

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Bakalářská práce

**Vliv komunální techniky na životní prostředí**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie ŠÍSTKOVÁ, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Marie ŠÍSTKOVÁ, CSc.

Autor bakalářské práce: Václav Vozábal

České Budějovice, 2017

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav VOZÁBAL**  
Osobní číslo: **Z14124**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Vliv komunální techniky na životní prostředí**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

*V literární rešerši práce se zaměřte na:*

1. Techniku používanou k údržbě zeleně v parcích a zahradách a její vývoj.
2. Hluk a zdroje hluku u této techniky.
3. Legislativu z hlediska hluku ve venkovním životním prostředí.

*V praktické části práce proveďte:*

1. Výběr techniky (alespoň 3 strojů) používané při údržbě zeleně (parků, zahrad aj.).
2. Měření hladin akustického tlaku  $L_{pA}$  ve vybrané vzdálenosti (podle možnosti) od těchto strojů při jejich pracovní činnosti (běžném pracovním provozu).
3. Z naměřených hladin akustického tlaku výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq,T}$  a určení  $L_{pAmin}$  a  $L_{pAmax}$ .
4. Vyhodnocení způsobu údržby (použité techniky) z hlediska hlukové zátěže okolního prostředí .

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy - dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Günther-Hansen-Veit. Technische Akustik. Expert Verlag. Esslingen, 2008;  
Nový, R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009;  
Celjak, I., Šístková, M.: Hluková zátěž při provozu malotraktorů. Komunální technika: odborný měsíčník pro komunální služby, 2009, roč. 3, č. 9, s. 39-43;  
Sbírka zákonů č. 272 / 2011, částka 97. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací;  
ČSN ISO 1996-1 Akustika - popis, měření a hodnocení hluku prostředí: Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení. 2004;  
ČSN ISO1996-2. Akustika - popis, měření a posuzování hluku prostředí: Část 2: Určování hladin hluku prostředí. 2009;  
Časopis Komunální technika (např. 3/2014)  
Firemní katalogy

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Marie Šístková, CSc.**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2017**

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA <sup>43</sup>  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 21. března 2016

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 04. 05. 2017

.....

Václav Vozábal

### **Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Marii Šístkové, CSc. za zapůjčení měřicí techniky, pomoc, ochotu a odborné rady při zpracování bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat Obecnímu úřadu Hracholusky, zastoupenému starostou Václavem Vozábalem, za umožnění měření na pozemcích obce a za zapůjčení měřené komunální techniky. V neposlední řadě děkuji zaměstnancům obce Hracholusky, kteří připravili a následně obsluhovali techniku po dobu mého měření, jmenovitě Václavu Zíkovi a Jiřímu Hondlíkovi.

**Abstrakt:**

Bakalářská práce je zaměřena na komunální techniku ze stránky jejího vlivu na životní prostředí a hlukové zátěže. Komunální technikou se v tomto případě rozumí křovinořez, bubnový žací stroj a žací travní malotraktor. Primární cíl této práce je praktické měření hluku na odlišných místech. V bakalářské práci jsem se zaměřil na výběr vyhovujících stanovišť pro měření a také na měření u zdroje hluku. Po důkladném změření hluku jsem následně provedl výpočet ekvivalentní hladiny hluku, nejnižší i nejvyšší hladiny akustického tlaku. Všechna získaná data jsou přenesena do grafů a tabulek. Výsledné hodnoty jsou porovnány s hygienickými limity pro chráněné venkovní prostory a hodnocené podle platné legislativy.

**Klíčová slova:** komunální technika, zvuk, hluk, životní prostředí, ekvivalentní hladina hluku, hladina akustického tlaku

**Abstract:**

This bachelor work is focused on communal technology from the perspective of its impact on environment and noise pollution. Communal technology is in this case understood as brush cutter, drum chipper and riding mower. The primary aim of this work is the practical measurement of the noise in different locations. In this bachelor work, I focused on the choice of stations, which were suitable for measuring of the noise and also for the measuring near the source of the noise. After the detailed measurement of the noise, I subsequently carried out the calculation of the equivalent level of the noise, the lowest and the highest acoustic pressure. All the data, which I gained, are transferred to graphs and tables. The final values are compared to hygienic limits of the sheltered exterior areas and evaluated according to the valid legislation.

**Keywords:** communal technology, sound, noise, environment, equivalent level of the noise, level of acoustic pressure

## Obsah:

1. Úvod.....	10
2. Literární přehled.....	13
2.1 Přehled techniky používané k údržbě zeleně .....	13
2.1.1 Historie .....	13
2.1.2 Ruční nářadí pro sekání trávy .....	13
2.1.3 Princip práce žacích strojů.....	14
2.1.3.1 Žací stroje pracující na principu stříhu .....	14
2.1.3.2 Žací stroje pracující na principu řezu bez protiosťří.....	14
2.1.4 Rozdělení žacích strojů z kategorie malé mechanizace .....	15
2.1.4.1 Rozdělení žacích strojů podle charakteru pracovního orgánu .....	15
2.1.4.2 Rozdělení žacích strojů podle pohonné jednotky.....	15
2.1.4.3 Rozdělení žacích strojů podle velikosti a charakteru sečené plochy.....	15
2.1.4.4 Rozdělení žacích strojů podle způsobu pohybu .....	16
2.1.4.5 Rozdělení žacích strojů podle manipulace s posečenou hmotou .....	16
2.1.5 Požadavky na mechanizační prostředky pro údržbu zeleně .....	16
2.1.6 Žací stroje s žacím ústrojím vřetenovým.....	17
2.1.6.1 Hlavní části vřetenového žacího stroje .....	18
2.1.6.2 Seřízení a údržba vřetenových jednotek .....	19
2.1.7 Žací stroje s přímovratným pohybem nožů .....	19
2.1.7.1 Žací stroje prstové.....	19
2.1.7.2 Žací stroje bezprstové (s protiběžnými kosami) .....	19
2.1.8 Žací stroje rotační .....	20
2.1.8.1 Žací stroje strunové.....	20
2.1.8.2 Žací stroje s bubnovým adaptérem s otočně připevněnými noži .....	21
2.1.8.3 Žací stroje s rotujícím nožem.....	22
2.1.8.4 Žací stroje cepové (mulčovače) .....	24
2.2 Zvuk .....	25
2.2.1 Historie akustiky .....	26
2.2.2 Definice zvuku.....	26
2.2.3 Zdroje zvuku.....	27
2.2.4 Šíření zvuku .....	28
2.2.5 Vlivy prostředí na šíření zvuku.....	28
2.2.6 Akustický tlak.....	31
2.2.7 Infrazvuk a ultrazvuk.....	32
2.3 Hluk.....	32
2.3.1 Definice hluku .....	32
2.3.2 Zdroje hluku.....	34

2.3.3	Typy hluku.....	35
2.3.4	Měření hluku.....	36
2.3.5	Vnější vlivy prostředí na měření hluku.....	37
2.3.6	Měřicí technika.....	38
2.3.7	Hluk jako faktor životního prostředí.....	39
2.4	Základní veličiny.....	42
2.4.1	Kmitočet.....	42
2.4.2	Decibel.....	42
2.4.3	Vlnový odpor.....	43
2.4.4	Vlnová délka zvuku.....	43
2.4.5	Akustický tlak.....	44
2.4.6	Akustický výkon.....	44
2.4.7	Akustická rychlost.....	44
2.4.8	Dopplerův jev.....	45
2.5	Legislativa.....	46
3.	Cíl práce.....	49
4.	Metodika.....	50
4.1	Charakteristika obce Hracholusky.....	50
4.2	Měřená komunální technika.....	51
4.2.1	Křovinořez Stihl FS 450.....	51
4.2.2	Motor Jikov 1447 ISKRA DV + Motor Jikov BDR 700.....	52
4.2.2	Simplicity Baron XL 2WD.....	54
4.3	Použitá měřicí technika.....	56
4.4	Postup měření.....	58
4.4.1	Vlastní měření.....	58
4.4.2	Časový rozsah měření.....	58
4.4.3	Stanoviště měření.....	59
4.5	Postup vyhodnocení naměřených hodnot.....	59
5.	Naměřené hodnoty.....	60
5.1	Měření na dětském hřišti.....	60
5.1.1	Měření na dětském hřišti - křovinořez.....	61
5.1.2	Měření na dětském hřišti – bubnová sekačka.....	67
5.1.3	Měření na dětském hřišti – zahradní traktor.....	74
5.2	Měření mezi bytovými domy.....	83
5.2.1	Měření mezi bytovými domy - křovinořez.....	83
5.2.2	Měření mezi bytovými domy – bubnová sekačka.....	91
5.2.3	Měření mezi bytovými domy – zahradní traktor.....	97
5.3	Srovnání naměřených hodnot s legislativou.....	104



6. Diskuze.....	107
7. Závěr .....	110
8 Seznam použité literatury.....	111

# 1. Úvod

Tvorba, ochrana a starost o životní prostředí je v dnešní době pořád velmi časté téma, které ve všech vyspělých zemích světa vytváří prostor k diskuzi. Zároveň se jedná o jednu z nejdůležitějších úloh současné moderní společnosti. Životní prostředí je v současnosti velmi zatížené vysokým množstvím negativních antropogenních vlivů. Tyto nepříjemné potíže se projevují jak v malém, tak i ve velkém rozsahu. Jedná se například o znečištění vod či ovzduší, úbytek a snižování kvality zemědělské půdy, globální oteplování a další. Mezi zmíněné problémy patří právě i nadměrné zatížení hlukem, tedy problém s hlukovou zátěží. Bohužel je hluk a problémy s ním spojené velmi často podceňovány, a to i přes to, že negativní působení hluku bylo již mnohokrát prokázáno. Záporné účinky daných činitelů se dají ve větší míře předpokládat na místech, kde je vyšší koncentrace populace. Jedná se tedy v první řadě o obyvatele velkých měst.

Hluk a zvuk jsou součástí všech žijících organismů na naší planetě Zemi, nejen lidí. Již od nepaměti jsou součástí životního prostředí. Zvuk je jedním smyslových vjemů a vnímáme jej sluchem. Sluch nám pomáhá přizpůsobit se prostředí, orientovat se v prostoru, upozorňuje nás před nebezpečím, slouží ke komunikaci s lidmi a okolím. Zvuky, kterých je přemíra, působí v nepříjemné intenzitě, v nevhodném období či prostoru, se nazývají škodlivé, obtěžující či nežádoucí. Následkem nadbytečného zvuku může také docházet k rušení vnímání podstatných zvukových signálů. Tyto nezdravé zvuky nazýváme hluk. Hluk může mít na člověka jak pozitivní, tak i negativní vliv. V současnosti má však bohužel převahu spíše negativní vliv zvuku a převážně hluku. Negativní účinky hluku jsou odlišné dle charakteru člověka. Záleží na jeho aktuální náladě, vnímání, věku, zkušenostech, fyziologických vlastnostech nebo například psychickém stavu určité osoby. Pro někoho může být příjemným zvukem například skladba od punkové hudební skupiny, pro jiné je to však velmi nepříjemný hluk.

V posledních letech se hluk stává stále důležitějším problémem. Zvyšující se hlučnost je přímo úměrná s rozvojem průmyslu a dopravy. Tento problém se tak každý den šíří na další a další území a rozšiřuje se tak pomalu do celého světa. Primárním

zdrojem hluku jsme tedy my neboli člověk a jím vyrobené věci a stroje. Dokonce i sama příroda je zdrojem hluku, samozřejmě ve velmi nepatrné míře. Technika a její využívání má tedy stále největší podíl na vytváření hluku. Velký nárůst techniky je zaznamenán ve všech sférách, ať už se jedná o přírodu, domácnosti či pracovní místa. Jelikož v průběhu několika let člověk velmi zpohodlněl, stroje za nás vykonávají čím dál tím více práce.

Ve většině případů se dnes setkáváme s hlukem, který nepůsobí určité poruchy nebo přímé bolesti. Někteří lidé si bohužel neuvědomují, čeho všeho je hluk schopen a co všechno může způsobit. Hlavně si neuvědomují, že se jeho negativní vliv se ve většině případů neprojevuje ihned. Mezi nejvíce časté potíže vyvolané hlukem patří nervové problémy, poruchy spánku i vnitřních orgánů, nesoustředění a ztráta sluchu. Vystavování se dlouhodobě přílišným úrovním hluku je tedy vysoce nebezpečné. Člověk totiž bere hluk jako samozřejmost a mnohdy přehlíží zvukový vjem až do chvíle, kdy začne vytvářet bolest. Pro hluk i zvuk je typické, že se šíří téměř všemi skupinami látek, a to i na velmi značné vzdálenosti. Šířit se dokáže nejlépe vzduchem, dobře se však šíří i pevnými či kapalnými látkami. Naneštěstí hluk postihuje nejen jeho tvůrce, ale i široké okolí, pro které se stává velmi nežádoucím.

Máme dva druhy protihlukového opatření. Prvním typem je vhodné konstrukční řešení, tedy konstrukce vyřešená tak, aby hluk ideálně vůbec nevznikal anebo byla hladina hluku co nejnižší. Druhé východisko je snížit hluk přímo u zdroje, případně dodatečně navrhnout účinnou protihlukovou bariéru, která by měla za cíl chránit okolí. Může jít o ochranné pracovní pomůcky, okna, kryty sloužící k izolování hlučných částí strojů, protihlukové stěny nebo pomyslnou bariéru jakou je dostačující vzdušná vzdálenost od hlučného místa. Což může být například venkov, kde ve větší případy bývá klid a kde se můžeme před hlukem schovat.

Bylo již vydáno několik zákonů, nařízení, norem a jiných právních předpisů, které mají sloužit jako legislativní opatření a které by měli zajišťovat ochranu lidí před přebytečným hlukem.

Neodmyslitelná součást životního prostředí je zeleň, která má kladný účinek na člověka. Mezi zeleň patří mimo jiné i trávníky, které jsou přirozeně součástí životního prostředí. Tento typ zeleně je zapotřebí udržovat a věnovat jim péči. Trávníky musíme udržovat takovým způsobem, aby plnily požadovanou funkci jako

je rekreační, estetická, obytná a biologicko-hygienická funkce. K údržbě trávníků používáme rozdílné typy malé mechanizace, které ovlivňují kvalitu a skladbu trávníku.

## **2. Literární přehled**

### **2.1 Přehled techniky používané k údržbě zeleně**

Pro sečení travnatých ploch a trávníků se dnes používá celá řada žacích strojů, které liší dle tvaru nožů a dodávané pohybové energie. Cílem těchto strojů je zkracovat travní porost a udržovat ho v určité délce.

V oblasti malé mechanizace je značné množství rozdílných druhů žacích strojů. Kupříkladu stroje s vlastním pohonem, ručně tlačené žací stroje nebo traktory s namontovaným žacím ústrojím, které může být tvořeno rotačním nožem, s protiběžnými noži, vřetenovým ústrojím či žacím ústrojím cepovým.

#### **2.1.1 Historie**

Po staletí byly klasickými nástroji pro kosení srp a kosa. Tyto nástroje neznečišťují ovzduší a jsou levné, což je jejich velkou předností. Nevýhodou naopak je, že se při sečení špatně udržuje stejnoměrná výška sečeného porostu a práce se srpem či kosou je ve srovnání s dnešními mechanickými stroji velmi pomalá. Na počátku 19. století byl v Anglii vyroben první mechanický ručně vedený žací stroj s vřetenovým žacím ústrojím. Tento stroj poskytoval a stále poskytuje nejkvalitnější stříh. V roce 1900 byl vyroben žací stroj na motorový pohon a od té doby se již vytvořilo několik modelů a druhů žacích strojů. V současnosti se kosí z velké části pouze motorovými žacími stroji. V porovnání se srpem či kosou jsou náklady na provoz těchto strojů několikanásobně vyšší, to samé platí i co se týče jejich pořizovacích cen.

#### **2.1.2 Ruční nářadí pro sekání trávy**

##### Srp

Srp je definován jako nejmenší ruční nářadí pro sečení trávy. Z tvarované rukojeti pro držení jednou rukou vystupuje do oblouku zakřivení čepele směrem k špici. Ostří je buď zubaté, nebo hladké. Za ostřím je hřbet na vnější straně zesílen. Na vnitřní straně zakřivení je zbroušen do táhlého ostří, zakončeného ostrým hrotem. Na toto se nesmí zapomínat, protože při kosení se dá snadno špičkou zachytit o nerovnost terénu a srp se může poškodit, v některých případech může dokonce dojít i ke zranění. Srp se využívá k dosekávání trávy v různých zákoutích. [1]

## Kosa

Kosa slouží ke kosení, tj. oddělování vzrostlé části rostliny od kořene. Skládá se z dřevěného kosiště, opatřeného jednou nebo dvěma rukojetěmi. Pracovní částí kosa je tenký ocelový plát ve tvaru mírně zahnutého nože, v horní části zpevněného lemem (límcem) a ukončeným patkou. Pracovní část je ke kosišti připevněna patkou prostřednictvím spojky se dvěma upevňovacími šrouby se čtyřhranou dírou. [2]

### **2.1.3 Princip práce žacích strojů**

Žací stroje je možné rozdělit na dvě podskupiny, které se od sebe navzájem odlišují principem práce.

- a) Žací stroje pracující na principu řezu bez protiostrů
- b) Žací stroje pracující na principu stříhu

#### **2.1.3.1 Žací stroje pracující na principu stříhu**

Někdy se také můžeme mluvit o řezu s oporou. Samotný název těchto žacích strojů nám již prozrazuje, že tyto stroje pracují na principu sečení materiálu, který je přiveden mezi dva (případně i tři) rezné břity. Po stlačení, při němž se hmota opírá o jeden (nebo dva) z nich, je břitem na noži uříznuta. Můžeme říci, že v praxi jde opravdu o stříhání. Střížný řez může probíhat při poměrně malé rezné rychlosti, která se obvykle pohybuje okolo 1,5 až 3 m.s<sup>-1</sup>. Výše zmíněným principem vykonávají práci stroje s přímovratným pohybem nůžů a žací stroje vřetenové. [3]

#### **2.1.3.2 Žací stroje pracující na principu řezu bez protiostrů**

O této skupině žacích strojů můžeme hovořit jako o principu řezu bez opory. Tento princip je od předchozí skupiny strojů, které používají ke své práci protiostrů a nože, mezi nimiž dochází k vlastnímu řezání, odlišný tím, že uvedené stroje pracují pouze s jedním nožem bez konstrukčně vyřešeného protiostrů. Nůž se pohybuje velmi vysokou rychlostí po obvodě svého nositele. Řezání rostlinných stonků není v tomto případě už provedeno jako stříh, nýbrž jako řez realizovaný při velmi značné rychlosti nože. Jedná se o tak vysokou rychlost (65 až 85 m.s<sup>-1</sup>), že není zapotřebí opora pro stonek. Oporu v tomto případě představuje odpor porostu, který je podmínkou pro jeho

uříznutí. Je dán setrvačností stébel, jejich tuhostí, a částečně také podepřením sousedních stébel. V praxi se můžeme setkat s řeznou rychlostí, pohybující se mezi 65 až 85 m.s<sup>-1</sup>, blížící se spíše k vyšším hodnotám zmíněného rozmezí. Na uvedeném principu vykonávají práci hlavně rotační žací stroje. [3]

## **2.1.4 Rozdělení žacích strojů z kategorie malé mechanizace**

### **2.1.4.1 Rozdělení žacích strojů podle charakteru pracovního orgánu**

- a) Vřetenové žací stroje
- b) Žací stroje s přímo vratným pohybem nožů
- c) Rotační žací stroje
  - stroje strunové
  - s bubnovým adapterem s otočně připevněnými noži
  - s rotujícím nožem
  - stroje cepové

### **2.1.4.2 Rozdělení žacích strojů podle pohonné jednotky**

- a) Žací stroje poháněné spalovacím motorem
  - dvoudobým
  - čtyřdobým (vznětovým, zážehovým)
- b) Žací stroje poháněné elektromotorem
  - s připojením k síti
  - akumulátorové
  - solární (energii získávají ze solárních článků)

### **2.1.4.3 Rozdělení žacích strojů podle velikosti a charakteru sečené plochy**

- a) Strunové žací stroje (vyžínače)
- b) Zahradní (domácí) rotační žací stroje
  - elektrické (do 800 m<sup>2</sup>)

- se spalovacím motorem (800 – 2000 m<sup>2</sup>)

c) Ridery (1500 – 3000 m<sup>2</sup>)

d) Žací malotraktory s jednou žací sekcí (2500 – větší)

e) Žací malotraktory s několika žacími sekcemi

#### **2.1.4.4 Rozdělení žacích strojů podle způsobu pohybu**

a) Nesené (na ramenním popruhu)

b) Tlačené při chůzi za stroje (pojezd po kolech, vznášedlové)

c) S vlastním pohonem kol ovládané při chůzi za strojem

d) S vlastním pohonem, ovládané mikropočítačem

e) S vlastním pohonem, ovládané obsluhou sedící na stroji (žací malotraktory)

#### **2.1.4.5 Rozdělení žacích strojů podle manipulace s posečenou hmotou**

a) S odhozem ústřížků na posečenou plochu (za stroj, vedle stroje)

b) Sběr ústřížků do neseného kontejneru

c) Rozmělnění ústřížků trávy a jejich ponechání v posečené ploše za strojem

[4]

#### **2.1.5 Požadavky na mechanizační prostředky pro údržbu zeleně**

- Vysoká provozní spolehlivost
- Nízká hmotnost – zpravidla se jedná o mechanizované či ruční nářadí
- Ergonomické řešení tj. zohlednění jednostranné námahy (záda, ruce)
- Uplatnění bezpečnostních krytů a řešení bezpečnostních pojistek
- Zachování přípustné hranice hluchnosti
- Rychlé a snadné nastavení výšky strniště
- Snadná výměna pracovních nástrojů
- Anatomicky tvarované rukojeti
- Snadná ovladatelnost



- Řešení pracovních nástrojů s ohledem na vysokou kvalitu řezu
- Minimální přenášení vibrací na obsluhu
- U rozměrnějších prostředků řešení skladnosti při dopravě
- Oddělování listů a stébel trav hladkým a kolmým řezem (stříhem)
- Robustní konstrukce
- Snadná údržba a obsluha, dostupnost servisu [5]

### 2.1.6 Žací stroje s žacím ústrojím vřetenovým

Žací stroje s žacím ústrojím vřetenovým jsou vývojově nejstarší. S vynálezem sekačky na principu tohoto kosícího ústrojí přišel pan Edwin Budding ze Stroudu v hrabství Gloucestershire, a to už v roce 1830. V roce 1832 je započala výrobu také společnost Ransome, Sims and Jefferies. [5]

Rozlišujeme bezmotorové, s elektromotorem nebo benzinovým motorem. Pouze v této kategorii můžeme najít bezmotorové žací stroje. Jejich záběr se většinou pohybuje od 30 do 40 cm a jsou vhodné pro maximální plochu zahradních trávníků do 300 m<sup>2</sup>. Na větší plochy používáme stroje se záběrem až 75 cm, které jsou již poháněné elektrickými či benzinovými motory.

Vřetenové žací stroje (obrázek 1) poskytují nejkvalitnější stříh. V Anglii je využívá minimálně 50 % uživatelů. Výška stříhu je nastavitelná. Předpokladem hladkého a stejnoměrného stříhu trávy je přesné nastavení stabilního spodního bříty proti spirálovitě sestaveným nožům rotujícím proti němu. Před každým kosením je vhodné zkontrolovat přesnost vzájemného dotyku nožů.

Těmito žacími stroji je nemožné kosit travní porost vyšší, než jsou dvě třetiny průměru rotujícího vřetene se spirálovitě stočenými noži. Je-li tedy běžný průměr zhruba 15 cm, není problém kosit trávníkový porost, jehož výška nepřesahuje 10 cm. Vyšší porost je možné sekat jen velmi obtížně. To znamená, že majitel vřetenového žacího stroje je nucen k sekání v kratších intervalech. [6]



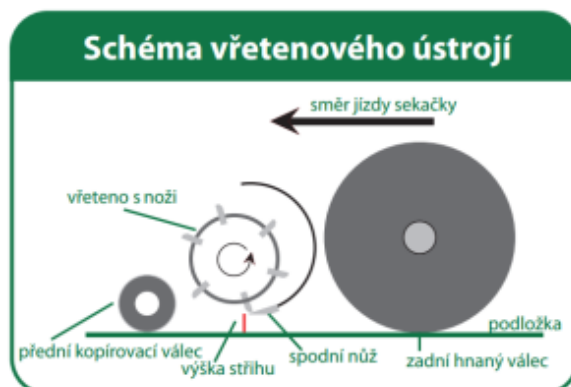
**Obrázek 1** – Vřetenová sekačka [42]

### 2.1.6.1 Hlavní části vřetenového žacího stroje

Hlavními částmi vřetenového žacího stroje (obrázek 2) jsou žací vřetena, dolní nože, přední a zadní válec. Přední válec podepírá přední žací mechanismus a skrze něj se ovládá nastavení výšky sečení.

Zadní válec, který pohání žací mechanismus, je obvykle ve dvou sekcích, které je možné pohánět rozdílnými rychlostmi, při otáčení v rozích na konci kosené plochy. Umožňují proměnlivou rychlost při odlišných činnostech. Pomáhají v prevenci před poškozením trávníku při otáčení na vlhké trávě (pracuje jako diferenciál).

Žací vřeteno disponuje určitým počtem žacích nožů ve spirálovitém uspořádání po obvodu válce, který je připevněn na hlavní ose. [4]



**Obrázek 2** – Schéma činnosti vřetenového žacího ústrojí [43]

### **2.1.6.2 Seřízení a údržba vřetenových jednotek**

Vřetenové kosící ústrojí je přesný nástroj, kterým jsme schopni, při dostání veškerých zásad pro údržbu a seřízení, docílit vynikající kvality práce. V porovnání se všemi druhy kosících ústrojí je ze stránky seřízení a údržby vřetenové ústrojí nejnáročnější. Člověk, který pracuje s kosícím ústrojím vřetenovým, dokáže údržbou a seřízením vřetenové jednotky velmi zřetelně ovlivnit vzhled posečené plochy a kvalitu stříhu. [7]

### **2.1.7 Žací stroje s přímovratným pohybem nožů**

Jde o vývojově mladší ústrojí, které vykonává práci na principu hřebenovitě uspořádané lišty, mezi jejímiž prsty bočně kmitá soustava břitů (kosa), které trávu odstřihávají. Vyrábí se výhradně v motorovém provedení. [5]

#### **2.1.7.1 Žací stroje prstové**

Pracovní ústrojí se tvořenou lištou, která je vybavená kónickými hroty (prsty) ve formě hřebenu, mezi nimiž bočně kmitá pohyblivá kosa uspořádaná z trojúhelníkových naostřených čepelí tzv. žabek. [3]

#### **2.1.7.2 Žací stroje bezprstové (s protiběžnými kosami)**

Konstrukce bezprstového žacího stroje se základním provedením neliší od prstové žací lišty. Nicméně se zásadně odlišuje svým žacím ústrojím, které představuje dvě protiběžné kosy, držené v záběru speciálními přidržovači. Pohon klikového mechanismu je zde řešen hydraulicky či mechanicky. [10]

Bezprstové žací stroje jsou pro svou provozní spolehlivost a vyšší výkonnost u menších zemědělců populárnější než prstové žací stroje. Kvalita stříhu (sečení) záleží také na přesnosti seřízení lišty s kosou a na nabroušení břitů. Lištové žací stroje (obrázek 3) se hodí hlavně ke kosení extenzivních typů trávníků (louky). Jedná se tedy o takové porosty roustoucí do větší výšky a kosí se 1-3 za rok. Záběry těchto žacích strojů se obvykle pohybují v rozmezí od 0,7 do 1,5 m. [10]



**Obrázek 3** – Lištová sekačka [44]

## **2.1.8 Žací stroje rotační**

Rotační žací stroje fungují na principu řezu bez opory za pomoci vodorovně rotujícího nástroje o vysoké obvodové rychlosti, který rostlinné části uřezává. Kvalita řezu závisí na rychlosti rotace a naostření nožů. U nesprávně naostřeného nástroje jsou řezné plochy listů roztřepené, zasychají, trávy se oslabují a trávník nevypadá pěkně. Při sekání je zapotřebí zachovávat bezpečnostní opatření (možnost odletujících kamenů apod.). [11]

### **2.1.8.1 Žací stroje strunové**

Křovinořez (obrázek 4) či vyžínač (obrázek 5) je motomanuální stroj, který je v současnosti velmi dobře uplatnitelný v řadě činností, především v zemědělství, lesnictví, zahradách, sadařství, parcích, při péči o veřejnou zeleň, vodoteče a komunikace atd. Při ráci je křovinořez nesen po boku vzpřímeného člověka, který jej má obvykle zavěšen na nosných popruzích na trupu a ovládá jej za pomoci rukou. Pohon tohoto stroje je zajišťuje většinou dvoudobý, méně často čtyřdobý, eventuálně elektrický motor, který přenáší točivý moment na pracovní nástroj křovinořezů hřídelem, který se nachází v nosné trubce a na jejímž spodním konci je umístěna upínací hlavice nástrojů. Přínosem je značná rozmanitost účelů, při kterých lze křovinořez využít. To je dáno jak individuální koncepcí tohoto stroje, tak i rozsáhlou škálou pracovních nástrojů a schopností jeho nasazení i ve velice komplikovaných terénech. Křovinořez je možné výhodně uplatnit např. při kosení trávy v pastvinách,

zahradách, loukách, při úpravě zemědělských objektů, okolí domů, při meziřádkové kultivaci v zahradách apod. [12]



**Obrázek 4** – Křovinořez [45]



**Obrázek 5** – Elektrický vyžínač [46]

#### **2.1.8.2 Žací stroje s bubnovým adaptérem s otočně připevněnými noži**

V této skupině se nachází žací stroje s rotačním pohybem nožů, které využívají vysokých rezných rychlostí, která se pohybuje kolem  $85 \text{ m.s}^{-1}$ , a ke své práci nevyžadují konstrukčně vyřešené protiostrží. Ústrojí žacích strojů bubnového provedení (obrázek 6) jsou jednoduchá a spolehlivá v práci. Energeticky jsou však náročnější než žací ústrojí s přímovratným pohybem nožů. A to z toho důvodu, že žací ústrojí těchto strojů nemá nepohyblivý protibřit a má vysokou rychlost pohybu do řezu, umožňuje vyšší pojezdové rychlosti žacího stroje, neucpává se, snadněji kosí porosty

s vyššími výnosy, hustší i polehlé, nicméně potřebuje povrch bez kamenů. Žací ústrojí těchto strojů funguje na principu řezu bez opory.

Z hlediska konstrukčního využívá tato malá mechanizace rotační žací adaptéry se svislou osou otáčení pracovních orgánů a pohonem shora. Adaptér je tvořen jedním otáčejícím se bubnem, který je opatřen ve spodní části vlastními žacími noži, které jsou otočně k bubnu připevněny.

