

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Intenzita hluku v hodinách komerčního aerobiku ve  
vztahu k hygienické normě**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. Michal Štefl**

Vypracovala:

**Bc. Nikola Kleinová**

Praha, září 2013

Prohlašuji, že jsem závěrečnou (bakalářskou/diplomovou) práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

### Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---

## Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Michalu Štefflovi za poskytnutí podkladových materiálů, cenných rad a připomínek při zpracování diplomové práce. Taktéž děkuji Jihočeské univerzitě za vypůjčení zvukového analyzátoru a zkušeným odborníkům za spolupráci

## **Abstrakt**

**Název:** Intenzita hluku v hodinách komerčního aerobiku ve vztahu k hygienické normě

**Souvislosti:** Aerobní pohybová aktivita, tak jak je nabízena v komerčních hodinách aerobiku, je vnímána jako všeobecně prospěšná pro pohybový aparát i celkové zdraví člověka. Nicméně hlasitá hudba provázející cvičení může zdraví spíše poškodit.

**Cíle:** Práce je zaměřena na měření intenzity hluku v hodinách komerčního aerobiku a ověřit zda nepřekračuje hygienickou normou povolený limit.

**Metody:** V práci je využita metoda měření pro zjištění intenzity hluku v prostoru pro aerobní lekce. Jako základní konstanta byla zvolena hladina hluku dle EPA norem a to v rozmezí od 70 do 80 dB. Vlastní měření proběhlo po kalibraci ve fitness centru v Českých Budějovicích v jedenácti měřených bodech. Měřící body byly stanoveny v prostoru dle umístění zvukové aparatury a vlastní měření probíhalo ve výši sluchového aparátu klienta fitness centra. Změřené hodnoty byly dále zpracovány do popisných grafů a veškeré výsledky byly dále zpracovány statistickými metodami za účelem ověření platnosti měření dle statistické významnosti. Takto zpracovaná data byla zpracována kauzálně pro možný další výzkum v této oblasti.

**Výsledky:** Na základě provedeného měření, zpracování dat a následného statistického vyhodnocení je zřejmé, že naměřené hodnoty hluku byly podle EPA normy významně statisticky překročeny v hladině 70 dB. Taktéž některé hodnoty byly překročeny pro úroveň hluku na 75 dB, avšak při nejvyšší hladině 80dB se statistické překročení hladiny nepotvrdilo.

**Klíčová slova:** aerobní cvičení, hluk, intenzita, měření, statistika

## **Abstract**

**Title:** The noise intensity in commercial aerobic classes in relation to hygienic standards

**Links:** Aerobic motion activity as it is offered in commercial aerobic classes is generally considered to be beneficial for the motion apparatus, and for one's overall health. Nevertheless, loud music accompanying the exercise can rather cause damage to one's health.

**Goals:** The main scope of my thesis is to measure the noise intensity in commercial aerobic classes and to verify whether the noise does not exceed the limits permitted by hygienic standards.

**Methods:** In my thesis I used a specific method for determination of the noise intensity in the aerobic class space. I opted for the noise level according to EPA standards ranging between 70 and 80 dB as the basic constant. The measurement itself took place after calibration in eleven measured spots in a fitness centre located in České Budějovice. The measured spots were established in the space according to the placement of the sound apparatus and the measurement itself took place in the height of the sound apparatus of a fitness centre client. The measured values were further processed into descriptive graphs and all outcomes were further processed using statistical methods in order to verify the measurement validity according to statistical significance.

**Results:** On the basis of the performed measurement, data processing and the following statistical evaluation is clear that the measured noise figures were according to EPA standards statistically significantly exceeded at the noise level of 70 dB. Likewise, some figures were exceeded for the noise level of 75 dB, although the statistical exceeding at the highest level of 80 dB was not verified.

**Key words:** aerobic exercise, noise, intensity, measurement, statistics

## OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Teoretická východiska práce .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Akustika a akustický tlak.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Zvuk .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Hluk.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Charakteristické vlastnosti hluku .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>Sluch.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6</b>	<b>Vjem .....</b>	<b>13</b>
<b>2.7</b>	<b>Sluchový aparát.....</b>	<b>15</b>
2.7.1	Vestibulární aparát.....	18
<b>2.8</b>	<b>Poškození sluchu nadměrným hlukem .....</b>	<b>19</b>
<b>2.9</b>	<b>Biologické účinky zvuku.....</b>	<b>20</b>
<b>2.10</b>	<b>Specifické účinky zvuku .....</b>	<b>21</b>
<b>2.11</b>	<b>Systémové účinky .....</b>	<b>21</b>
2.11.1	Vegetativní funkce a oběhový systém .....	22
2.11.2	Metabolismus.....	22
2.11.3	Vnitřní sekrece.....	22
2.11.4	Smyslové vnímání a motorika .....	22
2.11.5	Výkonnost.....	23
2.11.6	Prevence.....	23
<b>2.12</b>	<b>Z historie aerobiku.....</b>	<b>23</b>
2.12.1	Aerobik .....	24
2.12.2	Spinning.....	24
2.12.3	Specifické účinky cvičebního programu na zdraví:.....	25
2.12.4	Hudba pro aerobik .....	25
2.12.5	Hudba v průběhu spinningu.....	26
2.12.6	Hudebně pohybové termíny.....	26
2.12.7	Práce lektora s hudbou .....	27

2.12.8	Hudební předloha.....	27
2.12.9	Negativní účinky hudby.....	28
<b>2.13</b>	<b>Způsobují hodiny aerobiku hluchotu?.....</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Stanovené hypotézy /výzkumné otázky: .....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>Metodika měření.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Měřený objekt .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Použitá měřicí technika .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Realizace měření .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4</b>	<b>Zpracování dat .....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuze.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Statistické výsledky.....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>Seznamy .....</b>	<b>60</b>
<b>7.1</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>60</b>
<b>7.2</b>	<b>Webové stránky: .....</b>	<b>63</b>
<b>7.3</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>64</b>
<b>7.4</b>	<b>Seznam grafů.....</b>	<b>64</b>
<b>7.5</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>64</b>



# 1 Úvod

Hlasitá hudba neodmyslitelně patří k hodinám aerobiku. Aerobik je ve své podstatě velmi vysilující cvičení, které se svou intenzitou blíží anaerobnímu prahu, a proto vyžaduje nemalou dávku sebezapření. Právě hudební doprovod vytváří důležitou kulisu, která kromě své rytmické složky má i důležitou roli motivační. Hudba doprovázející cvičení totiž významně umocňuje prožitek a pomáhá účastníkům překonat únavu (Wilson and Herbstein, 2003). Pozitivní význam aerobního cvičení na celou řadu determinantů zdraví byl v minulosti mnohokrát prokázán (Reed and Ones, 2006) právě tak jako negativní vliv hlučného prostředí (Daniel 2007) případně negativní vliv hlasité hudby na zdraví člověka (Zhao et al., 2010). Na vliv zvýšené hladiny zvuku v komerčních hodinách aerobiku na možnou částečnou ztrátu sluchu upozornili v minulosti Torre III and Howell (2008) a Nassar (2001). Naším cílem bylo zjistit, zda v námi zvoleném sportovním centru Fitness 14 nebyla při komerčních hodinách překročena hladina zvuku tak, aby mohla částečně či trvale poškodit zdraví účastníků.

## 2 Teoretická východiska práce

### 2.1 Akustika a akustický tlak

Akustika představuje rozlehlý vědní obor, který se souhrnně zabývá zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem, až po vnímání lidskými smysly. Obsahuje řadu poddisciplín jako je hudební akustika, zkoumající fyzikální základy hudby, hudebních nástrojů a prostorů, prostorová akustika – šíření zvuku v obecném prostoru, stavební akustika, fyziologická akustika a psychoakustika (Akustika, šíření zvuku, 2004).

Základními vlastnostmi zvuku jsou frekvence, intenzita, dále rychlost šíření zvuku, vlnová délka a akustický tlak. Frekvence je dána rychlostí kmitání částic prostředí, kterým je tvořen zvuk. Udává se v kmitech za vteřinu a její jednotkou je hertz (Hz). Čím vyšší počet kmitů za vteřinu, tím vyšší je frekvence zvuku. Intenzita zvuku je množství akustické energie, která projde určitou plochou ve směru kolmém na šíření zvuku. Vzdálenost výchylky od nulové roviny se nazývá amplituda, čím větší je amplituda kmitu, tím větší je i intenzita zvuku. Intenzita zvuku se udává v decibelech (dB). Veličinou podobnou intenzitě je hlasitost, zatímco intenzita je však objektivně měřitelná, hlasitost je subjektivní – každý člověk ji vnímá jinak. Jednotkou hlasitosti je fon (Ph) (Gascha, Pflanz, 2008).

Akustický tlak definujeme jako rozdíl mezi okamžitou velikostí celkového tlaku v daném bodě zvukového pole a statickou hodnotou tlaku atmosférického. V každém bodě se tedy mění hodnota celkového tlaku v čase a to od atmosférického tlaku o hodnotu tlaku akustického nahoru či dolů. Z hlediska akustiky je důležitým údajem hladina akustického tlaku, která určuje, o co je okamžitá (změřená) hodnota vyšší, než referenční hodnota. Udává se v decibelech (dB).

Hladina akustického výkonu je označována LW nebo Lp.

$$L \text{ o } W \log 10 W/W_0 \text{ dB}$$

W – akustický výkon, který hodnotíme [W]

W<sub>0</sub> – referenční hodnota (10<sup>-12</sup> W)

(Akustika, šíření zvuku, 2004)

## 2.2 *Zvuk*

„Za zvuk se obecně považuje každý kmitavý pohyb hmoty v pevném, kapalném a plynném skupenství, který v konečné podobě vyvolává sluchový vjem. Vznik kmitavého pohybu je podmíněn existencí pružných sil. Kmitá-li hmota, resp. soustava hmotných bodů (tj. strun, tyč, deska, membrána nebo vzdušný sloupec – základní části hudebních nástrojů) jako celek, jedná se o kmitání. Kmitají-li části soustavy následkem vlastní pružnosti různě a výchylky jednotlivých bodů jsou různé, pak se jedná o vlnění nebo chvění“ (Syrový, 2003).

## 2.3 *Hluk*

Hluk je zvuk traumatizující sluch. Liberko (2004) uvádí mírně rozšířenou definici hluku jako zvuku (akustického signálu), který má rušivý nebo obtěžující charakter, nebo který má škodlivé účinky, bez ohledu na jeho intenzitu, která v mnohých případech nehraje hlavní roli. Intenzity kolem 80-90 dB (přesněji dB SPL, decibely hladiny hlasitosti, „souds pressure level“) se považují za krátkodobě působící škodlivý hluk. Trvalý hluk, který je vzhledem ke sluchovému orgánu pod prahem škodlivého působení, může negativně působit na psychiku (Nečas, 2000).

Středoušní svaly, tj. musculus stapedius a musculus tensor tympany, chrání svým stahem sluchový orgán před nadměrnou hlukovou zátěží (snižují její účinek až o 40 dB pro zvuky o frekvenci menší než 1 kHz). Tyto reflexy se odhalují při překročení příslušných prahů hladiny hlasitosti, která je 70-80 dB. Reflexy mají reakční dobu 25-35 msec (při prahové hlasitosti pro jejich vyvolání však až 180 ms). Prakticky to znamená, že reflexní stah nechrání střední ucho před kratšími hlukovými pulzy. Ty představují největší patogenní zátěž.

Vnější ucho působí jako rezonanční trubice, s rezonančním kmitočtem zhruba 4 kHz. Z hluku obsahujícího různé frekvence jsou tedy 4 kHz nejvíce zesíleny. Proto při profesionálním poškození sluchu na audiogramu zaznamenáváme úbytek sluchu s maximem právě na této frekvenci (Nečas, 2000).

## 2.4 Charakteristické vlastnosti hluku

- Hlukové účinky na sluchový aparát se projevují obvykle až po značné expoziční době (pro nižší hladiny až po 10-15 i více letech), kdy se již většinou jedná o ireverzibilní poškození. V publikaci (Hluk a zdraví, 2002) je uvedeno, že nadměrné či dlouhodobé působení hluku může mít značné následky na zdravotní stav jedince, které mohou být v důsledku fatální pro sluchové centrum.
- Člověk si většinou sám není schopen uvědomit sluchové změny, protože zde chybí objektivní srovnání. Někteří a zvláště staří lidé nehledají chybu u sebe, ale naopak ve svém okolí. Může se tak projevit stížnostmi na tichý a nezřetelný hovor ostatních lidí. Tyto stížnosti mohou být způsobeny právě sluchovými ztrátami (Bencko a kolektiv, 1995).

## 2.5 Sluch

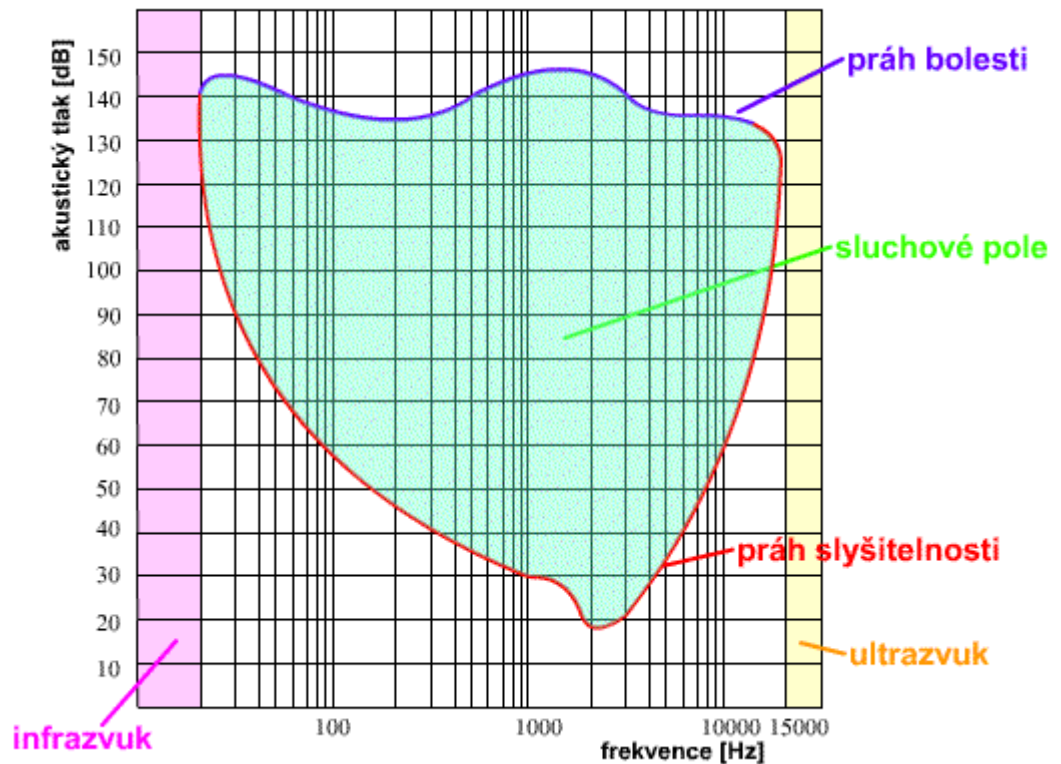
Sluch má největší citlivost ze všech smyslů. Lidské ucho vnímá zvuky o frekvencích přibližně 16 Hz až 20 kHz, kdy tato hranice je ovšem velmi relativní, protože s postupujícím věkem se výrazně snižuje. Pod hranicí 16 Hz leží infrazvuk, nad hranicí 20 kHz ultrazvuk. Největší citlivost pro vnímání zvuků (tj. nahušťování a zředování molekul vzduchu – vlnění – kmitání) je asi v oblasti lidské řeči a hudby v rozmezí 1000 až 5000 Hz. Mluvíme-li o „hladině zvuku“, pak tím myslíme hodnotu akustického tlaku, který je vyjádřen v decibelech (dB). Ucho ovšem není stejně citlivé na různé výšky tónů. Největší citlivost prokazuje při frekvenci kolem 1000 Hz. Při nižších, ale hlavně vyšších frekvencích, je hodnota decibelová vyšší (čili je nižší citlivost, práh se stává vyšším). Nejmenší intenzita zvuku, kterou je ucho schopno vnímat, udává práh sluchu; intenzita zvuku, která vyvolává bolestivý pocit, se nazývá práh bolesti. Intenzita, která je danému jedinci nepříjemná, ale nevyvolává ještě bolestivý pocit, udává práh nepříjemného poslechu. Práh sluchu i práh bolesti záleží na stavu sluchu jedince a může být proto různý. U zdravého člověka s normálním sluchem je práh sluchu přibližně 10 dB, práh nepříjemného poslechu cca 100 dB a práh bolesti asi 130 dB (Mourek, 2012). Při normálním hovoru v místnosti je hladina zvuku cca kolem 40 – 50 dB, hluk na ulici představuje cca 70 – 80 dB, značný hluk má intenzitu kolem 100 – 120 dB (Hluk, 2006).

