S.R.O. *Grief* [online]. Grief – akustika. Dostupné z: <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>

[12] RÝZNAR, Lukáš. *Příčiny sluchového postižení*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta, Ústav speciálně pedagogických studií. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/ygwidj/84467-230912345.pdf>

[13] MOTEJZÍKOVÁ, Jitka a Iva JUNGWIRTHOVÁ. Fowlerovo hodnocení ztráty sluchu. KOLEKTIV RUCE. *Ruce: Informační portál o světě neslyšících* [online]. Dostupné z: <http://ruce.cz/clanky/1099-fowlerovo-hodnoceni-zraty-sluchu>

[14] SCHAUER, Pavel. Aplikovaná fyzika. MÁRIO LENČEŠ. *Lences* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z:

[http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BB02-Aplikovana%20fyzika/BB02-Aplikovana_fyzika_\(A,K\)--M05-Akustika.pdf](http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BB02-Aplikovana%20fyzika/BB02-Aplikovana_fyzika_(A,K)--M05-Akustika.pdf)

[15] KOPECKÝ, Martin. *Způsoby měření hluku spalování*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů. Dostupné také z: <https://knihovna-opac.tul.cz/media-viewer?rootDirectory=77562&back=https%3A%2F%2Fknihovna-opac.tul.cz%2Fdocuments%2F472085>

[16] MOUREK, J. *Fyziologie: Učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2005. 1. vydání, Praha: Grada Publishing, ISBN 80-247-1190-7

[17] NEJEDLÁ, Lenka. *Vývoj neurologického nálezu u pacientů s míšní lézí*. Liberec, 2010. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Ústav zdravotnických studií. Dostupné také z: <https://knihovna-opac.tul.cz/media-viewer?rootDirectory=76490&back=%2Fdocuments%2F463808#!?directory=76491>

[18] BENCKO, Vladimír a kol., *Hygiena: Učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. Univerzita Karlova v Praze. Nakladatelství Karolinum.

[19] NV č. 272/2011 Sb. *Nářízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. 2011.

[20] KOMÁREK, Lumír, Kamil PROVAZNÍK a Hana PROVAZNÍKOVÁ. *Manuál prevence v lékařské praxi*. Praha: Fortuna, 1998. ISBN 80-7071-108-6.

[21] *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství: skripta*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2012. ISBN 978-80-87023-09-9.

[22] TUČEK, Milan, Miroslav CIKRT a Daniela PELCLOVÁ. *Pracovní lékařství pro praxi: příručka s doporučenými standardy*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0927-9.

[23] HAVRÁNEK, Jiří. *Hluk a zdraví*. Praha: Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0020-2.

[24] LAVICKÝ, Vojtěch. *Vytvoření databáze nahrávek hudebních nástrojů*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Dostupné také z: <http://docplayer.cz/17628481-Vytvoreni-databaze-nahravek-hudebnich.html>

Seznam tabulek

Tabulka 1	Osoby v riziku všech faktorů
Tabulka 2	Osoby v riziku hluku
Tabulka 3	Srovnání vybraných průmyslových oborů v riziku hluku
Tabulka 4	Procentuální vyjádření počtu osob v riziku hluku a počtu nemocí z povolání
Tabulka 5	Celkové výsledky měření

Seznam obrázků

Obrázek 1	Průběh korekcí filtrů A, B, C a D v závislosti na kmitočtu
Obrázek 2	Příklad třetioktávového pásma
Obrázek 3	Sluchové pole
Obrázek 4	Křivky stejné hlasitosti

Seznam grafů

Graf 1	Průměrné rozložení osob v riziku všech faktorů podle pohlaví
Graf 2	Průměrné rozložení osob v riziku hluku podle pohlaví
Graf 3	Průměrné rozložení osob postižených nemocí z povolání způsobenou jakýmkoli faktorem podle pohlaví
Graf 4	Průměrné rozložení osob postižených nemocí z povolání způsobenou hlukem podle pohlaví
Graf 5	Průměrné rozložení pracovníků v riziku všech faktorů podle kategorie práce
Graf 6	Průměrné rozložení pracovníků v riziku hluku podle kategorie práce
Graf 7	Srovnání počtu osob vystavených hluku ve vybraných oborech průmyslu
Graf 8	Srovnání počtu osob v riziku
Graf 9	Srovnání počtu nemocí z povolání

Seznam příloh

Příloha 1	Popis měření, schéma pracovního prostoru
Příloha 2	Výsledek a nejistota měření
Příloha 3	Výsledek měření 6.1 a 6.2
Příloha 4	Výsledek měření 6.3 a 6.4
Příloha 5	Protokol o provádění výzkumu

6. Výsledky, nejistota měření

Výpis z měřicího přístroje jednotlivých měření. Hodnoty frekvencí 6,3 Hz až 20 kHz jsou uvedeny bez korekce na váhovou křivku a bez korekce na dobu provozu.