Dle konstrukce adaptéru jsou tyto žací stroje rozděleny na jednobubnové a dvoububnové. Průměr bubnu mimo jiné také udává šířku záběru stroje. Buben se při práci otáčí a nože umístěné otočně na jeho obvodu, sečou píci v šířce záběru bubnu s noži. [4]



**Obrázek 6** – Bubnový žací stroj [47]

### 2.1.8.3 Žací stroje s rotujícím nožem

#### Rotační sekačka

Běžně používaná rotační sekačka je robustní, velmi cenově dostupná, a také je vhodná pro sečení na větší výšku. Aby vypadala posečená plocha pěkně, musí se otáčivé nože několikrát ročně ostřit. Tupé nože trávy přerážejí a v důsledku nečistých řezných ploch může docházet k tomu, že trávy budou snadněji podléhat houbovým chorobám. Pro rotační sekačku je velmi obtížné dosáhnout výšky sečení, která je menší než 3 cm. Stejněměrný obraz posečené plochy mohou poskytovat sekačky s vlastním pohybem kol. [14]

Drobně nasekaná tráva se využije do kompostu. Součástí sekačky bývá sběrací koš (obrázek 7). Otáčející se nůž trávu pokosí a odhodí ji, včetně listí a podobných nečistot, do koše. Zjednodušuje se tím další úprava trávníku. [2]



**Obrázek 7** – Rotační zahradní sekačka [48]

#### Žací travní malotraktor

Žací travní malotraktory (obrázek 8) tvoří samostatnou kategorii mezi malotraktory. Jsou vhodné pro údržbu komunálních ploch a velkých zahrad. Žací travní malotraktory mohou být vybavené jako běžné malotraktory. Jsou poháněny jedno válcovým nebo dvouválcovým benzínovým či vznětovým motorem o výkonu 7,5 až 13,5 kW, ve většině případů s elektrickým startérem. [4]

Většina modelů má ve výbavě hydrostatickou převodovkou, která je ovládaná jednou pákou nebo pedálem, umožňující variabilní rozsah rychlostí dopředu a dozadu. Žací travní malotraktory mohou mít dva nožové žací agregáty, poháněné prostřednictvím hřídele či klínovým řemenem. Třínožové žací agregáty bývají využívány na žacích strojích s velkou šířkou záběru sečení. Žací šířka se pohybuje v rozsahu od 965 mm do 1170 mm. [4]

Žací agregát je podpíráný koly nebo válci, které mimo jiné umožňují nastavení žací výšky, zpravidla v rozsahu 25 až 100 mm. Žací agregát je zdvedán či snižován ruční pákou. U nějakých profesionálních trávníkových traktorů dochází k nastavování výšky sečení pomocí hydraulického ovládní. Sběrný systém funguje na principu, při kterém se využívá proud vzduchu od žacího nože k vynášení ústřížků a vhánění do sítěného či plastického nosiče, který je zavěšen na rámu připevněném vzadu na traktoru. [4]



**Obrázek 8** – Žací travní malotraktor [49]

#### **2.1.8.4 Žací stroje cepové (mulčovače)**

Jako mulčovače jsou považovány stroje, které slouží k drcení zelené hmoty. Jejich výhod lze využít například i v zemědělství pro drcení posklizňových zbytků nebo při udržování zeleného pokryvu meziřadí v trvalých porostech. Samozřejmě se uplatňují i při údržbě sportovních zařízení, v oblasti komunální techniky při ošetřování ploch veřejné zeleně atd. Stroje využívané při těchto operacích drtí svými pracovními orgány nadzemní části rostlin a rozprostírají podrcenou hmotu na povrchu pozemku. [16]

##### Požadavky na drcení – mulčování

- možnost snadného nastavení a dodržení pracovní výšky rotoru,
- rovnoměrné rozprostřední podrcené hmoty na povrchu pozemku,
- snadné připojení k traktoru,
- u drtičů zpracování veškeré hmoty uložené v meziřadí
- perfektní podrcení nadzemní části rostlin. [16]

##### Rozdělení drtičů (mulčovačů) podle pracovního ústrojí:

###### *1) Drtiče s vertikální osou rotace*

Drtiče s vertikální osou rotace jsou tvořeny dvěma až třemi rotory opatřenými letmo uchycenými řetězy (nebo noži) s vertikální osou rotace.



Volně uložené pracovní orgány drtí nadzemní části rostlin a rozprostírají je na povrchu pozemku. Tyto stroje by měly sloužit pouze k mulčování zelené hmoty. Obvykle jsou agregovatelné se standardními malotraktory o výkonu 15 - 20 kW. Stroje lze dodatečně vybavit některými přídatnými zařízeními např. výkyvnou sekcí pro mulčování travního porostu v příkmených pásech. [16]

## 2) *Drtiče s horizontální osou rotace*

Pracovním orgánem je horizontálně uložený robustní rotor, na kterém jsou otočně uchyceny nože či kladívka různého tvaru (obrázek 9). V pevném krytu se může nacházet několik pevných protiostří. Otáčky rotoru se pohybují v rozmezí od 1800 do 2200 ot.min<sup>-1</sup>. V zadní části drtiče (mulčovače) jsou výškově stavitelné hroty, které tvoří hrábě, pro lepší lámání a nabírání drceného réví nebo silnostébelných rostlin. Jejich výhodou je mimo jiné také nabírání drceného materiálu i v případě půdních nerovností. Výškové nastavení je udržováno prostřednictvím opěrných kol či opěrného válce. Výhody těchto strojů se používají pro drcení zelené hmoty, pro drcení posklizňových zbytků nebo pro drcení réví a odpadního dřeva po řezu stromků. [16]



**Obrázek 9** – Horizontální mulčovač za malotraktor [50]

## **2.2 Zvuk**

Abychom mohli definovat pojem hluk, musíme si nejprve vysvětlit pojmy, které hluku předcházejí. K tomu, aby hluk vznikl, je nejprve zapotřetí zvuk o vysoké intenzitě nebo součet nadměrných počtů zvuků. Tvůrcem hluku je tedy zvuk.

### **2.2.1 Historie akustiky**

Na počátku historie lidstva byly vědomosti o zvuku zřejmě velmi omezené, z archeologických nálezů je však známá celá řada hudebních nástrojů, které obyvatelé dávných kultur používali. V době rozvětu antické kultury v Řecku již musely být známé vlastnosti šířícího se zvuku na větší vzdálenosti, jak nám dokumentují vynikající akustické vlastnosti řady dochovaných antických divadel. Aristoteles ve svých listech rozděluje akustiku do tří hlavních oblastí:

- a) šíření informací zvukovou vlnou
- b) umění navrhovat hudební nástroje
- c) znalost mechanismu slyšení

Začátkem 19. století posunuli dopředu významným způsobem vědomosti o šíření akustických vln pánové Fourier, Fresnel, Laplace, Poisson a další vědci. Stále se využívá publikací lorda Rayleigha, Helmholtze a Sabina.

V dnešní moderní době nelze opomenout publikované práce Skudrzyka, Morseho, Cremera, Beranka, Zwickera, Ingarda, Lighthilla a řady dalších osobností v tomto oboru, kteří publikovali výsledky svých prací v mnoha mezinárodních časopisech.

V českých zemích mají velkou zásluhu na rozvoji technické akustiky prof. Dr. J. B. Slavík, Dr. Ing. Jaroslav Němec, Csc., RNDr. Karel Mouric, Ing. Mirko Lada, Csc., Ing. Jiří Ransdorf, Csc., Ing. Pavel Dočkal a řada dalších, kteří přispěli k rozvoji oboru technické akustiky. Jejich žáci pokračovali v jejich díle jako zaměstnanci významných pracovišť, mezi něž bylo možné zařadit SVÚSS Běchovice, VÚPS Hostivař, ČVUT Praha, VÚZORT Praha, IHE Praha a další pracoviště zabývající se technickou akustikou. V době po roce 1989 došlo v mnoha případech k transformaci těchto institucí v soukromé podniky. [17]

### **2.2.2 Definice zvuku**

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, které má schopnost vyvolat sluchový vjem. Frekvence tohoto vlnění, které je člověk schopen vnímat, jsou velmi individuální a leží v intervalu zhruba od 16 Hz do 20 kHz. Mechanické vlnění mimo tento frekvenční rozsah sluchový vjem nevyvolá, přesto se někdy také označuje jako

zvuk. Zvuk se v daném pružném prostředí (tj. v pevných, kapalných nebo plynných látkách) šíří konečnou rychlostí a při působení na, nejen lidský, sluchový orgán v něm vyvolává subjektivní sluchový vjem. Na prostředí a jeho vlastnostech je závislá rychlost šíření zvuku. Zvukové vlny se šíří od svého zdroje všemi směry.

Frekvenci nižší než 16 Hz má infrazvuk, slyší jej např. sloni. Frekvenci vyšší než 20 kHz má ultrazvuk, který mohou vnímat např. psi, delfíni nebo netopýři. Děje, které jsou spojeny se vznikem zvuku, jeho šířením a vnímáním, se nazývají akustika a stejný název má i věda, která tyto děje zkoumá. [18]

### **2.2.3 Zdroje zvuku**

Zdroj zvukového vlnění můžeme stručně pojmenovat jako zdroj zvuku a hmotné prostředí, ve kterém se toto vlnění šíří, jako jeho vodič. Vodič zvuku, obvykle vzduch, zprostředkuje spojení mezi zdrojem zvuku a jeho detektorem (přijímačem), kterým bývá v praxi snímač, mikrofon či ucho. Zvuky se šíří pevnými látkami (např. stěnami domu) i kapalinami (např. vodou). Dokonalou zvukovou izolací je vakuum neboli vzduchoprázdno.

Zdrojem zvuku může být jakékoliv chvějící se těleso. Jenom jeho chvění však nerozhoduje o vlnění v okolí zdroje zvuku. Záleží také na okolnosti, zda je daný předmět dobrým či špatným zářičem zvuku. Tuto vlastnost nejvíce udává geometrický tvar tělesa. Struna, která je napnutá mezi dvěma pevnými body, není dobrým zářičem zvuku. Jde o to, že při chvění struny se vytváří přetlak ve směru jejího pohybu a zároveň na opačné straně vzniká podtlak. Tím se bezprostřední okolí struny stává sekundárním zdrojem dvou vlnění, která se šíří na všechny směry téměř s opačnou fází, jelikož příčné rozměry struny jsou vzhledem na vlnovou délku zvukového vlnění pokaždé velmi malé. Tato dvě vlnění se interferencí ruší.

Zdrojem zvuku mohou být vyjma těles kmitajících vlastními kmity také i tělesa kmitající kmity vynucenými. Do skupiny těchto těles spadají kupříkladu sluchátka, reproduktory, ozvučnice mnohých hudebních nástrojů a další zařízení pro reprodukci či generování zvuku. [19]

## 2.2.4 Šíření zvuku

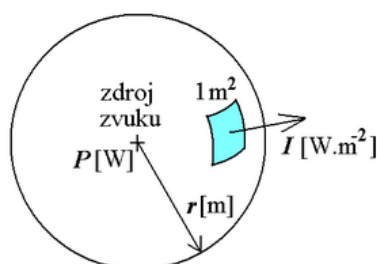
Zvuk se šíří v pevných, kapalných i plyných látkách v podobě akustického vlnění. Šíří se od zdroje ve vlnoplochách. Za rovinnou vlnoplochu považujeme rovněž kulovou vlnu, která vznikla zdrojem zvuku ve velké vzdálenosti, kde již zakřivení vlny nepředstavuje důležitou roli. Akustické pole je prostor, kde dochází k šíření zvuku. Přičemž dle charakteru zvukových vln rozděluje pole na difúzní, rovinné a kulové.

Pokud dochází k šíření zvuku v prostředí s bariérami (skutečné prostředí), nastává při dopadu zvukové vlny na nějakou překážku několik jevů, při kterých se navíc část zvuku přemění na jinou formu energie (teplo). Obečně se část zvuku odrazí a část akustické energie se promění v teplo, část zvuku bariérou projde, popřípadě se šíří překážkou samotnou. Zvuk se také dále může kolem překážky ohnout, může ji rozkmitat, to znamená, že se vlny odečtou a bariéra se začne chovat jako by všechnu akustickou energii absorbovala atd. Vše závisí na tvaru bariéry, složení, vlnové délce zvukové vlny, rozměrech apod. [20]

## 2.2.5 Vlivy prostředí na šíření zvuku

### Šíření zvuku ve volném prostoru

Při šíření zvuku ve volném prostoru (ve volném zvukovém poli) se akustickým výkon  $P$  [W] s rostoucí vzdáleností  $r$  [m] od zdroje (s výjimkou zdroje plošného) rozprostírá na stále větší plochu  $S$  [m<sup>2</sup>]. Tím se snižuje intenzita  $I$  [W.m<sup>-2</sup>]. Od bodového zdroje se zvuk šíří v kulových vlnoplochách, kde  $S=4\pi r^2$  (obrázek 10). [21]

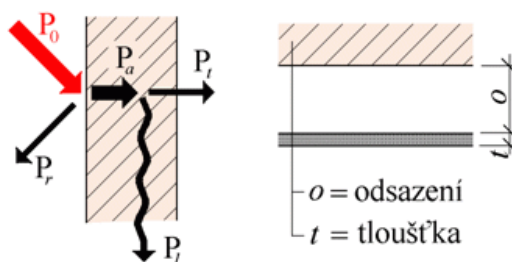


**Obrázek 10** – Šíření zvuku od bodového zdroje [21]

### Šíření zvuku v uzavřeném prostoru

V uzavřeném prostoru (místnosti) dochází k odrazu akustické energie od stěn, podlah a stropu zpět směrem ke zdroji. To má za následek zesílení hladiny akustického

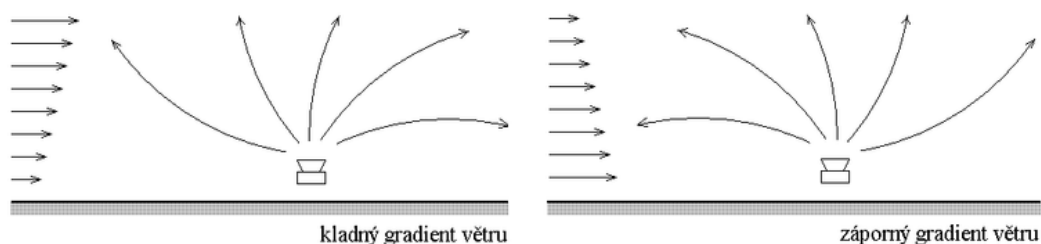
tlaku ve srovnání se stavem, který by se vytvořil ve volném prostoru. Důležitou roli zde představuje pohltivost zvuku povrchů, které ohranučují uzavřený prostor. Při dopadu zvuku o akustickém výkonu  $P_0$  [W] na bariéru se část tohoto výkonu  $P_r$  [W] odrazí a část  $P_a$  [W] pohltí. Pohlcený výkon se pak rozdělí na část výkonu  $P_t$  [W], která se ztratí (je odvedena konstrukcí mimo sledované místo nebo se promění v jiný druh energie) a na část  $P_t$ , která projde stěnou a je vyzářena do vedlejšího prostoru (obrázek 11). [21]



**Obrázek 11** – Distribuce akustického výkonu po dopadu zvuku na stěnu a vysvětlení pojmů tloušťka a odsazení zvuk pohlcujícího obkladu [21]

### Vliv větru

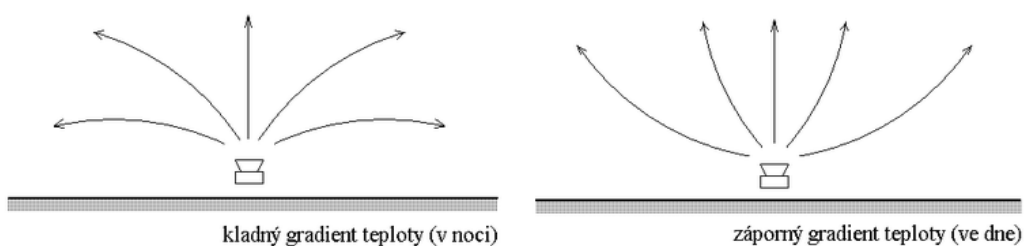
Vítr sám o sobě neboli fakt, že se vzduchová hmota pohybuje, nemá na šíření zvuku žádný vliv, jelikož rychlost větru je pokaždé řádově nižší ve srovnání s rychlostí zvuku. Je tu nicméně možnost, že šíření zvuku může být ovlivněno gradientem rychlosti větru, tj. změnou rychlosti v závislosti na výšce nad terénem. Při kladném gradientu (obrázek 4), tj. je-li rychlost ve vyšších atmosférách vyšší, se ve směru proti větru zvukové vlny ohýbají od zemského povrchu tak, že nízko nad zemí vytváří akustický stín. Ve směru po větru se zvukové vlny ohýbají obráceně k zemskému povrchu, což může být důvodem zesílení přenosu zvuku. Při záporném gradientu (obrázek 12) je tomu obráceně. Kolmo na směr větru se zesílení ani útlum přenosu zvuku neprojevují. [21]



**Obrázek 12** – Kladný (vlevo) i záporný (vpravo) gradient větru [21]

### Vliv teploty

Rychlost zvuku se zvyšuje s teplotou. Vliv gradientu teploty je tudíž podobný vlivu gradientu větru. Při kladném gradientu zpravidla v noci (obrázek 3), tj. je-li teplota ve vyšších vrstvách atmosféry vyšší než u zemského povrchu, se zvukové vlny ohýbají směrem k zemskému povrchu a může tak nastat zesílení přenosu. Při záporném gradientu se obvykle ve dne (obrázek 13) naopak vlny ohýbají od terénu, aby se mohl vytvořit zvukový stín. [21]



**Obrázek 13** – Kladný (vlevo) i záporný (vpravo) gradient teploty [21]

### Vliv sněhu

Sněhová pokrývka mění pohltivost zemského povrchu. Snižuje tím vliv zvukových vln odražených od zasněžených ploch, které měly dříve nižší pohltivost zvuku.

Výše uvedené úkazy, tj. útlum účinkem teploty, větru a sněhu, jsou úkazy závislé na nestálém stavu atmosféry. [21]

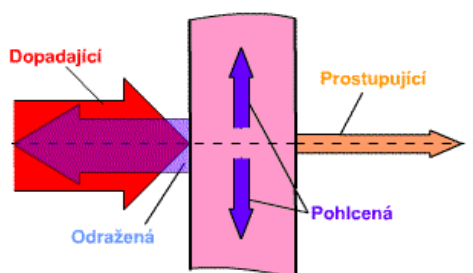
### Vliv vegetace

Útlum hladiny zvuku vlivem vegetace se nejvíce ukáže u vzrostlého smíšeného lesa, kde na vzdálenosti přibližně 100 m poklesne u středních frekvencí hladina intenzity zvuku zhruba o 7 dB. Podstatně menší pokles můžeme zaznamenat u nízké vegetace (např. tráva). Podobné účinky můžeme nalézt i u protihlukových stěn, tedy v případě, že jsou dostatečně vysoké a neprůzvučné, tj. pokud způsobí odraz zvuku, resp. ohyb zvuku směrem dolů za bariéru. U zvukových vln středních frekvencí je útlum přibližně 10 dB až 25 dB. [21]

### Vliv bariér

Za každou bariérou na cestě šíření zvuku, jejíž rozměry přesahují vlnovou délku, vzniká zvukový stín, ve kterém je možné sledovat snížení intenzity zvuku ve

srovnání se stavem volného šíření zvukových vln bez bariéry. Co se týče útlumu intenzity zvuku, závisí na poloze pozorovatele za překážkou, na poloze a geometrickém tvaru překážky, na poloze zdroje zvuku a na vlnové délce zvuku. Vlastnosti a vznik zvukového stínu je možné vysvětlit prostřednictvím ohybu vlnění. Zákonitosti ohybu platí pro kterékoliv vlnění. Příklad průchodu zvuku skrz bariéru je zachycen na obrázku 14. [21]



**Obrázek 14** – Pohlčení části vlny po dopadu na bariéru [21]

### 2.2.6 Akustický tlak

Akustický tlak je definován jako rozdíl mezi okamžitou velikostí celkového tlaku v daném bodě zvukového pole a statickou (trvalou) hodnotou tlaku atmosférického. Jde tudíž o proměnnou složku tlaku, která je díky přítomnosti zvuku navázána k atmosférickému tlaku. V jakémkoliv bodě se tudíž hodnota celkového tlaku bude měnit v čase, a to od atmosférického tlaku o hodnotu tlaku akustického nahoru či dolů. V přírodě se běžně vyskytují hodnoty akustického tlaku, které za normálních okolností nepřesahují 102 Pa. Znamená to tedy, že se v krajním případě může jednat i o přibližně 1000x menší hodnotu, než má obvyklý atmosférický tlak. Z pohledu akustiky je podstatným údajem úroveň (hladina) akustického tlaku. Díky ní totiž můžeme určit, o kolik je okamžitá hodnota vyšší než referenční hodnota. Decibel (dB) neboli jednotka akustického tlaku je logaritmická. V tomto případě tedy platí, že o 6 dB větší hladina akustického tlaku odpovídá dvojnásobné hlasitosti, o 20 dB větší hodnota desetinásobné hlasitosti atd. Také se můžeme běžně setkat ještě s jednotkou dBa, ta označuje akustický tlak, který je "přepočítán" podle závislostí, které charakterizují vlastnosti lidského ucha. [22]

## **2.2.7 Infrazvuk a ultrazvuk**

### Infrazvuk

Jedná se o mechanické vlnění o frekvenci, která je menší než 16 Hz. Dobře se šíří především ve vodě. Díky tomu lze kupříkladu zjistit tzv. hlas moře, který dokáže několik hodin před duněním předpovědět příchod vlnobití. Zmíněné varování jsou schopni vnímat i někteří mořští živočichové. Infrazvuk člověk neslyší, nicméně při frekvenci, která je blízká frekvenci tlukotu srdce, se infrazvuk stává pro lidský organismus škodlivý. [23]

### Ultrazvuk

Ultrazvuk je také mechanické vlnění, v tomto případě o frekvenci vyšší než 16 kHz, sluchem ho však také nevnímáme. Je však slyšitelný pro řadu jiných živočichů (psi, delfini, netopýři). Ultrazvuk má značné využití v technice i lékařství. Ultrazvukové vlnění se velmi dobře odráží od bariér a méně podléhá pohlcení prostředím. Zaslouhou těchto vlastností je ultrazvuk často používán v lékařské diagnostice a lze jej využít kupříkladu místo rentgenu. V technice je používán k tzv. ultrazvukové defektoskopii, která pomáhá zjišťovat skryté vady materiálu na základě odrazu a šíření ultrazvuku. [23]

## **2.3 Hluk**

Hluk je zvuk, který má rušivý charakter. Jedná se o akustický signál, jeho působení člověka obtěžuje, ruší, poškozuje (na majetku, zdraví nebo na životním prostředí). Jeho negativní účinky stoupají s jeho intenzitou, náhlostí a délkou vlny. Ovšem i nadměrné ticho způsobuje obtíže. [24]

### **2.3.1 Definice hluku**

Hluk je v § 30 odst. 2 zákona pro účely zákona definován jako zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit určí prováděcí právní předpis. Z lékařského hlediska je hluk takový zvuk, který škodlivě působí na sluchový orgán. [25]



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

Měřítkem toho, co je hluk, je však především člověk; jeho odpověď, jeho prožitek či jeho fyziologická reakce. Naprosto to odpovídá soudobému poznání, že pro účinky zvuku na člověka je nejdůležitější, jak je získaná akustická informace zpracována příjemcem. [26]

Škodlivé působení hluku na lidský organizmus jsou obecně definovány jako funkční nebo morfologické změny organismu, které vedou ke zhoršení funkcí organismu, ke snížení kompenzační kapacity vůči stresu, či ke zvýšení vnímavosti k jiným nepříjemným účinkům prostředí. [27]

Z věcných argumentů hovoří fakt, že některé závažné nepříznivé účinky jsou vázány na obdržené dávky energie nebo na určité minimální intenzity podnětu. Je tedy pokaždé pravděpodobnější, že jako hluk bude působit zvuk přerušovaný, silnější, s tónovými složkami, impulsy a rázy. Už jenom proto, že je biologicky účinnější než tiché a ustálené zvuky. Už jenom proto, že je biologicky účinnější než zvuky tiché a ustálené. Pro obtěžující a rušivé účinky je typická především nezávislost na fyzikálních parametrech. Nicméně je ale také známo, že psychologické posouzení zvuku může být rozdílné závěry. Dokonce se může stát, že i kladně přijatý zvuk může mít nakonec negativní vliv na zdraví člověka.

Nakolik je v dnešní době ekonomicky a technicky realizovatelné omezení hluku? V praktickém boji proti hluku je toto klíčová otázka dnešní doby. Z technického pohledu je u hluku prospěšné kupř. to, že se chová relativně podle fyzikálních zákonů, což vytváří prostor pro aplikaci výpočtových metod s daleko větší přesností než např. u prognóz znečištění ovzduší. Hluková energie podléhá entropii a nezůstávají po ní žádná rezidua, nehromadí se v prostředí, jako kupř. některé chemické škodliviny. Pokud by se jednalo o ekonomické stránky této problematiky, je rozhodně snižování hluku spojeno s finančními náklady. Nicméně prostředky proti hluku mají v případě emisí leckdy technicky velmi příznivé výsledky. (kupř. v oblasti životnosti zařízení). V případě emisí mají zřejmě i ekonomický přínos, což lze již v současné době objektivně kvantifikovat, i přesto, že se jedná o nejjednodušší problém. Dnes už ekonomové dokáží spočítat přínosy či ztráty způsobené nepřikročením

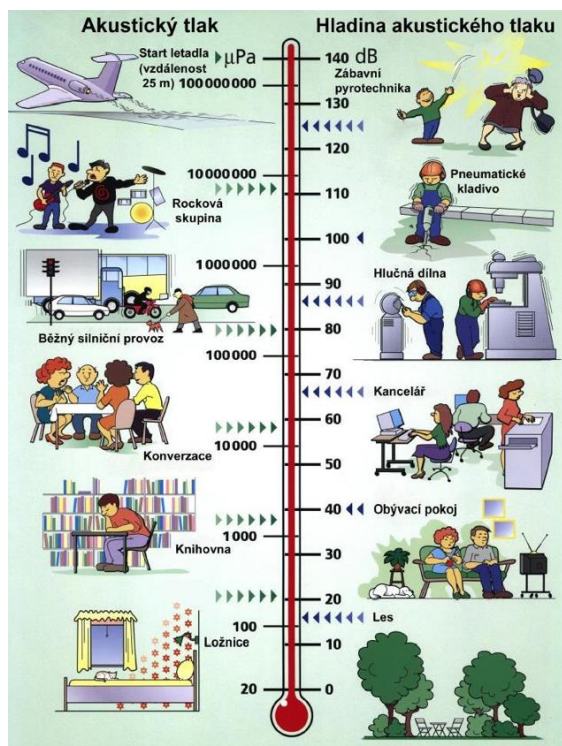
k protihlukovým opatřením (kupř. se ekonomicky ocení zvýšená nemocnost a unavenost – ztráty na účet sociálních a zdravotních výdajů, ztráty produktivní.) [28]

### 2.3.2 Zdroje hluku

Hluk vzniká v přírodě při fyzikálních procesech (vichřice, proudění vody) či jako projev života zvířat. Kromě toho se také vytváří činností člověka (bydlení, doprava, trávení volného času, výroba) (obrázek 15). [29]

Různými úpravami strojů a dalších hlučných zařízení rovnou při jejich výrobě se daří omezovat hluk přímo u zdroje. V tomto případě můžeme tvrdit, že již neplatí, před třiceti lety obvyklá úvaha, že technický pokrok docílil dimenzí, které nenechávají prostor a čas k likvidaci vyvolaných negativních dopadů.

Podle odhadů tvoří hluk v pracovním prostředí 40 % hluku vypouštěného lidmi do životního prostředí. Nejvyšší podíl zde způsobuje doprava, která zde tvoří 50–70 % celkové hlukové zátěže. Některé příklady hluků při různých činnostech z běžného života zobrazuje obrázek 15. V roce 2002 bylo v Praze odhadnuto, že dle platných limitů hluku bylo hlukem z tramvajové a automobilové dopravy zasaženo 7,6 % obyvatel. Provedeme-li přibližné korekce ve vše uvedeném smyslu, tzn. odečtemeli silnější, ale i slabší osoby, získáme nejméně 50 tisíc obtěžovaných občanů. Pokud bychom se rozhodli dosadit za procentuální hodnou obtěžovaných obyvatel hlavního města (kráceno výší urbanizace, podílem podobně zahlcených měst a měst s tramvajemi) počet občanů České republiky, bylo by dle odhadů zasaženo hlukem přibližně 2,5 milionů obyvatel. Podle údajů Evropské unie z roku 2000 je obtěžováno vyšším hlukem 25 % populace a 5-15 % populace je hlukem rušeno dokonce i během svého spánku. Hluk není tedy jen problém Prahy a České republiky, ale i Evropské unie, kde jsou procenta mnohem vyšší. Jedna z možností těchto procentuálních výsledků Evropské unie může být, že laťka pro nežádoucí překročení byla nasazena příliš nízko (bez ohledu na tzv. Staré zátěže) či z toho důvodu, že se za rušení považují i takové banality jako je třeba zavření okna pro nerušené sledování televize. Podle odhadů bylo v Evropské unii v roce 2000 zasaženo 100 miliónů obyvatel akustickým tlakem o ekvivalentní hladině převyšující 65 dB. [25]



Obrázek 15 – Hladiny hluku [51]

### 2.3.3 Typy hluku

V předběžném šetření určujeme, o jaký typ hluku se jedná (časový průběh, kmitočtové složení). Povahu většinou dokážeme rozpoznat subjektivně, poslechem.

#### Proměnný hluk

Je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě mění v závislosti na čase o více než 5 dB.

#### Ustálený hluk

Je hluk, jehož hladina se v daném místě a ve sledovaném časovém úseku v závislosti na čase nemění o víc než 5 dB.

#### Impulsní hluk

Jedná se o hluk, který je vytvářen jednotlivými zvukovými impulzy s dobou trvání do 200 ms, nebo sledem takových impulzů, následujících po sobě v intervalech delších než 10 ms.

### Vysoce impulsní hluk

Je tvořen impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem je například tlučení, střelba z ručních zbraní, buchary, nastřelování hřebíků, nárazy při posouvání vagónů, kování kovů, výstředníkové lisy, sbíječky, pneumatická kladiva, zarážení pilot, nebo podobné zdroje.

### Vysokoenergetický impulsní hluk

Jedná se o hluk, který také vzniká prostřednictvím impulsů ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem jsou sonické třesky, demoliční a průmyslové procesy za pomoci výbušnin, výbuchy v dolech a lomech, zkoušky výbušnin, střelba z těžkých zbraní a další zdroje výbuchů, jejichž ekvivalentní hmotnost TNT překračuje 25 g a podobné zdroje. [30]

#### **2.3.4 Měření hluku**

Aby měření hluku bylo objektivní, což je velmi důležité, musí se provádět za předem daných podmínek. To znamená provádět měření dle zákona č. 258/2000 Sb., nařízení vlády č. 272/2011 Sb., metodických návodů pro měření a hodnocení hluku a platných statních norem. Při dodržení těchto podmínek je možné reprodukovat vhodným způsobem hluk a zjištěná data o něm. Hluk není možné měřit kupříkladu za špatného počasí (sněžení, déšť, silný vítr, mráz), u hluku z dopravy je zapotřebí měřit v den s běžnou mírou dopravy (např. ne o svátcích či víkendu).

Podstatná je také metodika měření, která musí být zvolená v závislosti na účelu dané akustické situace a na měření by neměli mít vliv ani výše poznamenané meteorologické vlivy. Jiná bude metodika používaná při měření ve venkovních prostorech a jiná při vnitřních měřeních. Ve venkovních, ale i vnitřních prostorech jsou působícími faktory proudění vzduchu, vzdálenost od stěn, prašnost, rychlost větru, elektrické a magnetické pole, teplota prostředí atd. Dle průkaznosti a účelu měření se zaznamenává: měřící místo, rušivé signály, norma neboli metoda měření, doba měření, druh hluku, přístrojové vybavení, měřené veličiny, u dopravního hluku jeho intenzita,

naměřené hodnoty, okolí, a klimatické vlivy. Aby měření bylo korektní, je potřebné, aby toto všechno zahrnuté do měření.

### **2.3.5 Vnější vlivy prostředí na měření hluku**

Spadají sem změny vlhkosti, teploty i atmosférického tlaku. Naměřené hodnoty mohou být ovlivněny i proudem vzduchu okolo mikrofonu (větrem), působícími vibracemi na zvukoměr či elektromagnetickým polem. [18]

#### Vlhkost

Působení vlhkosti může být velmi vážné (i 1 dB/10 % relativní vlhkosti), není-li však přesáhnout rosný bod, počítáme pouze s poklesem desetiny dB. [18]

#### Teplota

Na citlivosti měřícího zařízení se zřetelně neprojeví ani vliv teploty, kde korekce může dosáhnout až 0,01 dB/°C. Za běžných podmínek však není třeba nad touto korekcí teplot většinou nutno uvažovat. Ačkoli se vliv teploty uplatňuje především u nejvyšších kmitočtů (rezonančního kmitočtu mikrofonní vložky), nepřekročí korekce hodnotu 1 dB. [18]

#### Atmosférický tlak

S rostoucím atmosférickým tlakem citlivost klesá. Při běžných změnách atmosférického tlaku se vnímavost mění přibližně o desetiny decibelu (asi -0,1 dB/kPa) a ve většině případů to nemusíme téměř vůbec respektovat. [18]

#### Vítr

Už vítr, který se pohybuje rychlostí kolem 3 m·s<sup>-1</sup> může značně ovlivňovat hodnoty nižších hladin (přibližně 40 dB). Vhodný kryt proti větru dokáže zeslabit šumy zhruba o 15 dB a zároveň při potlačení nejvyšších kmitočtů působením krytu (v oblasti kolem 10 kHz) nepřevyšuje ani 1 dB. Z toho důvodu se pro obvyklé měření doporučuje využít pokaždé přinejmenším jednoduchý kryt proti větru, mimo jiné i proto, že kryt ochraňuje zčásti mikrofonní vložku (např. proti prachu, slabému dešti, náhodilému poškození). [18]

### 2.3.6 Měřicí technika

Než přistoupíme k samotnému měření zvuku, je zapotřebí nejprve použít metr a změřit, jestli se zvukoměrná technika nachází v dostačující vzdálenosti od bariér, které by měření mohly zkreslovat. Dále pokračujeme v zjišťování meteorologických vlivů. Teprve až poté přichází na řadu technika měřící zvuk a vibrace s citlivými snímači a záznamové zařízení.