## 2.6 Vjem

V přirozeném prostředí dochází k vícenásobným odrazům, které přicházejí k našim uším s různým zpožděním (vlivem rychlosti zvuku), v různé barvě (odrazivost rozličných povrchů se mění s frekvencí), v různé fázi a z různých směrů. Tento jev vnímáme jako přirozený dozvuk. Lidský sluch má možnost vnímat zvuk v rozsahu frekvence od 20 Hz do 20 kHz, a i když existují určité individuální rozdíly, platí zde pravidlo, že za každých deset let věku se horní hranice snižuje zhruba o 1 kHz. Ucho není na všechny frekvence zvukového spektra stejně citlivé (nejcitlivější je v oblasti 2 až 4 kHz), a pokud jde o dynamický rozsah, je schopno pracovat v rozpětí až 140 dB (Vlachý, 2000).

Jestliže k našemu sluchu přicházejí dva tóny stejné fyzikální intenzity s různou frekvencí, nevnímají se stejně hlasitě, ačkoliv rozruch v našem uchu (bubínku) je v obou případech stejný. Tento rozdíl v subjektivních hlasitostech tónu je vyvolán nestejnou citlivostí sluchového orgánu pro různé akustické frekvence. Směrem k horní a dolní mezi slyšení citlivost sluchu klesá. Práh slyšení tvoří nejnižší tlakové hodnoty, při nichž ještě ucho dovede postřehnout určitý tón. Stoupá-li akustický tlak, přibývá i fyzikální intenzita a s ní i subjektivní hlasitost. Jestliže tlak dosáhne jisté horní meze a tón je určitého kmitočtu již nesnesitelný, poslech vyvolává pocit bolesti. Tyto mezní hodnoty tlaku zaznamenává křivka (obr. č. 2), kterou nazýváme práh bolesti. Oblast zvuku, ohraničená prahem slyšení a prahem bolestivosti, je sluchové pole. Frekvenční a intenzitní oblast řeči a hudby tvoří jen část celkového sluchového pole (Ballou, 2008).

Obrázek 1 Sluchové pole



Zdroj: *Akustika, vznik a šíření zvuku (2004)*

## Frekvence

do 30 Hz subbasy

30-65 Hz hluboké basy

50 Hz síťové napětí

70 – 90 Hz hutnost basových nástrojů

90 – 180 Hz vysoké basy – hloubka, sytost

150 – 350 Hz nízké středy – rezonance těles

250 – 1200 Hz středy – rezonance menších nástrojů

1,2 – 3 kHz vyšší středy – barva zvuku, srozumitelnost

2,5 – 6 kHz vysoké středy – cinkání, ostrost, jas

6 – 20 kHz výšky – čistota, vzduch

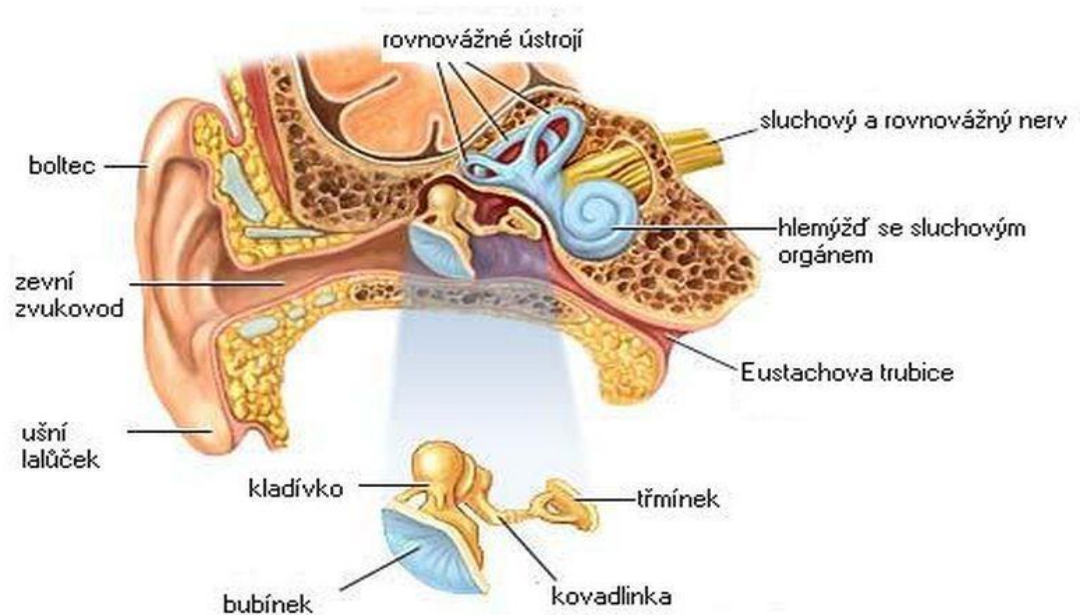
(Multimediální a hypermediální systémy, 2004)

## 2.7 Sluchový aparát

Dylevský (2000) popisuje anatomii sluchového aparátu takto:

Zevní ucho (boltec) tvoří chrupavka molovitého tvaru pokrytá kůží. Boltec se nálevkovitě zužuje a přechází do krátké chrupavčité trubice zevního zvukovodu. Na tuto část navazuje kostěný úsek zvukovodu, který končí bubínkem. Zvukovod je uvnitř vystlán kůží. Boltec a zevní zvukovod, kterým řada živočichů usměřuje zvuky přicházející do zvukovodu, u člověka postupně ztrácel možnost pohybu. Nyní slouží spíše jako rezonátor zesilující některé zvuky.

Obrázek 2 Sluchový aparát



Zdroj: *Specializace oddělení – KNTB (2012)*

Bubínek (membrana tympani) je vazivová blanka oválného tvaru, nálevkovitě vpáčená do středního ucha. Na vnitřní (středoušní) ploše se k bubínku připojuje kladívko – jedna ze středoušních kůstek. Zvukové vlny přiváděné zevním zvukovodem rozechvívají bubínek, který prostřednictvím kladívka přenáší kmity na další dvě

středoušní kůstky. Bubínek ale není pro přenos zvukových vln nezbytný. Je-li porušen, klesá však schopnost vnímat nízké tóny.

Středoušní dutina (cavitas tympani) představuje malý komůrkovitý prostor uvnitř spánkové kosti. Od zevního zvukovodu odděluje středoušní dutinu bubínek a od vnitřního ucha kostěná stěna, ve které je nepatrné oválné a kulaté okénko. Středoušní dutinu spojuje Eustachova trubice s nosohltanem. Obsahem středoušní dutiny jsou tři sluchové kůstky: kladívko (malleus), kovádlínka (incus) a třmínek (stapes). V dutině se nachází dva drobné svaly, které svým tahem mohou měnit napětí bubínku a pohybovat třmínkem. Oba svaly přizpůsobují tvar bubínku a postavení kůstek síle dopadajícího zvuku. Kůstky jsou vzájemně pohyblivě spojeny a vytvářejí páky, kterými jsou kmity bubínku přenášeny na poslední kůstku v řadě – na třmínek. Ten je vsazen do oválného okénka. Celé pákové uspořádání středoušních kostí slouží k převodu vzdušných kmitů na kmitání kapaliny ve vnitřním uchu. Pákový mechanismus kůstek také silně zesiluje drobné pohyby bubínku. Mezi plochou bubínku (50-90 mm<sup>2</sup>) a malou plochou třmínku, kterou třmínek vyplňuje oválné okénko (3,2 mm<sup>2</sup>) je totiž velký nepoměr. Pohyb bubínku je „koncentrován“ řetězem kostí na nepatrnou plochu, což znamená asi třicetinasobné zvětšení síly kmitu.

Zároveň jsou sníženy i ztráty zvukové energie. Pohyb středoušních kůstek je i ochranným zařízením aparátu vnitřního ucha. Je-li přicházející zvuk příliš silný, pohnou se středoušní kůstky a v jejich vzájemném pohybu se utlumí část nárazu zvukové vlny. Ve středoušní dutině se nachází vzduch, jehož tlak je stejný jako tlak atmosférický. Při změnách tohoto tlaku (např. při změně nadmořské výšky), tlak ve středouší kolísá. Ztěžuje se tím pohyb kůstek a zhoršuje se sluch. Vyrovnání měnících se tlaků zajišťuje Eustachova trubice, která otevíráním a zavíráním svého nosohltanového ústí vyrovnává ve středoušní dutině tlak. Proto je např. zduření nosohltanové sliznice vedoucí k ucpaní ústí trubice provázeno zhoršením sluchu (Dylevský, 2000).

Vnitřní ucho je zcela uzavřený prostor uvnitř spánkové kosti, kde leží vlastní sluchový orgán s receptory. Sluchovým orgánem je blanitý hlemýžď (kochlea) uložený v pyramidě spánkové kosti. Uvnitř blanitého hlemýždě se nachází Cortiho orgán s vlastními sluchovými receptory.



K dráždění receptorů dochází následujícím mechanismem: Zvukové vlny usměrněné a zesílené zevním zvukovodem, jsou pákovým mechanismem středoušních kostí převedeny na malou plochu třmínku, který je vsazen do oválného okénka. Za tímto okénkem je ve skalní kosti uložen blanitý hlemýžď.

Blanitý hlemýžď představuje slepě uzavřená, vazivová trubička zavínutá do tvaru ulity. Mezi stěnou hlemýžďe a spánkovou kostí je nepatrná štěrbinová s vodnatou tekutinou. Stejná tekutina je i uvnitř blanitého hlemýžďe. Uvnitř hlemýžďe se nachází vlastní sluchový receptor – Cortiho orgán. Vlásokové buňky, které tvoří funkční část Cortiho ústrojí, nasedají na vazivovou membránu uvnitř hlemýžďe. Membrána se skládá z paprscitě uspořádaných vláken, která jsou u báze hlemýžďe krátká, silná a více napjatá. Delší, tenčí a volnější jsou pak vlákna směrem k vrcholu hlemýžďe (Trojan, 2003).

Zvukové vlny pohybují třmínkem a ten rozkmitává tekutinu uvnitř kostěného hlemýžďe. Vlnění kapaliny je přenášeno přes stěnu blanitého hlemýžďe na tekutinu uvnitř hlemýžďe. Pohyb kapaliny vyvolává chvění vazivové membrány Cortiho orgánu a podráždí vlásokové buňky.

Podráždění Cortiho orgánu může vyvolat chvění lebečních kostí, které se přenáší spánkovou kostí na blanitý hlemýžď. Toto vedení pojmenováváme jako kostní vedení, na rozdíl od běžného vedení zvuku vzduchem. Kostní vedení se prosazuje při slyšení vysokých tónů, při slyšení vlastního hlasu a při poruchách převodu zvuku středouším.

Membrána Cortiho orgánu je „naladěna“ na různě vysoké tóny. Při bázi hlemýžďe jsou to vysoké tóny a při vrcholu tóny hluboké. Výška tónu je dána počtem kmitů těles. Sílu zvuku určuje rozsah – amplituda kmitání.

Podle výšky přicházejícího zvuku se rozechvívá vždy ta část membrány, jejíž ladění odpovídá výšce zvuku. Kmitající úseky membrány podráždí proto pouze určitou skupinu vláskových buněk. Střední kmitočty jsou rozloženy přes většinu délky Cortiho orgánu a jejich postavení je takové, že každá oktáva zaujímá přibližně stejnou délku. To odpovídá také nejlepší rozlišovací schopnosti v oblasti středních kmitočtů. Vlásokové buňky jsou pokryty nervovými vlákny. Vzruchy vzniklé drážděním vláskových buněk jsou vedeny vlákny osmého hlavového nervu do mozkového kmene a do mozkové kůry.

Citlivost sluchového orgánu je vysoká. Můžeme rozlišit tóny od 16 - 20 000 kmitů, v rozsahu až jedenácti oktáv (Dylevský, 2000).

### **2.7.1 Vestibulární aparát**

Vnímání polohy a pohybu těla je výsledkem činnosti řady receptorů. Jedná se především o receptory kožní citlivosti, receptory pro napětí ve svalech, šlachách a kloubních pouzdrech. Rozhodující význam mají však čidla polohy a pohybu v tzv. vestibulárním ústrojí vnitřního ucha.

Vestibulární ústrojí nalezneme v kanálcích a dutinách skalní kosti v těsné blízkosti sluchového orgánu – hlemýždě. Za kostěnou lamelou oddělující středoušní dutinu od vnitřního ucha, je úzká štěrbina – předsíň vnitřního ucha (vestibulum). Do vestibula vedou obě okénka ze středoušní dutiny a začínají zde malé prostory, ve kterých leží orgány polohy a pohybu (proto název „vestibulární ústrojí“). Začíná zde i první závit hlemýždě (Dylevský, 2000).

Orgány pro vnímání polohy hlavy tvoří dva blanité váčky (utriculus a sacculus) naplněné tekutinou. Na vnitřní ploše stěn obou váčků jsou malá políčka složená ze smyslových buněk – receptory polohy – opatřeny jemnými vláknitými výběžky, které se zanořují do rosolovité hmoty. Na tenké vrstvě rosolu leží malé krystalky nerostných látek, které se při změně polohy hlavy nepatrně pohybují a dráždí výběžky buněk. Orgány pro vnímání pohybu hlavy představují tři polokruhovitě kanálky uložené ve třech na sebe kolmých rovinách. V rozšířených částech kanálků jsou na stěně vysoké buňky s tenkými výběžky – receptory pro vnímání pohybu. Tyto buňky dráždí pohyb tekutiny uvnitř kanálků. Proudění tekutiny je vyvoláno rotačním pohybem hlavy.

Souhrou funkce všech tří dvojic kanálků (vpravo a vlevo) je získávána úplná informace o pohybu hlavy. Vzruchy pocházející z receptorů blanitých váčků a polokruhovitých kanálků jsou osmým hlavovým nervem převáděny do mozkového kmene a odtud pokračují do příslušných oblastí mozkové kůry. Na úrovni mozkového kmene a kůry se shledávají informace z různých receptorů kožních, svalových a šlachových a informace přicházející z oka. Teprve rozbořením a tříděním všech těchto podnětů vzniká finální informace o poloze a pohybu těla, která je nezbytná pro udržení vzpřímené polohy rovnováhy.

U člověka má pro udržení vzpřímené polohy a orientaci v prostoru mimořádný význam zrak. Kontrola polohy a pohybu těla je pro zrak rozhodující.

Dojde-li k vyřazení obou vestibulárních aparátů, nevznikne u člověka jako u jiných živočichů úplná neschopnost orientovat se a udržet rovnováhu. Dočasné potíže po poškození vestibulárního aparátu se poměrně rychle upravují a člověk si pomocí zraku a mozkové kůry vytvoří náhradní mechanismy, kterými pohyb udržuje a kontroluje. (Dylevský, Trojan, 1990).

## ***2.8 Poškození sluchu nadměrným hlukem***

Dle Bartlové (2006) nadměrné působení hluku může zásadně a dlouhodobě poškodit sluch až způsobit úplnou hluchotu. Lidé s poškozeným sluchem neslyší šepot a jiné zvuky do 30 dB, kdo slyší zvuky nad 40 dB, obvykle nemá potíže v komunikaci. Částečná hluchota se vztahuje nejen na sílu zvuku, ale i na frekvenci (výšku). Proto mnozí lidé zpočátku začínají špatně rozlišovat sykavky a vysoké tóny. Existují spolehlivé laboratorní metody, které umí přesně stanovit, zda jde o lehkou nahluchlost (slyší do 4 m) střední (do 2 m), nebo těžkou (slyší zvuky pouze těsně u ucha). Příznaky se vyvíjejí pomalu a postižený si nahluchlost uvědomí až, když nerozezná šepot, sykavky, vysoké tóny a okolí ho upozorňuje, aby hovořil tišeji, ztišil rádio či televizi.