L _{Aeq}	ekvivalentní hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST
L _{AF} (max)	maximální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST
L _{AF} (min)	minimální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST
L _{AF} ,Perc2	procentuální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST L1
L _{AF} ,Perc4	procentuální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST L10
L _{AF} ,Perc5	procentuální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST L50
L _{AF} ,Perc6	procentuální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST L90
L _{AF} ,Perc8	procentuální hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje FAST L99
L _{Aleq}	ekvivalentní hladina akustického tlaku při váhovém filtru A a dynamické charakteristice přístroje IMPULS
L _{Cpeak}	špičková hladina akustického tlaku při váhovém filtru C

Náměr číslo:	3	4	5	6
Frekvence:				
6.3 Hz	62,1	61,5	59,2	58,4
8.0 Hz	61,8	61,6	59,0	58,3
10 Hz	64,2	62,5	61,4	58,9
12.5 Hz	65,4	65,8	62,3	59,9
16 Hz	65,8	67,8	64,9	59,7
20 Hz	63,2	67,9	65,1	60,9
25 Hz	69,5	76,7	69,9	65,4
31.5 Hz	68,8	73,5	69,1	67,0
40 Hz	66,3	70,2	67,8	63,0
50 Hz	67,2	72,5	69,7	66,1
63 Hz	65,8	69,2	68,8	64,2
80 Hz	66,8	70,1	70,0	63,8
100 Hz	69,9	74,3	73,5	69,1
125 Hz	68,8	72,5	71,0	67,9
160 Hz	69,3	72,2	71,6	66,6
200 Hz	73,0	73,2	75,4	70,9
250 Hz	71,7	71,6	73,9	71,5
315 Hz	71,7	72,7	73,6	69,1
400 Hz	72,2	72,0	73,2	70,5
500 Hz	72,1	71,0	73,3	71,3
630 Hz	71,2	70,8	73,2	69,2
800 Hz	69,1	68,9	71,0	68,1
1.0 k	68,3	67,9	69,6	67,0
1.25 k	68,1	67,2	69,9	64,9
1.6 k	66,8	66,2	68,3	64,9
2.0 k	65,2	65,0	66,9	64,6
2.5 k	65,0	65,0	66,7	69,9
3.15 k	63,5	64,9	66,5	69,9
4.0 k	61,9	63,7	65,7	65,0
5.0 k	60,4	62,6	64,5	63,0
6.3 k	57,7	60,8	62,6	62,4
8.0 k	55,6	58,5	60,0	61,8
10.0 k	54,1	57,8	58,0	63,2
12.5 k	51,9	57,5	55,5	58,7
16.0 k	49,1	56,5	53,0	58,7
20.0 k	44,3	50,3	48,8	56,3
L_{Aeq}	78,6	78,6	80,5	79,0
L _{AF} (max)	90,6	89,9	91,3	92,4
L _{AF} (min)	72,7	73,4	75,6	72,0
L _{AF} ,Perc2	84,2	84,2	85,3	88,5
L _{AF} ,Perc4	80,5	80,5	82,2	81,3
L _{AF} ,Perc5	78,1	77,9	79,9	75,3
L _{AF} ,Perc6	75,5	75,5	78,4	73,5
L _{AF} ,Perc8	74,1	74,3	77,0	72,7
L _{Aleq}	82,6	84,1	84,6	81,7
L_{Cpeak}	117,6	108,2	110,5	112,0

Věstník MZ ČR, částka 4, Metodický návod pro měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb – Nejistoty měření hluku,

(2) Rozšířená nejistota U je dána vztahem $U = ku$, kde $k = 1,96$ při použití oboustranného konfidenčního intervalu 95 %. To znamená, že 95 % hodnot leží v intervalu $[L_{Aeq}, 8h - U, L_{Aeq}, 8h + U]$. Na základě stanovení rozšířené nejistoty U se hodnocení expozice hluku řadí do příslušné třídy přesnosti měření.

Tabulka č. 2 - Třídy přesnosti měření hluku na pracovišti

Rozšířená nejistota U	≤ 2 dB	≤ 4 dB	≤ 7 dB
Třídy přesnosti měření	1 ¹⁾	2	3

Vysvětlivka č. 1) Hodnota rozšířené nejistoty pro 1. třídu přesnosti je stanovena konvenčně.

Veškeré uvedené nejistoty jsou v souladu s EA-4/16.

Laboratoř je způsobilá aktualizovat normativní dokumenty identifikující zkušební postupy.

Příloha 2: Výsledek a nejistota měření

6.1.**Pracoviště :****Linka G 4.1****Pracovní zařazení :****vyjímání z tvářecího lisu**

Popis pracovní činnosti: Obsluha tvářecího lisu - vyjímání vylisku z lisu, opracování vylisovaného dílu.