Snímači jsou pro akustické zrychlení vibrací akcelerometry, pro akustický tlak zvuku mikrofony. Jsou známé sice i další měřící metody popisující kmitavý děj, ale v běžné praxi se prakticky nepoužívají. Snímače (mikrofony a akcelerometry) mění své vlastnosti s vnějšími podmínkami (tlak, teplota, rušivá pole atd.). Pro měřící účely jsou velmi důležité změny, které se týkají vnímavosti snímačů. Samozřejmě jsou k dispozici korekční charakteristiky pro danou veličinu, ale nic nedokáže kompenzovat zkalibrování přístrojového řetězce dobrým kalibrátorem, který nás připraví o nutnost monitorovat změny vnějších podmínek (s výjimkou rušivých polí). Zásadou kmitočtové charakteristice a vynikající stálosti mohou kondenzátorové mikrofony dostatečně kalibrovat jen na určitém kmitočtu. Tomuto faktu vyhovují pistofonové kalibrátory (píst kmitající do definovaného objemu, uzavřeného membránou mikrofonu) či tónové kalibrátory, které obsahují generátory (s výstupem na piezoelektrický reproduktor vyzařující do měřící komůrky) [18].

Mikrofon je akusticko-mechanicko-elektrický měnič, který dokáže proměnit snímané kmitání plynného prostředí na elektrický signál. Vedle měničů (které přeměňují mechanické kmitání na elektrický signál, ale i recipročně je možné elektrický signál převést na mechanické kmitání) existují i tzv. převodníky (např. uhlíkový mikrofon, který vytváří elektrický signál z mechanického kmitání, ale ne naopak). Ačkoli je dnes opravdu veliké množství typů mikrofonu, ve zvukoměrné technice se v současnosti využívají pouze reciproké měniče (piezoelektrický, elektrostatický, dynamický atd.). Pro opravdu seriózní měření hluku je dnes zapotřebí používat jediný měnič a to elektrostatický – kondenzátorový mikrofon. [18]

### 2.3.7. Hluk jako faktor životního prostředí

Vysoké hodnoty hladin hluku jak v obytném a pracovním prostředí, tak mnohdy i v rekreačních oblastech vytvořily stav, jehož pozitivní ovlivnění se stává z celospolečenského pohledu nutnou nezbytností. [17]

Zvuk je přirozeným projevem přírodních jevů a životní aktivity člověka. Slyšení je přitom pro něho jedním z nejbohatších informačních zdrojů a velice účinným poplašným systémem. Za hluk je možné prohlásit jakýkoliv nepříjemný zvuk. Jinak není možné hluk přesněji fyzikálně definovat, protože velice záleží na vztahu člověka k danému zvuku. Pro někoho je tento zvuk hlukem, ale pro jiného občana může být důležitým zdrojem informací. [17]

V poslední době, kdy vývoj automobilů směřuje k elektrickému pohonu vozidel, dochází ke kuriózní situaci. Stoupá počet nehod elektromobilů, kterým na poslední chvíli uskakují chodci a vyklisté, protože elektromobily nejenže nezamořují ovzduší, ale navíc jsou zcela tiché. Tam, kde lze normální vozy slyšet již z dálky díky jejich hlučným motorům, přijíždějí automobily s hybridním či jen elektrickým pohonem zcela tiše. Na tomto příkladu je možno dokumentovat, že boj proti hluku není bojem proti hluku vůbec, ale bojem proti zbytečnému neúměrně silnému hluku, který znepříjemňuje a ruší práci i pobyt člověka, popřípadě ohrožuje jeho zdravotní stav. [17]

Nadměrný hluk zaujímá v řadě činitelů ohrožujících naše životní prostředí stále důležitější místo. V projektech ochrany prostředí, které uskutečňují vyspělé státy světa, se řadí hluk obvykle okamžitě za znečištěné ovzduší a ochranu povrchových vod. Ačkoli nikdo nemá pochybnosti o tom, že hluk je zlo, které člověku škodí, je většina lidí současně přesvědčena, že konkrétní hluk, který sám tvoří, či o jehož šíření nebo vzniku rozhoduje, ještě není tak závažný, aby bylo zapotřebí skutečně usilovat o jeho potlačení. Je to pochopitelné, vždyť ve většině případů se setkáváme s hluky, které se na nás neprojeví bezprostřední bolestí či znatelnou funkční poruchou organismu, ale jeho působení se hromadí a negativní důsledky na exponovanou osobu se ukáží až po delší době. Působení hluku na lidský organismus se nikterak zřetelně varovně neprojevuje. Dočasné snížení citlivosti sluchu či např. bolesti hlavy, neschopnost soustředit se na těžkou práci jsou mnohdy překrývány jinými zdravotními

problémy, z toho důvodu jim exponovaná osoba běžně nevěnuje pozornost. Hluk účinkuje na velké skupiny obyvatel, ale v porovnání např. se znečištěním ovzduší nevzbuzuje hromadný výskyt onemocnění ani jiné katastrofální případy. Vliv hluku je navíc individuálně odlišný dle osoby, na kterou účinkuje. Existuje návyk v psychologické, oboru, který jako součást obecné neodborné zkušenosti usnadňuje podceňování problému. Akustická energie, která zamořuje životní prostředí, tudíž je pro nás hlukem, konec konců podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua v prostředí, nemůže se tedy v prostředí hromadit jako např. olovo a jiné těžké kovy, resp. chemické látky. [17]

V dnešní době je na škodlivé vlivy hluku upřena pozornost několika odborníků v oblasti zdravotnictví. Stejně tak se snižováním a měřením hluku zabírají pořád větší skupiny odborníků různých profesí. Jednou z nejzávažnějších vlastností zvuku a hluku je, že se šíří na relativně velké vzdálenosti, stovky metrů i více. Přitom se šíří stejně dobře vzduchem i vodou nebo pevnou hmotou jako např. konstrukce budovy. Za specifických podmínek se může akustické vlnění odrážet, lomit a ohýbat. I v případě, že např. působí pouze jeden zdroj hluku, může obklopit naše místo pobytu nebo pracoviště v důsledku uvedených účinků akustická energie tak, že je nemožné předem stanovit, kde je zdroj zvuku umístěn. To se projevuje především v polouzavřených a uzavřených prostorech. V důsledku tohoto úkazu ovlivňuje hluk každého, kdo je v dosahu akustické energie. Postihuje tudíž nejenom toho, kdo zdroj obsluhuje, ale i osoby, které se zdrojem nemají nic společného, z toho důvodu je hluk zbytečný a nežádoucí. Jako vhodnou ukázkou je možné uvést osobní automobil, který mnohdy používá k přepravě pouze jedna osoba. Hlukem tohoto automobilu není exponován jenom jeho uživatel, ale tisíce lidí na ulicích města a v přilehlých obytných budovách. Ve volném terénu může obyčejný dopravní prostředek svým hlukem zamořit území o ploše několika čtverečních kilometrů. [17]

V technické literatuře se někdy udává, že vzrůst hlučnosti v našem životním prostředí dosahuje hodnoty cca 1 dB za rok. Jedná se samozřejmě jenom o hrubý údaj. Nicméně naznačuje rychlý vzrůst hlučnosti a upozorňuje nás před dalším možným neblahým vývojem. V minulosti se mluvilo o nadměrném hluku jenom u vybraných profesí, jako byli kotláři, kováři apod. Hlukem byla exponována jen úzká skupina lidí. V současnosti, v době rozvinuté vědeckotechnické revoluce, kdy do všech oblastí



našeho života vkročila hlučná elektrická a strojní zařízení, je stav opačný. Stěží bychom dnes objevili významnější skupinu lidí, která by nebyla denně exponována ve velké míře akustickou energií. Všichni občané našich měst jsou v mimopracovní době exponováni dopravním hlukem, který např. v Praze v některých místech obvykle dosahuje hladin akustického tlaku  $A L_{Pa} = 85 \text{ Db}$ . [17]

Vývoj techniky spěje k nepřetržitému zvyšování výkonu strojů a technologických zařízení. Mezi mechanickým a akustickým výkonem je přímá úměrnost, což je jedna z příčin růstu hlučnosti, kterou je možné dokumentovat např. u leteckých motorů. Z prvotních hodnot několika desítek koní vzrostly jejich výkony na desítky tisíc koní. Kromě toho letadla začala být důležitým dopravním prostředkem, takže počet dopravních linek i letadel prudce vzrostl. Hustá dopravní letecká síť dokáže potom hlukově exponovat miliony občanů ve všech koutech naší republiky. Obdobné tendence jsou i u ostatních dopravních prostředků. [17]

Technický pokrok přináší i změny principů funkce strojů. Místo pístových motorů se v současnosti u letadel využívají motory proudové, více hlučné; parní lokomotivy byly nahrazeny výkonnějšími, ale zároveň hlučnějšími dieselelektrickými stroji atd. [17]

K růstu hlučnosti vedou i některé tendence při vylehčování konstrukcí strojů a zařízení. Důležitým měřítkem kvality výrobků se stává poměr mezi výkonem a vlastní hmotností. Vylehčené a ne úplně dobře z hlukové a vibrační stránky vyvinuté konstrukce strojů a staveb mnohdy ztrácejí zvukoizolační schopnosti a způsobují rychlé zvýšení vyzařovaného akustického výkonu. [17]

Významné změny mnohdy způsobuje umístování nových druhů strojních zařízení v obytných budovách. I když se před několika desítkami let stroje v obytných budovách prakticky nevyskytovaly. V současnosti je skoro nutností či pravidlem, že zde instalujeme klimatizační a větrací zařízení, elektromotory, čerpadla, vytápěcí zařízení, výtahové stroje a různé jiné hlučné stroje pro domácnost. Významný dopad na hlukovou situaci v našem životním prostředí má i moderní reprodukováná hudba.

Z naznačených důvodů vzniku a růstu hlučnosti je možné vytvořit závěr, že z pohledu ochrany člověka před nadměrným hlukem je zapotřebí, abychom si všimli

především těchto oblastí: pracovního prostředí, konstrukce a výroby zařízení a strojů, vnitřního i venkovního prostoru obytných staveb a budov. [17]

Aktivity různých spolků a orgánů, které se zabývají ochranou životního prostředí, vedly občany k většímu zájmu o tiché prostředí a k zálibě mít v domácnosti tichá zařízení. Málo hlučné místo z pohledu venkovního prostoru zvyšuje cenu stavebních parce i budov. Byty v hlučnějším prostředí budou naopak vždy cenově znevýhodněny. S tím souvisí i ceny izolací proti hluku, jejichž aplikace při prvotním provádění stavby je vždycky nižší než dodatečné protihlukové opatření. [17]

Přední pracovníci v oblasti technické akustiky jsou sdruženi ve Společnosti pro techniku prostředí a České akustické společnosti. V současné době, kdy dohází k transformaci hospodářství je obtížné určit nejdůležitější pracoviště, která se v českých zemích zabývají problémy snižování vibrací a hluku, poněvadž dochází nejen ke změnám názvů institucí, ale i ke značné migraci pracovníků. [17]

## **2.4 Základní veličiny**

### **2.4.1 Kmitočet**

Kmitočet (resp. frekvence kmitání)  $f$  je fyzikální veličina, která udává počet opakování periodického děje za daný časový úsek. Například v obvodu střídavého proudu takto označujeme počet kmitů napětí či proudu za jednotku času.

Základní jednotka kmitočtu je Hz (Hertz).

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

$f$  – kmitočet [Hz]

$T$  – doba kmitu

Kmitočet je roven převrácené hodnotě periody kmitání. [24]

### **2.4.2 Decibel**

Decibel je jednotka nejznámější svým použitím pro měření hladiny intenzity zvuku, ale fakticky se jedná o obecné měřítko podílu dvou hodnot používaných v mnoha oborech. Pochopitelně se nejedná o jednotku soustavy SI, která je základem legálního měření v České republice. Jedná se o fyzikálně bezrozměrnou míru,

obdobným příklad by mohlo být procento, rozděluje je však skutečnost, že decibel jednotkou logaritmickou, jejíž definice souvisí s příchodem Fechner-Weberova zákona, který popisuje, jak lidské tělo vnímá podněty logaritmicky jejich intenzitě (i velké změny značných podnětů vyvolávají pouze slabé změny počítků).

V roce 1923 byla inženýry Bellových laboratoří vytvořena míra, která prvobytně sloužila k udávání útlumu telefonního vedení. Kupříkladu pokles (útlum) o 3 dB u výkonu představuje poloviční výkon, naopak zisk (zesílení) o 3 dB znamená výkon dvojnásobný (pro jiné veličiny jako je kupř. napěťový přenos toto nemusí platit). [18]

### 2.4.3 Vlnový odpor

Důležitou veličinou je poměr akustického tlaku k akustické rychlosti, který u rovinné vlny (kde je fázový úhel nulový, tj. ve velké vzdálenosti od zdroje zvuku) definuje vlnový odpor prostředí  $z$  a je roven součinu rychlosti zvuku a hustoty prostředí.

$$z = \frac{p}{v} = c \cdot \zeta \left[ N \cdot s \cdot m^{-3}; \frac{Pa}{m \cdot s^{-1}} \right]$$

$z$  – vlnový odpor  $\left[ N \cdot s \cdot m^{-3}; \frac{Pa}{m \cdot s^{-1}} \right]$

$p$  – akustický tlak  $[Pa]$

$v$  – akustická rychlost  $[m \cdot s^{-1}]$

$c$  – rychlost zvuku

$\zeta$  – hustota prostředí [18]

### 2.4.4 Vlnová délka zvuku

Vlnová délka zvuku  $\lambda$  je určena poměrem rychlosti šíření zvuku a kmitočtu sledovaného signálu. Jedná se o podstatnou veličinu pro monitorování šíření zvuku. Je dána vzdáleností, mezi nejbližšími dvěma body bodové řady, u kterých je v určitém časovém momentu totožný akustický stav. Také je možné vlnovou délku definovat jako vzdálenost, kterou zvuková vlna urazí za dobu jednoho kmitu  $T$ .

$$\lambda = \frac{c}{f} [m]$$

$\lambda$  – vlnová délka [m]

$c$  – rychlost zvuku

$f$  – kmitočet [Hz] [18]

### 2.4.5 Akustický tlak

Jedná se o následek změn tlaku vzduchu, způsobených zvukovými vlnami. Akustický tlak tedy charakterizuje okamžitou hodnotu tlaku v daném čase a místě prostředí. Akustický tlak závisí na barometrickém tlaku. Hodnota barometrického tlaku je zhruba 100 000 Pa, zatímco akustický tlak je veličina o několik řádů nižší. Zdravé lidské ucho dokáže vnímat akustické tlaky od hodnot  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, což je ve srovnání s barometrickým tlakem hodnota prakticky bezvýznamná. Základní jednotkou akustického tlaku je Pascal [Pa]. [18]

### 2.4.6 Akustický výkon

Výkon kmitavého děje  $W$ , je v ustáleném stavu definován jako práce vykonaná za jednotku času, kde je, v tomto případě, práce součinitelem dráhy a síly. Jedná se o základní veličinu popisující akustické vlastnosti zdroje zvuku. Jelikož je akustický tlak definován silou účinkující na jednotkovou plochu, je možné vyjádřit akustický výkon vztahem:

$$P = I \cdot S [W]$$

$P$  – akustický výkon [W]

$I$  – akustická intenzita [ $W \cdot m^2$ ]

$S$  – sledovaná plocha [ $m^2$ ] [18]

### 2.4.7 Akustická rychlost

Jedná se o rychlost, s jakou kmitají jednotlivé částice prostředí, kterým se šíří akustická vlna. Dochází-li ke zvyšování výchylky částice za čas, zvyšuje se zároveň amplituda zvukové vlny. Dnes však není možné tento parametr dostatečně dobře měřit, a z toho důvodu je nevhodný k popisu velikosti zvukové vlny. Zvuky se šíří v různých prostředích rozdílnou rychlostí. Akustická rychlost se pohybuje v rozmezí od  $5 \cdot 10^{-8}$   $m \cdot s^{-1}$  (práh slyšitelnosti) do  $1,6 \cdot 10^{-1}$   $m \cdot s^{-1}$  (práh bolestivosti). Ve vzduchu je rychlost

šíření zvuku zhruba  $330 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Zvukové vlny se od zdroje zvuku šíří v akustickém poli, přičemž se pohlcují, odrážejí a ohýbají. Akustickou rychlost značíme  $v$ , a vyjadřujeme ji v metrech za sekundu [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]. Jde o jednu z nejdůležitějších akustických veličin. [18]

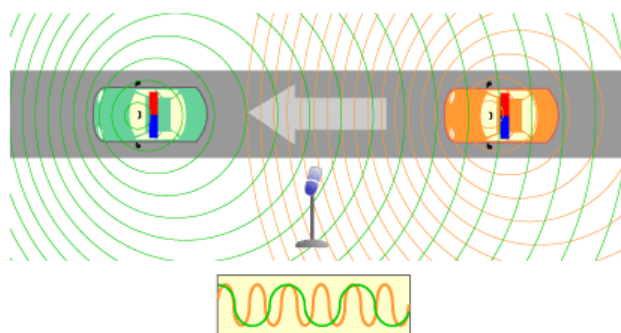
### 2.4.8 Dopplerův jev

Dopplerův popisuje změnu vlnové délky a frekvence přijímaného oproti vysílanému signálu, způsobené nenulovou vzájemnou rychlostí přijímače a vysílače. Tento jev poprvé popsal Christian Doppler v roce 1842 v monografii *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels*.

Domníváme se, že se zdroj i pozorovatel pohybují po stejné přímce. Pohybují-li se zdroj a pozorovatel směrem k sobě, pozorovatel zaznamenává vyšší frekvenci, tedy i kratší vlnovou délku. Vzdalují-li se zdroj a pozorovatel od sebe, pozorovatel zaznamenává nižší frekvenci, a tedy vyšší vlnovou délku.

Jedním z nejběžnějších příkladů, jak lze Dopplerův jev pozorovat, je změna výšky tónů vydávaných sirénou na vozidle projíždějícím okolo pozorovatele. Dopplerův jev se používá řadě měřicích zařízení a přístrojů, např. lékařské sonografy ne radary pro měření rychlosti vozidel (obrázek 16).

V astronomii se Dopplerův jev projevuje posuvem spektrálních čar vyzařovaných vesmírnými tělesy; pokud se tato tělesa vzdalují od Země, lze pozorovat takzvaný rudý posuv. Při vyšších rychlostech se však projevuje i dilatace času, je proto třeba brát v úvahu relativistický Dopplerův jev. [31] [32]



**Obrázek 16** – Dopplerův jev [52]

## 2.5 Legislativa

Legislativní prostředky proti hluku jsou ukotveny v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v podání pozdějších předpisů. V tomto zákoně můžeme nalézt definici hluku, kdo je zdrojem hluku i jeho úkol zabezpečit, aby hluk nepřekračoval uvedené hygienické mezní hodnoty. Také vymezuje chráněné vnitřní i venkovní prostory staveb. Chráněný vnitřní prostor znamená, že se jedná o pobytové či obytné místnosti. Chráněným venkovním prostorem se rozumí prostor do 2 metrů kolem rodinných, bytových domů, školek a škol, zdravotnických zařízení apod. Podle tohoto zákona může měření hluku v životním prostředí provádět jen člověk, který je držitelem autorizace nebo držitelem osvědčení o akreditaci. Provádějící právní předpis dá do pořádku hygienické mezní hodnoty vibrací a hluku pro denní a noční dobu, způsob jejich měření a hodnocení. [33]

Následuje nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. Zmíněné nařízení se zabývá úpravou, a hlavně rozšířením některých bodů, které jsou uvedeny v zákoně č. 258/2000 Sb. Dále zpracovává náležitě předpisy Evropské unie do právní formy. [34]

Vyhláška zabývající se také hlukem, je kupříkladu vyhláška č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování. Vyhláška určuje limity hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě. Kupříkladu limity pro integrovaná zařízení jsou určeny pro celodenní rušení (den-večer-noc) na hodnotu 50 dB a pro noční obtěžování (obtěžování ve spánku) na hodnotu 40 dB. [35]

Je požadováno, aby byly zařízení a výrobky označovány údajem o garantované hladině akustického výkonu, který nesmí přesáhnout nejvyšší dovolené hodnoty emisí hluku. Nejenom těmito ale i jinými požadavky se zaobírá nařízení vlády č. 9/2002 Sb. Na základě tohoto nařízení se následně stanovují technické nároky na výrobky ze stránky emisí hluku. Například spotřebiče pro domácnost je možné uvést na trh jen v tom případě, že dovozce či výrobce zmíní v záručním listu nebo v návodu k používání přiloženém ke spotřebiči údaj s uvedenými hladinami akustického výkonu vyzařovaného těmito spotřebiči a šířeného vzduchem. Totéž se týká i zařízení. [36]

Problematiku měření hluku řeší zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve formulaci pozdějších předpisů. Zákon upravuje základní měřicí jednotky a měřidla. Zaobírá se ověřováním, schvalováním, používáním, certifikací a kalibrací měřidel. Podle zmíněného zákona je možné dát kupříkladu pokutu až do výše 1 000 000 Kč subjektu, který uvedl do oběhu měřidlo, jehož typ nebyl povolen či nezákonně pozměni či použil kalibrační značku měřidla. K zachování přesnosti měřidel slouží vyhláška č. 345/2002 Sb., kterou se určí měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve formulaci pozdějších předpisů. Ve vyhlášce jsou zmíněné jednotlivé doby platnosti ověření. [37]

Do legislativy nepochybně spadají i české státní normy ČSN, například ČSN ISO 9612 - Akustika - Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. Rovněž bych rád zmínil metodické návody, které jsou také s hlukem spojené. Tedy HEM-300- 26.4.01-16344 - Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v pracovním prostředí a vibrací; HEM-300-11.12.01-34065 - Metodický návod pro měření - 43 - a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí; či N č. j. 62545/2010-OVZ-32.3- 1. 11. 2010 - Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb. [38]

Posuzování účinku hluku na životní prostředí je možné nalézt i v zákoně č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. U všech posuzovaných staveb (záměru) se udává, jaké budou vstupy a výstupy. Mezi hodnocené výstupy patří i hluk. Následuje souhrnná charakteristika a vyhodnocení stavby (záměru) na životní prostředí a veřejné zdraví. Jeden z bodů zmíněného hodnocení je účinek stavby (záměru) na hlukovou situaci v okolí. [39]

Ke konci této kapitoly bych rád uvedl něco málo z evropské legislativy. Rámcová směrnice o hluku ve venkovním prostředí (směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES) vznikla za účelem snížit hladinu expozice hluku ve venkovním prostředí za pomoci metod hodnocení, harmonizace ukazatelů hluku, shromažďování informací o expozici hluku ve formě hlukových map a zpřístupňování dostupných informací veřejnosti. Tato směrnice je v České republice uvedena ve vyhlášce č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování. [40]

Nejvyšší dovolená hladina akustického výkonu vydávaná zařízeními a stroji je zmíněna ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2005/88/ES, týkající se emisí

hluku zařízení, která jsou určena k použití ve venkovním prostoru, do okolního prostředí změněná směrnici. [41]

Na závěr uvedu klíčové právní předpisy, které se zabývají problematikou hluku a ochranou zdraví obyvatel i životního prostředí před ním.

- Zákon č. 309/2006 Sb. – o zajištění podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
- Zákon č. 258/2000 Sb. – o ochraně veřejného zdraví
- Zákon č. 119/2002 Sb. – o střelných zbraních a střelivu
- Zákon č. 49/1997 Sb. – o civilním letectví
- Zákon č. 76/2002 Sb. – o integrované prevenci
- NV č. 272/2011 Sb. – o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- NV č. 9/2002 Sb. – kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku
- Vyhláška č. 432/2003 Sb. – kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií
- Vyhláška č. 523/2006 Sb. – o hlukovém mapování
- Vyhláška č. 268/2009 Sb. – o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č. 108/1997 Sb. – kterou se provádí zákon o civilním letectví
- Vyhláška č. 336/2015 Sb. – o pravidlech bezpečnosti o ochrany zdraví při práci na lodi
- Vyhláška č. 335/2004 Sb. – kterou se provádí zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o zacházení s některými pyrotechnickými výrobky



### **3. Cíl práce**

Cílem mé bakalářské práce je zjistit a vyhodnotit vliv komunálních techniky na životní prostředí z hlediska hlukové zátěže. Pojem komunální technika v mém případě znamená bubnový žací stroj, rotační zahradní sekačka a žací travní malotraktor. Tyto tři stroje pro úpravu travnatých ploch budu mezi sebou porovnávat z pohledu hlučnosti. Měření budu provádět za běžného pracovního dne na předem zvolených místech a ve stanovených časových intervalech.

Na základě naměřených údajů zjistím ekvivalentní hladinu akustického tlaku, nejnižší i nejvyšší hladinu akustického tlaku. Všechny zjištěné hodnoty následně zanesu do grafů a tabulek. Výsledné hodnoty porovnáám s přípustnými normami a hygienickými limity. Pokud dojde k překročení stanovených limitů, pokusím se navrhnout případná opatření ke snížení hlukové zátěže a zlepšení stávající situace.

## 4. Metodika

Měření akustického tlaku bylo provedeno digitálním hlukoměrem. Konkrétně se jedná o digitální hlukoměr od výrobce Brüel & Kjær typu 2270.

Při měření byla dodržena norma ČSN ISO 1996-1 a ČSN ISO 1996-2.

Měření hladin hluku bylo provedeno dne 11. 4. 2017, při běžném pracovním provozu, na dětském hřišti a mezi bytovými domy v obci Hracholusky.

### 4.1 Charakteristika obce Hracholusky

Obec Hracholusky (obrázek 17) se nachází v okrese Prachatic, kraj Jihočeský, zhruba 8,5 km severovýchodně od Prachatic a 8 km západně od Netolic. Žije zde necelých 500 obyvatel (k roku 2016 zde žilo 463 obyvatel).

První písemná zmínka o obci pochází z roku 1334.

Pod obec Hracholusky spadají ještě osady Žitná, Obora a Vrbice.

V obci se nacházejí kulturní a přírodní památky České republiky. V případě kulturních památek se jedná o hospodářské usedlosti s číslem popisným 19, 20, 31, 32, 53, 54, 55, 56 a 59. V případě přírodní památky se jedná o Mastnici (obrázek 18). Jedná se o podmáčené louky (malý vodní tok) s výskytem bledule jarní. [9]



**Obrázek 17** – obec Hracholusky [9]



**Obrázek 18** – Mastnice [53]

## **4.2 Měřená komunální technika**

### **4.2.1 Křovinořez Stihl FS 450**

Stihl FS 450 (obrázek 19) je univerzální křovinořez střední výkonové třídy, který lze použít od lehkého vyžínání pro dokončovací práce při ošetřování trávníku až po profesionální práci v nepřístupném terénu. V případě lehkého vyžínání se postará o pořádek v těžko přístupných místech kolem stěn, keřů a podobně. V případě náročnější práce či terénu zvládá kosit i houževnatý divoký porost či sukovité křoví. Je možné jej tedy například využít na vyžínání tuhé trávy a houští, vyžínání v lesních školkách či na vyžínání v ovocných sadech a jiných těžko přístupných terénech.

Tento stroj najde uplatnění především v komunální oblasti a lesním hospodářství.

#### Parametry:

- Zdvihový objem: 44,3 cm<sup>3</sup>
- Výkon : 2,1 kW (2,9 k)
- Hmotnost: 8,0 kg
- Objem nádrže: 0,67 l

### Vlastnosti:

- Elektronicky řízené zapalování s elektronickým omezovačem
- Přístroj se lehce přemísťuje pomocí nosného popruhu
- Stroj je vybaven antivibračním systémem, který tlumí téměř veškeré vibrace působené motorem a řeným nástrojem
- Díky nylonové struně dochází při případném styku s kůrou stromů pouze k nepatrnému poškození povrchů stromu
- Přístroj je povinně vybaven dvouramenním závěsným zařízením opatřeným přípravkem pro rychlé rozpojení [13]



**Obrázek 19** – Křovinořez Stihl FS 450 [54]

#### **4.2.2 Motor Jikov 1447 ISKRA DV + Motor Jikov BDR 700**

Komplet podvozku sekačky BDR 700 a motorové jednotky Jikov 1447 DV vytváří profesionální sekačku určenou do nejtěžších podmínek (obrázek 20). Kompletní sekačka vznikne tak, že se na sekací podvozek nasadí motor s řídítky. Nasazení je jednoduché a trvá přibližně 1 minutu. V případě kompletu se jedná o stroj s velmi výkonným a profesionálním dvoutaktním motorem, který byl speciálně vyvinut pro pohon malé zemědělské mechanizace a může být použit i pro další adaptéry systému Robus, ale i Vari či starší Terra nebo i pro pohon jiných strojů a zařízení.

Dvoububnová sekačka Robus BDR 700 je určena k sečení všech druhů travnatých porostů. Díky lehké ovladatelnosti je vhodná i do zahrad mezi stromy a keře. Travní stébla zůstanou po sečení složena v řádcích a jsou připravena k dalšímu zpracování. Konstrukce sekačky umožňuje kopírování terénu příčným naklápěním rotačních bubnů, a tím zaručuje kvalitní posečení nerovného pozemku. Přenos kroutícího momentu od motoru je řešen pomocí odstředivé rozběhové spojky a řemenových převodů na žací ústrojí a převodovku. Žací ústrojí je tvořeno dvěma otáčejícími se bubny, které jsou opatřeny ve spodní části třemi žacími noži pro každý buben. K sečení dochází tak, že nože při vysoké rychlosti otáčení přesekávají stébla trav a tyto jsou pak ukládány rotujícími bubny do řádku mezi nimi. Sekačka je ovládána klečemi se třemi ovládacími prvky. Na pravé straně klečí je umístěna páčka ovládání plynu. Na levé straně je umístěna páčka spojky pojezdu a bezpečnostní vypínač zapalování. Pojezd sekačky umožňuje snadnou ovladatelnost a velkou průchodnost terénem.

#### Technické parametry Motor Jikov 1447 ISKRA DV

- Typ motoru: Jikov 1447 ISKRA DV
- Objem motoru: 152 cm<sup>3</sup>
- Výkon motoru: 4,4 kW (6,0 HP) / 6000 rpm
- Kroutící moment: 8,93 N.m / 3800 rpm
- Vrtání x zdvih: 60 x 54 mm
- Zapalování: konstantní
- Ulehčení startu: dekompresní ventil
- Nastavené otáčky motoru: max. 6000 rpm (+/- 100)
- Objem palivové nádrže: 3 l
- Palivo bezolovnaté (okt.č.): 91-95
- Jakost oleje ve směsi: JASO FC, API TC
- Typ spojky: odstředivá, 80 mm
- Hmotnost: 17 kg

### Technické parametry Motor Jikov BDR 700

- Záběr: 70 cm
- Typ sečení: bubnové
- Počet nožů: 6
- Kopírování pozemku: ano
- Výška strniště: 35 mm
- Hmotnost: 53 kg [8]



**Obrázek 20** – Motor Jikov 1447 ISKRA DV + Motor Jikov BDR 700 [55]

### **4.2.2 Simplicity Baron XL 2WD**

Simplicity Baron XL 2WD (obrázek 21) je vysoce spolehlivý zahradní traktor pro domácí a obecní použití. Je vybaven tempomatem a elektrickou magnetickou spojkou sečení. Jedná se o americký značkový výrobek, který je osazen kvalitními komponenty od firmy Briggs&Stratton. Stroj má vysokou kvalitu zpracování, vysokou užitnou hodnotu a také vysokou životnost. Traktor je opatřen komfortním sedadlem a košem o objemu 325 l. Dvouválcový motor o výkonu 21 HP stroj předurčuje pro připojení příslušenství a celoroční využití.