Radikálně vysoké hladiny akustického tlaku (u dospělých LA<sub>max</sub> 130-140 dB, u dětí a predisponovaných osob i nižší) mohou vyvolat akustické trauma, jehož podstatou je poranění bubínku, blanitého labyrintu nebo sluchových kůstek. Působí li dlouhodobě až celoživotně hluk na sluchový aparát, dochází k jeho poškození, jehož podstatou jsou zprvu přechodné a posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Tyto poruchy se zpočátku projevují dočasným zvýšením sluchového prahu. Při dalším působení hluku dochází po určité latenci ke zhoršení sluchu a následnému omezení v porozumění řeči, k tinnitu (sluchové vjemy bez zevního podnětu „šelesty, pískání v uších“) a parakusi (sluchové vjemy jsou vnímány jako přetvořené „ozvěny“). Poškození sluchu je dostatečně prokázáno u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny akustického tlaku a trvání doby expozice. Riziko sluchového postižení se vyskytuje i u hluku v

mimopracovním prostředí např. u lidí žijících v těsné blízkosti frekventovaného letiště nebo velmi rušných komunikací a při různých činnostech ve volném čase spojených s vyšší hlukovou zátěží. (Zdravotní účinky hluku, SZÚ, 2011). Z tohoto důvodu byla i přijata opatření za účelem ochrany zdraví ve veřejném zdravotnictví (Velikovský, 2007).

Jestliže máme obě uši zdravé, jsme schopni poměrně přesně určit směr, ze kterého zvuk přichází. Děje se tak na základě vnímání rozdílu fáze, intenzity a frekvenčního průběhu signálu mezi levým a pravým uchem. Další nezanedbatelnou vlastností lidského sluchu je efekt maskování jednoho zvuku zvukem jiným. Jistě jste si všimli, že určité zvuky, které mají agresivnější charakter a jsou hlasitější, mohou zcela zakrýt tišší zvuky v nahrávce včetně různých šumů (této relativní nedokonalosti lidského sluchu využívá řada digitálních systémů při kompresi dat). Při vyšších zvukových intenzitách dochází rovněž k určitému zkreslení (ochrana sluchu proti přebuzení), které se projevuje především vnímáním kombinačních kmitočtů (Vlachý, 2000).

Lidský sluch se stejně jako další smyslové orgány dokáže po určité době unavit, otupit, zvyknout si atd., proto je nutné udělat si při práci se zvukem určité přestávky na odpočinek. Mikrofony jsou sice na rozdíl od lidského sluchu v některých parametrech dokonalejší, musí však splňovat jiná náročná kritéria související se zpracováním zvuku v el. obvodech. Jedním z nejnáročnějších požadavků je převod někdy nepatrného množství akustické energie, bez zkreslení a šumu na značný elektrický signál (Vlachý, 2000).

## **2.9 Biologické účinky zvuku**

Dle (Bencko a kolektiv, 1995) je pro účinky zvuku na člověka rozhodující, jak příjemce zpracuje obdrženou akustickou informaci. Biologicky účinnější jsou silnější, přerušované zvuky, s tónovými složkami, s impulzy nebo rázy, než zvuky tiché a ustálené. Z hlediska intenzity lze uvést, že hluky nad 120 dB jsou nebezpečné pro sluchový orgán, nad 90 dB pro vegetativní systém a nad 30 dB pro nervový systém a psychiku. Spektrální složení hluku rozlišujeme podle šířky pásma a podle převažující

oblasti vlastní frekvence. Širokopásmový hluk má zřetelné účinky na oběhové funkce, úzkopásmový hluk, resp. tónový hluk má pronikavější účinky na sluchové ztráty a působí i vyšší subjektivní rušivost (Blencko a kol., 1995).

## ***2.10 Specifické účinky zvuku***

Nadměrná aplikace hluku může mít za následek kvalitativní zhoršení sluchu u jedince z tohoto důvodu se společnost začala chránit i prostřednictvím právní normy (Bernard Michal, 2008). Vlastní poškození sluchu nadměrným hlukem má příčinu v nevratném úbytku vláskových buněk Cortiho orgánu, které při dlouhodobém a opakovaném nebo při přetížení zvukovou stimulací ztrácejí svou vzrušivost a zanikají. Označujeme tak profesionální nedoslýchavost. Sluchová porucha se projevuje v několika stádiích. Od krátkodobých stavů zahlušení, přes určitou dobu latence se subjektivním pocitem dobrého slyšení až do stádia manifestního, kdy se sluchová ztráta rozšíří i na frekvence důležité pro porozumění řeči 3000 Hz nebo nižší. Taková porucha je již trvalá a může se prohlubovat přes různé stupně nedoslýchavosti až po úplnou hluchotu. Ztráta sluchové ostrosti znamená omezenou schopnost vnímání vysokých frekvencí (4-8kHz) zvuku. Právě ona je zodpovědná za některé chyby v rozpoznání různých hlásek, např. sykavek, které obsahují tyto frekvence v bohatém spektru. Takové změny se většinou objevují v důsledku fyziologického stárnutí. Obecně lze uzavřít na základě současné úrovně poznatků, že vystavení hluku působí jako stresový faktor na zdraví, protože může vést k měřitelným změnám např. krevního tlaku, srdečního rytmu, vasokonstrikce, činnosti endokrinního systému a zvýšení podílu lidí s duševními chorobami (Blencko a kol., 1995).

## ***2.11 Systémové účinky***

Systémové účinky, kdy dochází ke změnám funkce v ostatních částech organismu, jsou více podmíněné subjektivním vnímáním hluku. Hluk může působit rušení (účinek, při němž se hluk prolíná s činností, např. spánkem, prací, komunikací) nebo rozmrzelost (psychický stav, který vzniká při mimovolním vnímání vlivů nebo při

podřizování se okolnostem, ke kterým má jedinec zamítavý postoj) (Bencko a kol., 1995).

### **2.11.1 *Vegetativní funkce a oběhový systém***

Působení hluku bez emocionálního zprostředkování, kdy při hodnotách 70-90 dB můžeme sledovat změny krevního tlaku, prokrvení kůže, tepové frekvence a všeobecně nacházíme posun vegetativní rovnováhy ve směru sympatikotonie s přetrváváním po expozici. Na druhé straně se setkáváme s působením zprostředkovaným, buďto orientační nebo poplachovou reakcí, popř. obecným budivým účinkem, které vyplývá z emocionálního doprovodu působícího hluku. Takové působení se projevuje na regulačních a metabolických systémech organismu. Při náhlém a nečekaném hluku vznikají reakce typické pro stresovou odpověď, fyziologicky shodné s obecnou úlekovou reakcí (Bencko a kol., 1995).

### **2.11.2 *Metabolismus***

Již od nízkých intenzit hluku je charakteristický zřetelný vzestup hladiny krevního cukru. Byly nalezeny i další změny jako např. v hladinách inzulínu nebo lipoproteinů.

### **2.11.3 *Vnitřní sekrece***

Důsledek stresového účinku hluku značí vzestup sekrece látek adrenalinového typu z nadledvin. Tyto výsledky nemusí být zcela jednoznačné. Mnohdy se připisují kombinovanému zatěžování (hluk + např. psychická zátěž z nadměrného pracovního výkonu).

### **2.11.4 *Smyslové vnímání a motorika***

Zde je nejčastěji sledován zrak, kde pod vlivem hluku dochází k omezení pozornosti podnětů nalézajících se na periférii zorného pole. Hlukem může být narušena i pohybová koordinace.

### **2.11.5 Výkonnost**

Hluk má pozitivní vliv na jednoduché monotónní činnosti a u osob s podprůměrným pracovním tempem. Negativní vliv nastává u složitějších činností, tvůrčí práce, vštěpování a vybavování poznatků, u koncepčních a strategických prací. Tohoto je využíváno při aplikaci aerobních cvičení, např. spinningu a dalších sportů (Blencko a kol., 1995).

### **2.11.6 Prevence**

Hluk jako stresogenní faktor může přispívat ke vzniku vředových chorob, aterosklerózy, snížené odolnosti vůči infekci, prediabetických stavů a dalších poruch a onemocnění (Dohnalová, 1998). Dle Mišuna (2005) nejúčinnějším způsobem ochrany člověka před nadměrným hlukem je, aby občané byli vystaveni hluku v co nejmenší možné míře a aby byla zajištěna potřebná opatření:

- omezit četnost návštěv diskotékových zařízení a dalších hlasitých hudebních představení
- všeho s mírou platí i pro poslech hudby z diskmanů a jiných přehrávačů, které by do uší nikdy neměly hrát na maximum
- maximálně zkracovat dobu pobytu v hlučném prostředí
- nevykonávat hlučné činnosti v malém prostoru (odrazem hluku od stěn se zvyšuje jeho hladina)
- korigovat zvuk televize a rádií
- hlučné činnosti (vrtání, opravy v bytě, vysávání, praní apod.) je vhodné přesunout na denní dobu

## **2.12 Z historie aerobiku**

Od dob vzniku v 70. letech v USA se aerobik rozšiřuje po celém světě. Základy aerobiku vyšly z programu amerického lékaře dr. Kennetha H. Coopera, který vytvořil

dvanáctitýdenní program aerobního cvičení. Tento program byl založen na postupném kontrolovaném zvyšování dávek cvičení. Američanka Jackie Sorensová byla první, kdo tyto poznatky nasměroval k dnešnímu aerobiku. Aplikovala principy aerobního cvičení na moderní tanec. Se zrodem aerobiku u nás se pojí jméno Heleny Jarkovské, která již v roce 1985 vydala knihu Aerobní gymnastika. Velká vlna aerobiku nastala převážně až po roce 1989, kdy se otevřely hranice a lidé měli možnost shlédnout hodiny zahraničních lektorů. Díky tomu zanedlouho Česká republika začala sklízet mezinárodní úspěchy a naši závodníci dohnali mnohaletý náskok západních kolegů během dvou sezon. Mezi naše reprezentanty patří dnes oblíbená instruktorka a autorka řady videokazet Olga Šípková, která získala v roce 1997 titul mistryně světa. Je tu však i mnoho dalších, kteří kromě svých vrcholových výkonů předstupují dnes a denně před lidmi, aby jim pomohli v jejich cestě za úspěchem. (Hasalová, 2004)

### **2.12.1    *Aerobik***

Aerobik je v podstatě specifický druh gymnastiky, který se vyznačuje charakteristickým provedením, kdy se kombinací základních kroků vytváří určitá choreografie bez použití náčiní. Cvičí se za doprovodu hudby, pohyby se rozvíjí do různých variací a naplňují takřka celou cvičební jednotku aerobiku. Aerobik působí nejen na naše zdraví, ale má také vliv na koordinační schopnosti, svalovou rovnováhu, orientaci v prostoru a pohybovou paměť (Macáková, 2001).

### **2.12.2    *Spinning***

Spinning je aerobní pohybová aktivita, která se v ČR představila až v novém tisíciletí. Je založena na skupinové jízdě jednotlivců na speciálním stacionárním kole, tzv. spinneru, pod vedením odborně vyškoleného instruktora a za doprovodu stimulační hudby. V šedesáti minutové lekci instruktor provede cvičence přes různé styly jízdy a intenzity zatížení. Koná se v prostředí fitness center v rámci specificky zaměřeného tréninkového programu a přispívá k rozvoji a kultivaci zdatnosti, zdraví i výkonnosti (Hnízdil, Kirchner, Novotná, 2005).



### 2.12.3 *Specifické účinky cvičebního programu na zdraví:*

- snadné provádění pohybových úkonů v každodenním životě
- pevnější svaly, šlachy, vazy a kosti
- ovlivňování stresu a negativních pocitů úzkosti
- prevence bolesti bederní a krční páteře
- celkové zlepšení tělesných funkcí
- prevence osteoporózy
- zlepšení celkového zevnějšku
- kontrola tělesné hmotnosti
- prevence cvičebních nebo pracovních zranění

(Blahušová, 2006)

### 2.12.4 *Hudba pro aerobik*

Důležitým faktorem v aerobiku vedle instruktora je především hudba. Spojuje se s účelným pohybem, a proto musí svou jednoduchou časovou strukturou a obsahem vyhovovat danému účelovému užití. Musí být uplatněna tak, aby se na ni dobře cvičilo a dobře se v ní orientovalo, i když ji slyšíme poprvé. Pro využití hudby v aerobiku vycházíme z těchto základních funkcí:

- Regulační funkce – znamená řízení, sjednocení hudby a pohybu do jednotné časové členitosti. Tato tzv. metro-rytmická stránka hudby znamená navození představy o průběhu pohybu, udává rozsah pohybu, počet opakování, tempo cvičení a kultivuje pohybový projev. Mohli bychom říci, že hudba přejímá aktivní úlohu, kdy si cvičenci osvojí rychlé a správné reakce na hudební podněty a okamžitě je převádějí do pohybu.
- Motivační funkce – vytváří atmosféru specifické činnosti. Je závislá na melodii, žánru, rytmu, stylu, dynamice a charakteru interpretace. Vztah pohybu a hudby

je vyvážený. Hudba akcentuje jednotlivé detaily (rytmus, melodie), napomáhá ke stylizaci, k různé technice cviků i tanečních pohybů, inspiruje až k emotivnímu pohybovému vyjádření, vyvolává potěšení a prožitek, oddaluje vnímání únavy a obtížnosti cvičení, motivuje k přiměřenosti a trvalosti.

Aby jmenované funkce hudba opravdu poskytovala, je třeba věnovat velkou pozornost výběru vhodných hudebních předloh pro různé druhy, styly a cíle lekce aerobiku a také pro různé věkové skupiny začátečníků nebo pokročilých (Skopová, Beránková, 2008).

### **2.12.5 *Hudba v průběhu spinningu***

Spinning program doporučuje hudbu spíše jako kulisu pro dobrou atmosféru a pocit ze cvičení. Důležitou součástí instruktora projev je práce s hlasem. S mírou hlasitosti musí pracovat i instruktoři spinningu, měli by být průvodci klientů celou lekcí. Slovním doprovodem je musí motivovat, korigovat, hecovat a stimulovat k lepšímu výkonu. Aby jejich pokyny byly zřetelné, ve většině a zvláště ve větších prostorech se setkáváme s používání mikroportů (Hnízdil, Kirchner, Novotná, 2005).

### **2.12.6 *Hudebně pohybové termíny***

Dle Skopové, Beránkové (2008) při popisu hudby pro aerobní cvičení je využíváno těchto hudebních termínů:

- Doba (beat) – počítací doba či hudební puls je základní časová jednotka metroritmického členění hudby. Jena doba odpovídá čtvrté hodnotě noty.
- Metrum – základní organizační prvek toku hudby, vzniká střídáním přízvučných a nepřízvučných dob v předem daném ustáleném pořadí. Jeho základní typy jsou metrum lichodobé a sudodobé , které v aerobiku převažuje (zjednodušeně počítáme na tři nebo na čtyři).
- Takt – seskupení různých rytmických hodnot do pravidelně opakujícího se celku. Takt je určen počtem dob a označujeme jej zlomkem např. 2/4, 3/4, 4/4.

V aerobiku se většinou zdůrazňuje sloučení dvou 4/4 taktů, základní seskupení je tedy 8 dob.

- Rytmus – má těsnou spojitost s taktem. Takt organizuje časování hudby a pohybu zvnějšku, schematicky, rytmus jej člení uvnitř střídáním různých tónových délek v rámci zvoleného rytmického modelu. Pravidelně se navracející rytmické figury ve skladbě tak dávají vzniknout charakteristickému rytmu hudby, zpravidla určenému k tanci (např. smaba, cha cha)
- Dynamika – v hudbě znamená různé odstupňování síly tónu (např. forte, piano)
- Frázování – pravidelně se opakující ukončené úseky nazýváme fráze. Fráze mají zpravidla sudý počet taktů. Sladění pohybu a hudby tedy znamená i to, že pohybové vazby začínají a končí současně s hudební frází.

### **2.12.7 Práce lektora s hudbou**

Cvičení s hudbou, je vždy náročné na přípravu. Přimět skupinu lidí k tomu, aby všichni najednou prováděli ten samý cvik, bez vyvolání pocitu frustrace je opravdu nelehké. Vyžaduje to naprosté osvojení si hudebně pohybových vztahů se správnou metodikou výukových vzorců. Pak je instruktor schopen dovést skupinu cvičících k jednotě pohybu a hudby. Kvalita cvičení s hudbou je závislá na rytmických a tvůrčích schopnostech lektora, na jeho dovednostech, temperamentu, zkušenostech a orientaci v současném dění populárních tanečních skladeb. Podstatné je tedy naučit cvičence poslouchat a vnímat hudbu v souladu s pohybem, tedy přivlastnit si zásadní vlastnost pohybu a hudby, že probíhají společně v čase.