Průběh měření: Mikrofon umístěn 0,1 m od ucha pracovníků (viz ČSN ISO 9612), kopíruje pohyb pracovnice. Měření proběhlo za běžného provozu.

Popis hluku: Hluk proměnný, v době měření dominantní hluk sledované zdroje. Hlukové pozadí bylo ovlivněno ostatními technologiemi v hale.

Technologie: linka G4.1.

Pracovní činnost (práce na stroji):	Ti [min]	L _{Aeq,Ti} [dB]	Náměr č.
p.č.1 obsluha tvářecího lisu - vyjímání vylisku	450	78,6	3
p.č.2 přestávka	30	60,0	-
Vypočtená ekv. hladina hluku - L _{Aeq,Te} [dB] za dobu Te [min]	480	78,3	
Frekvenční analýza - infrazvuk	6,3 Hz	61,8	
Přípustný expoziční limit infrazvuku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	8,0 Hz	61,5	
	10,0 Hz	63,9	
L _{teq,8h} [dB]	110	12,5 Hz	65,1
		16 Hz	65,5
Nízkofrekvenční analýza	20 Hz	62,9	
Přípustný expoziční limit nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	25 Hz	69,2	
	31,5 Hz	68,5	
L _{teq,8h} [dB]	105	40 Hz	66,0
Vysokofrekvenční analýza	8 kHz	55,3	
Přípustný expoziční limit vysokofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech	10 kHz	53,8	
	12,5 kHz	51,6	
o středních kmitočtech L _{teq,8h} [dB]	75	16 kHz	48,8
Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený hladinou akustického tlaku A L _{Aeq,8h} [dB]			85
Výsledná hladina akustického tlaku - L_{Aeq,8h} [dB]		78,3	

6.2.**Pracoviště :****Linka G 3.2.****Pracovní zařazení :****vyjímání z WATER JETU**

Popis pracovní činnosti: Obsluha tvářecího lisu - vyjímání vylisku z lisu, opracování vylisovaného dílu.

Průběh měření: Mikrofon umístěn 0,1 m od ucha pracovníků (viz ČSN ISO 9612), kopíruje pohyb pracovnice. Měření proběhlo za běžného provozu.

Popis hluku: Hluk proměnný, v době měření dominantní hluk sledované zdroje. Hlukové pozadí bylo ovlivněno ostatními technologiemi v hale.

Technologie: linka G 3.2.

Pracovní činnost (práce na stroji):	Ti [min]	L _{Aeq,Ti} [dB]	Náměr č.
p.č.1 obsluha tvářecího lisu - vyjímání vylisku	450	78,6	4
p.č.2 přestávka	30	60,0	-
Vypočtená ekv. hladina hluku - L _{Aeq,Te} [dB] za dobu Te [min]	480	78,3	
Frekvenční analýza - infrazvuk	6,3 Hz	61,2	
Přípustný expoziční limit infrazvuku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	8,0 Hz	61,3	
	10,0 Hz	62,2	
L _{teq,8h} [dB]	110	12,5 Hz	65,5
		16 Hz	67,5
Nízkofrekvenční analýza	20 Hz	67,6	
Přípustný expoziční limit nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	25 Hz	76,4	
	31,5 Hz	73,2	
L _{teq,8h} [dB]	105	40 Hz	69,9
Vysokofrekvenční analýza	8 kHz	58,2	
Přípustný expoziční limit vysokofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech	10 kHz	57,5	
	12,5 kHz	57,2	
o středních kmitočtech L _{teq,8h} [dB]	75	16 kHz	56,2
Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený hladinou akustického tlaku A L _{Aeq,8h} [dB]			85
Výsledná hladina akustického tlaku - L_{Aeq,8h} [dB]		78,3	

Příloha 3: Výsledek měření 6.1 a 6.2

6.3.

Pracoviště :

Linka G 3.2.

Pracovní zařazení :

klipování

Popis pracovní činnosti: Obsluha tvářecího lisu - klipování, vyjímání výlisku z lisu.

Průběh měření: Mikrofon umístěn 0,1 m od ucha pracovníků (viz ČSN ISO 9612), měřen prostor pracoviště. Měření proběhlo za běžného provozu.

Popis hluku: Hluk proměnný, v době měření dominantní hluk sledované zdroje. Hlukové pozadí bylo ovlivněno ostatní technologií v hale.

Technologie: linka G 3.2.