### Technické parametry:

- Motor: Briggs and Stratton
- Motor série: Vanguard<sup>TM</sup>
- Zdvihový objem: 2 válce
- Výkon: 21 HP
- Typ převodovky: hydro
- Pojezd: ano
- Rychlost: vpřed 9,3 km/h ; vzad 5,6 km/h
- Výhoz: zadní
- Počet nožů: 2
- Nastavení výšky sečení: centrální
- Výška sekání: 25-91 mm
- Mulčování: volitelné
- Šířka sečení: 102 cm
- Počet poloh sečení: 7
- Objem koše: 325 l
- Hmotnost: 263 kg
- Průměr předních kol: 15
- Průměr zadních kol: 20
- Skelet sekačky: ocel
- Ložistka v kolech: ano
- 12 V zásuvka: ano [15]



**Obrázek 21** – Zahradní traktor Simplicity Baron XL 2WD [56]

### **4.3 Použitá měřicí technika**

Zde bych chtěl poděkovat Katedře zemědělské, dopravní a manipulační techniky, Zemědělské fakulty, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích za zprostředkování zapůjčení měřicí techniky od BAT centra Jihočeské univerzity. Jednalo se o hlukoměr Brüel & Kjær 2270.

#### Hlukoměr Brüel & Kjær 2270

Ruční analyzátor 2270 je dokonalé řešení pro měření hluku a vibrací, jejich analýzu a záznam. Je následovníkem oblíbeného a úspěšného analyzátoru 2250, na jehož základu je založen. Nabízí však řadu moderních technologií, které se prolínají s více než 60-ti letými zkušenostmi v oblasti problematiky měření hluku a vibrací. Analyzátor 2270 disponuje dvěma plnými měřicími kanály, digitálním fotoaparátem, barevným dotykovým displejem, integrovaným LAN a USB rozhraním, možností použít SDHC a CF kartu. Třída krytí je IP44.

Filozofie konstrukce moderních ručních analyzátorů je okamžitě ukázat a vyhodnotit výsledky měření uživateli přímo v jeho dlani bez nutnosti použití počítače. Touto filozofií se drží všechny aplikační moduly analyzátoru:

- Zvukoměr
- Frekvenční analýza v reálném čase
- Záznam (profil hlukových událostí)



- Rekordér
- FFT analýza
- Měření doby dozvuku

Hlukoměr mimo jiné disponuje včestavěnou kamerou, která je umístěna přímo v těle analyzátoru a umožňuje pořízení fotodokumentace z místa měření, což má neocenitelný přínos například při pozdějším zpracování protokolů, kdy je možné tyto fotografie nejen připojit k protokolu, ale s výhodou je použít při popisu postupu měření, rozmístění objektů na místě, popisu použitých materiálů a podobně.

Analyzátor 2270 obsahuje dva zcela nezávislé měřicí kanály, což umožňuje měření dvěma mikrofony ve dvou různých místech současně. Toto přináší množství výhod, v neposlední řadě zkrácení času měření na polovinu u aplikací požadující vícebodová měření. Mezi takováto měření patří například:

- Současné měření vnitřního a vnějšího hluku
- Měření zvukové neprůzvučnosti
- Šíření zvuku ve vnějším prostředí
- Verifikace účinnosti hlukových bariér

Rychlý a bezproblémový přenos naměřených dat, záznamů, fotodokumentace či poznámek je zajištěna pomocí vysokorychlostního LAN nebo USB rozhraní. Který z nich je použit, záleží na umístění zvukoměru. Tato rozhraní neumožňují pouze přenos dat, ale i on line ovládání přístroje.

K tomuto přenosu dat, jejich zobrazení, archivaci, exportu a ovládání slouží program BZ5503, který je dodáván spolu s analyzátozem. [57]



**Obrázek 22** – Hlukoměr Brüel & Kjær 2270 [57]

#### **4.4 Postup měření**

Měření hladin hluku probíhalo podle platných pravidel a norem. Během měření nefoukal silný vítr (tj. vítr nefoukal rychlostí větší než  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), teplota okolí nebyl nižší než  $0^\circ\text{C}$ , nepršelo ani nebyla mlha.

##### **4.4.1 Vlastní měření**

Měření probíhalo na za použití hlukoměru Brüel & Kjær 2270, který byl umístěn ve výšce zhruba 140 cm od země. Mikrofon hlukoměru byl nasměrován kolmo na zdroj hluku a byl chráněn návlekiem proti větru, který snižuje zkreslení nepříznivými vlivy. Obsluha hlukoměru byla zajištěna mou osobou. Hlukoměr byl obsluhován podle návodu výrobce. Měření se několikrát opakovalo. Měření, které narušil nepříznivý hluk (např. štěkot psa), bylo z hlukoměru vymazáno. Celkem tedy bylo provedeno 18 úspěšných měření. Každý stroj byl měřen ze dvou stanovišť a na každém stanovišti došlo ke třem měřením. Po skončení měření se hlukoměr připojil pomocí USB kableu k PC a naměřená data se přenesla k dalšímu zpracování. Ke zpracovávání dat docházelo v programu BZ5503, který je dodáván společně s hlukoměrem.

##### **4.4.2 Časový rozsah měření**

Délka jednoho měření byla určena na 2 minuty. Tento interval byl dostačující pro zachycení hlukové hladiny na obou stanovištích. Pro větší přesnost se měření každého stroje na obou stanovištích 3x opakovalo.

### **4.4.3 Stanoviště měření**

Stanoviště pro měření, která jsem zvolil, jsou místa, která se nachází v blízkosti návsi obce Hracholusky (v centru vsi) a kde má podle mého názoru hluk pocházející z komunální techniky největší vliv na životní prostředí, tímpádem i na obyvatele obce. První stanoviště se nachází na dětském hřišti, které bylo od zdroje hluku ve vzdálenosti od 10 do 25 metrů. Druhé stanoviště se nachází mezi dvěma bytovými domy, vzdálené 70 - 100 metrů od zdroje hluku. K rozmezí vzdálenosti dochází v důsledku toho, že se stroje při práci neustále pohybují a není možné měřit hluk v přesně určené vzdálenosti.

### **4.5 Postup vyhodnocení naměřených hodnot**

Ke zpracování a vyhodnocování naměřených hodnot jsem použil přenosný počítač HP a program BZ5503 od společnosti Brüel & Kjær. Tento program dokázal velmi dobře vyhodnotit a zpracovat naměřené údaje a vytvořit z nich přehledné grafy a tabulky, které představují naměřené hodnoty.

## 5. Naměřené hodnoty

Vypočtené a naměřené hodnoty jsou zde zaneseny do tabulek a grafů. Ke každému měření přikládám dva typy grafů. V prvním grafu je vždy vyznačena kumulativní četnost (modrá barva) a hladina hluku při frekvenci 2 kHz (červená barva) v konkrétním rozmezí dB. Hladina hluku i kumulativní četnost je vyjádřena v procentech. Pod tímto prvním grafem se vždy bude nacházet tabulka vyjadřující konkrétní hodnoty. V případě tohoto grafu jsem frekvenci 2 kHz zvolil z důvodu, že lidské ucho má nejvyšší citlivost pro frekvence 1 kHz až 4 kHz, ale hluky s převahou frekvencí nad 2 kHz jsou považovány za agresivnější.

Ve druhém grafu je znázorněn výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq,T}$  (modrá barva) a určení minimální (zelená barva) a maximální (červená barva) hladiny akustického tlaku ( $L_{pAmin}$  a  $L_{pAmax}$ ). Tyto hodnoty jsou udávány v jednotkách dB. I pod tímto druhým grafem se vždy bude nacházet tabulka s vyjadřující konkrétní hodnoty.

### 5.1 Měření na dětském hřišti

Měření jsem započal 11. dubna 2017, v odpoledních hodinách, na dětském hřišti, které se nachází v centru obce Hracholusky. Toto místo jsem zvolil z důvodu, že se nachází mezi několika bytovými domy, v blízkosti Obecního úřadu i Kulturního domu a nachází se tak v místě, kde dochází k velkému pohybu obyvatel této vesnice. Mimo jiné se jedná o místo, které často navštěvují děti v nízkém věku. A právě na tyto děti může mít hlučnost komunální techniky, po zdravotní stránce, nemalý negativní vliv.

Každé měření se opakovalo třikrát a probíhalo dvě minuty. Vždy jsem měřil v pořadí: křovinořez, bubnová sekačka, zahradní traktor (obrázek 23 – 24).

Tímto bych chtěl také poděkovat zaměstnancům obce Hracholusky za ochotu obsluhovat tyto stroje po dobu mého měření.



**Obrázek 23** – Zahradní traktor při práci



**Obrázek 24** – Měření hluchnosti zahradního traktoru při práci

### **5.1.1 Měření na dětském hřišti - křovinořez**

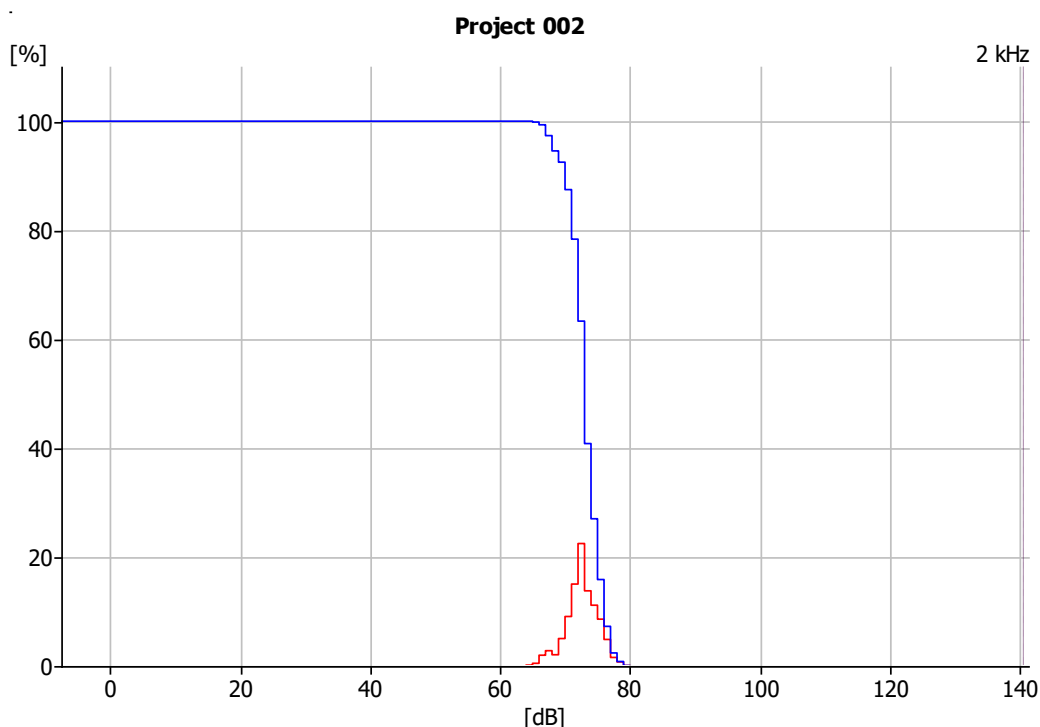
Na níže uvedených grafech (obrázek 25 – 30) můžeme vidět programem BZ5503 zpracované naměřené hodnoty. Tyto hodnoty pak následně můžeme vidět i v tabulkách nacházející se pod grafy (viz Tabulka 1 – 6). V případě měřeného křovinořezu Stihl FS 450 můžeme vidět, že ani v jednom případě nepřekročila maximální hladina akustického tlaku 85 dB. Spíše se tato hladina pohybovala slabě nad hodnotou 80 dB. A v případě hladiny hluku při frekvenci 2 kHz tento limit 80 dB ani nepřekročila, i když je třeba zmínit, že i přesto se jedná o velmi vysoké hodnoty.

Je pochopitelné, že hladina hlučnosti je nepřímo úměrná vzdálenosti stroje od hlukoměru (čím větší je vzdálenost, tím nižší je hlučnost). Tedy když docházelo k pohybu obsluhy stroje a stroje samotného, docházelo nepřímo úměrně i ke změně hladiny hluku, která dopadala k dětskému hřišti.

Další menší rozdíly, které mohou být na grafech patrné, mohli nastat např. při nárazu kosícího ústrojí křovinořezu na kámen či jinou překážku. Rozhodl jsem se měření, při kterých došlo k takovéto situaci zachovat a použít je v této práci, jelikož si myslím, že i takto způsobené nepříjemné zvuky jsou součástí hluku, který způsobuje komunální technika.

Na závěr tohoto měření bych chtěl zmínit, že nejnižší naměřená hladina akustického tlaku byla -8,41 dB a to při frekvenci 16 Hz, nejvyšší 81,36 dB při 4 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku činila 73,77 dB při 500 Hz.

Na základě uvedených grafů také můžeme říci, že nejvyšší procentuální zastoupení hladiny hluku při frekvenci 2 kHz se nacházelo v rozmezí 69 – 73 dB.

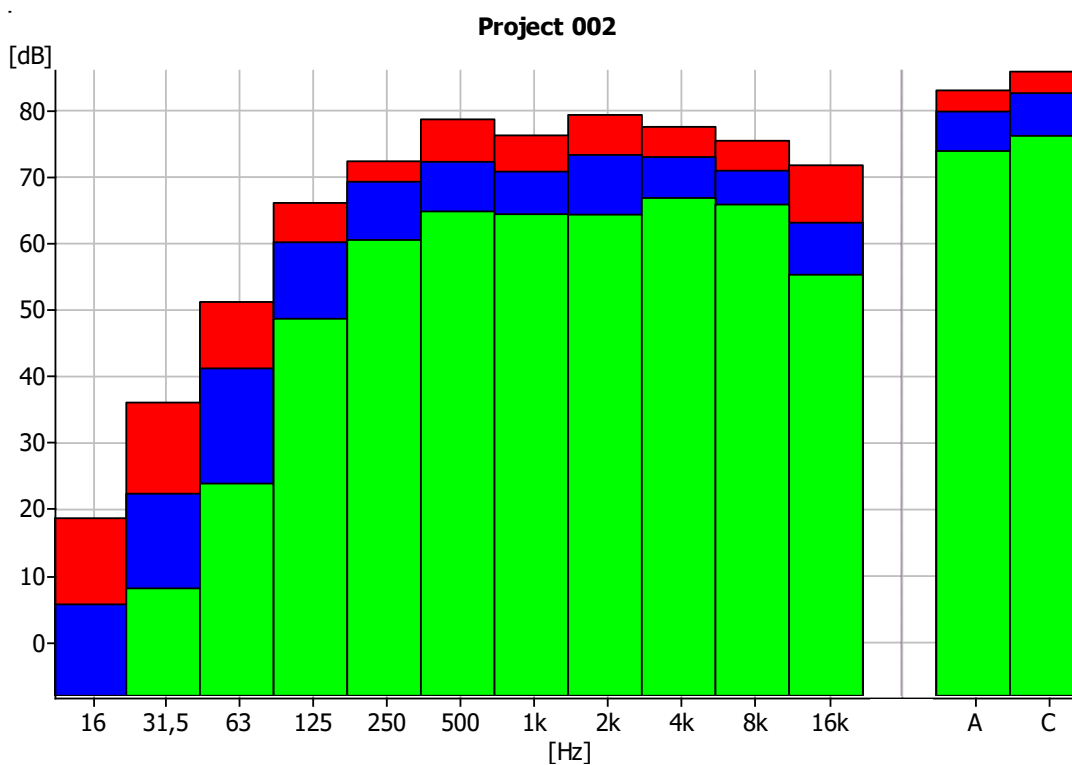


**Obrázek 25** – Graf měření č. 1

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
64	65	0,17	100,00

65	66	0,50	99,83
66	67	1,98	99,34
67	68	2,81	97,36
68	69	2,07	94,55
69	70	5,04	92,48
70	71	9,09	87,44
71	72	15,04	78,35
72	73	22,48	63,31
73	74	13,80	40,83
74	75	11,16	27,02
75	76	8,60	15,87
76	77	4,88	7,27
77	78	1,57	2,40
78	79	0,74	0,83
79	80	0,08	0,08

**Tabulka 1** – Tabulka měření č. 1

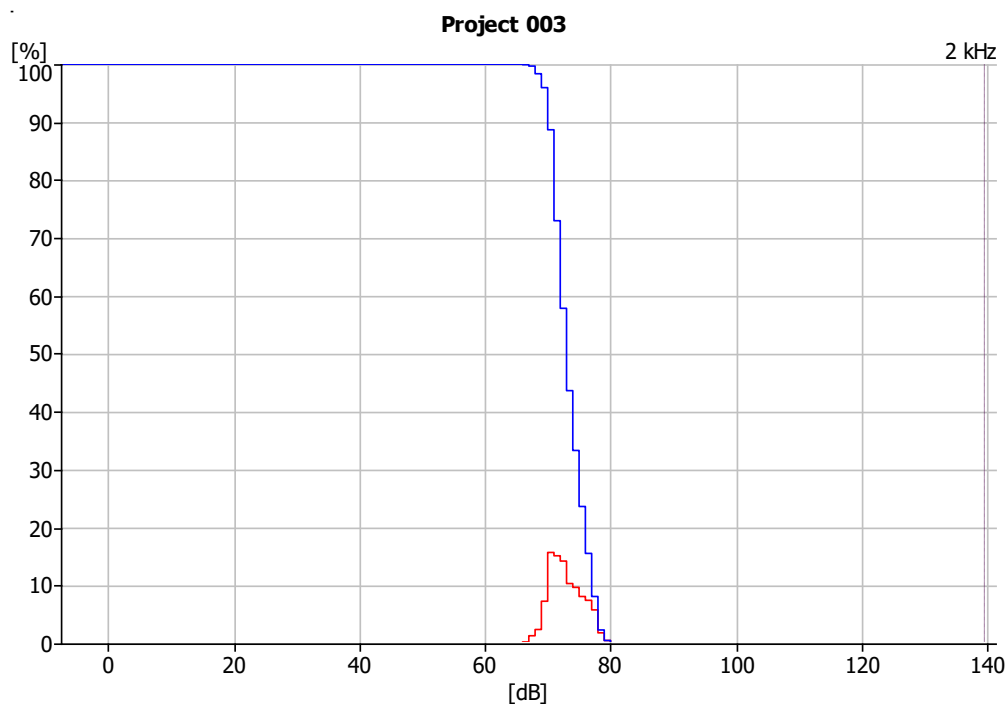


**Obrázek 26** – Graf měření č. 2

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	18,57	-8,41	5,6
31,5Hz	35,96	8,01	22,26
63Hz	51,08	23,78	41,09
125Hz	65,98	48,55	60,06
250Hz	72,24	60,41	69,17
500Hz	78,55	64,7	72,15

1kHz	76,13	64,29	70,68
2kHz	79,21	64,21	73,2
4kHz	77,41	66,73	72,89
8kHz	75,33	65,74	70,83
16kHz	71,64	55,18	63
A	82,91	73,78	79,72
C	85,72	76,07	82,49

**Tabulka 2** – Tabulka měření č. 2

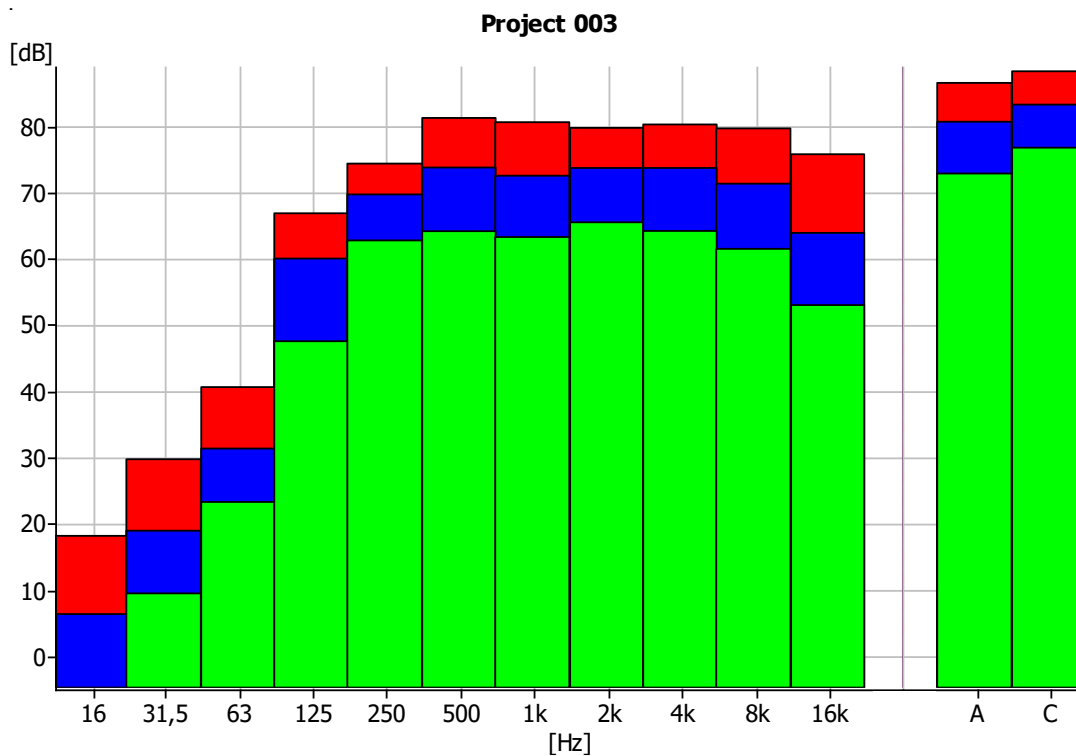


**Obrázek 27** – Graf měření č. 3

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
65	66	0,08	100,00
66	67	0,25	99,92
67	68	1,32	99,67
68	69	2,40	98,35
69	70	7,27	95,95
70	71	15,70	88,68
71	72	15,12	72,98
72	73	14,21	57,85
73	74	10,33	43,64
74	75	9,67	33,31
75	76	8,10	23,64
76	77	7,44	15,54
77	78	5,79	8,10
78	79	1,82	2,31
79	80	0,50	0,50

**Tabulka 3** – Tabulka měření č. 3

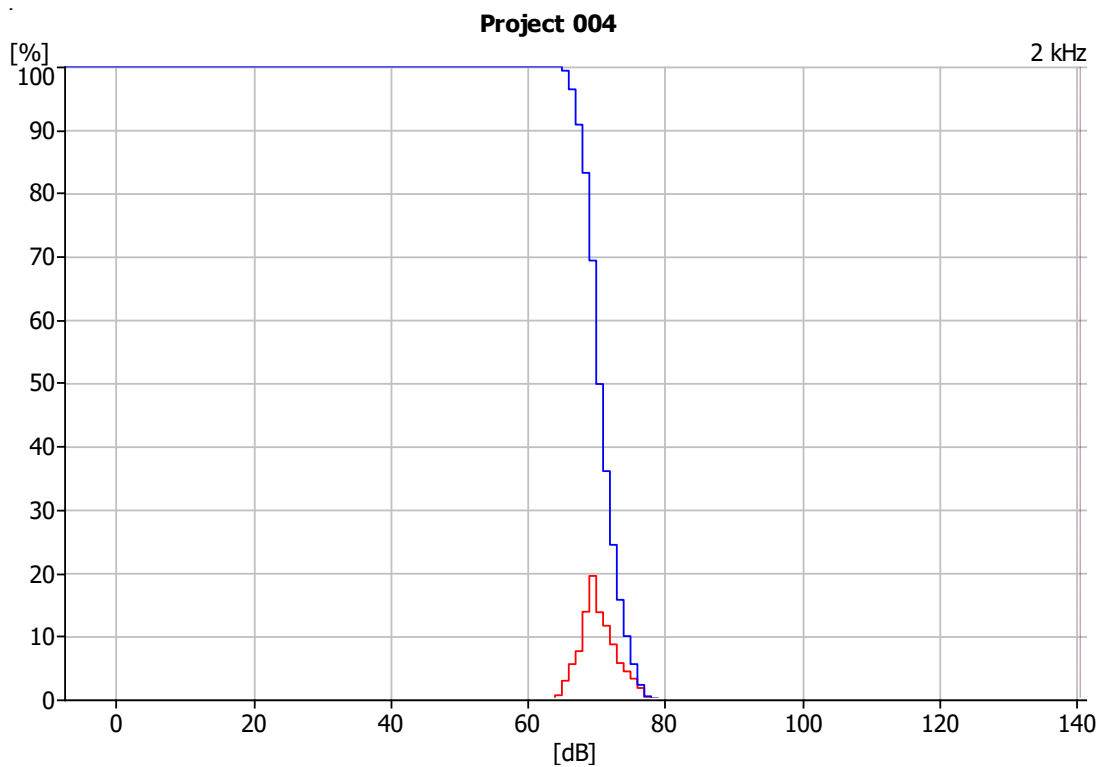




**Obrázek 28** – Graf měření č. 4

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	18,16	-5,01	6,36
31,5Hz	29,72	9,48	18,94
63Hz	40,62	23,29	31,34
125Hz	66,85	47,55	60,01
250Hz	74,35	62,76	69,71
500Hz	81,24	64,16	73,77
1kHz	80,61	63,28	72,53
2kHz	79,75	65,49	73,7
4kHz	80,26	64,18	73,7
8kHz	79,66	61,48	71,32
16kHz	75,77	53	63,89
A	86,54	72,85	80,68
C	88,29	76,76	83,26

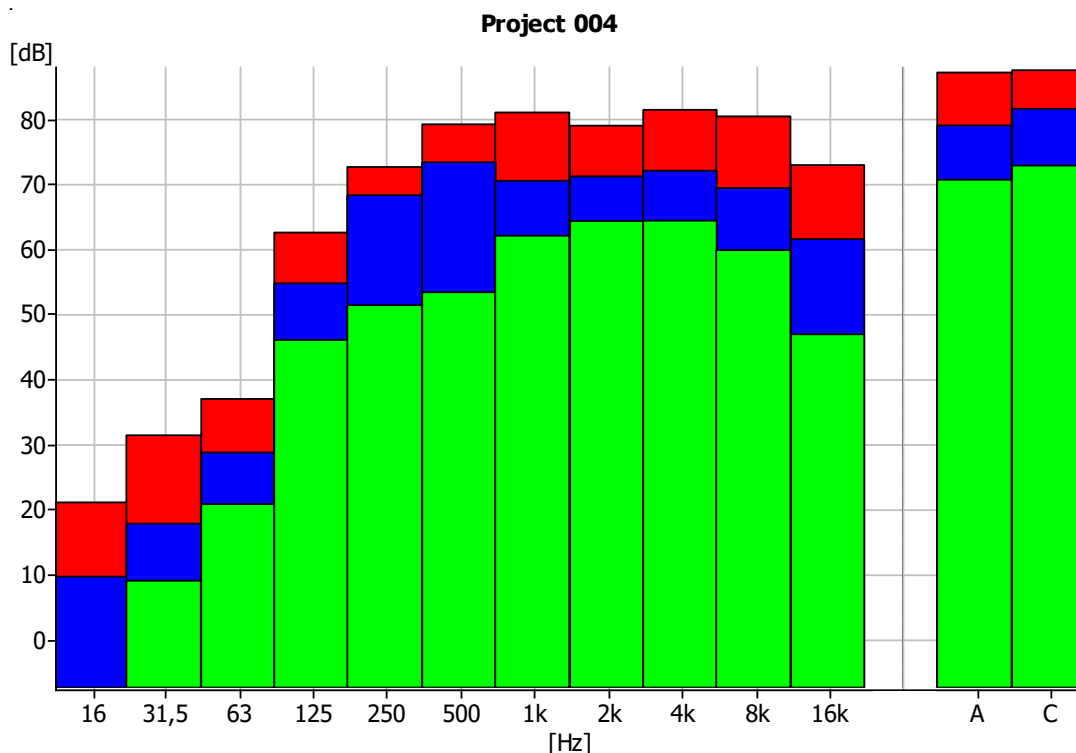
**Tabulka 4** – Tabulka měření č. 4



**Obrázek 29** – Graf měření č. 5

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
64	65	0,66	100,00
65	66	2,95	99,34
66	67	5,57	96,39
67	68	7,62	90,82
68	69	13,85	83,20
69	70	19,51	69,34
70	71	13,77	49,84
71	72	11,64	36,07
72	73	8,69	24,43
73	74	5,74	15,74
74	75	4,43	10,00
75	76	3,28	5,57
76	77	1,80	2,30
77	78	0,33	0,49
78	79	0,16	0,16

**Tabulka 5** – Tabulka měření č. 5



**Obrázek 30** – Graf měření č. 6

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	21,06	-7,67	9,66
31,5Hz	31,36	9,02	17,79
63Hz	36,93	20,78	28,71
125Hz	62,5	46	54,71
250Hz	72,57	51,36	68,24
500Hz	79,13	53,33	73,31
1kHz	80,95	62,02	70,46
2kHz	78,92	64,27	71,13
4kHz	81,36	64,33	72,01
8kHz	80,36	59,81	69,35
16kHz	72,86	46,88	61,51
A	87,08	70,63	78,95
C	87,44	72,79	81,52

**Tabulka 6** – Tabulka měření č. 6

### 5.1.2 Měření na dětském hřišti – bubnová sekačka

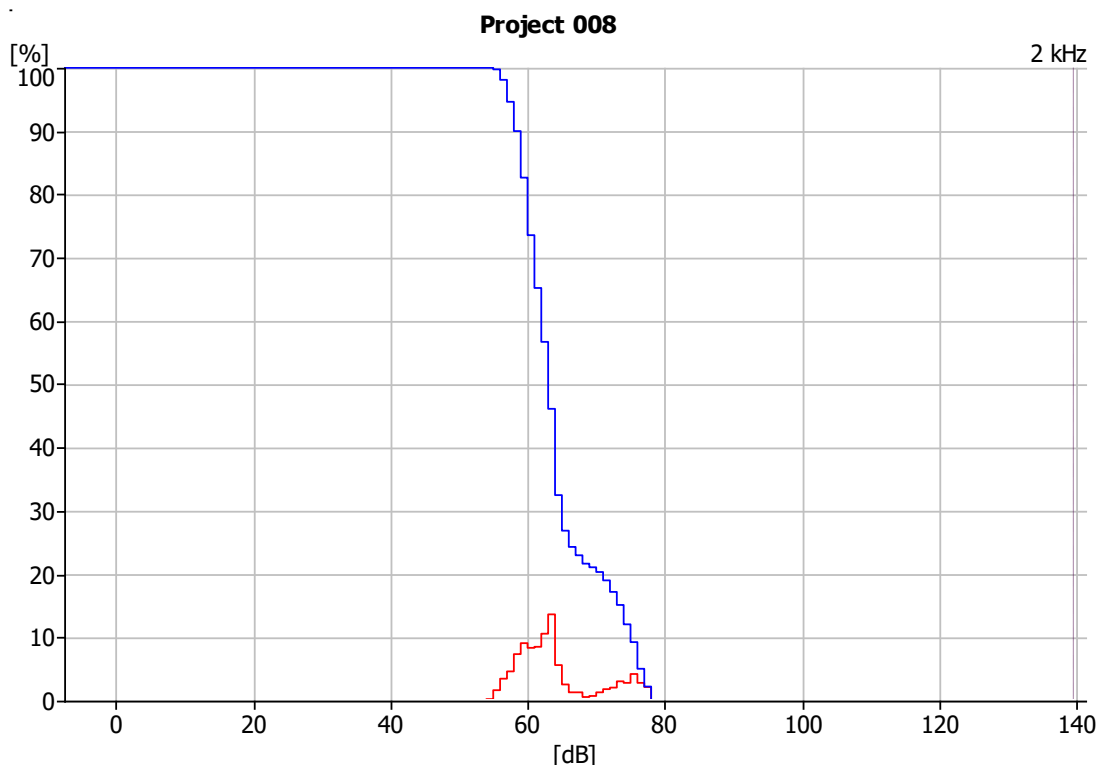
Stejně jako v případě křovinořezu můžeme na níže uvedených grafech (obrázek 31 – 36) vidět naměřené hodnoty, které byly zpracované programem BZ5503. Tyto hodnoty jsou také uvedeny v tabulkách, které můžeme vidět pod grafy (viz Tabulka 7 – 12). V případě měřeného bubnové sekačky Motor Jikov 1447 ISKRA

DV + Motor Jikov BDR 700 si můžeme všimnout, že ani v jednom případě nepřekročila maximální hladina akustického tlaku 90 dB. Pouze v jednom případě překročila hodnoty 85 dB. A co se týče hladiny hluku při frekvenci 2 kHz, tak ani v tomto případě nebyl překročen limit 80 dB. Samozřejmě se stále jedná o velmi vysoké hodnoty.

Co se týče menších rozdílů v měření, platí stejná pravidla jako v případě křovinořezu, bubnová sekačka byla v neustálém pohybu a proto docházelo k měření vždy v různé vzdálenosti, která se pohybovala v rozmezí od 10 – 25 metrů. Dále při některých měření docházelo k nárazu na překážku (např. kámen).