### **2.12.8 Hudební předloha**

V dnešní době již nemusíme hudební předlohu ke cvičení sestavovat sami, ale můžeme vybírat ze široké nabídky takovou hudební nahrávku, která svým tempem a charakterem vyhoví pohybovému obsahu jednotlivých druhů aerobiku. Doporučuje se vybrat si a používat hudbu profesionálně nahranou na CD. Originální nahrávka zaručuje kvalitu přenášeného zvuku, je nepřerušovaná, s pravidelným frázováním a s vhodným

tempem pro konkrétní název lekce (např. produkce od firem Multitrax, Prolux, Power Music, Aerobics Music, Aerobeat aj.)

### **2.12.9 *Negativní účinky hudby***

Hudba v některých speciálních pohybových programech nemusí vždy působit pouze pozitivně, protože pohyb do určité míry omezuje a také ztěžuje zpětnou vazbu k prováděnému pohybu. Negativně může působit také nesprávně zvolená hlasitost, nepřiměřený styl hudby pro konkrétní vyspělost skupiny a techniku cvičení, nerespektování základních hudebně-pohybových vztahů, nekvalitní nahrávka, nebo špatná akustika tělocvičny. (Skopová, Beránková, 2008)

## **2.13 *Způsobují hodiny aerobiku hluchotu?***

Zůstat fit během cvičení: jízda na kole, zvedání závaží plavání a hodiny aerobiku. Cvičení je zdravé, ale nadměrný hluk může poškodit sluch. O příčinu hluchoty u mladých lidí se zajímá Americká rada pro cvičení (ACE), která doporučuje limitovat nastavení hluku ve fitness centrech. Nařízení ACE, které odpovídají normám, jsou do značné míry ignorovány. Je obtížné zařadit jednotlivé intenzity hluku do příslušné kategorie škodlivosti. Většina instruktorů nerespektuje normovanou intenzitu hluku, přetěžují zesilovače a poškozují sluch. Tento problém většinou řeší křičením do mikrofonu, čím celou situaci zhorší. Naměřená intenzita hluku při lekci aerobiku je shodná s hlasitostí sbíječky (110 – 120 dB), což je hladina prahu bolesti. To je důvodem nastavení přijatelné hladiny hluku ACE. Intenzita zvuku pro aerobní cvičení by měla být 70 – 80 dB podle norem EPA (Environmental Protection Agency) (agentura pro ochranu životního prostředí v USA). Pro 85dB dle norem EPA je bezpečný zvuk v délce 45 min a pro 88dB 23min. EPA pokládá 91dB po dobu delší než 11 minut za mimořádně nebezpečné (George Mason University || Physics and Astronomy, 2006).

### **3 Cíl práce**

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda při hodině komerčního aerobiku ve vybraném sportovním centru nejsou porušovány hygienické limity hlukového zatížení. A pokud jsou porušovány maximální přípustné hygienické limity hluku, tak v jaké míře.

#### ***3.1 Stanovené hypotézy /výzkumné otázky:***

- Převyšuje doporučenou normu intenzita hluku ve vybraném sportovním centru zabývající se aerobním cvičením?
- Bude intenzita hluku ve vybraném sportovním centru odlišná v návaznosti na prostorové rozmístění jednotlivých cvičenců?

## 4 Metodika měření

Pro vlastní sběr dat byla použita standardizovaná metoda měření v prostoru, vycházející z metodiky ČSN EN ISO 9612 a ČSN ISO 1996-1.

### 4.1 Měřený objekt

Vlastní výzkum byl naplánován kvótním výběrem (Pána, Somr, 2007). Kvótami pro výběr výzkumného vzorku byl ozvučený cvičební sál Fitness 14 v lokalitě České Budějovice. Jako vhodnější pro vlastní měření jsem shledala prostor pro aerobní cvičení, kde jsou frekventanti vázáni na jedno místo díky spinneru, který je fixně umístěn v prostoru. Díky takto zvoleným kvótám jsem záměrně volila sál pro „indoor cycling“ Maximální kapacita tohoto sálu je 20 kol (Obr. 3, 4).

*Obrázek 3 Sál pro spinning pohled zředu*



Zdroj: Vlastní foto

Místnost pro indoor cycling je vybavena spinnery, které jsou rovnoměrně rozmístěny v místnosti a jejich poloha je dlouhodobě neměnná. Na zadní stěně je akustické ozvučení prostřednictvím nástěnné reproduktorové aparatury. Místo instruktora je v přibližné pozici fotografa tohoto snímku. Jelikož instruktor koriguje celou cvičební hodinu, je zřejmá viditelnost a přehlednost pro instruktora pro jednotlivé klienty fitness centra.

*Obrázek 4 Sál pro spinning pohled zezadu*



Zdroj: Vlastní foto

Pohled na cvičebnu zezadu, kde je v popředí a po stranách zřejmá zrcadlová stěna, která odráží reprodukováný zvuk. V popředí místnosti je umístěna zvuková aparatura.

Obrázek 5 Mixážní pult



Obrázek 6 Reprodaktor



Zdroj: Vlastní foto

Pro ozvučení místnosti slouží mixážní pult, který je vyobrazen v obr. 5, včetně reproduktoru obr. 6.

#### **4.2 Použitá měřicí technika**

Pro měření byl použit atestovaný ruční analyzátor Sound Level Meter - Type 2270, Brüel & Kjaer (Obr. 7), který slouží jako snímač zvuku. Přístroj na obrázku vlevo není kompletován, jelikož není opatřen nezbytným snímacím mikrofonom. Kompletní přístroj je na obrázku vpravo. Takto zkompletovaný přístroj byl později umístěn na speciálně odhlučněný stojan pro měření v požadované výšce (Obr. 8). Před měřením je nezbytné provedení kalibrace přístroje, které je provedeno uvnitř místnosti bez vnitřní hlukové zátěže. Přípravu a vlastní měření pomocí zvukového analyzátoru Brüel & Kjaer 2270 z důvodu zajištění maximální validity a reliability získaných dat a podkladů pro vlastní výzkum provedl odborný pracovník pro práci s výše uvedeným přístrojem (Obr. 9). Následné měření probíhalo při zvukovém doprovodu za použití zvukové aparatury.



Vnitřní prostor byl rozčleněn do jednotlivých měřících bodů a následně dle takto stanovených bodů změřen.

*Obrázek 7 Ruční analyzátor Sound Level Meter - 2270*



*Zdroj: 2270 - Sound Level Meter - 2270 - Brüel & Kjær (2013)*

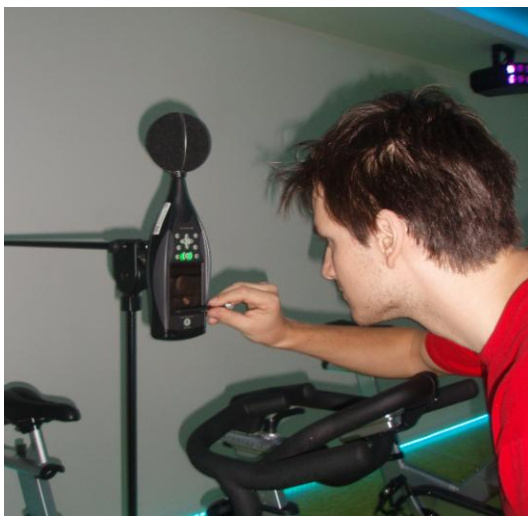
*Obrázek 8 Umístění zvukového analyzátoru*



Zdroj: Vlastní foto

Z obrázku 8 je patrné umístění zvukového analyzátoru Brüel & Kjaer 2270 připraveného pro vlastní měření, který provádí frekvenční analýzu v reálném čase a slouží jako záznamové zařízení naměřených hodnot zvuku v maximální a minimální úrovni záznamu dle dB a Hz. Ze snímku je patrná kompletizace a připravenost zvukového analyzátoru, včetně umístění na stojanu.

*Obrázek 9 Práce se zvukovým analyzátořem při přípravě jednotlivého bodu měření*



Zdroj: Vlastní foto

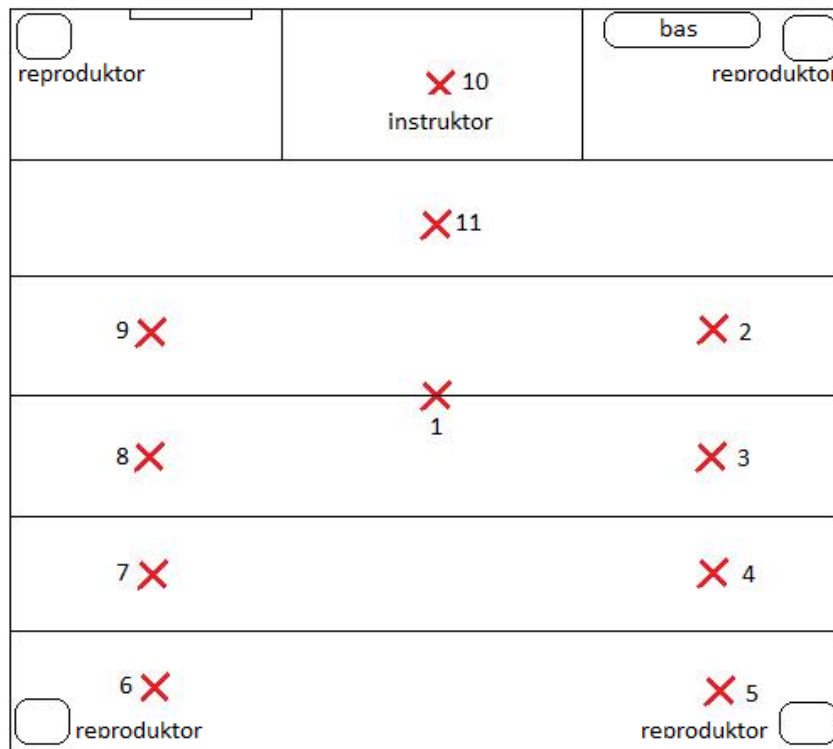
Příprava a vlastní měření pomocí zvukového analyzátoru Brüel & Kjaer 2270. K přesnému měření a práce se zvukovým analyzátozem jsem využila služeb zaškoleného a erudovaného pracovníka pro práci s výše uvedeným přístrojem. Tohoto jsem využila z důvodu zajištění maximální validity a reliability získaných dat a podkladů pro vlastní výzkum.

### **4.3 Realizace měření**

Účelem měření je získání validních dat, které jsou získány pro zhodnocení přiměřenosti akustického tlaku zvuku v návaznosti na rizika spojená při pobytu v prostoru se zvýšenou hladinou. DP posuzuje více riziková místa z hlediska zvýšené míry akustického tlaku zvuku a celkovou úroveň měřených hodnot ve vnitřním prostoru. Hlavním cílem je měření akustického tlaku při různých frekvencích na předem zvolených místech, ve zvolené výšce a zjištění nežádoucích hodnot.

Získání dat proběhlo na základě kvótního a náhodného výběru. Základní kvótou bylo město České Budějovice (z důvodu dostupnosti kalibrované měřící techniky) a fitness center. Náhodným výběrem bylo zvoleno sportovní centrum Fitness 14. Vzhledem k zajištění co nejvyšší validity získaných dat, jsem zvolila aerobní cvičení indoor cycling. Místnost pro indoor cycling, jejíž maximální kapacita tohoto sálu je 20 kol, byla rozdělena do jedenácti měřených zón (Obr. 10), z důvodu změření zvukové zátěže na jednotlivých měřených místech s cílem zhodnocení maximální hladiny zvukového zatížení. Díky fixnímu umístění spinneru nedochází ke změně umístění cvičence v měřeném prostoru, oproti aerobiku, zumbě atd.. Vlastní měření bylo provedeno ve výšce 150 cm, což je přiměřená výška sluchového aparátu cvičence. Před vlastním měřením v místnosti byl přístroj kalibrován bez vnitřní zvukové zátěže (bez zvukového doprovodu aplikovaného při cvičení). Po kalibraci přístroje byla měřena vždy po dobu jedné minuty zvuková zátěž na předem stanovených místech při vlastním cvičení za zvukové produkce instruktorem pomocí umístěné zvukové aparatury. Dále byla měřena celková zvuková zátěž místnosti, která byla stanovena na základě shrnutí a vyhodnocení statistickými metodami všech měřených stanovišť.

Obrázek 10 Náskres půdorysu místnosti s rozmístěním jedlových měřených bodů



Vlastní zdroj (dle metodiky Smutný, Pazdera, 2000)

#### 4.4 Zpracování dat

Data byla získána z měření pomocí atestovaného přístroje z jednotlivých měřených stanovišť, v jednotné výši, odpovídající úrovni výšky sluchového aparátu klienta. Jednotlivá měření byla přehledně zpracována do grafů, pro vyšší přehlednost a následně okomentována.

Pro celkové zhodnocení a statistické zpracování bylo použito programového zpracování v Statsoft Statistica 10 CZ, jehož data jsou pro vyšší přehlednost zpracována v tabulce Microsoft Excel 2013 se zvýrazněním překročení limitů. Pro ilustraci byly použity fotografie měřeného prostoru.

Data byla zpracována statisticky při stanovení základní zvukové hladiny dle EPA normy (George Mason University || Physics and Astronomy, 2006) v rozmezí 70, 75 a 80 dB. Data byla porovnána v návaznosti na takto stanovené hladiny zvuku v působení směrodatných odchylek (Walker, 2013).

Data byla vyhodnocena a dále vzájemně komparována dle jednotlivých měřených stanovišť v rámci „indoor cycling“. Výsledná data byla zpracována kauzálně a mohou sloužit jako podklad pro další výzkumy

U získaných hodnot byly vypočteny následující základní statistické charakteristiky:

$\bar{x}$  ... průměrná hodnota

$s_x$  ... směrodatná odchylka

min ... minimální hodnota

max ... maximální hodnota

Pro analýzu odlišnosti hodnot akustického tlaku LZ mezi jednotlivými měřeními a frekvencemi byl použit jednovýběrový t-test vyhodnocovaný na hladině významnosti:

$P > 0,05$  statisticky nevýznamné

$P \leq 0,05$  (\*) statisticky významné

$P \leq 0,01$  (\*\*) statisticky velmi významné

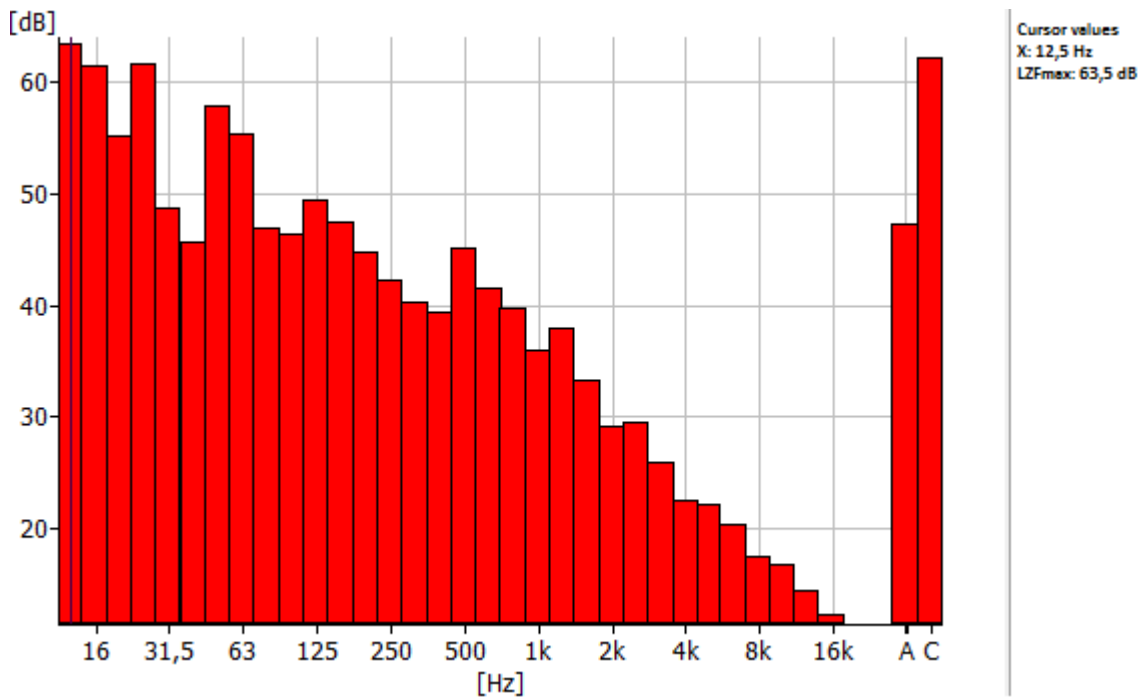
$P \leq 0,001$  (\*\*\*) statisticky vysoce významné

Data byla vyhodnocena a dále vzájemně komparována dle jednotlivých měřených stanovišť v rámci „indoor cycling“. Výsledná data byla zpracována kauzálně a mohou sloužit jako podklad pro další výzkumy

## 5 Výsledky a diskuze

Výsledky jsou zpracovány ve formě tabulek a sloupcových grafů.