Pracovní činnost (práce na stroji):	Ti [min]	L _{Aeq,Ti} [dB]	Náměr č.
p.č.1 obsluha tvářecího lisu - klipování, vyjímání výlisku	450	80,5	5
p.č.2 přestávka	30	60,0	-
Vypočtená ekv. hladina hluku - L _{Aeq,Te} [dB] za dobu T _e [min]	480	80,2	
Frekvenční analýza - infrazvuk	6,3 Hz	58,9	
Přípustný expoziční limit infrazvuku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	8,0 Hz	58,7	
	10,0 Hz	61,1	
L _{Teq,8h} [dB] :	110	12,5 Hz	62,0
		16 Hz	64,6
Nízkofrekvenční analýza	20 Hz	64,8	
Přípustný expoziční limit nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	25 Hz	69,6	
	31,5 Hz	68,8	
L _{Teq,8h} [dB] :	105	40 Hz	67,5
Vysokofrekvenční analýza	8 kHz	59,7	
Přípustný expoziční limit vysokofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	10 kHz	57,7	
	12,5 kHz	55,2	
L _{Teq,8h} [dB] :	75	16 kHz	52,7
Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený hladinou akustického tlaku A L _{Aeq,8h} [dB]		85	
Výsledná hladina akustického tlaku - L_{Aeq,8h} [dB]		80,2	

6.4.

Pracoviště :

Linka G 9.

Pracovní zařazení :

vyjímání ze stříhacího lisu

Popis pracovní činnosti: Obsluha stříhacího lisu - vyjímání výlisku z lisu, opracování vylisovaného dílu.

Průběh měření: Mikrofon umístěn 0,1 m od ucha pracovníků (viz ČSN ISO 9612), kopíruje pohyb pracovnice. Měření proběhlo za běžného provozu.

Popis hluku: Hluk proměnný, v době měření dominantní hluk sledované zdroje. Hlukové pozadí bylo ovlivněno ostatní technologií v hale.

Technologie: linka G 9.

Pracovní činnost (práce na stroji):	Ti [min]	L _{Aeq,Ti} [dB]	Náměr č.
p.č.1 obsluha stříhacího lisu - vyjímání výlisku	450	79,0	6
p.č.2 přestávka	30	60,0	-
Vypočtená ekv. hladina hluku - L _{Aeq,Te} [dB] za dobu T _e [min]	480	78,7	
Frekvenční analýza - infrazvuk	6,3 Hz	58,1	
Přípustný expoziční limit infrazvuku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	8,0 Hz	58,0	
	10,0 Hz	58,6	
L _{Teq,8h} [dB] :	110	12,5 Hz	59,6
		16 Hz	59,4
Nízkofrekvenční analýza	20 Hz	60,6	
Přípustný expoziční limit nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	25 Hz	65,1	
	31,5 Hz	66,7	
L _{Teq,8h} [dB] :	105	40 Hz	62,7
Vysokofrekvenční analýza	8 kHz	61,5	
Přípustný expoziční limit vysokofrekvenčního hluku vyjádřený ekv. hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech	10 kHz	62,9	
	12,5 kHz	58,4	
L _{Teq,8h} [dB] :	75	16 kHz	58,4
Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený hladinou akustického tlaku A L _{Aeq,8h} [dB]		85	
Výsledná hladina akustického tlaku - L_{Aeq,8h} [dB]		78,7	

Příloha 4: Výsledek měření 6.3 a 6.4



PROTOKOL K PROVÁDĚNÍ VÝZKUMU

Příjmení a jméno studenta		
Studijní program/obor	Osobní číslo studenta	Ročník
BNT	D15000003	3.
Téma práce	HYGIENA + PREVENCE POŠKODZENÍ SLUCHU NA PRACOVÍŠTI	
Název pracoviště, kde bude výzkum realizován	KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE CIRCHÉČKÉHO KRAJE	
Jméno vedoucího práce	MUDr. VLADIMÍR VALENTA, Ph.D.	
Vyřídění vedoucího práce k finančnímu zatížení pracoviště při realizaci výzkumu	Výzkum <input type="radio"/> bude spojen s finančním zatížením pracoviště <input checked="" type="radio"/> nebude spojen s finančním zatížením pracoviště podpis	
Souhlas vedoucího práce	<input checked="" type="radio"/> souhlasím <input type="radio"/> nesouhlasím podpis	
Souhlas vedoucího pracovníka odborného zařízení	<input checked="" type="radio"/> souhlasím <input type="radio"/> nesouhlasím podpis	
Souhlas vedoucího pracoviště, kde bude výzkum realizován	<input checked="" type="radio"/> souhlasím <input type="radio"/> nesouhlasím podpis	
Datum zahájení výzkumu	20.4.2017	
Datum ukončení výzkumu	20.4.2017	
Počet oslovených respondentů (personálu)	—	
Počet oslovených respondentů (klientů)	—	
Příloha: kopie plného znění dotazníku (rozhovoru), který bude respondentům rozdáván (který bude s respondenty veden)		

V Liberci dne 25. 2018

.....
podpis studenta