Na závěr tohoto měření bych chtěl zmínit, že nejnižší naměřená hladina akustického tlaku byla -7,37 dB a to při frekvenci 16 Hz, nejvyšší 86,31 dB při 4 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku činila 68,81 dB při 2 kHz.

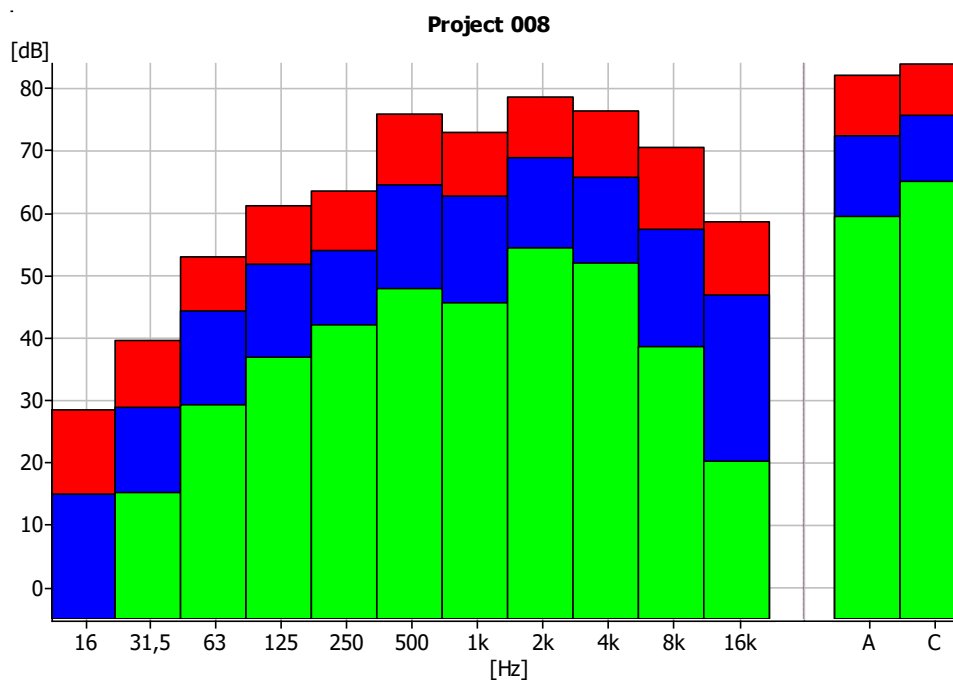
Na základě uvedených grafů také můžeme říci, že nejvyšší procentuální zastoupení hladiny hluku při frekvenci 2 kHz se nacházelo mezi 60 – 64 dB.



**Obrázek 31** – Graf měření č. 7

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
54	55	0,25	100,00
55	56	1,65	99,75
56	57	3,47	98,10
57	58	4,63	94,63
58	59	7,36	90,00
59	60	9,09	82,64
60	61	8,35	73,55
61	62	8,51	65,21
62	63	10,58	56,69
63	64	13,64	46,12
64	65	5,62	32,48
65	66	2,56	26,86
66	67	1,32	24,30
67	68	1,32	22,98
68	69	0,58	21,65
69	70	0,74	21,07
70	71	1,32	20,33
71	72	1,82	19,01
72	73	2,07	17,19
73	74	3,06	15,12
74	75	2,81	12,07
75	76	4,21	9,26
76	77	2,81	5,04
77	78	2,15	2,23
78	79	0,08	0,08

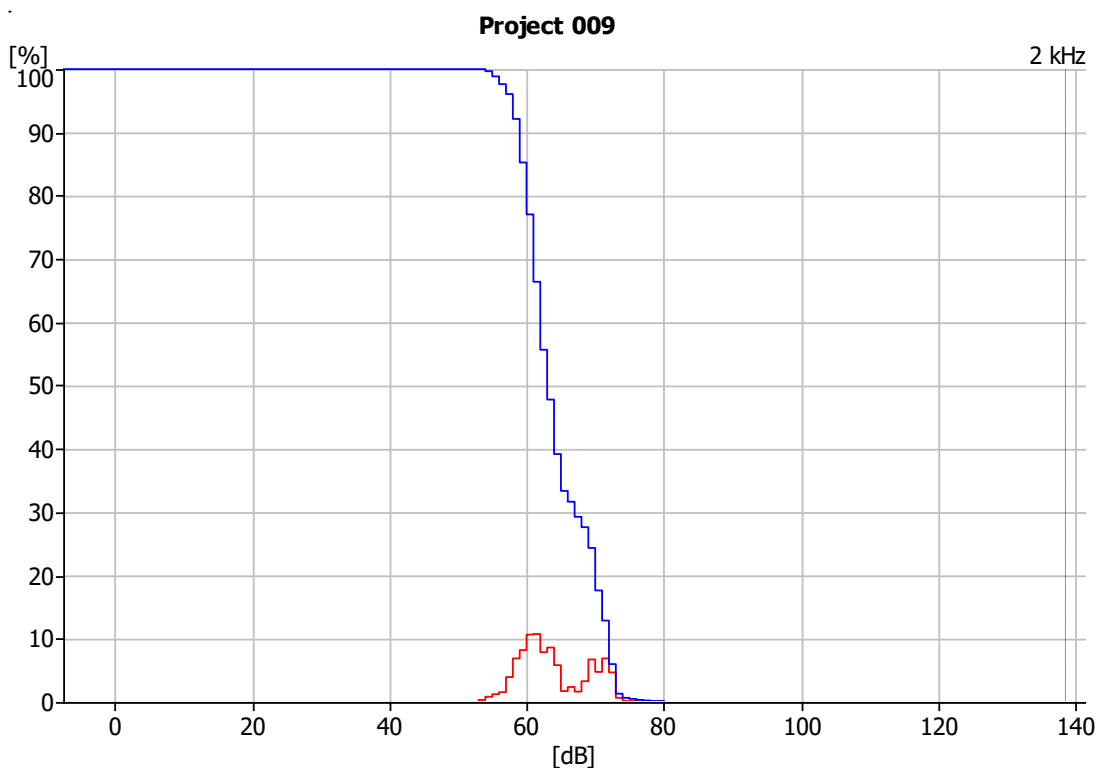
**Tabulka 7** – Tabulka měření č. 7



**Obrázek 32** – Graf měření č. 8

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	28,39	-5,35	14,89
31,5Hz	39,51	15,14	28,8
63Hz	52,9	29,2	44,24
125Hz	61,09	36,83	51,72
250Hz	63,45	42,01	53,92
500Hz	75,78	47,82	64,45
1kHz	72,84	45,55	62,65
2kHz	78,51	54,35	68,81
4kHz	76,29	51,92	65,65
8kHz	70,44	38,53	57,32
16kHz	58,51	20,16	46,8
A	82,01	59,38	72,3
C	83,81	65	75,59

**Tabulka 8** – Tabulka měření č. 8

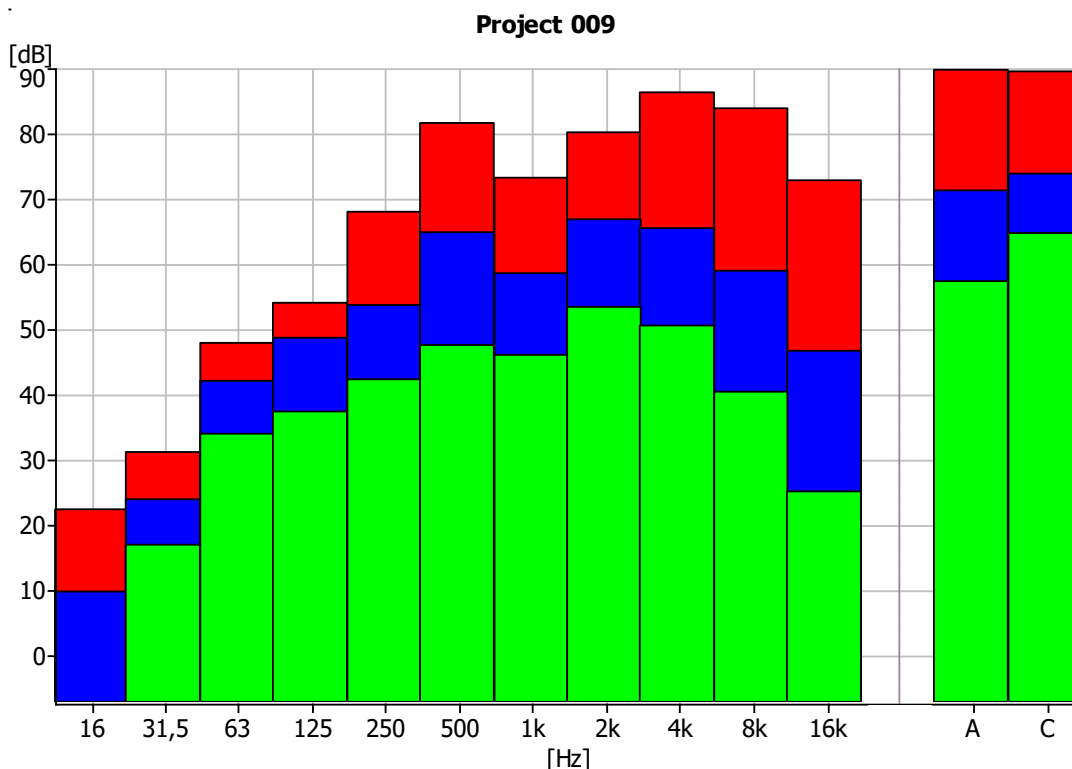


**Obrázek 33** – Graf měření č. 9

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
53	54	0,33	100,00
54	55	0,82	99,67
55	56	1,23	98,85
56	57	1,56	97,62
57	58	3,93	96,07
58	59	6,89	92,13
59	60	8,20	85,25

60	61	10,66	77,05
61	62	10,74	66,39
62	63	7,87	55,66
63	64	8,61	47,79
64	65	5,82	39,18
65	66	1,72	33,36
66	67	2,38	31,64
67	68	1,64	29,26
68	69	3,28	27,62
69	70	6,72	24,34
70	71	4,75	17,62
71	72	6,89	12,87
72	73	4,67	5,98
73	74	0,66	1,31
74	75	0,16	0,66
75	76	0,16	0,49
76	77	0,08	0,33
77	78	0,08	0,25
78	79	0,00	0,16
79	80	0,16	0,16

**Tabulka 9** – Tabulka měření č. 9

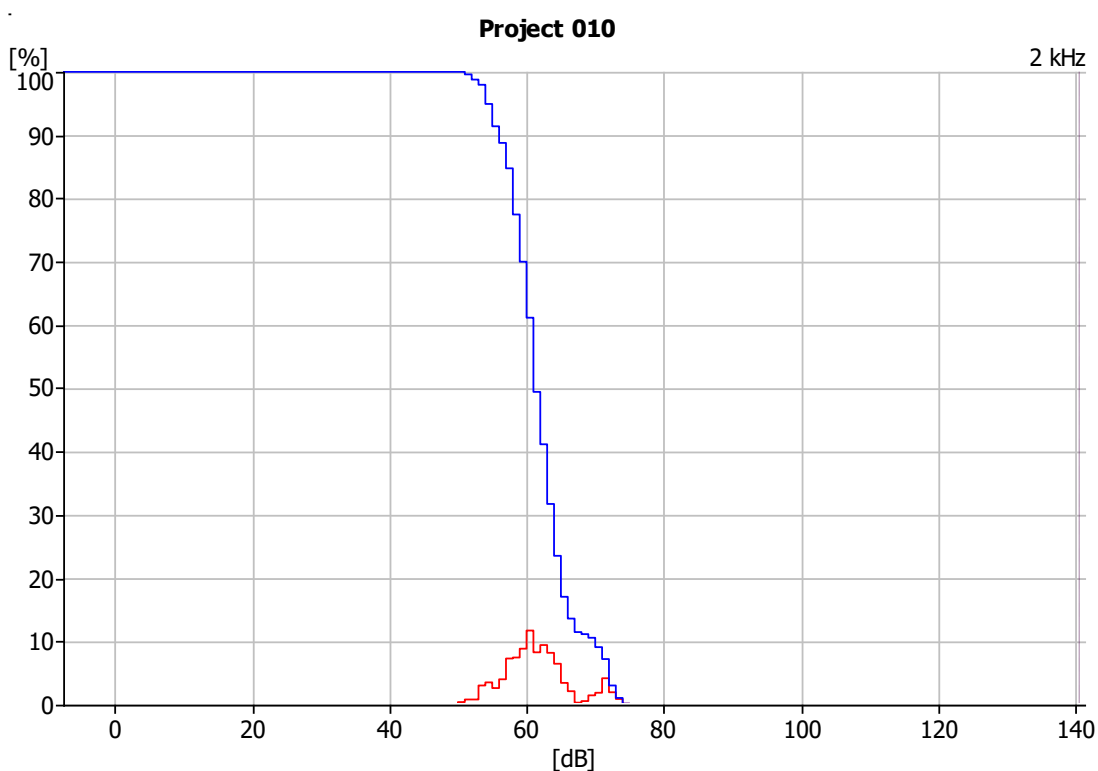


**Obrázek 34** – Graf měření č. 10

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	22,42	-7,37	9,82

31,5Hz	31,19	16,99	23,95
63Hz	47,91	34	42,1
125Hz	54,05	37,41	48,7
250Hz	68,02	42,34	53,71
500Hz	81,62	47,59	64,87
1kHz	73,22	46,08	58,59
2kHz	80,19	53,44	66,85
4kHz	86,31	50,57	65,49
8kHz	83,87	40,44	58,96
16kHz	72,84	25,16	46,7
A	89,76	57,37	71,28
C	89,52	64,75	73,85

**Tabulka 10** – Tabulka měření č. 10



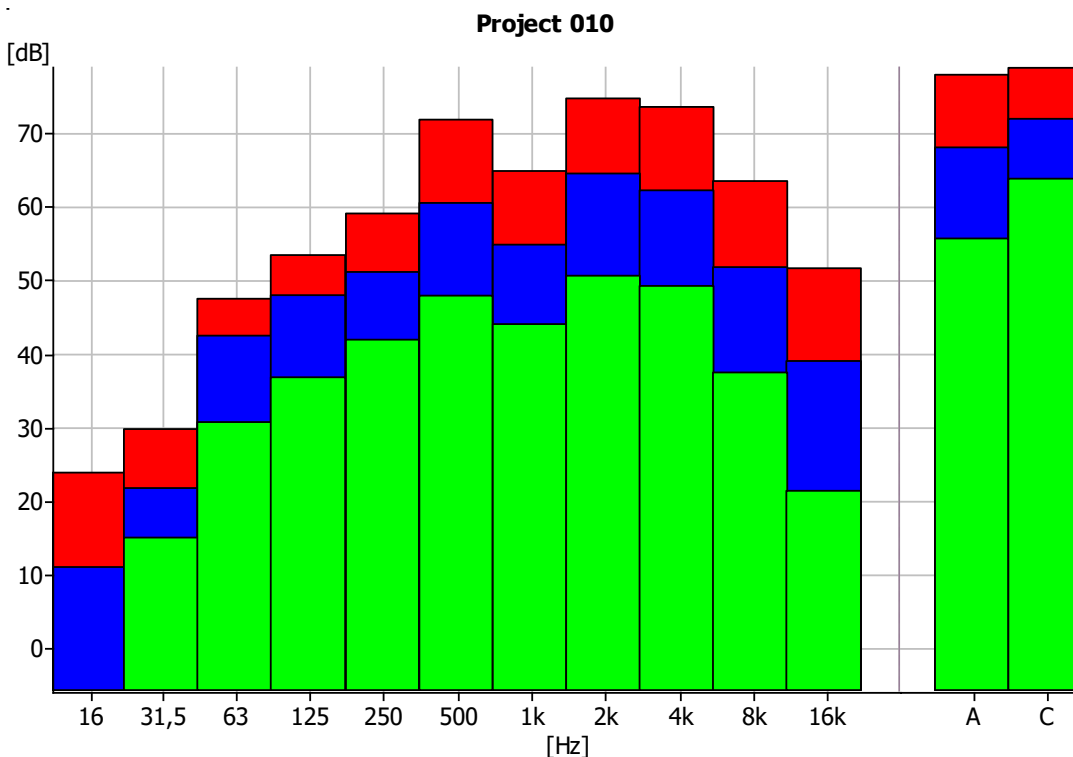
**Obrázek 35** – Graf měření č. 11

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
50	51	0,41	100,00
51	52	0,82	99,59
52	53	0,82	98,77
53	54	3,03	97,95
54	55	3,52	94,92
55	56	2,62	91,39
56	57	4,02	88,77
57	58	7,30	84,75
58	59	7,46	77,46



59	60	8,85	70,00
60	61	11,72	61,15
61	62	8,28	49,43
62	63	9,43	41,15
63	64	8,20	31,72
64	65	6,48	23,52
65	66	3,44	17,05
66	67	2,13	13,61
67	68	0,33	11,48
68	69	0,57	11,15
69	70	1,48	10,57
70	71	1,89	9,10
71	72	4,18	7,21
72	73	1,97	3,03
73	74	0,90	1,07
74	75	0,16	0,16

**Tabulka 11** – Tabulka měření č. 11



**Obrázek 36** – Graf měření č. 12

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	23,83	-5,97	11
31,5Hz	29,75	15,01	21,73
63Hz	47,46	30,71	42,45
125Hz	53,39	36,8	47,94
250Hz	59,05	41,9	51,1

500Hz	71,8	47,89	60,48
1kHz	64,83	44,02	54,81
2kHz	74,68	50,6	64,48
4kHz	73,53	49,21	62,19
8kHz	63,46	37,45	51,76
16kHz	51,61	21,36	39
A	77,91	55,66	68,03
C	78,84	63,78	71,91

**Tabulka 12** – Tabulka měření č. 12

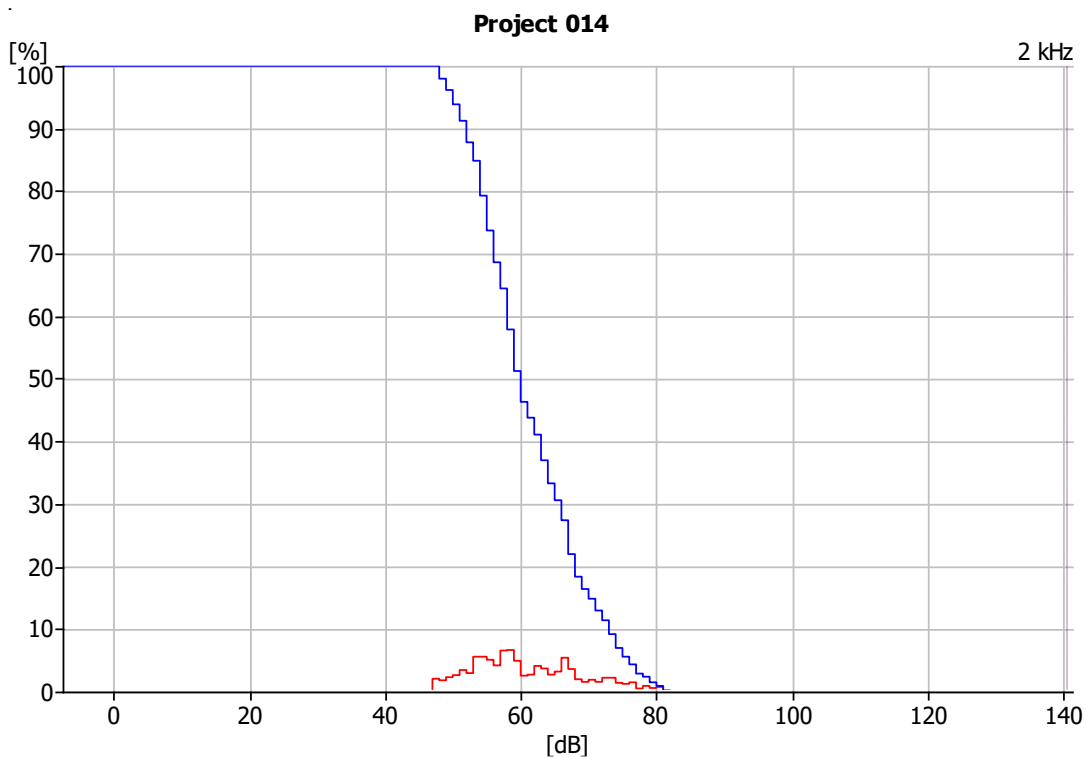
### 5.1.3 Měření na dětském hřišti – zahradní traktor

Jako v předešlých případech i v případě zahradního traktoru můžeme vidět na níže uvedených grafech (obrázek 37 – 42) naměřené hodnoty, které byly zpracované v programu BZ5503. V tabulkách pod grafy (viz Tabulka 13 – 18) je možné tyto hodnoty také vidět. V případě měřeného zahradního traktoru Simplicity Baron XL 2WD si můžeme všimnout, že ani v jednom případě nepřekročila maximální hladina akustického tlaku 90 dB. Pouze v jednom případě překročila hodnoty 85 dB. A co se týče hladiny hluku při frekvenci 2 kHz, tak ani v tomto případě nebyl překročen limit 90 dB. Samozřejmě se stále jedná o velmi vysoké hodnoty.

Co se týče menších rozdílů v měření, platí stejná pravidla jako v případě křovinořezu, bubnová sekačka byla v neustálém pohybu a proto docházelo k měření vždy v různé vzdálenosti, která se pohybovala v rozmezí od 10 – 25 metrů. Dále při některých měření docházelo k nárazu na překážku (např. kámen).

Na závěr tohoto měření bych chtěl zmínit, že nejnižší naměřená hladina akustického tlaku byla -1,58 dB a to při frekvenci 16 Hz, nejvyšší 85,65 dB při 2 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku činila 75,39 dB při 2 kHz.

Na základě uvedených grafů také můžeme říci, že nejvyšší procentuální zastoupení hladiny hluku při frekvenci 2 kHz se v případě první dvou měření nacházelo mezi 58 – 59 dB a v případě třetího měření v rozmezí 65 – 67 dB.

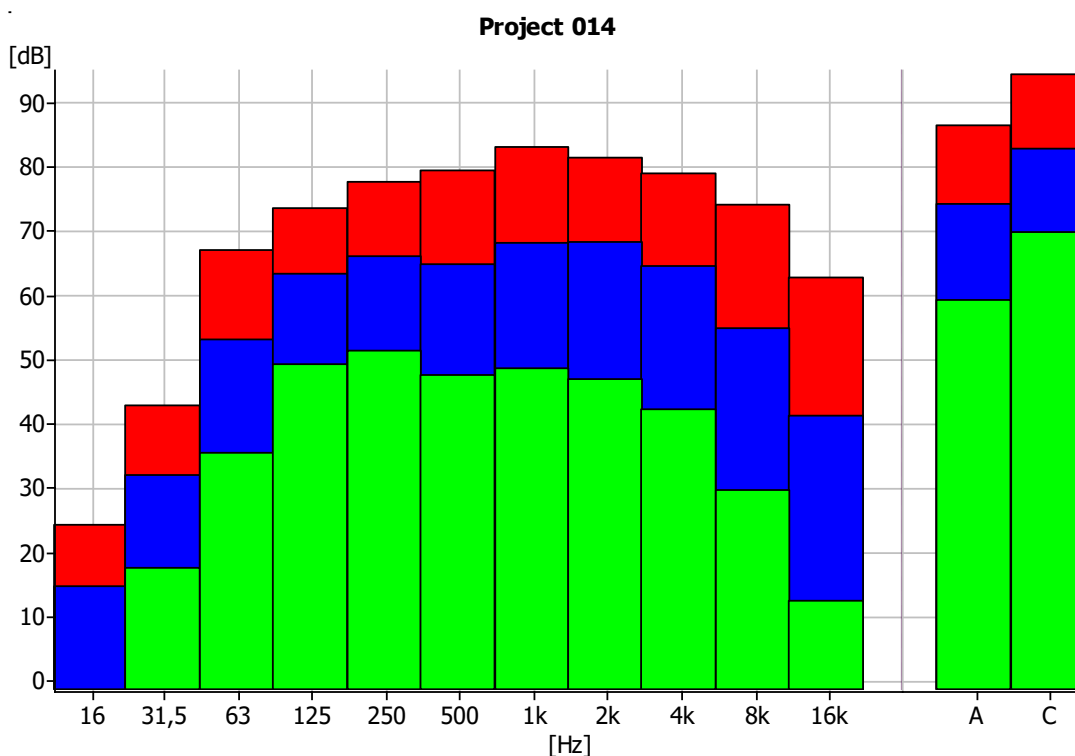


**Obrázek 37** – Graf měření č. 13

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
47	48	2,05	100,00
48	49	1,80	97,95
49	50	2,30	96,15
50	51	2,62	93,85
51	52	3,44	91,23
52	53	2,95	87,79
53	54	5,57	84,84
54	55	5,57	79,26
55	56	5,08	73,69
56	57	4,18	68,61
57	58	6,56	64,43
58	59	6,64	57,87
59	60	4,92	51,23
60	61	2,54	46,31
61	62	2,70	43,77
62	63	4,10	41,07
63	64	3,69	36,97
64	65	2,70	33,28
65	66	3,20	30,57
66	67	5,41	27,38
67	68	3,61	21,97
68	69	1,97	18,36
69	70	1,56	16,39
70	71	1,89	14,84

71	72	1,56	12,95
72	73	2,21	11,39
73	74	2,21	9,18
74	75	1,39	6,97
75	76	1,23	5,57
76	77	1,48	4,34
77	78	0,49	2,87
78	79	0,90	2,38
79	80	0,57	1,48
80	81	0,74	0,90
81	82	0,16	0,16

**Tabulka 13** – Tabulka měření č. 13

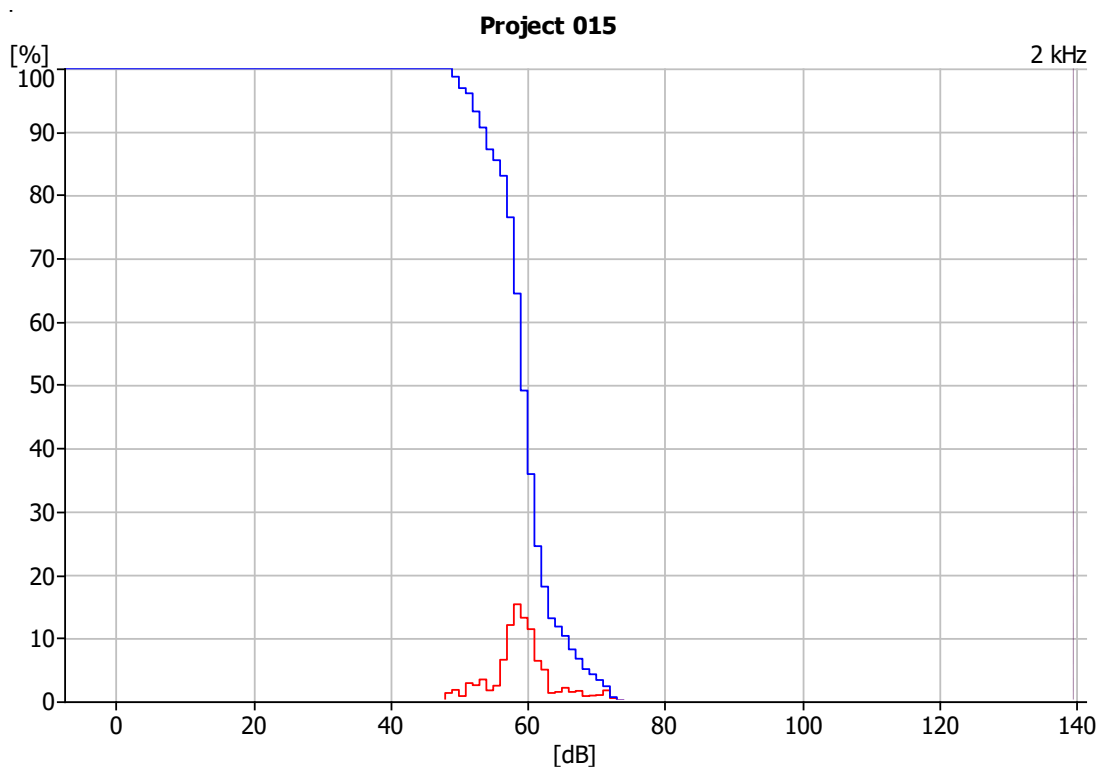


**Obrázek 38** – Graf měření č. 14

requency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	24,26	-1,58	14,72
31,5Hz	42,82	17,57	32
63Hz	66,96	35,45	53,06
125Hz	73,48	49,23	63,28
250Hz	77,57	51,33	66
500Hz	79,34	47,55	64,76
1kHz	82,98	48,59	68,07
2kHz	81,31	46,91	68,21
4kHz	78,87	42,22	64,48
8kHz	74,01	29,66	54,81
16kHz	62,7	12,45	41,23

A	86,34	59,21	74,13
C	94,27	69,76	82,71

**Tabulka 14** – Tabulka měření č. 14

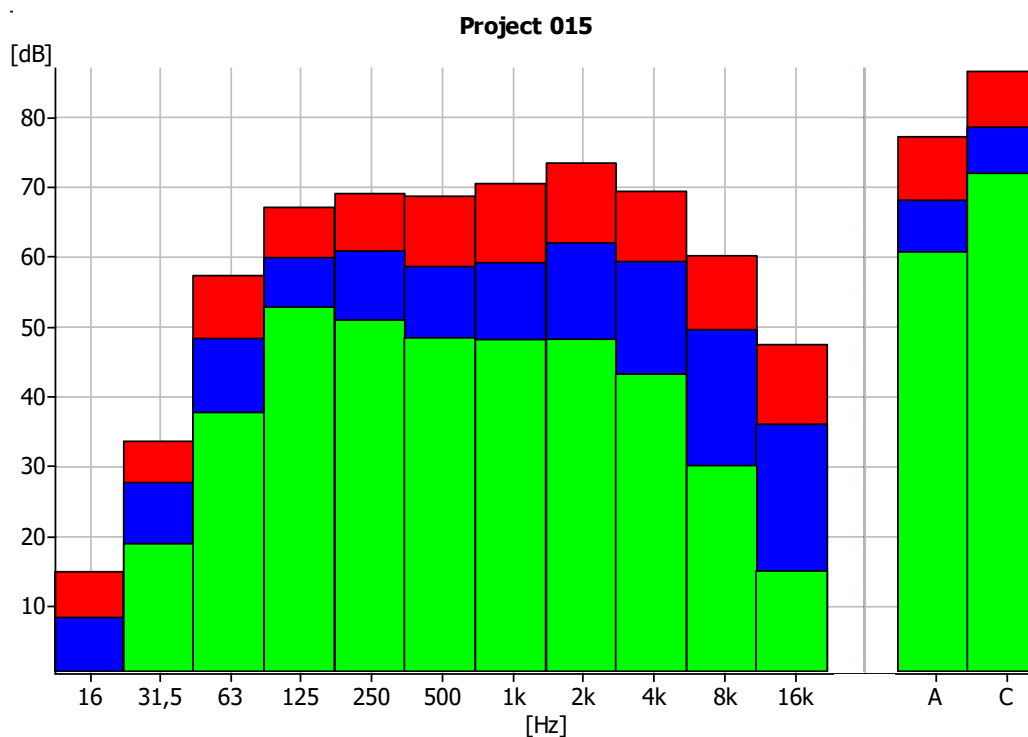


**Obrázek 39** – Graf měření č. 15

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
48	49	1,31	100,00
49	50	1,80	98,69
50	51	0,82	96,89
51	52	2,87	96,07
52	53	2,54	93,20
53	54	3,44	90,66
54	55	1,72	87,21
55	56	2,46	85,49
56	57	6,56	83,03
57	58	12,05	76,48
58	59	15,33	64,43
59	60	13,20	49,10
60	61	11,39	35,90
61	62	6,39	24,51
62	63	5,00	18,11
63	64	1,31	13,11
64	65	1,48	11,80
65	66	2,13	10,33
66	67	1,48	8,20

67	68	1,64	6,72
68	69	0,82	5,08
69	70	0,90	4,26
70	71	0,98	3,36
71	72	1,72	2,38
72	73	0,49	0,66
73	74	0,16	0,16