Graf 1 Výsledky měření hluku v místnosti

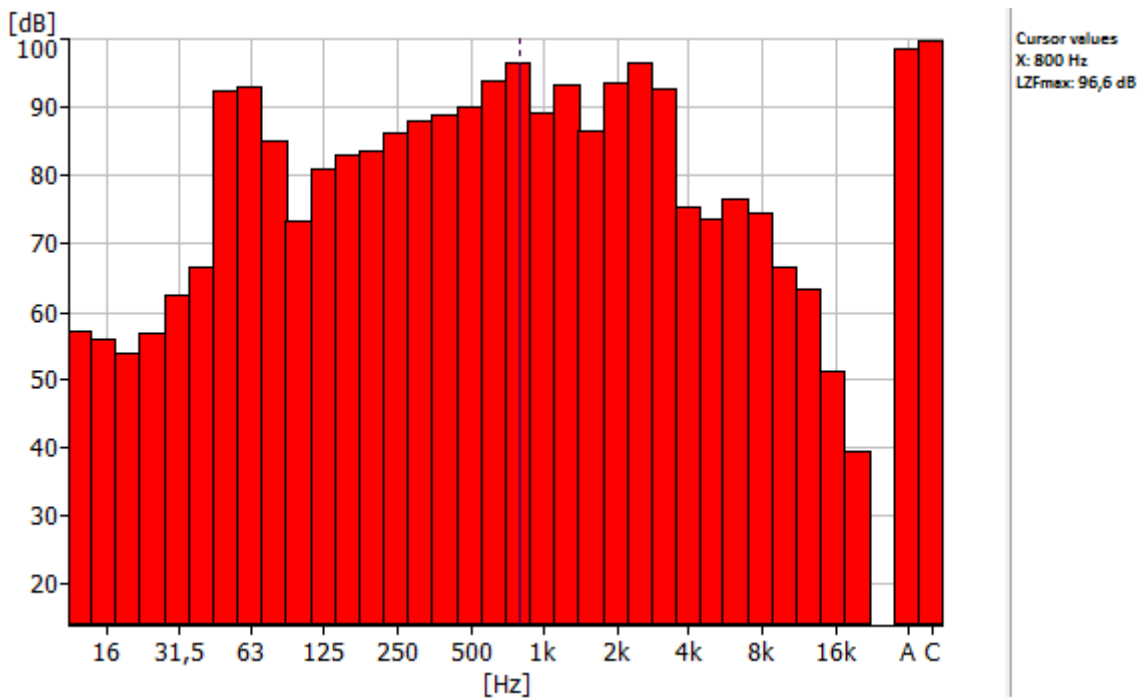


Zdroj: Vlastní výzkum

Před zahájením měření hluku v místnosti je potřebné přístroj kalibrovat na stávající hlukovou zátěž. Tato kalibrace je prováděna uprostřed místnosti, tedy v měřicím bodě č. 1 dle - viz. obr. 3. Jak je z výše uvedeného grafu patrné, zvuk byl zaznamenán především v rozsahu basových frekvencí, které odpovídají hluku nesoucí se nosnými prvky stavby a z vnějších prostorů. V průběhu měření byl v měřené místnosti všemi přítomnými osobami zachováván maximální klid. Doba měření a kalibrace přístroje probíhala opakovaně a vždy v době minimálně 1 minuty. Takto byla stanovena základní hluková zátěž měřené místnosti a výchozí hodnoty byly zaznamenány pro případné odlišení a posouzení míry okolních vlivů. Tzv. filtr A v grafu představuje frekvenční charakteristiku přizpůsobenou průběhu lidského sluchu.

Níže uvedené grafy popisují maximální hlukovou zátěž v průběhu zvukového doprovodu při cvičení. Je nezbytné uvést, že maximální zatížení bylo zaznamenáno při produkci hudby, která byla v průběhu cvičení ztlumována v době odpočinku cvičenců. Taktéž je nezbytné uvést, že každá reprodukováná hudba se v průběhu přehrávání mění v úrovni intenzity (dB) a frekvence zvuku (Hz). Proto je ve výsledcích počítáno s maximální hlukovou zátěží, která je komparována s úrovní 80 dB, přičemž normy doporučují posuzování v rozmezí od 70 do 80 dB. Vzhledem k tomu, že ve výsledcích jsou použity maximální hodnoty, jsou tyto hodnoty porovnávány s maximální přípustnou hladinou zvuku 80 dB dle platných norem.

Graf 2 Výsledky měření bodu 1

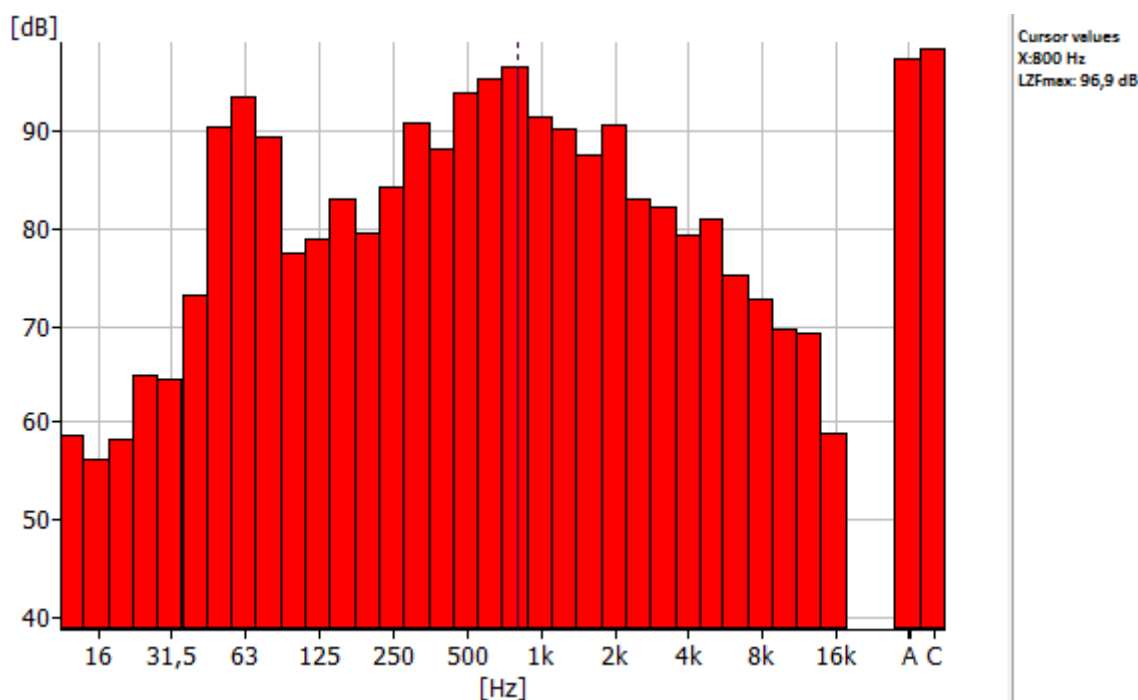


Zdroj: Vlastní výzkum

Vzhledem k maximální přípustné hladině 80 dB, lze z grafu vidět, že při měření hluku v bodu 1, který se nachází uprostřed místnosti, jsou problematické spíše střední frekvence. Největší intenzita hluku dosáhla při frekvenci cca 800 Hz 96,6 dB. De facto porušila maximální přípustný limit hluku. Jsou zde i patrné výrazně vysoké basy, které

při frekvenci 63 Hz dosáhly 92 dB. Naměřené hodnoty A se přibližují 100 dB, což jsou poměrně vysoké hodnoty. Z celkového počtu 35 měřených hodnot přesahuje přípustný limit celkově 20 měřených frekvencí. Toto je s největší pravděpodobností také zapříčiněno použitou zvukovou aparaturou, která má zastoupené hlavně středové frekvenční hodnoty.

Graf 3 Výsledky měření bodu 2

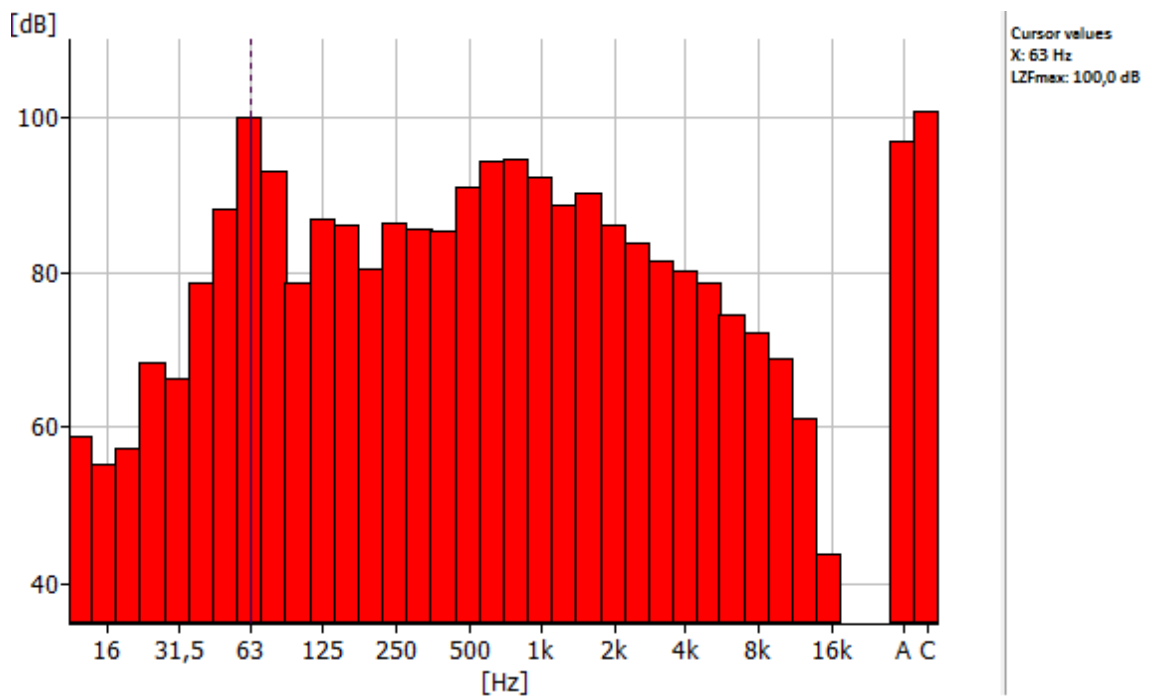


Zdroj: Vlastní výzkum

Podobně jako v předchozím grafu, limit 80 dB překračují frekvence kolem 63 Hz a střední frekvence od 260 Hz do 3 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota činila 96,6 dB. Tedy v měřeném bodě 2 se opět naměřená intenzita zvuku potvrdila jako nepřijatelná ve vztahu k limitované normě. V tomto bodě měření je z výše uvedeného grafu patrné nižší překročení hladiny zvuku nad 80 dB oproti grafu 2. Z grafu 3 je zřejmé překročení hladiny zvuku nad 80 dB u 18 měřených frekvencí. V hodnotě A je vysoce doporučená norma taktéž překročena. V této položce je přístrojem měřena hladina hluku odpovídající zátěži vnímané lidským uchem.



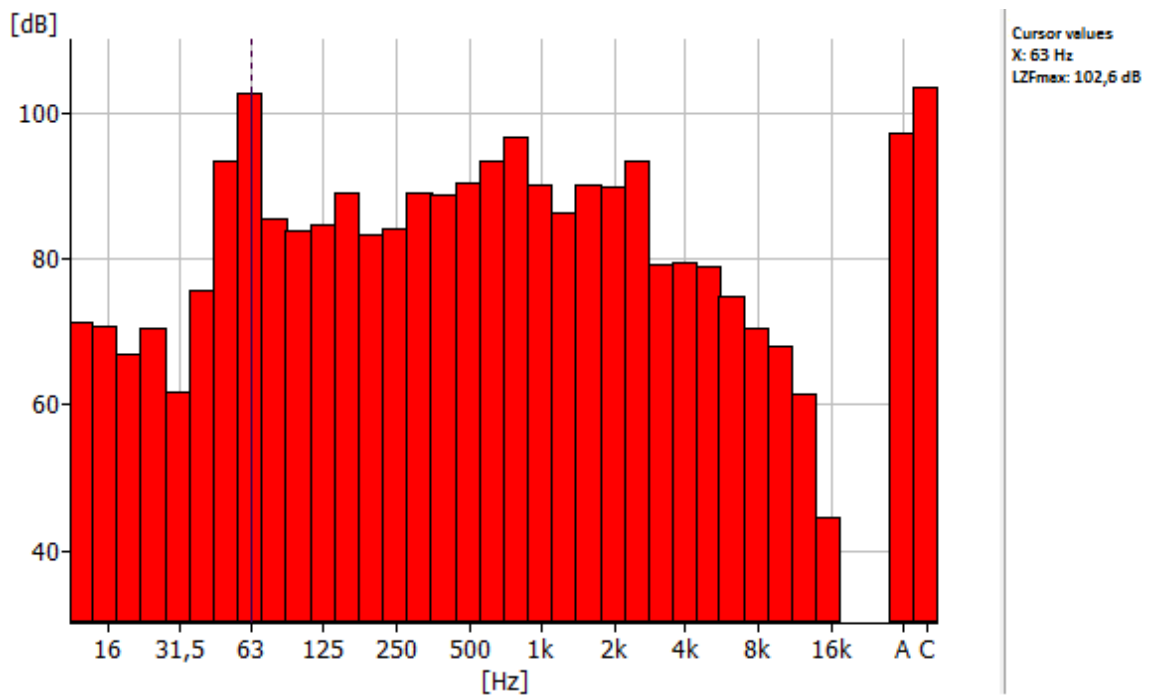
Graf 4 Výsledky měření bodu 3



Zdroj: Vlastní výzkum

V měřeném bodě 3 je značně viditelný nárůst basové frekvence 6,3 Hz v intenzitě 100 dB. Hodnoty frekvence od 50 Hz do 4 kHz převyšují stanovený limit 80 dB. V tomto bodě byla doporučená hladina hluku překročena v 21 položkách, což převyšuje dosavadní výše zobrazené grafy.

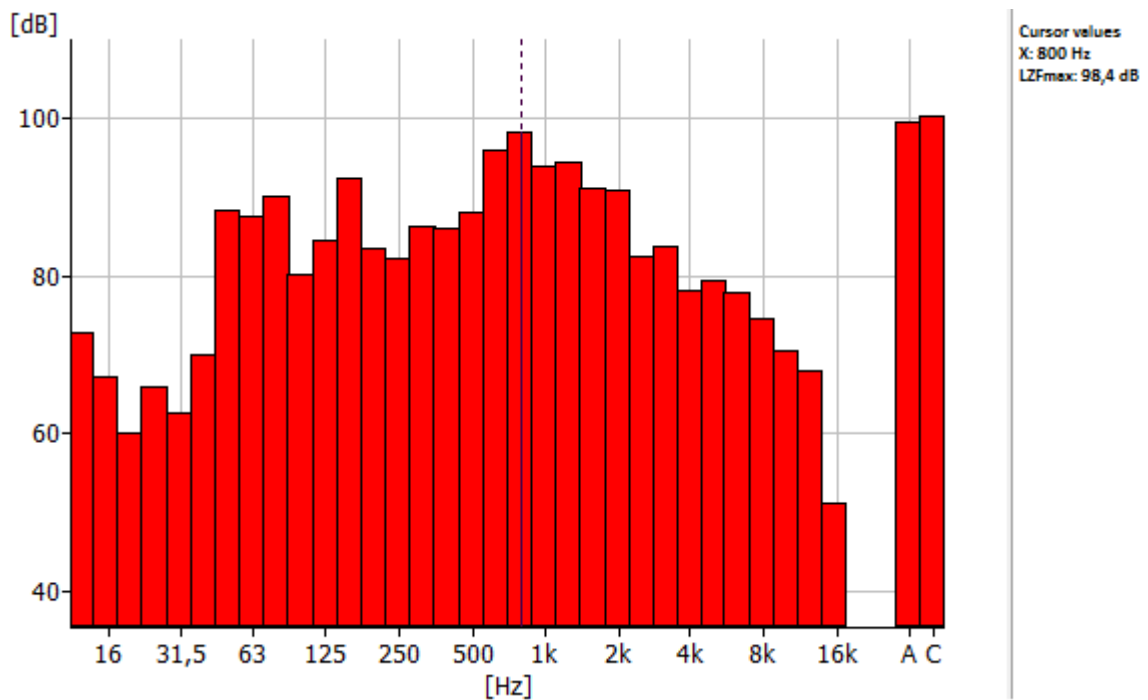
Graf 5 Výsledky měření bodu 4



Zdroj: Vlastní výzkum

Opět je značně vidět hodnota basové frekvence 63 Hz, která dosáhla vysoké intenzity až na 102,6 dB. Všechny středové frekvence přesahují stanovený limit 80 dB. Z výše uvedeného grafu je zřejmé překročení doporučené hladiny zvuku u 20 měřených položek. Taktéž z grafu 5 je zřejmé překročení zvukové hladiny u hodnoty A.