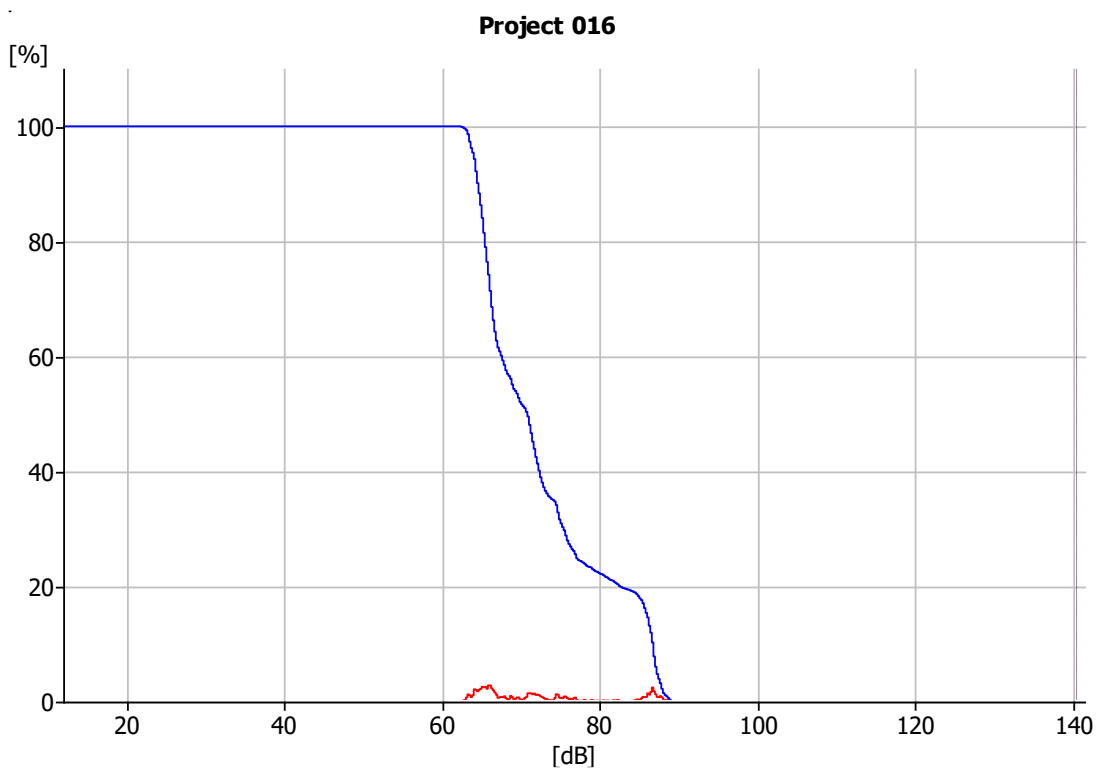
**Tabulka 15** – Tabulka měření č. 15



**Obrázek 40** – Graf měření č. 16

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	14,88	0,39	8,34
31,5Hz	33,53	18,89	27,63
63Hz	57,23	37,66	48,23
125Hz	67	52,75	59,81
250Hz	68,96	50,88	60,76
500Hz	68,59	48,35	58,54
1kHz	70,39	48,09	59,08
2kHz	73,34	48,14	61,92
4kHz	69,29	43,15	59,25
8kHz	60,07	30,08	49,5
16kHz	47,36	14,99	35,98
A	77,09	60,64	68,01
C	86,44	71,87	78,46

**Tabulka 16** – Tabulka měření č. 16



**Obrázek 41** – Graf měření č. 17

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
62,2	62,4	0,11	100,00
62,4	62,6	0,11	99,89
62,6	62,8	0,20	99,78
62,8	63	0,27	99,58
63	63,2	0,70	99,31
63,2	63,4	1,27	98,61
63,4	63,6	1,11	97,34
63,6	63,8	0,79	96,22
63,8	64	1,11	95,43
64	64,2	2,16	94,32
64,2	64,4	2,04	92,16
64,4	64,6	1,78	90,12
64,6	64,8	2,05	88,34
64,8	65	2,22	86,30
65	65,2	2,59	84,07
65,2	65,4	2,48	81,48
65,4	65,6	2,57	79,00
65,6	65,8	2,22	76,43
65,8	66	2,83	74,21
66	66,2	2,80	71,39
66,2	66,4	2,30	68,58
66,4	66,6	1,97	66,29

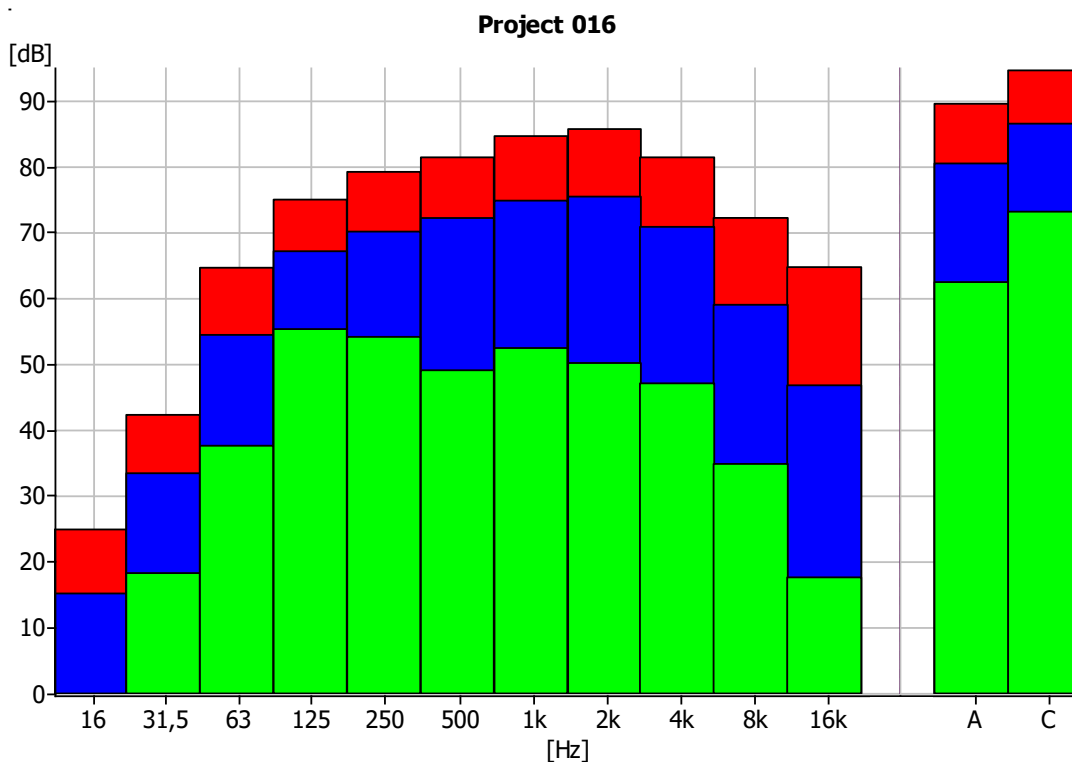
66,6	66,8	1,58	64,32
66,8	67	1,20	62,74
67	67,2	0,66	61,54
67,2	67,4	0,75	60,89
67,4	67,6	0,84	60,14
67,6	67,8	0,78	59,30
67,8	68	0,93	58,52
68	68,2	0,61	57,59
68,2	68,4	0,37	56,98
68,4	68,6	0,48	56,61
68,6	68,8	1,01	56,13
68,8	69	0,77	55,12
69	69,2	0,35	54,35
69,2	69,4	0,47	54,00
69,4	69,6	0,74	53,53
69,6	69,8	0,72	52,80
69,8	70	0,39	52,07
70	70,2	0,34	51,68
70,2	70,4	0,33	51,34
70,4	70,6	0,64	51,01
70,6	70,8	0,81	50,37
70,8	71	1,46	49,56
71	71,2	1,43	48,10
71,2	71,4	1,46	46,66
71,4	71,6	1,26	45,20
71,6	71,8	1,41	43,94
71,8	72	1,16	42,53
72	72,2	1,22	41,38
72,2	72,4	1,16	40,16
72,4	72,6	0,92	39,00
72,6	72,8	0,80	38,08
72,8	73	0,64	37,28
73	73,2	0,46	36,64
73,2	73,4	0,45	36,18
73,4	73,6	0,25	35,73
73,6	73,8	0,28	35,48
73,8	74	0,15	35,20
74	74,2	0,26	35,06
74,2	74,4	0,63	34,80
74,4	74,6	1,29	34,16
74,6	74,8	1,21	32,88
74,8	75	0,69	31,66
75	75,2	0,63	30,98
75,2	75,4	0,57	30,34
75,4	75,6	0,90	29,77
75,6	75,8	0,87	28,87
75,8	76	0,61	28,00



76	76,2	0,43	27,39
76,2	76,4	0,49	26,97
76,4	76,6	0,26	26,48
76,6	76,8	0,59	26,21
76,8	77	0,71	25,62
77	77,2	0,30	24,91
77,2	77,4	0,14	24,61
77,4	77,6	0,13	24,48
77,6	77,8	0,18	24,34
77,8	78	0,20	24,16
78	78,2	0,30	23,97
78,2	78,4	0,17	23,66
78,4	78,6	0,07	23,49
78,6	78,8	0,10	23,42
78,8	79	0,29	23,32
79	79,2	0,21	23,03
79,2	79,4	0,17	22,82
79,4	79,6	0,08	22,65
79,6	79,8	0,20	22,57
79,8	80	0,16	22,37
80	80,2	0,07	22,21
80,2	80,4	0,16	22,14
80,4	80,6	0,24	21,98
80,6	80,8	0,12	21,74
80,8	81	0,20	21,61
81	81,2	0,20	21,41
81,2	81,4	0,11	21,20
81,4	81,6	0,08	21,10
81,6	81,8	0,25	21,02
81,8	82	0,19	20,76
82	82,2	0,17	20,57
82,2	82,4	0,30	20,40
82,4	82,6	0,17	20,10
82,6	82,8	0,12	19,93
82,8	83	0,11	19,80
83	83,2	0,08	19,70
83,2	83,4	0,10	19,61
83,4	83,6	0,07	19,52
83,6	83,8	0,11	19,44
83,8	84	0,15	19,34
84	84,2	0,08	19,19
84,2	84,4	0,16	19,11
84,4	84,6	0,24	18,94
84,6	84,8	0,37	18,70
84,8	85	0,39	18,34
85	85,2	0,29	17,95
85,2	85,4	0,57	17,66

85,4	85,6	0,83	17,09
85,6	85,8	0,83	16,26
85,8	86	0,80	15,43
86	86,2	1,45	14,64
86,2	86,4	1,20	13,19
86,4	86,6	1,69	11,98
86,6	86,8	2,45	10,30
86,8	87	1,77	7,84
87	87,2	1,28	6,07
87,2	87,4	0,82	4,80
87,4	87,6	0,78	3,98
87,6	87,8	0,97	3,20
87,8	88	0,75	2,23
88	88,2	0,34	1,48
88,2	88,4	0,21	1,15
88,4	88,6	0,29	0,93
88,6	88,8	0,29	0,65
88,8	89	0,24	0,36
89	89,2	0,09	0,12
89,2	89,4	0,03	0,03

**Tabulka 17** – Tabulka měření č. 17



**Obrázek 42** – Graf měření č. 18

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	24,81	-0,37	15,09

31,5Hz	42,22	18,19	33,37
63Hz	64,59	37,54	54,38
125Hz	74,94	55,26	67,09
250Hz	79,14	54,08	70,07
500Hz	81,34	49,01	72,14
1kHz	84,58	52,39	74,78
2kHz	85,65	50,12	75,39
4kHz	81,35	47,01	70,79
8kHz	72,15	34,78	58,96
16kHz	64,68	17,54	46,72
A	89,5	62,4	80,42
C	94,57	73,09	86,47

**Tabulka 18** – Tabulka měření č. 18

## 5.2 Měření mezi bytovými domy

Měření mezi bytovými domy probíhalo ve stejný den, jako měření na hřišti a přibližně i ve stejný odpolední čas. Bytové domy se nachází v blízkosti dětského hřiště. Toto místo jsem zvolil z podobného důvodu, jako dětské hřiště. I zde dochází k velkému pohybu obyvatel vesnice Hracholusky.

I v tomto případě se každé měření opakovalo třikrát a probíhalo dvě minuty. Ve stejném pořadí: křovinořez, bubnová sekačka, zahradní traktor.

### 5.2.1 Měření mezi bytovými domy - křovinořez

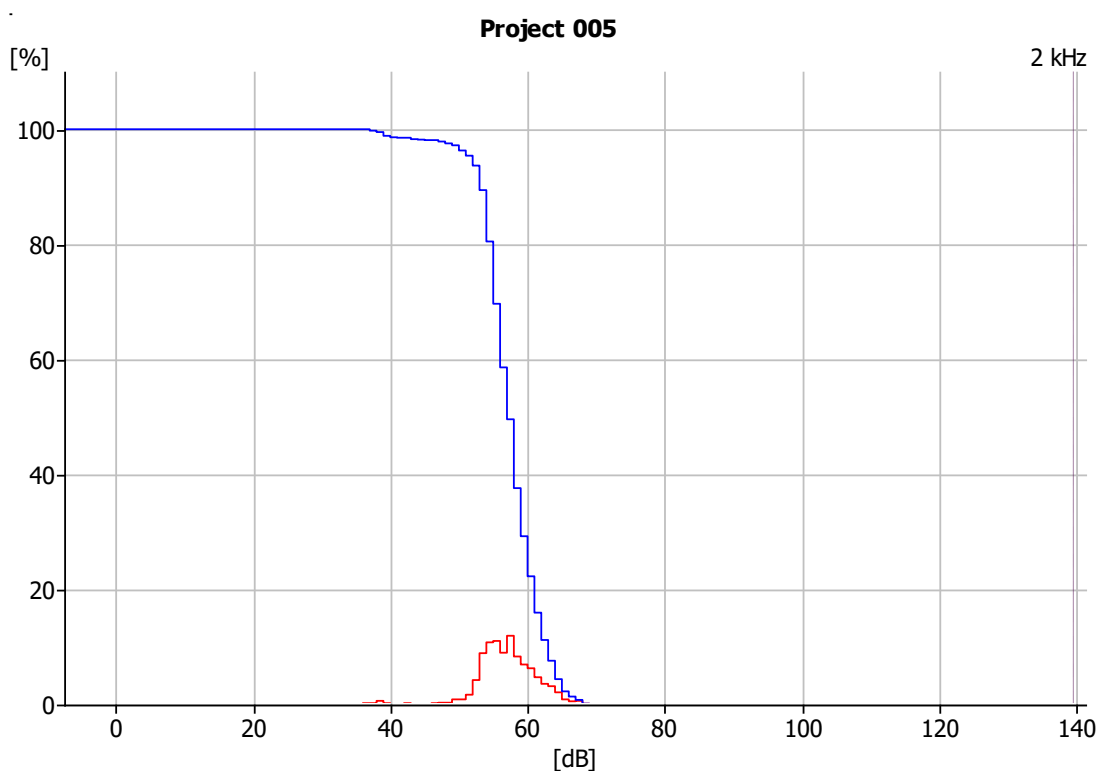
Na níže uvedených grafech (obrázek 43 – 48) můžeme vidět programem BZ5503 zpracované naměřené hodnoty. Tyto hodnoty pak následně můžeme vidět i v tabulkách nacházející se pod grafy (viz Tabulka 19 – 24). V případě měřeného křovinořezu Stihl FS 450 můžeme vidět, že ani v jednom případě nepřekročila maximální hladina akustického tlaku 70 dB. Ani v případě hladiny hluku při frekvenci 2 kHz tento limit nepřekročila. Je třeba zmínit, že i přesto se jedná o velmi vysoké hodnoty.

Co se týče menších rozdílů v měření, platí stejná pravidla jako v případě měření na dětském hřišti, stále jsou stroje v neustálém pohybu a proto dochází k měření vždy v různé vzdálenosti, která se na rozdíl od měření na hřišti pohybuje

v rozmezí od 70 – 100 metrů. I zde při některých měření docházelo k nárazu na překážku (např. kámen).

Na závěr tohoto měření bych chtěl zmínit, že nejnižší naměřená hladina akustického tlaku byla -10,07 dB a to při frekvenci 16 Hz, nejvyšší 69,05 dB při 2 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku činila 58,86 dB při 2 kHz.

Na základě uvedených grafů také můžeme říci, že nejvyšší procentuální zastoupení hladiny hluku při frekvenci 2 kHz se v případě prvního a druhé měření nacházelo v rozmezí 55 – 58 dB a v případě třetího měření mezi 44 – 45 dB.

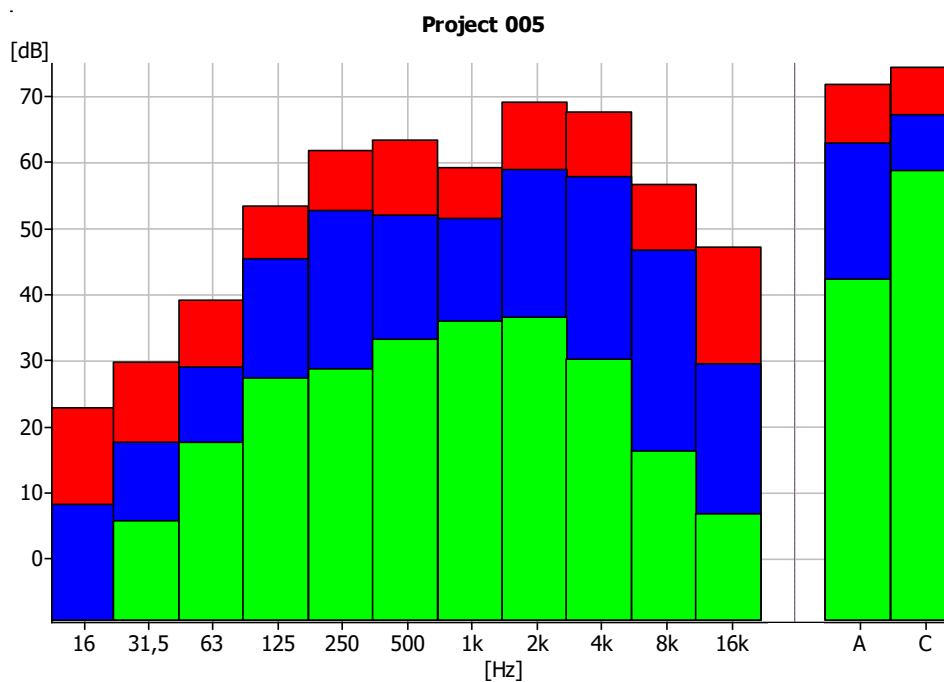


**Obrázek 43** – Graf měření č. 19

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
36	37	0,25	100,00
37	38	0,25	99,75
38	39	0,66	99,51
39	40	0,25	98,85
40	41	0,08	98,61
41	42	0,00	98,52
42	43	0,25	98,52

43	44	0,08	98,28
44	45	0,08	98,20
45	46	0,00	98,11
46	47	0,25	98,11
47	48	0,33	97,87
48	49	0,33	97,54
49	50	0,90	97,21
50	51	0,90	96,31
51	52	1,72	95,41
52	53	4,26	93,69
53	54	8,93	89,43
54	55	10,82	80,49
55	56	11,07	69,67
56	57	9,02	58,61
57	58	11,97	49,59
58	59	8,36	37,62
59	60	6,97	29,26
60	61	6,31	22,30
61	62	4,75	15,98
62	63	3,61	11,23
63	64	3,20	7,62
64	65	2,13	4,43
65	66	0,90	2,30
66	67	0,57	1,39
67	68	0,66	0,82
68	69	0,16	0,16

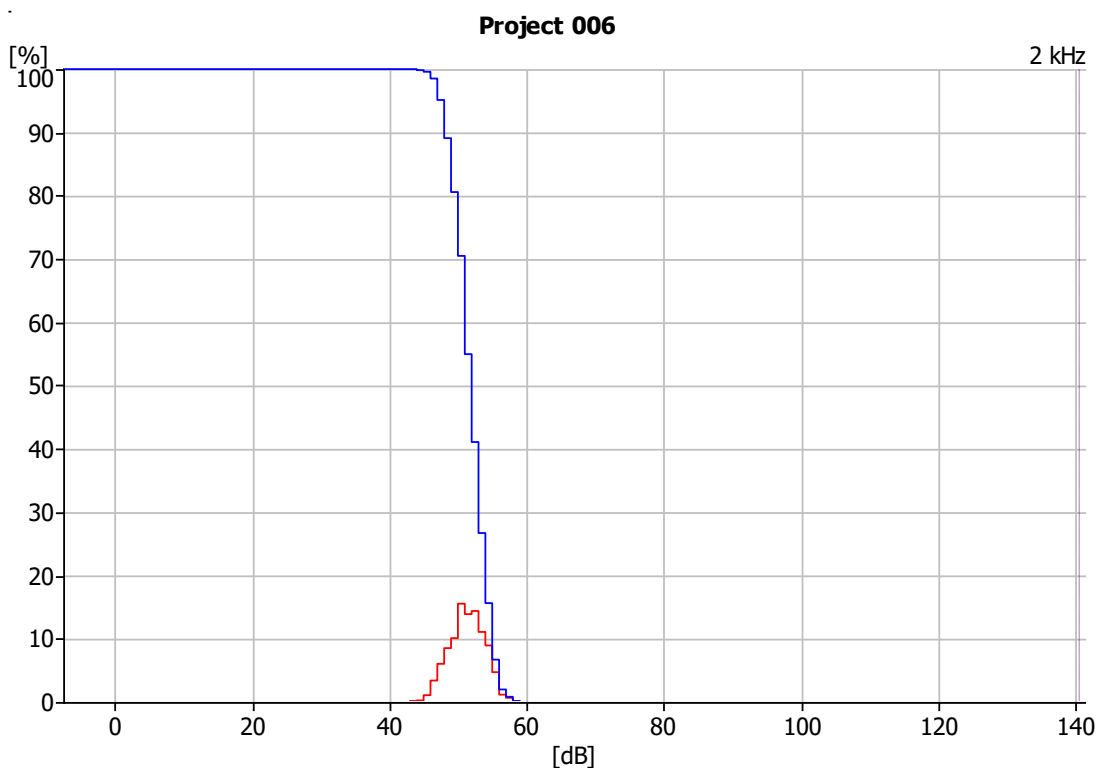
**Tabulka 19** – Tabulka měření č. 19



**Obrázek 44** – Graf měření č. 20

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	22,8	-9,56	8,18
31,5Hz	29,71	5,7	17,59
63Hz	39,09	17,57	28,99
125Hz	53,34	27,31	45,36
250Hz	61,74	28,69	52,66
500Hz	63,32	33,19	51,96
1kHz	59,15	35,93	51,46
2kHz	69,05	36,51	58,86
4kHz	67,56	30,16	57,78
8kHz	56,61	16,26	46,67
16kHz	47,12	6,76	29,46
A	71,75	42,28	62,88
C	74,34	58,71	67,15

**Tabulka 20** – Tabulka měření č. 20



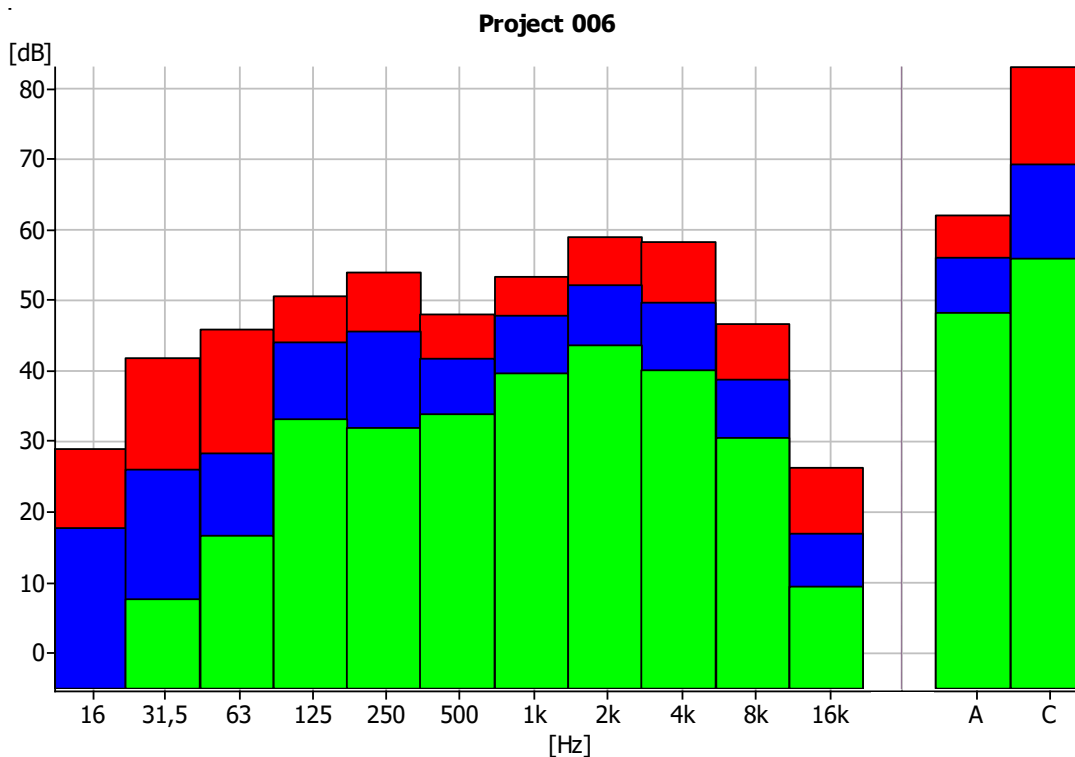
**Obrázek 45** – Graf měření č. 21

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
47,8	48	0,05	100,00
48	48,2	0,05	99,95
48,2	48,4	0,05	99,90
48,4	48,6	0,14	99,85
48,6	48,8	0,08	99,71
48,8	49	0,09	99,63
49	49,2	0,10	99,54

49,2	49,4	0,12	99,44
49,4	49,6	0,24	99,32
49,6	49,8	0,16	99,08
49,8	50	0,08	98,93
50	50,2	0,11	98,84
50,2	50,4	0,14	98,74
50,4	50,6	0,47	98,60
50,6	50,8	0,33	98,12
50,8	51	0,40	97,79
51	51,2	0,62	97,40
51,2	51,4	0,67	96,78
51,4	51,6	0,81	96,11
51,6	51,8	0,85	95,30
51,8	52	1,18	94,45
52	52,2	1,77	93,26
52,2	52,4	1,74	91,50
52,4	52,6	1,68	89,75
52,6	52,8	1,96	88,07
52,8	53	2,02	86,12
53	53,2	1,92	84,10
53,2	53,4	2,24	82,18
53,4	53,6	2,50	79,94
53,6	53,8	2,41	77,45
53,8	54	2,42	75,03
54	54,2	2,51	72,61
54,2	54,4	2,93	70,10
54,4	54,6	2,69	67,17
54,6	54,8	3,05	64,49
54,8	55	3,33	61,44
55	55,2	3,94	58,11
55,2	55,4	4,24	54,17
55,4	55,6	4,35	49,93
55,6	55,8	4,73	45,58
55,8	56	3,89	40,85
56	56,2	3,73	36,96
56,2	56,4	2,98	33,23
56,4	56,6	3,55	30,25
56,6	56,8	3,34	26,69
56,8	57	2,92	23,36
57	57,2	2,90	20,44
57,2	57,4	2,40	17,54
57,4	57,6	2,46	15,14
57,6	57,8	2,62	12,68
57,8	58	1,57	10,06
58	58,2	1,52	8,49
58,2	58,4	1,17	6,97
58,4	58,6	1,19	5,80

58,6	58,8	0,86	4,61
58,8	59	0,72	3,75
59	59,2	0,63	3,03
59,2	59,4	0,50	2,40
59,4	59,6	0,46	1,90
59,6	59,8	0,43	1,44
59,8	60	0,31	1,01
60	60,2	0,25	0,69
60,2	60,4	0,07	0,45
60,4	60,6	0,12	0,37
60,6	60,8	0,05	0,26
60,8	61	0,02	0,21
61	61,2	0,02	0,19
61,2	61,4	0,04	0,17
61,4	61,6	0,11	0,13
61,6	61,8	0,02	0,02

**Tabulka 21** – Tabulka měření č. 21



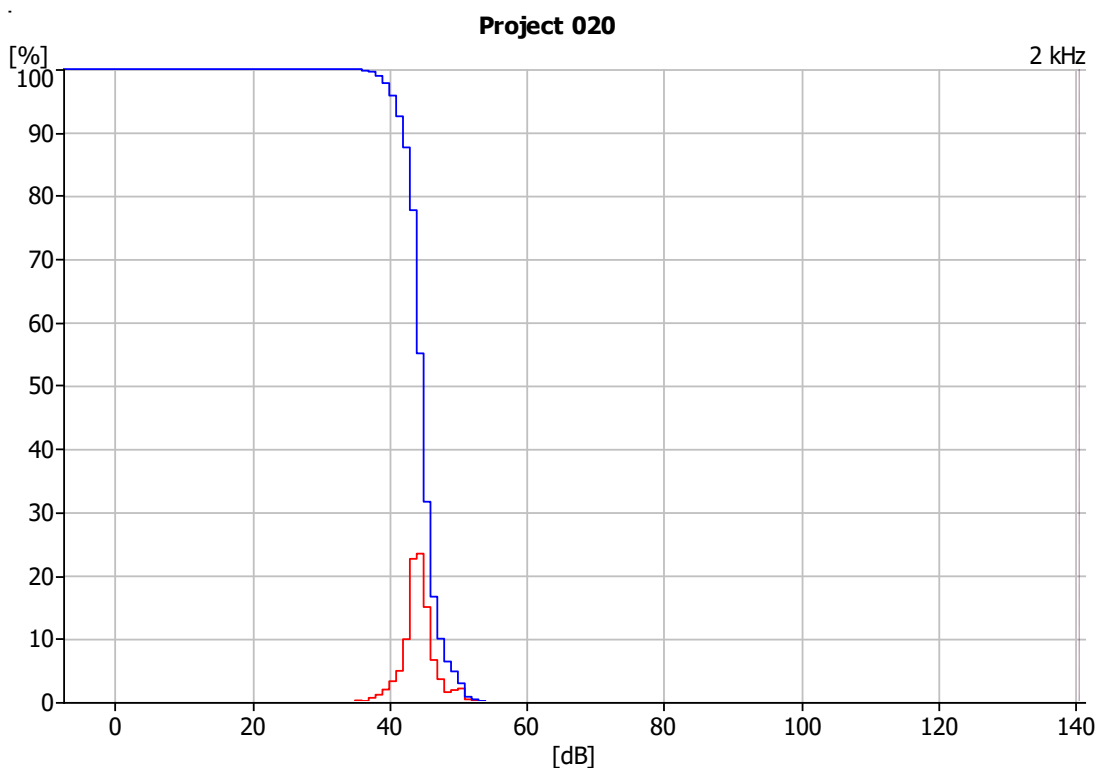
**Obrázek 46** – Graf měření č. 22

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	28,81	-5,39	17,62
31,5Hz	41,69	7,54	25,89
63Hz	45,73	16,53	28,2
125Hz	50,46	33,04	43,93
250Hz	53,82	31,81	45,46
500Hz	47,87	33,75	41,61



1kHz	53,21	39,54	47,7
2kHz	58,83	43,51	52,02
4kHz	58,13	39,97	49,55
8kHz	46,52	30,39	38,64
16kHz	26,16	9,32	16,82
A	61,91	48,1	55,92
C	82,92	55,78	69,13

**Tabulka 22** – Tabulka měření č. 22

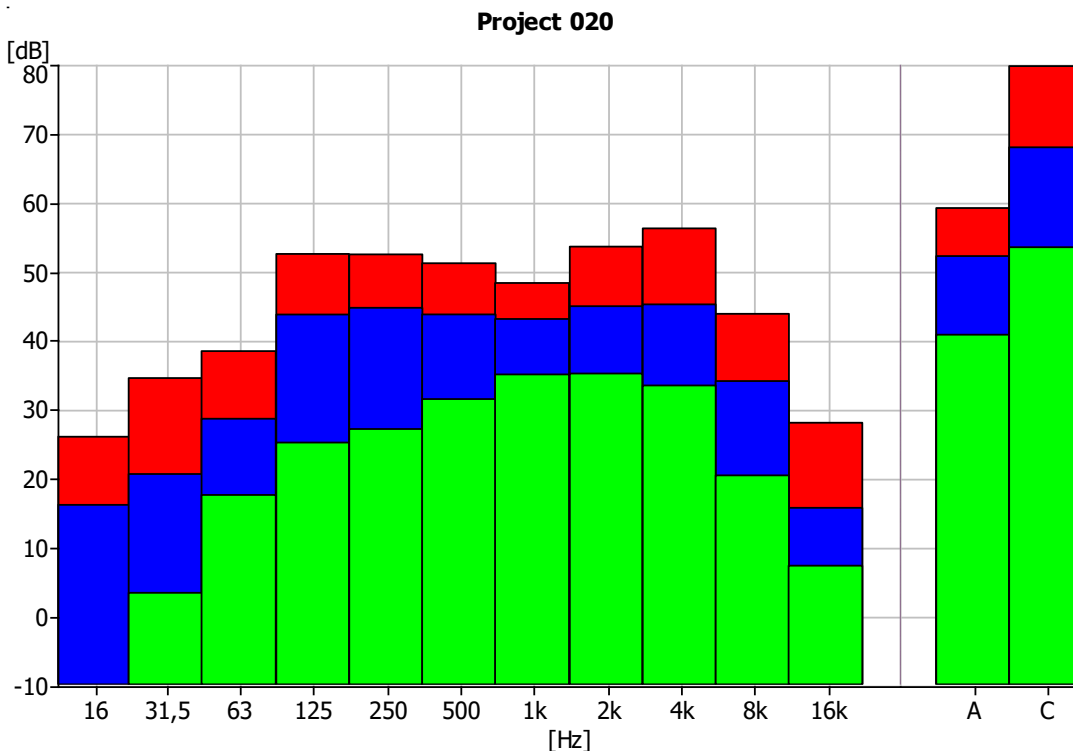


**Obrázek 47** – Graf měření č. 23

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
35	36	0,25	100,00
36	37	0,16	99,75
37	38	0,66	99,59
38	39	1,15	98,93
39	40	1,97	97,79
40	41	3,28	95,82
41	42	4,92	92,54
42	43	9,92	87,62
43	44	22,62	77,70
44	45	23,44	55,08
45	46	15,00	31,64
46	47	6,64	16,64
47	48	3,61	10,00
48	49	1,56	6,39

49	50	1,89	4,84
50	51	2,13	2,95
51	52	0,41	0,82
52	53	0,25	0,41
53	54	0,16	0,16

**Tabulka 23** – Tabulka měření č. 23



**Obrázek 48** – Graf měření č. 24

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	26,09	-10,07	16,21
31,5Hz	34,59	3,47	20,69
63Hz	38,49	17,64	28,69
125Hz	52,58	25,24	43,79
250Hz	52,51	27,21	44,77
500Hz	51,23	31,54	43,82
1kHz	48,37	35,12	43,16
2kHz	53,63	35,24	45
4kHz	56,28	33,51	45,27
8kHz	43,9	20,49	34,15
16kHz	28,11	7,39	15,78
A	59,23	40,88	52,26
C	79,8	53,56	68,03

**Tabulka 24** – Tabulka měření č. 24

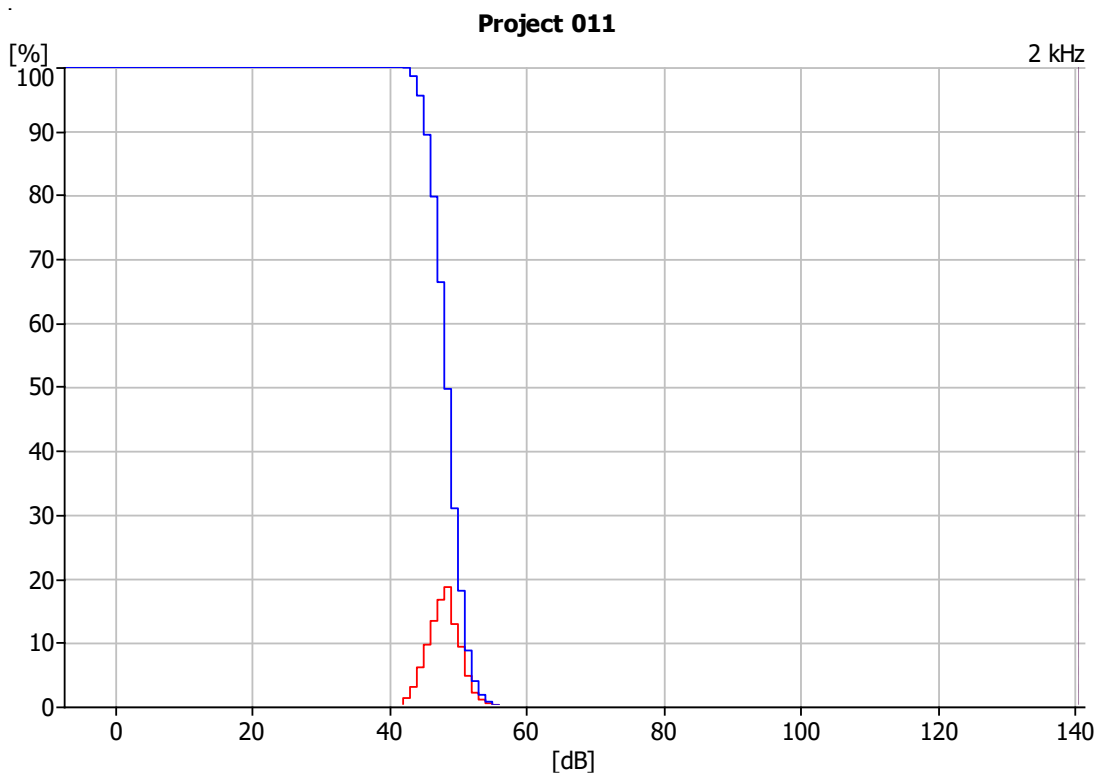
### 5.2.2 Měření mezi bytovými domy – bubnová sekačka

Stejně jako v případě křovinořezu můžeme na níže uvedených grafech (obrázek 49 – 54) vidět naměřené hodnoty, které byly zpracované programem BZ5503. Tyto hodnoty jsou také uvedeny v tabulkách, které můžeme vidět pod grafy (viz Tabulka 25 – 30). V případě měřeného bubnové sekačky Motor Jikov 1447 ISKRA DV + Motor Jikov BDR 700 si můžeme všimnout, že ani v jednom případě nepřekročila maximální hladina akustického tlaku 70 dB. A co se týče hladiny hluku při frekvenci 2 kHz, tak v tomto případě nebyl překročen limit 64 dB. Samozřejmě se stále jedná o velmi vysoké hodnoty.

Co se týče menších rozdílů v měření, platí stejná pravidla jako v případě měření na dětském hřišti, stále jsou stroje v neustálém pohybu a proto dochází k měření vždy v různé vzdálenosti, která se na rozdíl od měření na hřišti pohybuje v rozmezí od 70 – 100 metrů. I zde při některých měření docházelo k nárazu na překážku (např. kámen).

Na závěr tohoto měření bych chtěl zmínit, že nejnižší naměřená hladina akustického tlaku byla -12,05 dB a to při frekvenci 16 Hz, nejvyšší 65,61 dB při 1 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku činila 50,09 dB při 2 kHz.

Na základě uvedených grafů také můžeme říci, že nejvyšší procentuální zastoupení hladiny hluku při frekvenci 2 kHz se nacházelo mezi 48 – 49 dB.

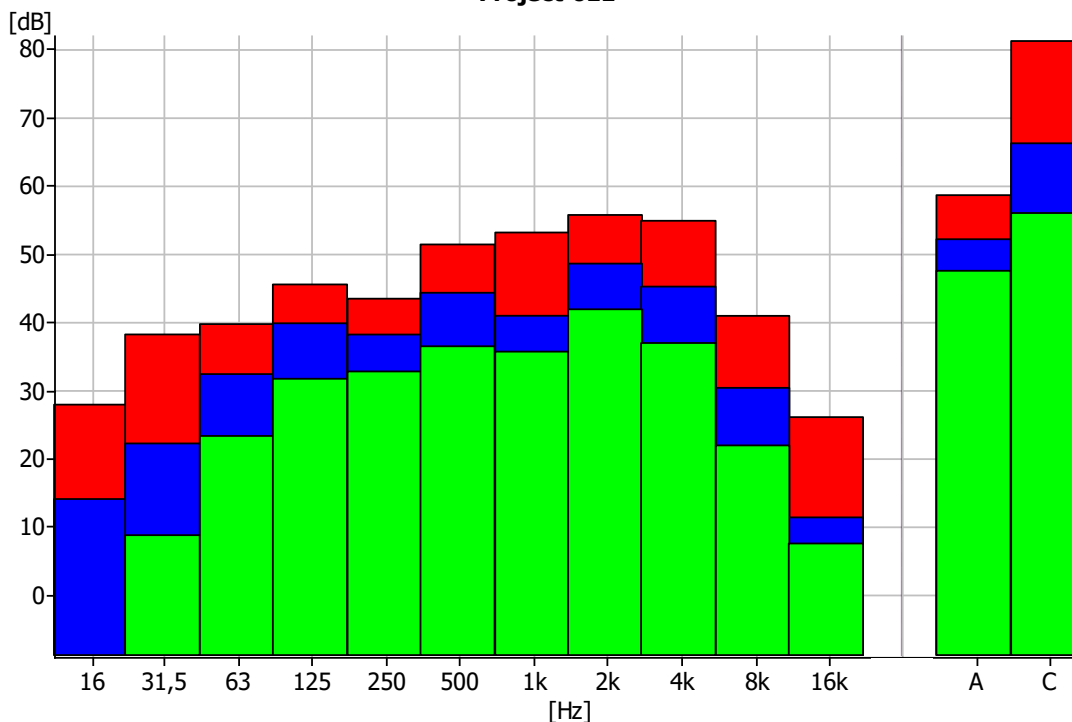


**Obrázek 49** – Graf měření č. 25

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
41	42	0,08	100,00
42	43	1,32	99,92
43	44	3,06	98,60
44	45	6,12	95,54
45	46	9,67	89,42
46	47	13,39	79,75
47	48	16,69	66,36
48	49	18,68	49,67
49	50	12,89	30,99
50	51	9,34	18,10
51	52	4,79	8,76
52	53	2,15	3,97
53	54	1,07	1,82
54	55	0,50	0,74
55	56	0,25	0,25

**Tabulka 25** – Tabulka měření č. 25

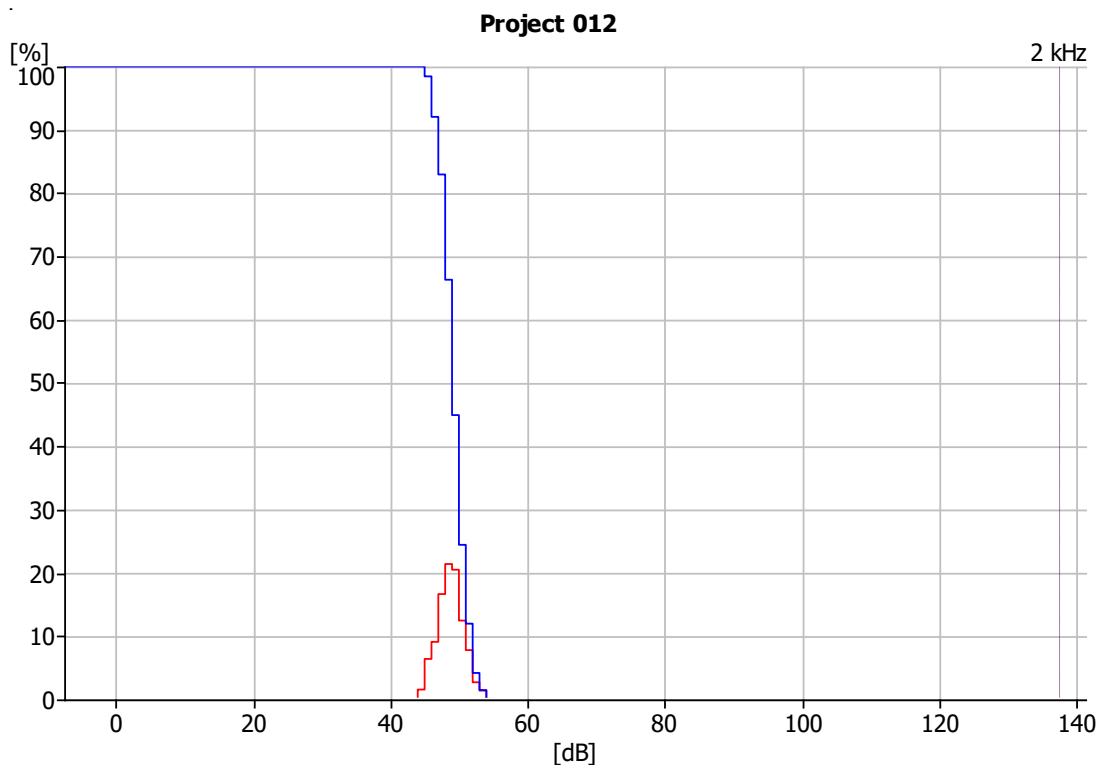
Project 011



Obrázek 50 – Graf měření č. 26

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	27,86	-9,14	14,01
31,5Hz	38,15	8,71	22,17
63Hz	39,67	23,26	32,34
125Hz	45,48	31,65	39,79
250Hz	43,39	32,72	38,14
500Hz	51,34	36,42	44,27
1kHz	53,1	35,63	40,89
2kHz	55,68	41,85	48,54
4kHz	54,82	36,89	45,17
8kHz	40,88	21,88	30,32
16kHz	26,03	7,49	11,33
A	58,58	47,48	52,12
C	81,19	55,95	66,18

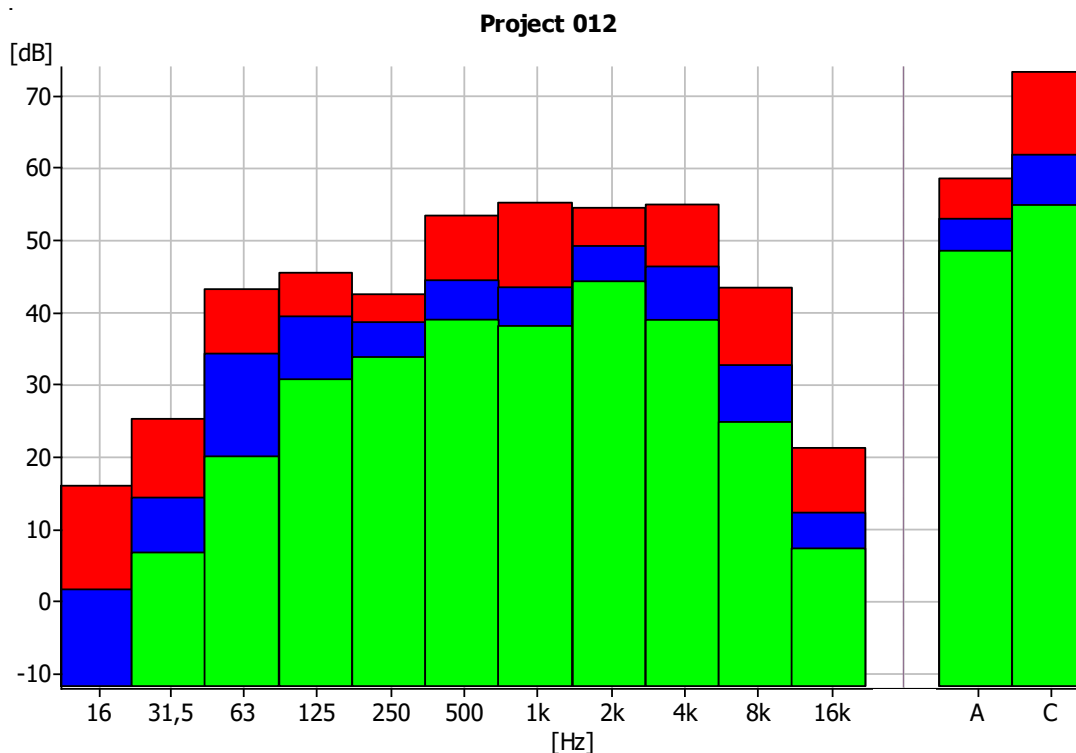
Tabulka 26 – Tabulka měření č. 26



**Obrázek 51** – Graf měření č. 27

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
44	45	1,56	100,00
45	46	6,39	98,44
46	47	9,10	92,05
47	48	16,64	82,95
48	49	21,39	66,31
49	50	20,49	44,92
50	51	12,46	24,43
51	52	7,79	11,97
52	53	2,70	4,18
53	54	1,39	1,48
54	55	0,08	0,08

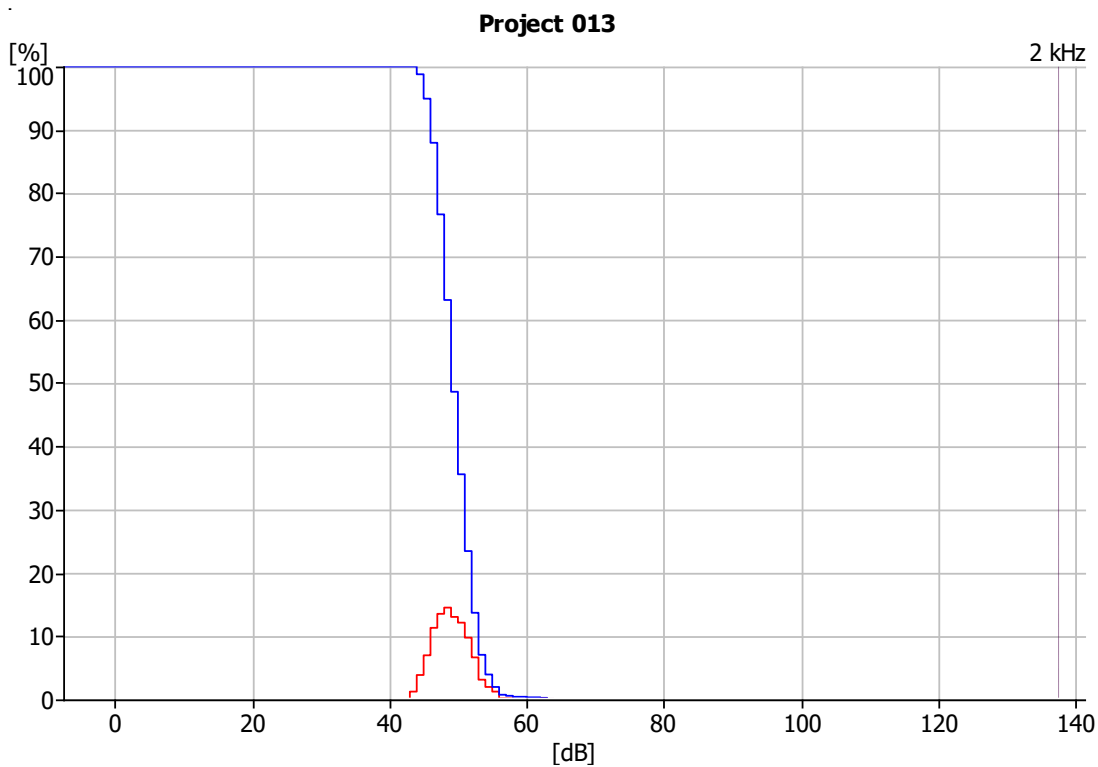
**Tabulka 27** – Tabulka měření č. 27



**Obrázek 52** – Graf měření č. 28

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	15,94	-12,05	1,59
31,5Hz	25,21	6,7	14,3
63Hz	43,16	20,01	34,24
125Hz	45,44	30,69	39,39
250Hz	42,46	33,77	38,6
500Hz	53,35	38,94	44,4
1kHz	55,13	38,07	43,42
2kHz	54,43	44,25	49,15
4kHz	54,89	38,91	46,31
8kHz	43,37	24,77	32,65
16kHz	21,18	7,27	12,22
A	58,49	48,48	52,92
C	73,24	54,82	61,77

**Tabulka 28** – Tabulka měření č. 28



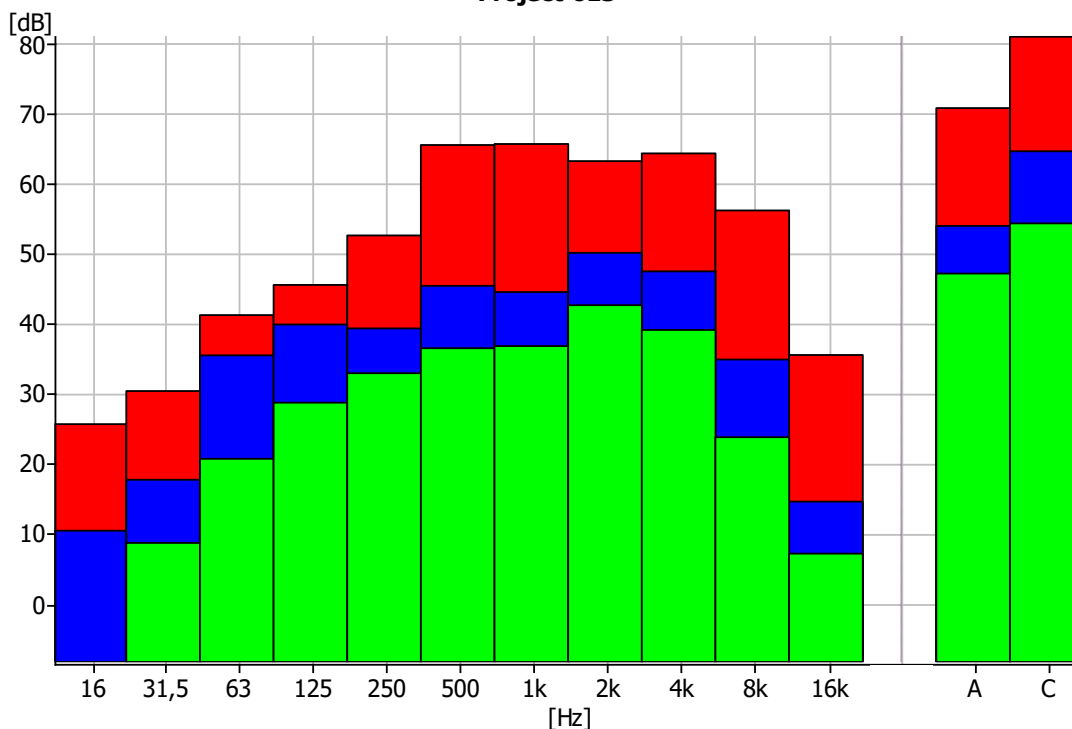
**Obrázek 53** – Graf měření č. 29

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
43	44	1,23	100,00
44	45	3,85	98,77
45	46	6,97	94,92
46	47	11,31	87,95
47	48	13,52	76,64
48	49	14,51	63,11
49	50	13,03	48,61
50	51	12,13	35,57
51	52	9,75	23,44
52	53	6,64	13,69
53	54	3,11	7,05
54	55	1,97	3,93
55	56	1,23	1,97
56	57	0,16	0,74
57	58	0,16	0,57
58	59	0,00	0,41
59	60	0,08	0,41
60	61	0,00	0,33
61	62	0,08	0,33
62	63	0,16	0,25
63	64	0,08	0,08

**Tabulka 29** – Tabulka měření č. 29



### Project 013



**Obrázek 54** – Graf měření č. 30

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	25,65	-8,52	10,47
31,5Hz	30,38	8,72	17,73
63Hz	41,21	20,72	35,47
125Hz	45,51	28,73	39,86
250Hz	52,56	32,93	39,31
500Hz	65,46	36,48	45,38
1kHz	65,61	36,79	44,5
2kHz	63,16	42,62	50,09
4kHz	64,26	39,09	47,45
8kHz	56,13	23,8	34,87
16kHz	35,52	7,2	14,62
A	70,73	47,13	53,92
C	80,91	54,28	64,58

**Tabulka 30** – Tabulka měření č. 30

### 5.2.3 Měření mezi bytovými domy – zahradní traktor

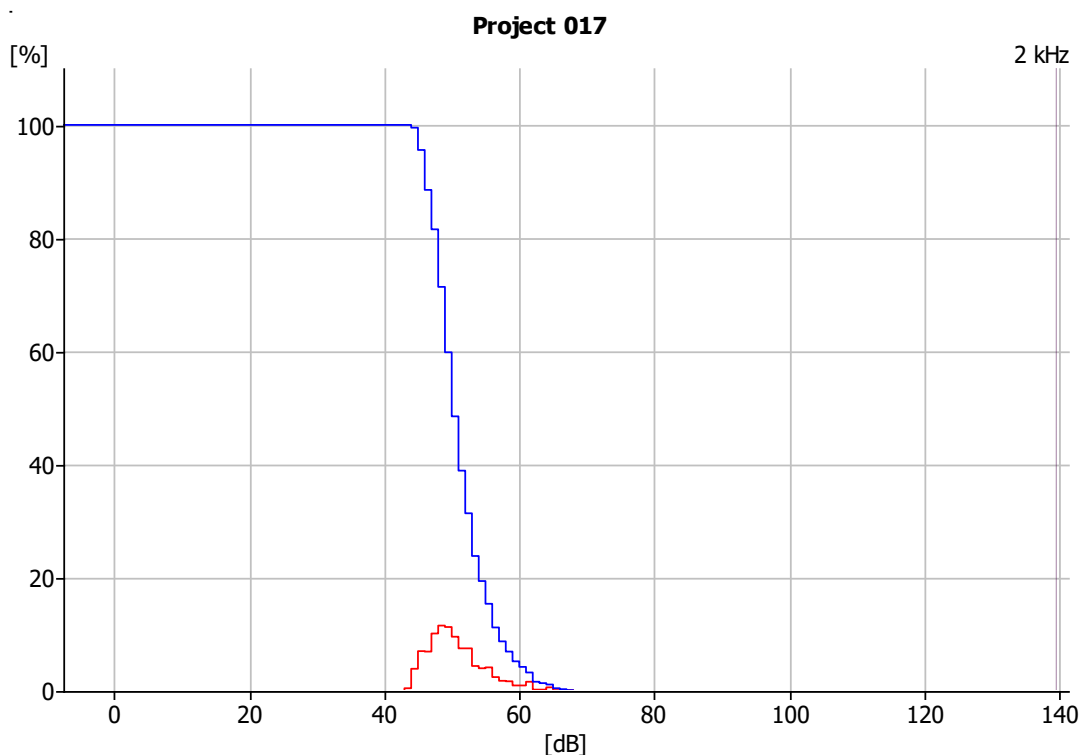
Jako v předešlých případech i v případě zahradního traktoru můžeme vidět na níže uvedených grafech (obrázek 55 – 60) naměřené hodnoty, které byly zpracované v programu BZ5503. V tabulkách pod grafy (viz Tabulka 31 – 36) je možné tyto hodnoty také vidět. V případě měřeného zahradního traktoru Simplicity Baron XL

2WD si můžeme všimnout, že ani v jednom případě nepřekročila maximální hladina akustického tlaku 70 dB. A co se týče hladiny hluku při frekvenci 2 kHz, tak ani v tomto případě nebyl překročen tento limit. Samozřejmě se stále jedná o velmi vysoké hodnoty.

Co se týče menších rozdílů v měření, platí stejná pravidla jako v případě měření na dětském hřišti, stále jsou stroje v neustálém pohybu a proto dochází k měření vždy v různé vzdálenosti, která se na rozdíl od měření na hřišti pohybuje v rozmezí od 70 – 100 metrů. I zde při některých měření docházelo k nárazu na překážku (např. kámen).

Na závěr tohoto měření bych chtěl zmínit, že nejnižší naměřená hladina akustického tlaku byla -7,18 dB a to při frekvenci 16 Hz, nejvyšší 67,36 dB při 2 kHz. Nejvyšší naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku činila 56,57 dB při 2 kHz.

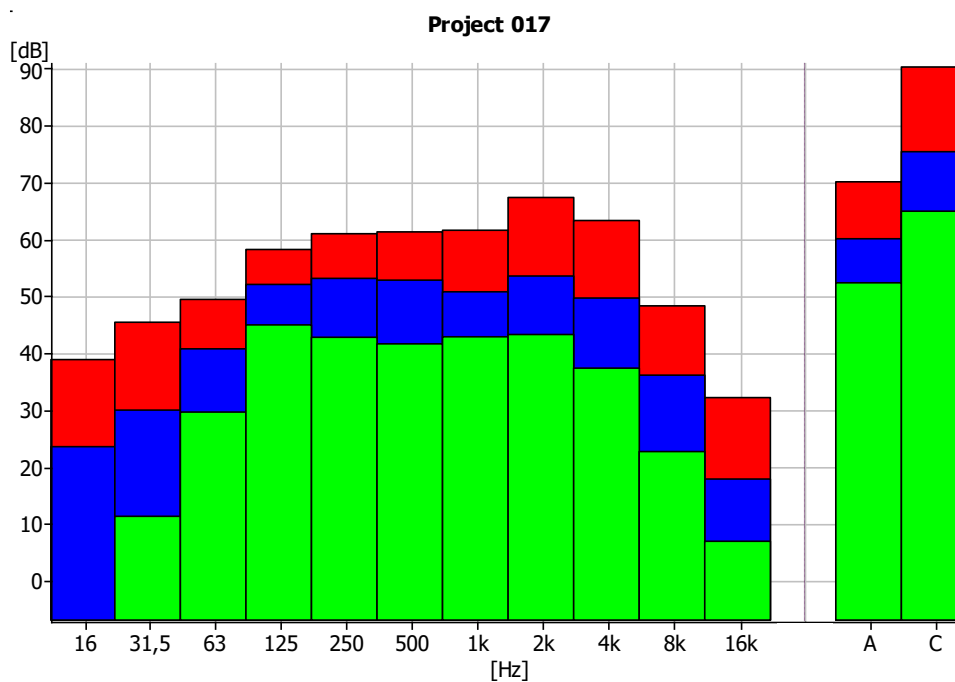
Na základě uvedených grafů také můžeme říci, že nejvyšší procentuální zastoupení hladiny hluku při frekvenci 2 kHz se při prvním a třetím měření nacházelo v rozmezí 48 – 50 dB a v případě druhého měření je jednalo o hodnoty mezi 56 – 57 dB.