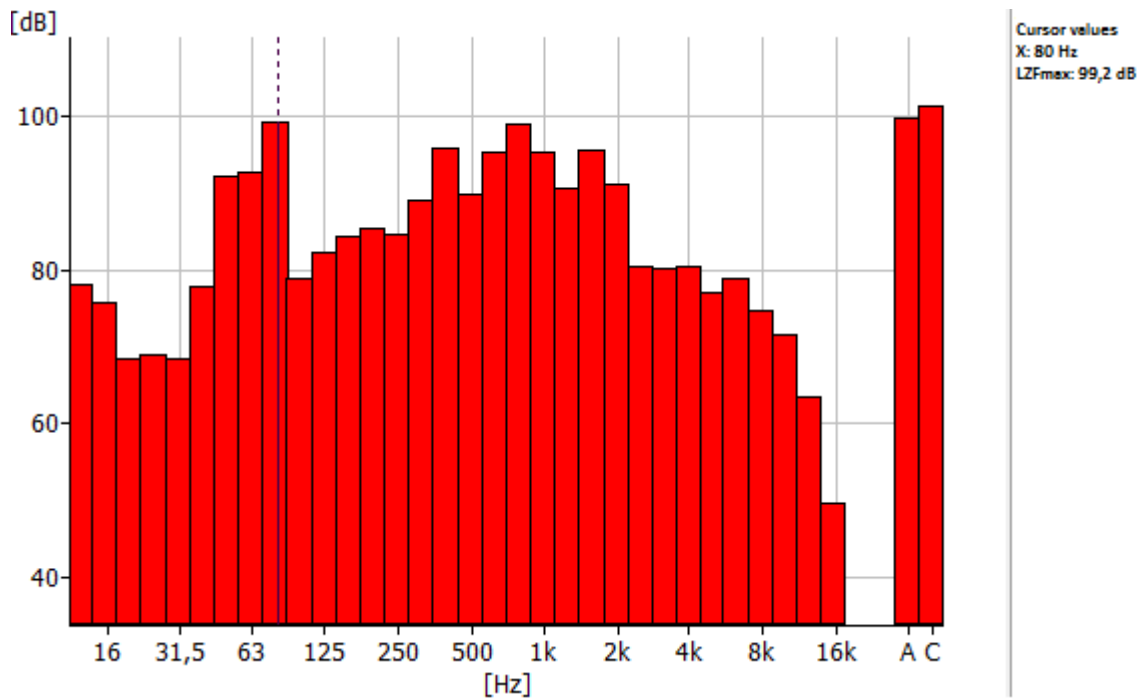
Graf 6 Výsledky měření bodu 5



Zdroj: Vlastní výzkum

Ačkoliv bod číslo 5 se při měření nacházel v těsné blízkosti reproduktoru, max. intenzita zvuku dosáhla 98,4 dB při středové frekvenci 800 Hz. Ovšem je nezbytné brát na vědomí, že každá reprodukováná hudba se v průběhu přehrávání mění v úrovni intenzity a frekvence zvuku. Z grafu je patrné, že basové frekvence od 50 Hz, středové až po nižší vysoké frekvence do 3 kHz převyšují stanovený limit 80 dB, tedy celkem 21 frekvencí.

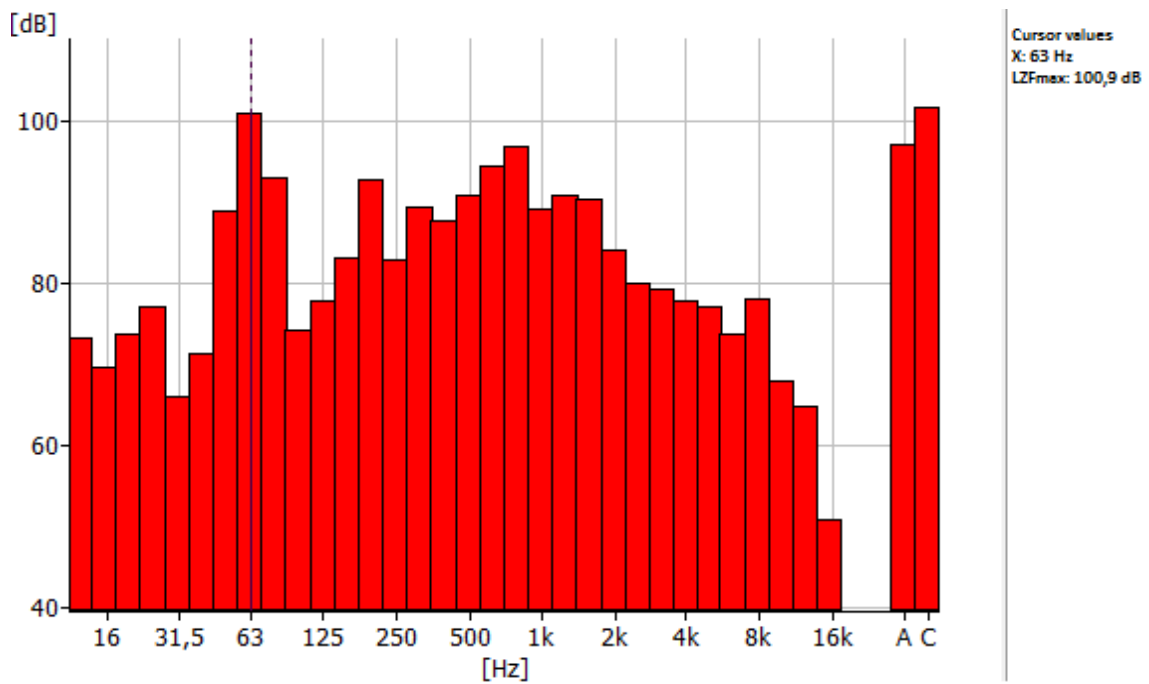
Graf 7 Výsledky měření bodu 6



Zdroj: Vlastní výzkum

Bod 6 se taktěž nacházel v místě těsné blízkosti reproduktoru. Měření zaznamenalo největší intenzitu 99,2 dB ve frekvenci 80 Hz. Středové frekvence společně s basovými opět převyšují limitovanou normu.

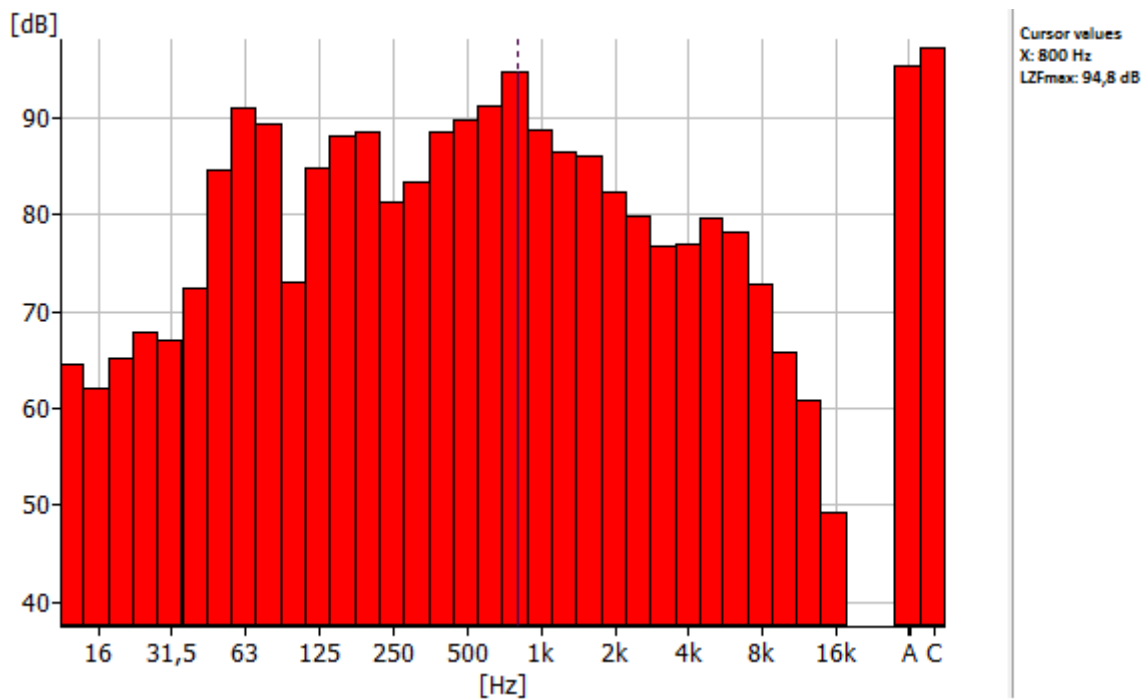
Graf 8 Výsledky měření bodu 7



Zdroj: Vlastní výzkum

V měřeném bodě 7 nápadně vyčnívá basová frekvence 63 Hz v intenzitě 100,9 dB. Překročená hladina hluku je přítomna celkem v 17 frekvencích, spíše středových. V hodnotě A je výsoce doporučená norma taktéž překročena.

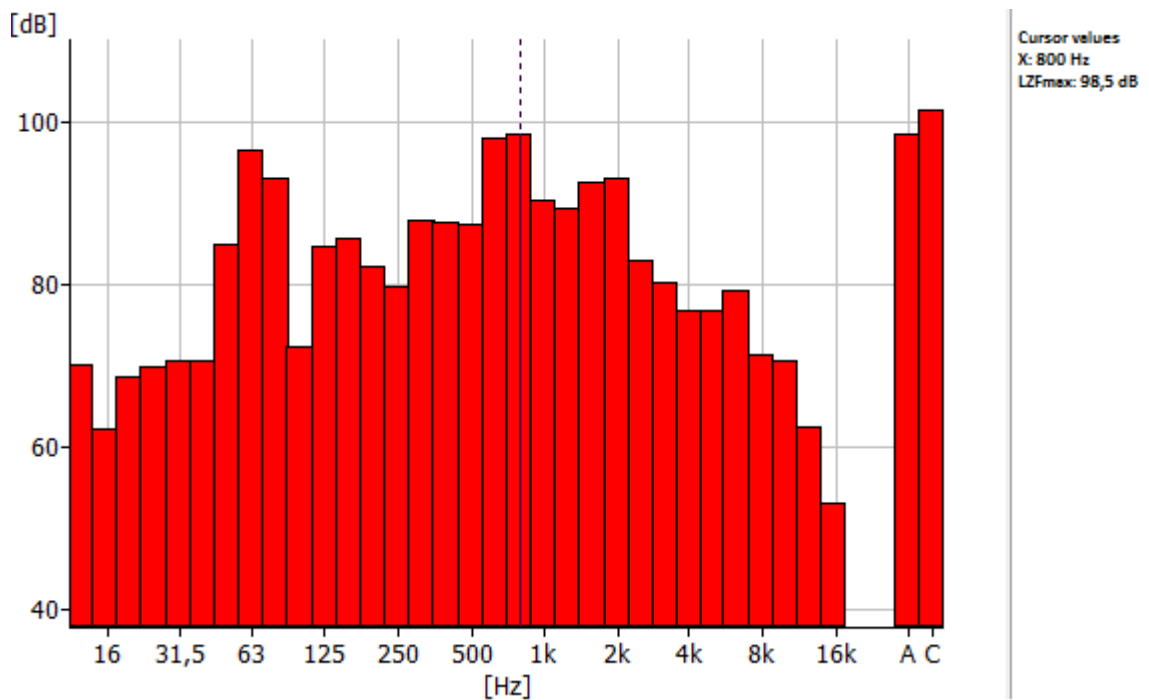
Graf 9 Výsledky měření bodu 8



Zdroj: Vlastní výzkum

Ve frekvenci 800 Hz dosáhla nejvyšší naměřená intenzita zvuku 94 dB. Tedy v měřeném bodě 8 se opět naměřená intenzita zvuku potvrdila jako nepřipustná ve vztahu k limitované normě. V tomto bodě měření jsou z výše uvedeného grafu patrné nižší basové frekvence.

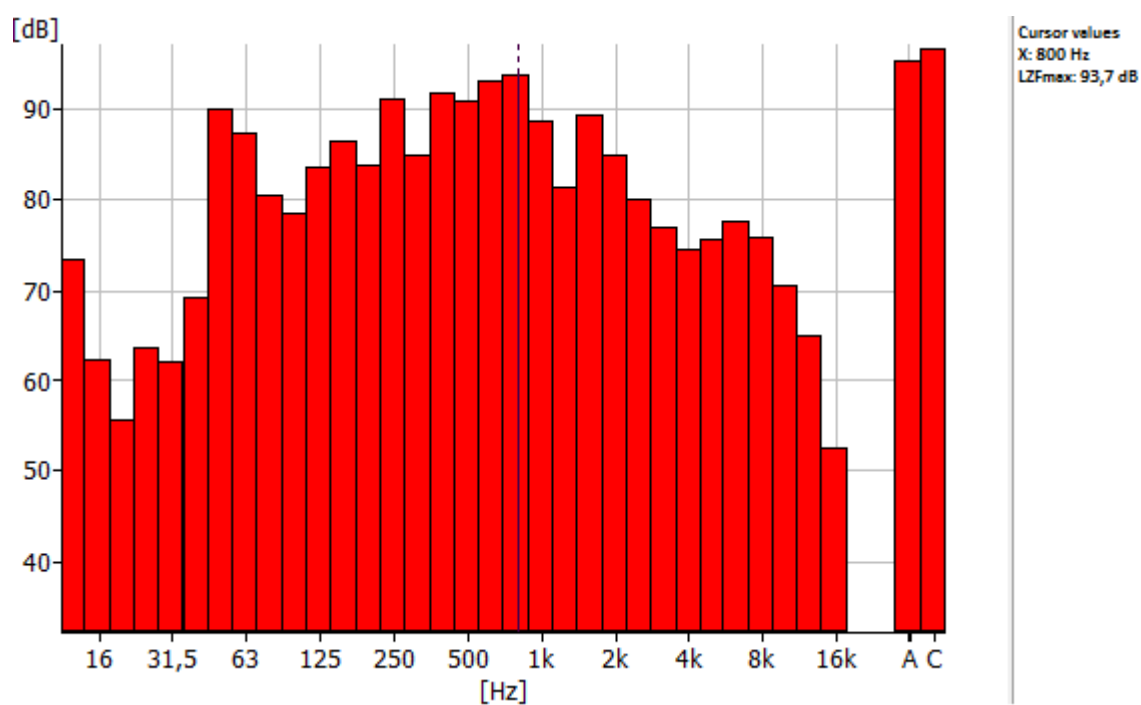
Graf 10 Výsledky měření bodu 9



Zdroj: Vlastní výzkum

Vzhledem k maximální přípustné hladině 80 dB, lze z grafu vidět, že při měření hluku v bodu 9 intenzita zvuku opět převýšila limit v basových a středových frekvencích. Nejvyšší naměřená frekvence činila 98,5 dB.

Graf 11 Výsledky měření bodu 10

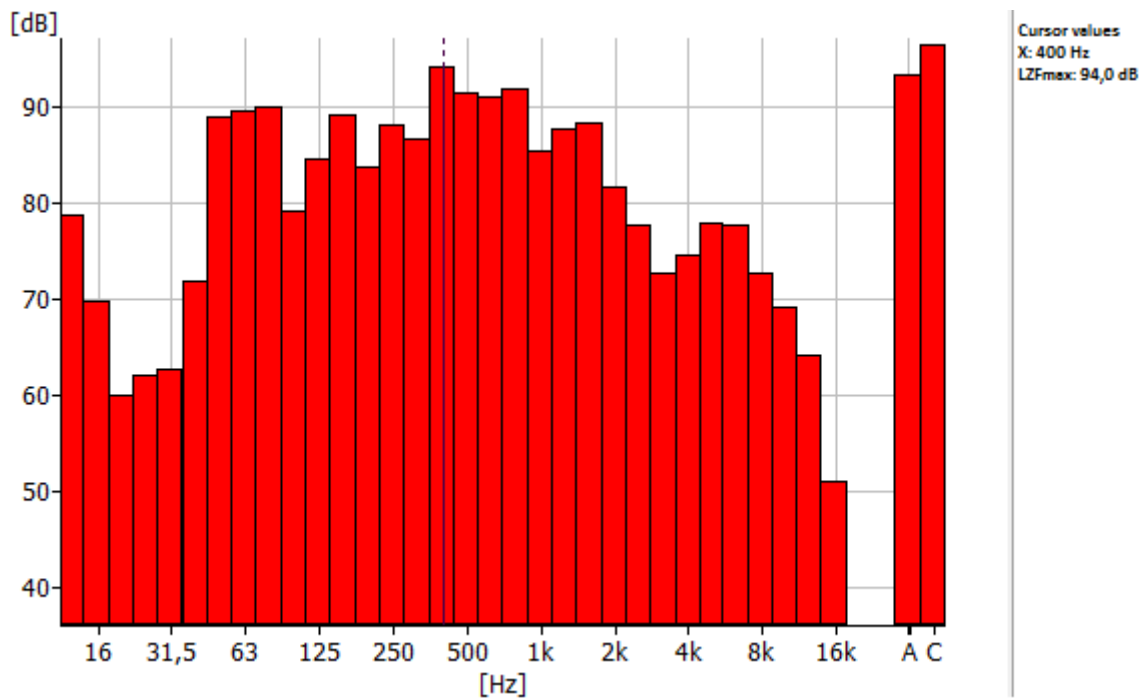


Zdroj: Vlastní výzkum

Bod 10 vyznačuje překročení limitu od 40 Hz do 3 kHz v 18 jednotlivých frekvencích nejvíce středových. Nejvyšší naměřená frekvence dosahovala hodnoty 93,7 kHz.



Graf 12 Výsledky měření bodu 11



Zdroj: Vlastní výzkum

Poslední měřený bod 11 je umístěn v přibližném místě instruktora. Ani zde není nijak významně viditelný rozdíl naměřených decibelů v jednotlivých frekvencích. Hlukový limit překročilo 18 hodnot basových a středových frekvencí. Frekvence 400 Hz dosáhla maximální naměřené hodnoty 94 dB.

V celkovém pohledu ze všech uvedených grafů je zřetelné, že se nijak výrazně od sebe neliší jak ve frekvenčních hodnotách, tak v decibelech.

## 5.1 Statistické výsledky

Tabulka 1 Test průměrů vůči referenční konstantě

Frekvence	x	sx	n	hlukový limit [dB]	t	p
12,5Hz	68,844	7,827	11	80	-4,727	***
16Hz	64,297	6,876	11	80	-7,574	***
20Hz	62,541	6,366	11	80	-9,097	***
25Hz	66,916	5,253	11	80	-8,260	***
31,5Hz	64,933	2,962	11	80	-16,869	***
40Hz	72,548	3,753	11	80	-6,586	***
50Hz	89,337	2,829	11	80	10,947	***
63Hz	94,069	5,280	11	80	8,837	***
80Hz	89,879	4,947	11	80	6,623	***
100Hz	77,300	3,564	11	80	-2,513	*
125Hz	83,118	2,819	11	80	3,669	**
160Hz	86,426	3,098	11	80	6,881	***
200Hz	84,305	3,629	11	80	3,935	**
250Hz	84,680	3,176	11	80	4,888	***
315Hz	87,388	2,169	11	80	11,295	***
400Hz	89,377	3,183	11	80	9,772	***
500Hz	90,335	1,706	11	80	20,094	***
630Hz	94,145	2,026	11	80	23,160	***
800Hz	96,136	2,184	11	80	24,503	***
1kHz	90,456	2,761	11	80	12,559	***
1,25kHz	89,024	3,602	11	80	8,308	***
1,6kHz	89,791	2,774	11	80	11,705	***
2kHz	88,030	4,325	11	80	6,158	***
2,5kHz	83,712	5,900	11	80	2,087	0,063
3,15kHz	80,565	5,058	11	80	0,371	0,719
4kHz	77,665	2,168	11	80	-3,572	**
5kHz	77,844	2,038	11	80	-3,509	**
6,3kHz	76,832	1,896	11	80	-5,543	***
8kHz	73,745	2,176	11	80	-9,534	***
10kHz	69,093	1,822	11	80	-19,849	***
12,5kHz	63,963	2,695	11	80	-19,740	***
16kHz	50,523	4,058	11	80	-24,090	***
20kHz	35,979	3,041	11	80	-48,009	***

Zdroj: Vlastní výzkum

V tabulce 1 jsou uvedené a naměřené hodnoty zpracovány pomocí statického programu T-testu ve statistickém programu Statistika 10,0. Ve výše uvedené tabulce hodnota X představuje naměřenou intenzitu hluku v dané frekvenci, která je následně porovnávána s referenční konstantou „intenzita hluku [dB]“. Jako limitní hranice jsou udávány normou zvukové limity v hodnotách od 70 do 80 dB. Pro měření byla zvolena jako limitní hladina intenzity zvuku hodnota 80 dB. V tabulce 1 je dále uvedena hodnota P, která udává hladinu statistické významnosti a to na základě metodiky měření uvedené v EPA (viz. metodika měření). Dále je z výše uvedené tabulky 1 patrné měření v jednotlivých frekvencích, které jsou označeny příjímou hodnotou frekvence. Pro vyšší přehlednost je v tabulce provedeno barevné odlišení hodnot dosahující statistické významnosti, které jsou označeny červeně. Hodnoty nedosahující této úrovně jsou v tabulce znázorněny černě, protože jsou pro měření mimo jiné podlimitní. Z tabulky je patrné, že se intenzita hluku vůči referenční konstantě liší. Červeně vyznačené hodnoty v rozmezí 50Hz - 2kHz převyšují doporučenou hranici (70 – 80 dB).

Pro vyšší výstupní hodnotu měření, byly zvoleny různé hladiny hluku dle EPA, která uvádí rozmezí od 70 dB do 80 dB, jako doporučenou normu. Z tohoto důvodu byly naměřené hodnoty zkoumány dle hodnot 70 dB, které jsou uvedené v tabulce 2, dále 75 dB uvedené v tabulce 3 a 80 dB uvedené v tabulce 4.

Jak je z tabulky 2 patrné, jsou zde zpracována data s hlukovým limitem 70 dB, které jsou uvedeny ve sloupci „Hlukový limit dB“. První sloupec číslo měření znázorňuje jednotlivá měřená místa, v rámci zprůměrovaných naměřených hodnot ve všech frekvencích Hz. Další sloupec „x (průměr)“ popisuje průměrnou hladinu zvuku naměřenou v konkrétním bodě měření, čili průměrnou hodnotu naměřených dB. Na základě změřených průměrných hodnot byla odvozena směrodatná odchylka, která je uvedena ve třetím sloupci tabulky pod označením „Sx“. Následný sloupec uvedených tabulek vydefinoává počet celkově měřených frekvenčních hodnot. Následný sloupec pak uvádí hladinu měřeného hluku, která je určena jako limitní a je zpracována pod označením hlukový limit dB. Předposlední sloupec označuje hodnoty t-testu, který vyjadřuje hodnotu statistické významnosti. V posledním sloupci je pak hvězdičkami označena míra statistické významnosti, kdy  $P > 0,05$  statisticky nevýznamné,  $P \leq 0,05$  (\*) statisticky významné,  $P \leq 0,01$  (\*\*) statisticky velmi významné,  $P \leq 0,001$  (\*\*\*) statisticky vysoce významné. Pro zhodnocení výsledků je nezbytné uvést, že v průběhu

měřené lekce docházelo ze strany instruktora k regulaci hladiny zvuku dle „zátěžové“ či „odpočinkové“ části hodiny. Tímto došlo při zprůměrování k poklesu naměřených hodnot. V grafech je uvedena maximální naměřená hodnota, kdežto pro potřeby výzkumu, bylo nezbytné pro statistické zpracování takto naměřené údaje zprůměrovat.

*Tabulka 2 Výsledky významnosti*

Číslo měření	x (průměr)	s <sub>x</sub>	n	hlukový limit [dB]	t	p
1	77,617	15,541	35	70	2,815547	**
2	78,377	13,798	35	70	3,487556	**
3	78,002	15,274	35	70	3,009591	**
4	79,391	15,023	35	70	3,590789	**
5	79,344	13,842	35	70	3,877784	***
6	80,875	14,030	35	70	4,452860	***
7	79,638	12,952	35	70	4,274888	***
8	77,258	13,019	35	70	3,202433	**
9	79,021	13,427	35	70	3,859331	***
10	77,188	13,668	35	70	3,021030	**
11	77,889	13,219	35	70	3,428521	**

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Ve výše uvedené tabulce 2 jsou zaznamenány naměřené údaje, které jsou porovnávány s limitní hladinou hluku na úrovni 70 dB. V takto vymezené hodnotě 70 dB jako maximální přípustný limit, je patrné, že průměry všech frekvencí, převzaté ze všech bodů měření přesahují tuto stanovenou limitní hladinu hluku. Veškeré uvedené hodnoty v tabulce 2 jsou vysoce nadlimitní a taktéž statisticky významné. Veškeré uvedené hodnoty v tabulce 2 jsou vysoce nadlimitní a taktéž statisticky velmi významné, a to v 7 měřených bodech a dále jako statisticky vysoce významné ve 4 měřených bodech.

Tabulka 3 Výsledky významnosti

Číslo měření	x (průměr)	s <sub>x</sub>	n	hlukový limit [dB]	t	p
1	77,617	15,541	35	75	0,967	0,341
2	78,377	13,798	35	75	1,406	0,169
3	78,002	15,274	35	75	1,129	0,267
4	79,391	15,023	35	75	1,679	0,103
5	79,344	13,842	35	75	1,803	0,081
6	80,875	14,030	35	75	2,406	*
7	79,638	12,952	35	75	2,057	*
8	77,258	13,019	35	75	0,996	0,327
9	79,021	13,427	35	75	1,720	0,095
10	77,188	13,668	35	75	0,920	0,365
11	77,889	13,219	35	75	1,256	0,218

Zdroj: Vlastní výzkum

Ve výše uvedené tabulce 3 jsou zaznamenány naměřené údaje, které jsou porovnávány s limitní hladinou hluku na úrovni 75 dB. V takto vymezené hodnotě 75 dB jako maximální přípustný limit, je patrné, že průměry většiny frekvencí, převzaté ze všech bodů měření nepřesahují tuto stanovenou limitní hladinu hluku. Pouze v měřeném bodě 6 a 7 byly limity měřené hladiny zvuku statisticky významně překročeny. Většina uvedených hodnot v tabulce 3 jsou vysoce podlimitní a taktéž statisticky nevýznamné. Pouze u dvou hodnot došlo k statisticky významnému překročení limitu.

Tabulka 4 Výsledky významnosti

Číslo měření	x (průměr)	s <sub>x</sub>	n	hlukový limit [dB]	t	p
1	77,617	15,541	35	80	-0,881	0,385
2	78,377	13,798	35	80	-0,676	0,504
3	78,002	15,274	35	80	-0,751	0,458
4	79,391	15,023	35	80	-0,233	0,817
5	79,344	13,842	35	80	-0,272	0,787
6	80,875	14,03	35	80	0,358	0,722
7	79,638	12,952	35	80	-0,16	0,874
8	77,258	13,019	35	80	-1,21	0,235
9	79,021	13,427	35	80	-0,419	0,678
10	77,188	13,668	35	80	-1,182	0,246
11	77,889	13,219	35	80	-0,917	0,366

Zdroj: Vlastní výzkum

Ve výše uvedené tabulce 4 jsou zaznamenány naměřené údaje, které jsou porovnávány s limitní hladinou hluku na úrovni 80 dB. V takto vymezené hodnotě 80 dB jako maximální přípustný limit, je patrné, že průměry většiny frekvencí, převzaté ze všech bodů měření nepřesahují tuto stanovenou limitní hladinu hluku. V žádném měřeném bodě nebyly limity měřené hladiny zvuku statisticky významně překročeny. Veškeré uvedené hodnoty v tabulce 4 jsou vysoce podlimitní a taktéž statisticky nevýznamné.

V níže uvedené tabulce 5 jsou souhrnně uvedené naměřené hodnoty v komparaci na úroveň naměřené hladiny zvuku zaznamenané pomocí zvukového analyzátoru Sound Level Meter - 2270 - Brüel & Kjaer. Data byla vygenerována v hladinách různé hlukové zátěže. V prvním sloupci níže uvedené tabulky 5 jsou zaznamenány jednotlivé měřené body. Ve sloupci 2 jsou uvedené měřené hodnoty ze všech zvukových frekvencí (Hz). Ve třetím sloupci jsou uvedené údaje z průměrných naměřených hodnot hladiny hluku (dB) a v následném čtvrtém sloupci jsou minimální hladiny hluku (dB) a v páté maximální naměřené hladiny (dB). Na základě takto získaných údajů byla vydefinována směrodatná odchylka, která je uvedena v posledním šestém sloupci níže uvedené tabulky 5.

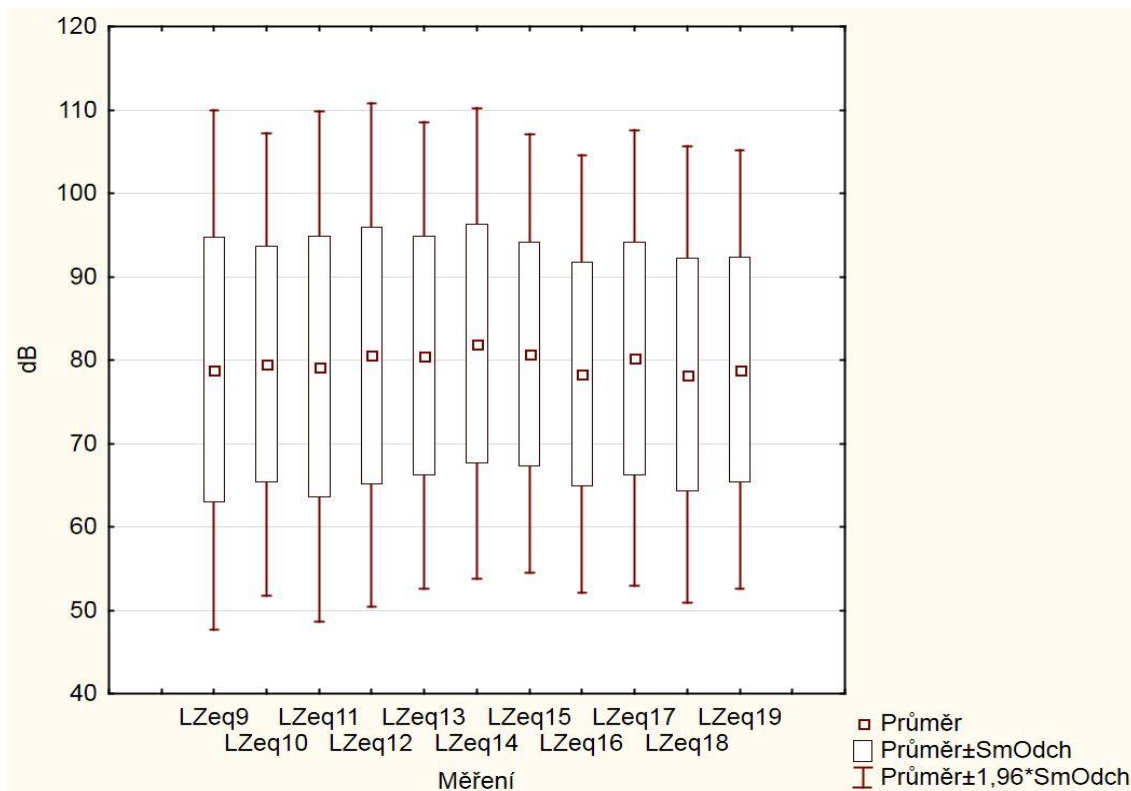
*Tabulka 5 Popisné statistiky*

Proměnná	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm. odch.
<b>1</b>	35	78,84086	39,44000	99,6500	15,89897
<b>2</b>	35	79,49029	38,77000	98,3900	14,15128
<b>3</b>	35	79,19486	34,79000	100,7900	16,61899
<b>4</b>	35	80,58600	30,13000	103,3700	15,40262
<b>5</b>	35	80,52486	35,54000	100,2800	14,28375
<b>6</b>	35	81,98829	33,89000	101,0900	14,36437
<b>7</b>	35	80,76371	39,57000	101,6500	13,40566
<b>8</b>	35	78,34086	37,47000	97,1800	13,39793
<b>9</b>	35	80,22057	37,85000	101,5100	13,93803
<b>10</b>	35	78,25714	32,25000	96,5800	13,97391
<b>11</b>	35	78,86086	36,07000	96,4500	13,43995

*Zdroj: Vlastní výzkum*

V tabulce jsou zanesena data z jedenácti měřených bodů, kde se hodnota hluku pohybuje v rozmezí 30 – 103 dB, v důsledku změn hlasitosti pouštěné hudby lektorem v závislosti na intenzitě cvičebního procesu zátěže. Jsou místa, která převyšují 80 dB. V celkovém průměru všech měřených míst se pohybují hodnoty v rozmezí doporučeném EPA 70 – 80 dB. Jak z výše uvedené tabulky vyplývá, jsou v maximálních hodnotách převyšovány doporučené hladiny hluku (80 db). Při vyhodnocení průměrných hodnot byla propučená norma překročena v měřených bodech 4, 5, 6, 7 a 9. Ostatní měřená stanoviště se pohybovala pod doporučeným limitem 80 dB. V minimálních hodnotách zaznamenaného hluku byla v úrovni minimální hlukové zátěže nepřekročena doporučená norma v žádné hodnotě. Tento vysoký rozdíl mezi maximálními a minimálními hodnotami přikládám regulaci hlasitosti reprodukováné hudby lektorem v době odpočinku cvičenců. Tím vznikl výrazný rozdíl mezi minimálními a maximálními naměřenými hodnotami.

*Graf 13 grafické znázornění maximální, průměrné a minimální hlukové zátěže (uvedeno v dB)*



*Zdroj: Vlastní výzkum*

V grafu 13 jsou zaznamenány hladiny úrovně hlukové zátěže ve všech měřených stanovištích. V grafu je zřejmá a vyznačená červenou čarou směrodatná odchylka (viz. legenda grafu 13). Tato hodnota je nejnižší v měřeném bodě 1, označeného v grafu LZeq 9 a nejvyšší v bodě 4 (LZeq 12). Bohužel výsledná data, která jsou zpracována statisticky, neumožňují změnu názvu stanoviště, proto jsou ve výše uvedeném grafu zaměněna dle následného klíče:

stanoviště 1 = LZeq9  
stanoviště 2 = LZeq 10  
stanoviště 3 = LZeq 11  
stanoviště 4 = LZeq12  
stanoviště 5 = LZeq 13  
stanoviště 6 = LZeq 14  
stanoviště 7 = LZeq15  
stanoviště 8 = LZeq 16  
stanoviště 9 = LZeq 17  
stanoviště 10 = LZeq18  
stanoviště 11 = LZeq 19

V grafu 13 jsou znázorněny maximální a minimální naměřené hodnoty prostřednictvím obdélníku (viz legenda grafu 13), kdy spodní hrana označuje minimální a horní hrana maximální naměřené hodnoty. Nejnižší naměřená hodnota po odečtu směrodatné odchylky byla naměřena v měřeném bodě 1 a nejvyšší v bodě 6. V grafu 13 jsou velmi zajímavým údajem zjištěné průměrné hodnoty, které jsou znázorněny čtverečkem (viz legenda grafu 13). Tyto hodnoty jsou překročeny v měřených bodech 4, 5, 6, 7 a 9. V těchto bodech se shodují s Bártlovou, která uvádí, že nadměrná hladina hluku může vézt k poškození sluch. Z měření vyplývá, že ve výše uvedených stanovištích k tomuto jevu dochází.



V průběhu práce byly zkoumány výzkumné otázky:

Otázka 1: Převyšuje doporučenou normu intenzita hluku ve vybraném sportovním centru zabývající se aerobním cvičením?

V průběhu práce bylo zjištěno, že hladina hluku ve vybraném zařízení v maximálních hodnotách statisticky velmi významně a vysoce významně převyšuje doporučený limit EPA pro 70 dB. V návaznosti na další měření však bylo zjištěno, že významně nebyly překročeny normy pro hladinu zvuku 80 dB, ač v maximálních hodnotách byly vysoce překročeny v rozmezí od 96,45 až 101,65 dB. Taktéž byl výrazně překročen limit 80 dB uvedených v grafech 2 až 12, kdy hlukový limit byl překročen v maximálních hodnotách ve středových frekvencích zvuku (Hz).

Otázka 2: Bude intenzita hluku ve vybraném sportovním centru odlišná v návaznosti na prostorové rozmístění jednotlivých cvičenců?

V návaznosti na popsané výsledky měření, byla zjištěna rozdílná hluková zátěž mezi jednotlivými stanovišti cvičenců. Naměřené rozdíly nejsou však tak zásadní, aby bylo možné takto tato data jednoznačně interpretovat. Rozdíly byly vyšší u stanovišť 4,5,6,7 a 9, kdy bylo vycházeno především z údajů v tabulce 5 a souhrnném grafu 13.

## 6 Závěr

Předmětem práce bylo zmapovat zvukovou zátěž akustického tlaku ve vybraném fitness centru. K vlastnímu výběru byl použit náhodný výběr, kdy bylo vybráno Fitness centrum 14 v Českých Budějovicích. Vlastní výzkum byl proveden ve vnitřních prostorech výše uvedeného centra a takto získaná data byla zpracována kauzálně pro potřeby měřeného centra či potřeby dalších výzkumů. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně opomíjenou problematiku, shledala jsem nedostatečné množství odborné literatury v této oblasti a v návaznosti na tuto skutečnost jsem zvolila kvalitativní výzkum. Před zahájením výzkumu byly předem stanoveny výzkumné otázky

Otázka 1: Převyšuje doporučenou normu intenzita hluku ve vybraném sportovním centru zabývající se aerobním cvičením?

Otázka 2: Bude intenzita hluku ve vybraném sportovním centru odlišná v návaznosti na prostorové rozmístění jednotlivých cvičenců?

Tyto otázky byly v průběhu zkoumání ověřovány a následně na základě výsledků zodpovězeny. U výzkumné otázky 1 bylo zjištěno, že hladina hluku ve vybraném zařízení v maximálních hodnotách statisticky velmi významně a vysoce významně převyšuje doporučený limit EPA pro 70 dB. V návaznosti na další měření však bylo zjištěno, že významně nebyly překročeny normy pro hladinu zvuku 80 dB. Toto může ve svém důsledku vézt k tomu, že v době sportování může docházet u cvičenců k průběžnému poškozování sluchu, jak uvádí řada autorů v teoretické části práce. Bylo by velmi vhodné jak ze strany odpovědných organizací, tak i samotnými poskytovateli služby (fitness centra), aby se touto otázkou zodpovědně zabývali.

Taktéž byly v rámci výzkumu měřeny jednotlivá stanoviště v rámci prostoru a to na základě výzkumné otázky 2. V průběhu celkového měření nebyly shledány zásadní rozdíly mezi jednotlivými měřenými stanovišti. V průběhu vypracování diplomové práce byla zaznamenána nedostatečná legislativa zabývající se problematikou této diplomové práce. Jsou určeny normy vymezující bezpečnost při práci, či hlukovou zátěž

ve venkovních prostorech, avšak nejsou stanovena přesná kritéria pro měření hlukové zátěže ve vnitřních prostorech sportovních center. Proto jsem pro práci využila normy dle EPA, které uvádějí limity v rozmezí 70 až 80 dB. Jako velmi vhodné shledávám přiměřené používání reprodukováné hudby při cvičení z důvodu ochrany zdraví, které cvičenci ve fitness centrech vyhledávají, avšak problém zvýšené zvukové zátěže je jak laickou tak i odbornou veřejností podceňován.

## 7 Seznamy

### 7.1 Použitá literatura

1. BALLOU, G. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, 2008, 1777 p. ISBN 978-024-0809-694.
2. BARTLOVÁ, A. *Negativní působení hluku a jeho prevence*. Brno, 2006. 55 l. Diplomová. Masarykova univerzita
3. BENCKO, V. a kol. *Hygiena: učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. Praha: karolinum, 1995. ISBN 80-7066-985-3.
4. BERNARD, M. a DOUCHA P. *Právní ochrana před hlukem*. Praha: Linde, 2008, 199 s. ISBN 978-807-2017-362.
5. BLAHUŠOVÁ, E. *Group exercise manual*. Praha: Grada, 2006.
6. ČSN EN ISO 9612. *Akustika - Určení expozice hluku na pracovišti - Technická metoda*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
7. ČSN ISO 1996-2 (011621) - *Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 2: Určování hladin hluku prostředí*. 1998
8. DANIEL, E. *Noise and hearing loss: a review*. *J Sch Health*, 2007. 77(5), 225-231. ISSN 0022-4391.
9. DYLEVSKÝ, I. a TROJAN S. *Somatologie*. 2. vyd. Praha: Avicenum, 1990, 271 s. ISBN 80-201-0026-1.
10. DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
11. DYLEVSKÝ, I. *Somatologie*. Olomouc: EPAVA, 2000. ISBN 80-86297-05-5.
12. GASCHA, H. a PFLANZ S. *Kompéndium fyziky: vzorce, zákony a pravidla, úlohy, příklady a jejich řešení, podrobná slovníková část*. Vyd. 1. Praha: Universum, 2008, 488 s. ISBN 978-80-242-2013-0.

13. HASALOVÁ, M. *Aerobik*. České Budějovice: Jihočeská univerzita. 2004, 110 stran.
14. *Hluk a zdraví*. Praha: Státní zdravotní ústav v nakl. Fortuna, 2001, 28 s. Místní orgány státní správy, životní prostředí a zdraví. ISBN 80-707-1185-X.
15. *Hluk*. Vyd. 2., aktualiz. Rožnov pod Radhoštěm: RoVS - Rožnovský vzdělávací servis, 2006, 72 s. Škodliviny v pracovním prostředí. ISBN 80-254-2486-3.
16. HNÍZDIL, J., KIRCHNER J. a NOVOTNÁ D. *Spinning: technika jízdy, trénink, výběr hudby*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 95 s., [8] s. il. ISBN 80-247-0963-5
17. LIBERKO, M. *Hluk v prostředí: problematika a řešení*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004. 25 s
18. MACÁKOVÁ, M. *Aerobik*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0057-3.
19. MIŠUN, V. *Vibrace a hluk*. 2. vyd., 1. vyd. v nakl. CERM. Brno: CERM, 2005, 177 s. ISBN 80-214-3060-5.
20. MOUREK, J. *Fyziologie*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3918-2.
21. NASSAR, G. The human temporary threshold shift after exposure to 60 minutes' noise in an aerobics class. *Br J Audiol*, 2001. 35(1), 99-101. ISSN 0300-5364.
22. NEČAS, E. *Obecná patologická fyziologie*. Univerzita Karlova v Praze. Praha: karolinum, 2000. ISBN 80-246-0051-X.
23. REED, J. AND D. S. ONES, The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychol Sport Exerc*, 2006. 7(5), 477-514. ISSN 1469-0292.
24. *Sborník k problematice ekologie zvukového prostředí a hudby*. Editor Lenka Dohnalová. Redaktor Olga Čenčíková. Ústí nad Labem: Pedagogická fakulta UJEP v Ústí nad Labem, 1998, 84 s. ISBN 80-704-4196-8.
25. SKOPOVÁ, M a BERÁNKOVÁ J. *Aerobik: kompletní průvodce*. Praha: grada, 2008. ISBN 978-80-247-1746-3.

26. SMUTNÝ, J. a PAZDERA L. *Měření a analýza hluku a vibrací s využitím moderních matematických metod*. 1. vyd. Brno: ECON, 2000, 64 s. ISBN 80-902-2688-4.
27. SYROVÝ, V. *Hudební akustika*. 1. vyd. Praha: akademie múzických umění, 2003, ISBN 80-733-1901-2.
28. TORRE III, P. AND J. C. HOWELL, Noise levels during aerobics and the potential effects on distortion product otoacoustic emissions. *J Commun Disord*, 2008. 41(6), 501-511. ISSN 0021-9924.
29. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. přepr. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
30. VELIKOVSKÝ, Z. a kol. *Vybraná témata z hygieny životního prostředí*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2007. 186 s. ISBN 978-80-7040-945-9
31. VLACHÝ, V. *Praxe zvukové techniky*. Praha: muzikus, 2000. ISBN 80-901-5376-3.
32. WALKER, I. *Výzkumné metody a statistika*. Vyd. 1. Editor Nigel Holt, Robert Lewis. Praha: Grada, 2013, 218 s. Z pohledu psychologie. ISBN 978-802-4739-205.
33. WILSON, W. J. AND N. HERBSTEIN, The role of music intensity in aerobics: implications for hearing conservation. *J Am Acad Audiol*, 2003. 14(1), 29-38. ISSN 1050-0545.
34. ZHAO, F., V. K. MANCHAI, D. FRENCH AND S. M. PRICE, 2010. Music exposure and hearing disorders: an overview. *Int J Audiol*. 2010. 49(1):54-64.
35. PÁNA, L. a SOMR M. *Metodologie a metody výzkumu*. 1. vyd. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2007, 164 s. ISBN 978-808-6708-522.

## 7.2 *Webové stránky:*

1. *Specializace oddělení - KNTB: Krajská nemocnice T. Bati, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2013-06-18]. Dostupné z: <http://www.kntb.cz/specializace-ori>
2. Akustika, vznik a šíření zvuku. *Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu* [online]. 2004 [cit. 2013-06-12]. Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly\\_akustika.htm](http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm)
3. Zdravotní účinky hluku, SZÚ. *Zdravotní účinky hluku* [online]. 2011 [cit. 2013-07-04]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>
4. George Mason University || Physics and Astronomy. *Is Your Aerobics Class Making You Deaf?* [online]. 2006 [cit. 2013-07-04]. Dostupné z: [http://www.physics.gmu.edu/faculty\\_staff/exercise.html](http://www.physics.gmu.edu/faculty_staff/exercise.html)
5. 2270 - Sound Level Meter - 2270 - Brüel & Kjaer. *Sound Level Meter - 2270* [online]. 2013 [cit. 2013-07-010]. Dostupné z: <http://www.bksv.com/Products/handheld-instruments/sound-level-meters/sound-level-meters/type-2270.aspx>
6. [www.kiv.zcu.cz/~lobaz/mhs/prednasky2005/mhs\\_2005\\_03\\_neg2up.pdf](http://www.kiv.zcu.cz/~lobaz/mhs/prednasky2005/mhs_2005_03_neg2up.pdf). *Multimediální a hypermediální systémy* [online]. 2005 [cit. 2013-08-01]. Dostupné z: [http://www.kiv.zcu.cz/~lobaz/mhs/prednasky2005/mhs\\_2005\\_03\\_neg2up.pdf](http://www.kiv.zcu.cz/~lobaz/mhs/prednasky2005/mhs_2005_03_neg2up.pdf)

### **7.3 Seznam obrázků**

Obrázek 1 Sluchové pole

Obrázek 2 Sluchový aparát

Obrázek 3 Sál pro spinning pohled zpředu

Obrázek 4 Sál pro spinning pohled zezadu

Obrázek 5 Mixážní pult

Obrázek 6 Reproduktor

Obrázek 7 Ruční analyzátor Sound Level Meter - 2270

Obrázek 8 Umístění zvukového analyzátoru

Obrázek 9 Práce se zvukovým analyzátozem při přípravě jednotlivého bodu měření

Obrázek 10 Nákres půdorysu místnosti s rozmístěním jedlových měřených bodů

### **7.4 Seznam grafů**

Graf 1 Výsledky měření hluku v místnosti

Graf 2 Výsledky měření bodu 1

Graf 3 Výsledky měření bodu 2

Graf 4 Výsledky měření bodu 3

Graf 5 Výsledky měření bodu 4

Graf 6 Výsledky měření bodu 5

Graf 7 Výsledky měření bodu 6

Graf 8 Výsledky měření bodu 7

Graf 9 Výsledky měření bodu 8

Graf 10 Výsledky měření bodu 9

Graf 11 Výsledky měření bodu 10

Graf 12 Výsledky měření bodu 11

Graf 13 grafické znázornění maximální, průměrné a minimální hlukové zátěže (uvedeno v dB)

### **7.5 Seznam tabulek**

Tabulka 1 Test průměrů vůči referenční konstantě

Tabulka 2 Výsledky významnosti

Tabulka 3 Výsledky významnosti

Tabulka 4 Výsledky významnosti

Tabulka 5 Popisné statistiky