**Obrázek 55** – Graf měření č. 31

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
43	44	0,49	100,00
44	45	3,93	99,51
45	46	7,05	95,57
46	47	6,97	88,52
47	48	10,16	81,56
48	49	11,56	71,39
49	50	11,31	59,84
50	51	9,59	48,52
51	52	7,54	38,93
52	53	7,54	31,39
53	54	4,43	23,85
54	55	4,02	19,43
55	56	4,18	15,41
56	57	2,46	11,23
57	58	1,80	8,77
58	59	1,72	6,97
59	60	0,98	5,25
60	61	0,98	4,26
61	62	1,64	3,28
62	63	0,25	1,64
63	64	0,25	1,39
64	65	0,66	1,15
65	66	0,16	0,49
66	67	0,16	0,33
67	68	0,16	0,16

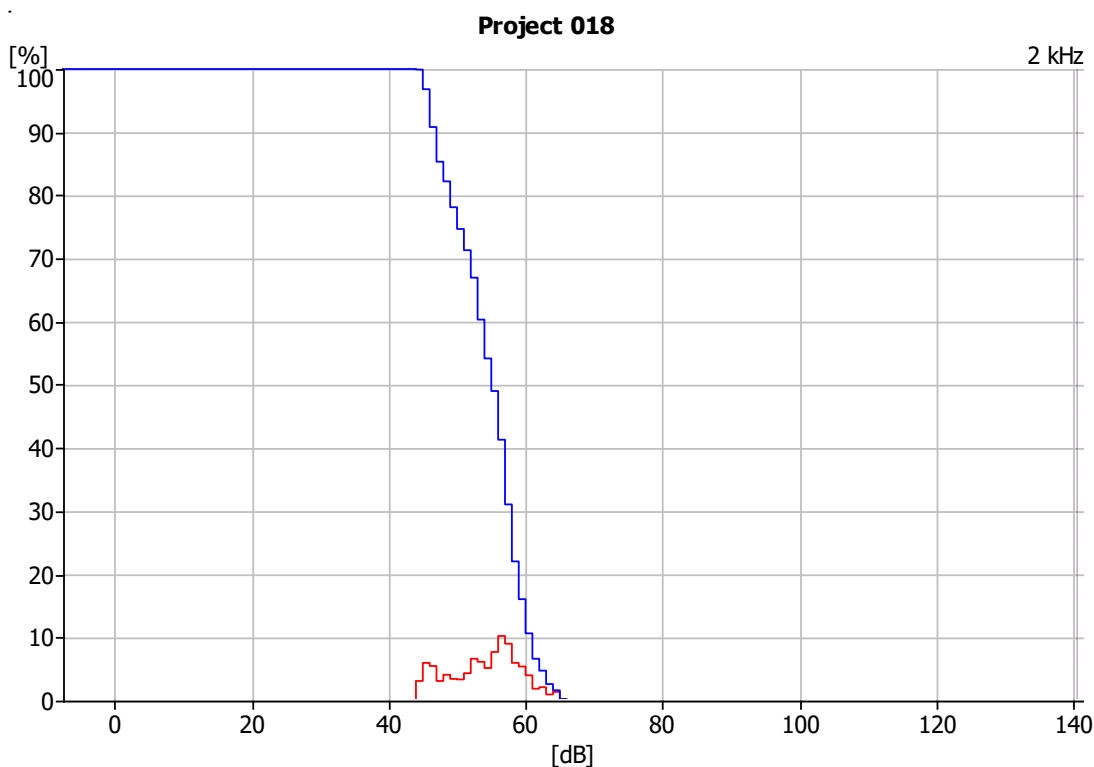
**Tabulka 31** – Tabulka měření č. 31



**Obrázek 56** – Graf měření č. 32

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	38,86	-7,18	23,58
31,5Hz	45,43	11,33	29,99
63Hz	49,45	29,65	40,76
125Hz	58,21	44,97	52,08
250Hz	60,98	42,8	53,13
500Hz	61,31	41,64	52,83
1kHz	61,6	42,89	50,78
2kHz	67,36	43,28	53,55
4kHz	63,3	37,38	49,69
8kHz	48,32	22,71	36,14
16kHz	32,2	6,95	17,89
A	70,1	52,36	60,1
C	90,28	64,95	75,39

**Tabulka 32** – Tabulka měření č. 32

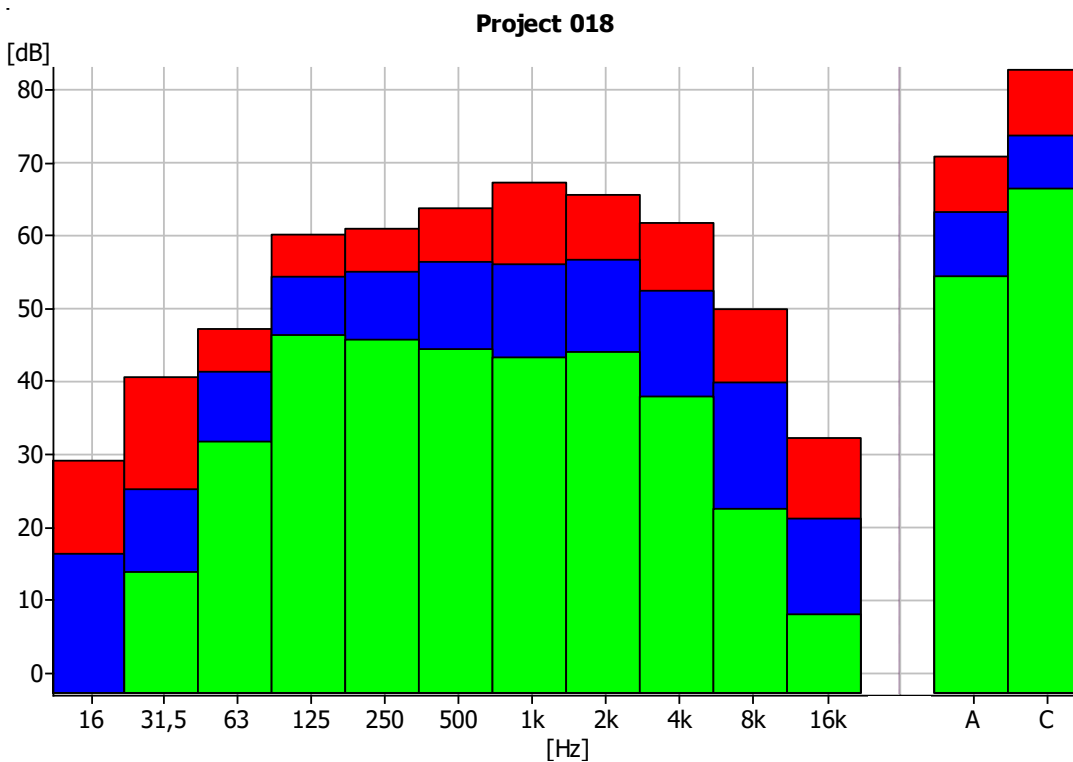


**Obrázek 57** – Graf měření č. 33

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
43	44	0,08	100,00
44	45	3,11	99,92
45	46	5,98	96,80
46	47	5,49	90,82
47	48	3,11	85,33
48	49	4,10	82,21
49	50	3,44	78,11

50	51	3,36	74,67
51	52	4,34	71,31
52	53	6,64	66,97
53	54	6,15	60,33
54	55	5,16	54,18
55	56	7,70	49,02
56	57	10,25	41,31
57	58	9,02	31,07
58	59	5,98	22,05
59	60	5,41	16,07
60	61	4,02	10,66
61	62	1,89	6,64
62	63	2,13	4,75
63	64	0,98	2,62
64	65	1,39	1,64
65	66	0,25	0,25

**Tabulka 33** – Tabulka měření č. 33

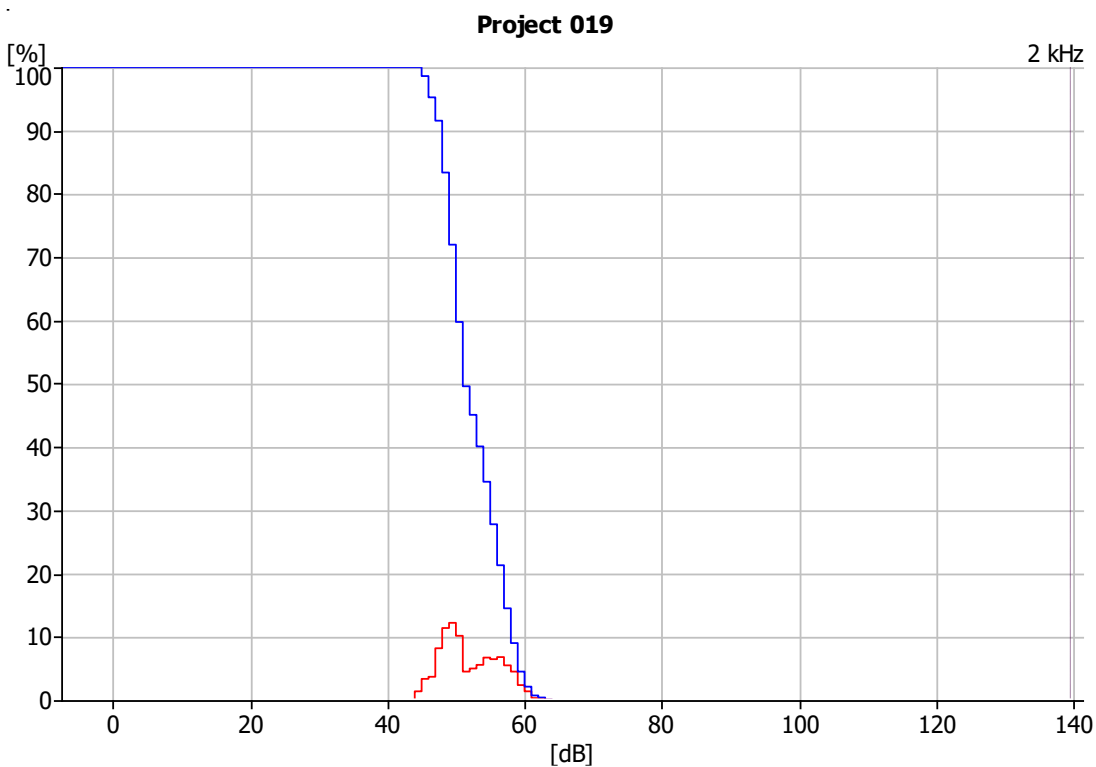


**Obrázek 58** – Graf měření č. 34

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	29,04	-3,04	16,27
31,5Hz	40,48	13,79	25,12
63Hz	47,09	31,66	41,22
125Hz	60,02	46,25	54,25
250Hz	60,83	45,62	54,93

500Hz	63,63	44,34	56,29
1kHz	67,15	43,2	55,96
2kHz	65,47	43,93	56,57
4kHz	61,62	37,83	52,33
8kHz	49,8	22,45	39,76
16kHz	32,14	7,98	21,11
A	70,71	54,31	63,12
C	82,61	66,33	73,6

**Tabulka 34** – Tabulka měření č. 34

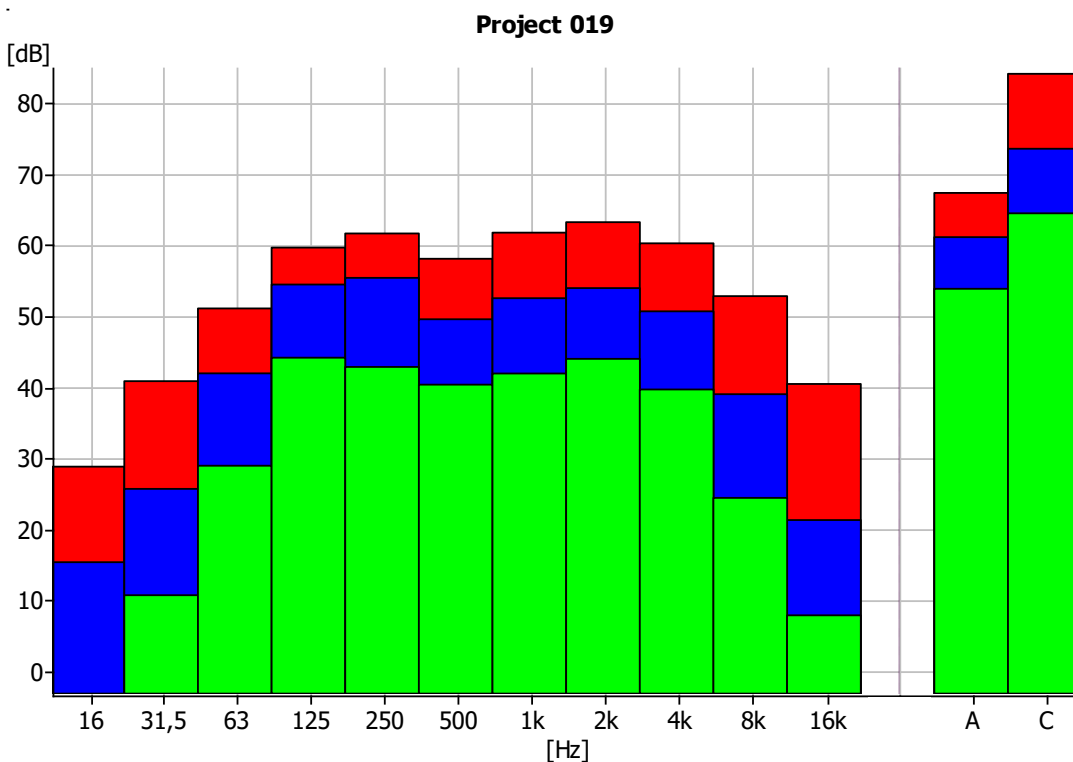


**Obrázek 59** – Graf měření č. 35

Start [dB]	Stop [dB]	Level [%]	Cumulative [%]
44	45	1,39	100,00
45	46	3,36	98,61
46	47	3,69	95,25
47	48	8,20	91,56
48	49	11,39	83,36
49	50	12,21	71,97
50	51	10,16	59,75
51	52	4,51	49,59
52	53	5,00	45,08
53	54	5,57	40,08
54	55	6,72	34,51
55	56	6,48	27,79
56	57	6,80	21,31

57	58	5,49	14,51
58	59	4,51	9,02
59	60	2,38	4,51
60	61	1,39	2,13
61	62	0,33	0,74
62	63	0,33	0,41
63	64	0,08	0,08

**Tabulka 35** – Tabulka měření č. 35



**Obrázek 60** – Graf měření č. 36

Frequency	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]	LAeq [dB]
16Hz	28,81	-3,41	15,36
31,5Hz	40,85	10,71	25,67
63Hz	51,08	28,93	41,95
125Hz	59,66	44,15	54,45
250Hz	61,65	42,85	55,4
500Hz	58,08	40,36	49,56
1kHz	61,77	41,93	52,52
2kHz	63,23	43,99	53,95
4kHz	60,26	39,67	50,68
8kHz	52,82	24,41	39,01
16kHz	40,46	7,86	21,29
A	67,36	53,85	61,13
C	84,13	64,49	73,57

**Tabulka 36** – Tabulka měření č. 36

### 5.3 Srovnání naměřených hodnot s legislativou

V této části bakalářské práce porovnáme neměřené ekvivalentní hladiny akustického tlaku (viz kapitola 5 Naměřené hodnoty) s hygienickými limity stanovenými zákonem.

Hygienické limity jsou stanoveny pro všechny známé a objektivně stanovené faktory, které mohou mít negativní vliv na zdraví člověka. Hygienické limity pro hluk a vibrace jsou v České republice stanoveny v Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. Hygienické limity hluku jsou stanoveny pro následující prostory:

- Chráněný venkovní prostor
- Chráněný venkovní prostor staveb
- Chráněný vnitřní prostor staveb
- Pracoviště

Nás však zajímá pouze chráněný venkovní prostor. Za chráněný venkovní prostor se považují nezastavěné pozemky, které se používají k rekreaci, sportu, léčení a výuce. Mezi tyto prostory nepatří pozemky určené pro zemědělské účely, lesy a venkovní pracoviště. Limitní hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 38. [58]



**Obrázek 62** – Příklad chráněného venkovního prostoru (vyznačený zeleně) [58]



Doba	Chráněný prostor	Hygienický limit hluku [dB]			
		1	2	3	4
Denní i noční	Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	50	50	55	65
	Chráněný ostatní venkovní prostor	50	55	60	70

1) Platí pro hluk z provozu stacionárních zdrojů, hluk z veřejné produkce hudby, hluk na účelových komunikacích a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce.

2) Platí pro hluk z dopravy na silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy a dráhách.

3) Platí pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.

4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích s výjimkou účelových komunikací a dráhách dle bodů 2) a 3). Dále platí v chráněných venkovních prostorech staveb při umístění bytu v přístavbě nebo nástavbě stávajícího obytného objektu nebo víceúčelového objektu nebo v případě výstavby ojedinělého obytného, nebo víceúčelového objektu v rámci dostavby proluk, a výstavby ojedinělých obytných nebo víceúčelových objektů v rámci dostavby center obcí a jejich historických částí.

**Tabulka 37** – Limitní hodnoty hluku v chráněném venkovním prostředí [58]

Bohužel na základě uvedených grafů a tabulek musím konstatovat, že měřená komunální technika ve všech případech překročila hygienický limit hluku daný legislativou. Ekvivalentní hladina hluku vždy překročila hodnotu 50 dB, i když je třeba říci, že v případě měření bubnového žací stroje, ze vzdálenosti 70 – 100 metrů, byla tato hodnota překročena pouze o 0,09 dB. V případě zahradního traktoru došlo k překročení limitu o 6,57 dB a v případě křovinořezu o 8,86 dB, samozřejmě se jedná o hodnoty měřené z větší vzdálenosti, mezi bytovými domy.

U dětského hřiště došlo k daleko značnějšímu přesáhnutí limitu. V tabulkách či grafech můžeme vidět, že bubnový žací stroj přesáhl limit o 18,81 dB, křovinořez o 23,77 dB a zahradní traktor o 25,39 dB.

Docházíme tedy k závěru, že hluk měřené komunální techniky má skutečně neblahý dopad na životní prostředí a obyvatele vsi, konkrétně občany, kteří musí být tomuto hluku vystavováni i několik hodin.

Nesmíme však zapomínat ani na obluhu této techniky, ta se nachází přímo v blízkosti stroje a je tak vystavována nejvyššímu hluku po celou dobu pracovního cyklu.

## 6. Diskuze

Z výsledků měření je zřejmé, že bubnový žací stroj Motor Jikov 1447 ISKRA DV + Motor Jikov BDR 700 okolní prostředí zatěžuje nejméně. Ekvivalentní hladina hluku u této bubnové sekačky nepřesáhla na stanovišti mezi bytovými domy hodnotu 50,09 dB a u dětského hřiště nepřekročila hodnotu 68, 81 dB.

Na druhém i třetím místě se v podstatě shodně umístil žací travní malotraktor Simplicity Baron XL 2WD a křovinořez Stihl FS 450. Ekvivalentní hladina hluku u zahradního traktoru nepřekročila na stanovišti mezi bytovými domy hodnotu 56,57 dB a u dětského hřiště nepřekročila hodnotu 75,39 dB. Ekvivalentní hladina hluku u křovinořezu nepřesáhla na stanovišti mezi bytovými domy hodnotu 58,86 dB a u dětského hřiště nepřekročila hodnotu 73,77 dB.

Po vyhodnocení mnou naměřených hodnot a zjištění o kolik decibelů překračují limity dané legislativou, jsem se rozhodl navštívit zaměstnance obce, konkrétně tedy zaměstnance obsluhující komunální techniku za účelem vést s nimi rozhovor na téma, jaké postupují kroky pro snížení hlučnosti, jestli se snaží hlučnost komunální techniky snížit i zda pociťují, že se na nich hlučnost negativně projevuje po zdravotní stránce.

Zjistil jsem, že jednou z hlavních možností, jak se můžeme snažit snižovat hluk techniky je její údržba. Správnou a pravidelnou údržbou komunální techniky můžeme snížit hlučnost valivých ložisek, hluk proudící z ozubených převodů a převodových skříní i hluk z pístových strojů (především ze spalovacích motorů). Dále je zapotřebí provádět údržbu siletntbloků i tlumučů, které se velmi lehce mohou opotřebit a následně zvyšovat hlučnost techniky. Rozhodně se nesmí zapomínat na údržbu a kontrolu výfukového potrubí, které se může také velmi snadno opotřebit a kde může velmi jednoduše dojít k jeho poškození, které se značně projeví na hlučnosti stroje.

Jelikož udržování travnatých pozemků k činnostem obce patří, není tedy možné obyvatel před hlukem zcela ochránit. Dokonce je velmi náročné snížit hluk, který technika vydává, pod legislativní hranici 50 dB, tedy pokud se bavíme o maximální vzdálenosti 70 – 100 metrů od zdroje hluku. Jelikož se obec musí starat o několik stovek m<sup>2</sup> travnatých pozemků nejen v Hracholuskách, ale i v přilehlých vesnicích a osadách, je zapotřebí, aby používala výkonou techniku. A jak jsem již

zmínil v této práci, hlučnost techniky roste přímo úměrně s výkonem. Čím výkonnější techniku budeme používat, tím vyšší hlučnost budeme produkovat. Musím, ale zmínit, že k měření jsem použil nejvýkonnější komunální techniku k údržbě zeleně, kterou obec disponuje. To znamená, že ostatní technika, kterou obec pro údržbu travnatých pozemků používá, produkuje nižší hladinu hluku.

Jelikož sečení travnatých ploch vždy probíhá pouze v pracovních dnech, v dopoledních či odpoledních hodinách, tj. doba, kdy se většina obyvatel nachází v zaměstnání či ve škole, nemá naštěstí hluk vliv na všechny občany naší vsi. Rizikové mohou být letní prázdniny, kdy si děti mohou hrát na hřišti. Zároveň se totiž jedná o období, kdy je zapotřebí pravidelně kosit travnaté plochy a děti tak mohou přijít do nepříjemného kontaktu s hlukem. V tomto případě je na místě, aby obsluha komunální techniky požádala děti, zda by se na dobu, během které budou sít danou plochu, mohli vzdálit. Nejde jen o ochranu před hlukem, ale i před odlétajícími kamínky a jinými předměty.

Hluk, který vydává komunální technika, je možné také snížit zvyšující se praxí a zkušenostmi s daným strojem a travnatou plochou. Obsluha, která daný pozemek a stroj už dobře zná, dokáže s ním velmi dobře zacházet (nevytáčí stroj do zbytečně velkých otáček apod.) a nevytváří zbytečný hluk například střetem s kamenem nebo jinou překážkou.

Jelikož jsem zmínil, že je opravdu velmi náročné a možná i nad naše síly ochránit obyvatele před hlukem, leda (např. legislativním) tlakem na výrobce komunální techniky, zaměřil bych se ještě na ochranu obsluhy techniky před hlukem. Podle NV č. 272/2011 by obsluha komunální techniky měla být vybavena chrániči sluchu. Pro ochranu sluchu je možné použít zátkové chrániče sluchu, které mají útlum 28 dB. Další možností je použít mušlové chrániče sluchu, které mají útlum 36 dB. Samozřejmě toto jsou jen průměrné hodnoty těchto chráničů, bohužel se na trhu pohybují mušlové chrániče sluchu, které mají nižší útlum než ty zátkové. Samozřejmě žádného zaměstnance není možné nutit tyto chrániče používat, musím však pracovníky obce pochválit za jejich odpovědnost, neboť při obsluhování techniky byli vybaveni mušlovými chrániči sluchu.

Při rozhovoru s nimi mi bylo řečeno, že je pro ně opravdu náročné několik hodin denně obsluhovat tuto techniku. Mimo jiné, je to pro ně náročné právě ze stránky

hlučnosti, kdy si pomalu začínají všimnat problémů se sluchem. Oba by proto velmi uvítali, pokud by se začaly vyrábět stroje produkující výrazně nižší hluk. Pokud to však není možné, byly by rádi za účinnější ochranné prvky proti hluku. Na základě tohoto rozhovoru jsem se začal zajímat o různé druhy mušlových chráničů sluchu a opravdu jsem objevil nemalé rozdíly v útlumu těchto chráničů. Na našem trhu jsem našel mušlové chrániče, u kterých se tlumící efekt pohybuje v rozmezí od 25 do 43,5 dB. Můžeme tedy vidět, že rozdíl mezi různými mušlovými chrániči je téměř 20 dB.

## 7. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval problematikou vlivu komunální techniky na životní prostředí. Zajímalo mě, na kolik tyto stroje a běžný provoz s nimi spojený může ovlivňovat životní prostředí, a tedy i obyvatele naší vsi.

Po měření, vyhodnocení a zjištění o kolik decibelů překračují mnou naměřené hodnoty limity dané legislativou, jsem se začal zajímat o možnosti snížení této hlučnosti.

Navštívil jsem tedy zaměstnance naší obce, kteří obsluhují komunální techniku, a vedl s nimi rozhovor na téma, jaké postupují kroky pro snížení hlučnosti, jestli se snaží hlučnost komunální techniky snížit i zda pocítují, že se na nich hlučnost negativně projevuje po zdravotní stránce.

Po tomto rozhovoru a následném zjištění, jak velké rozdíly mohou být mezi chrániči sluchu, jsem o tomto tématu promluvil se starostou obce. Starostu obce jsem seznámil s problematikou negativních účinků hluku a přednesl žádost, zda by mohlo dojít ke zkontrolování prvků chráničů zaměstnance před hlukem komunální techniky a případně k pořízení lepších prostředků k ochraně obsluhy těchto strojů. Zmínil jsem, že mezi chrániči sluchu jsou opravdu značné rozdíly a že pořízení účinnějších prostředků může mít podstatný vliv na budoucí zdraví zaměstnanců obce. Mimo jiné se náklady na pořízení těchto chráničů nepohybují v žádných vysokých částkách, jedná se o tisícikorunové položky, které by neměly téměř žádný vliv na obecní rozpočet.

Na závěr bych chtěl říci, že jsem byl starostou obce Hracholusky ubezpečen, že prvky sloužící k ochraně sluchu budou zkontrolovány a porovnány s konkurenčními produkty na trhu a případně pořízeny takové, které by lépe ochránily sluch pracovníků obce při obsluhování komunální techniky.

Tento přístup starosty i zaměstnanců obce mě velice potěšil a vidím zde velký smysl své bakalářské práce.

## 8 Seznam použité literatury

1. PEŠIČKA, Jaroslav. *Práce s kosou a srpem*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, 1993. ISBN 80-7105-053-9.
2. KRAUS, Zdeněk. *Malá zemědělská mechanizace*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1996. *Mechanizace (modrá ř.)*. ISBN 80-7105-132-2.
3. KUMHÁLA, František. *Nové typy žacích strojů: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996. *Studijní informace*.
4. CELJAK, Ivo. *Malá farmářská, zahradní a komunální mechanizace*. České Budějovice: 1. Interní učební text. JCU, 2000.
5. ZEMÁNEK, Pavel a Vladimír VEVERKA. *Speciální mechanizace: malá mechanizace v zahradnictví*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-511-9.
6. ONDŘEJ, Jan. *Trávník - základ zahrady*. Praha: Grada, 1997. *Česká zahrada*. ISBN 80-7169-478-9.
7. HRABĚ, František. *Trávy a trávníky - co o nich ještě nevíte*. Olomouc: Petr Baštan - Hanácká reklamní, 2003. ISBN 80-903275-0-8.
8. Obratan - Bubnové sekačky [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z: <http://www.obratan.cz/zahradni-technika/bubnove-sekacky/sekacka-motor-jikov/bubnova-sekacka-motor-jikov-bdr-700-1453-i.html>
9. Obec Hracholusky [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z: <http://www.hracholusky-pt.cz/>
10. ČERVINKA, Jan. *Stroje pro sklizeň pícnin na seno*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1993. ISBN 80-7105-054-7.
11. SVOBODOVÁ, Miluše. *Trávníky*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1998. ISBN 80-213-0380-8.

12. NERUDA, Jindřich a Zdeněk ČERNÝ. *Motorová řetězová pila a křovinořez*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. ISBN 80-7271-175-X.
13. Landsmann - Křovinořezy benzínové [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z: [http://www.landsmann.cz/stihl-fs-450-krovinorez-vyzinac-motorovy-benzinovy-obsah-44-3cm3-vykon-2-1-2\\_d45701.html](http://www.landsmann.cz/stihl-fs-450-krovinorez-vyzinac-motorovy-benzinovy-obsah-44-3cm3-vykon-2-1-2_d45701.html)
14. VOLF, Miroslav. *Zahrada: velký domácí rádce pro krásnou a užitečnou zahradu*. Praha: Beta, 2006. ISBN 80-7306-228-3.
15. Hobbycentrum - Zahradní traktory [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z: <http://www.hobbycentrum.cz/Zahradni-tractor-Simplicity-BARON-XL-2WD/tab/106345/1>
16. JELÍNEK, Antonín. *Malá mechanizace*. Praha: Agrospoj, 2000. Semafor. ISBN 80-239-4227-1.
17. NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04347-9.
18. SMETANA, Ctirad. *Hluk a vibrace: měření a hodnocení*. Praha: Sdělovací technika, 1998. ISBN 80-901936-2-5.
19. Zdroje zvuku. In: Zvuk [online]. 2012 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.zvukostroj.estranky.cz/clanky/zdroje-zvuku/>
20. MEDVECOVÁ, I.: GREIF-AKUSTIKA, s.r.o. Základy akustiky: Příručka pro začátečníky. [www.greif.cz](http://www.greif.cz), 1. 11. 2011. Dostupné z: <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>
21. KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1: akustika budov*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03664-8.
22. Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava [online]. 2012 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly\\_akustika.htm](http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm)



23. Ultrazvuk a Infrazvuk. In: CSICSO, František. Akustika pro střední školy [online]. 2009 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://akustika.ic.cz/htmls/hlad.html>
24. Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice [online]. 17. 3. 2011. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: [http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_02.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf)
25. Hluk & Emise [online]. 2007 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/>
26. HAVRÁNEK, Jiří. *Hluk a zdraví*. Praha: Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0020-2.
27. SMETANA, Ctirad. *Měření hluku a chvění*. Praha, 1974.
28. EKOLOGICKÝ PRÁVNÍ SERVIS [online]. Hluk ve vnějším prostředí: Právní rádce občana obtěžovaného hlukem, 31. 8. 2007. Dostupné z: [http://hluk.eps.cz/files/Hluk\\_brozura.pdf](http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf)
29. KIMÁKOVÁ, Tatiana., Lucia KUZMOVÁ a Petr KACHLÍK. *Hluk nie je zvuk*. In: ŘEHULKA, E. (Ed.). Anotace referátů z 6. Mezinárodní vědecké konference Škola a zdraví pro 21. století, 2010.
30. Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: 88/2004 Sb. 2004, roč. 2004, 27. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4331>
31. MARTIN, David J., Irving T. P. WELLS a Christopher R. GOODWIN. *Physics of ultrasound*. Anaesthesia & Intensive Care Medicine. 2015, roč. 16, č. 3, s. 132-135.
32. WILLIAMS, David. *The physics of ultrasound*. Anaesthesia & Intensive Care Medicine. 2012, roč. 13, č. 6, s. 264-268.
33. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: 258/2000 Sb. 2000, roč. 2000, 74. Dostupné z: [http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/258000/Sb\\_258000\\_-----\\_.php](http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/258000/Sb_258000_-----_.php)

34. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: 272/2011 Sb. 2011, roč. 2011, 97. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=6014>
35. Vyhláška č. 523/2006 Sb.: o hlukovém mapování. In: Ministerstvo zdravotnictví. 2006. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=63182&nr=523~2F2006~20Sb.&ft=pdf>
36. Nařízení vlády č. 9/2002 Sb.: kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku. In: Ministerstvo životního prostředí. 2001. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=52530&nr=9~2F2002~20Sb.&ft=pdf>
37. Zákon č. 505/1990 Sb.: o metrologii. In: Ministerstvo průmyslu a obchodu. 1990. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/47593/53703/594938/priloha001.doc>
38. ČSN EN ISO 9612. Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti. Praha: Česká akustická společnost, 2009.
39. Zákon č. 100/2001 Sb.: o posuzování vlivů na životní prostředí. In: Ministerstvo životního prostředí. 2001. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8A12B8F25817A234C125729D0039D956/\\$file/Z%20100\\_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8A12B8F25817A234C125729D0039D956/$file/Z%20100_2001.pdf)
40. OHLIGER, Tina. *Znečištění ovzduší a hluk*. In: O Parlamentu: Fakta a čísla o Evropské unii [online]. 2014 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: [http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/cs/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.4.6.html](http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/cs/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.4.6.html)
41. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/88/ES ze dne 14. prosince 2005, o sblížení právních předpisů členských států týkajících se emisí hluku zařízení, která jsou určena k použití ve venkovním prostoru, do okolního prostředí. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 22. 3. 2015]. Dostupné z:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:344:0044:0046:CS:PDF>

42. Sekačky na trávu – Vřetenové sekačky [online]. [cit. 2017-04-29].  
Dostupný z: <http://sekacky-na-travu.webnode.cz/vretenove-sekacky-/>
43. Zemědělské stroje pro sklizeň píce a lnu [online]. [cit. 2017-04-29].  
Dostupný z: <http://docplayer.cz/30521706-Zemedelske-stroje-stroje-pro-sklizen-picin-a-lnu.html>
44. Hecht - Lištové, bubnové sekačky [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z:  
<https://cz.hecht.cz/hecht-587-listova-benzinova-sekacka-s-pojzdem/>
45. Heureka - Křovinořezy [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z:  
<https://krovinorezy.heureka.cz/oleo-mac-sparta-250-t/>
46. Garten - Lehké elektrické vyžinače [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z:  
<https://www.garten.cz/a/cz/3586-lehke-elektricke-vyzinace/>
47. JVS - Bubnové sekačky [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z:  
<http://www.jvs-zahrada.cz/bubnove-sekacky.html>
48. Jak vybrat sekačku [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z:  
<http://www.jak-vybrat-sekacku.cz/blog-2/>
49. Garden technik - Zahradní traktory [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z:  
<http://www.garden-technik.cz/zahradni-traktory>
50. Agroservis Šálek - Pracovní nářadí na údržbu zeleně [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupný z: <http://www.agroservispv.cz/pracovni-naradi/udrzba-travniku/mulcovac-mul-1300-traverz>
51. Obecné informace o zvuku: Zvuk jako vlnění [online]. 2015 [cit. 2017-04-09].  
Dostupné z:  
<http://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/~media/Images/Knowhow/Sound/Illustrations%20CZ/Sound-pressure-3244078cz.ashx>
52. Dopplerův jev [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Doppler%20jev#/media/File:Doppler-effect-two-police-cars-diagram.png>

53. Mastnice [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Mastnice#/media/File:Natural\\_monument\\_Mastnice\\_in\\_2011\\_\(10\).JPG](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mastnice#/media/File:Natural_monument_Mastnice_in_2011_(10).JPG)
54. Garden studio - Křovinořezy a vyžínače [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://zahrada-obchod.cz/detail.asp?id=372&groupid=3&groupsub=82>
55. Sekačka - Bubnové sekačky [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.sekacka.cz/sekacka/eshop/3Bubnove-sekacky/0/5/62-Motor-Jikov-BDR-700-s-Jikov-1447>
56. Cetea - Travní traktory, ridery [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.cetea.cz/z27768-traktor-simplicity-baron-xl-2wd>
57. Přístroje a systémy pro měření a analýzu hluku a vibrací – Zvukoměr 2240 [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://mereni-a-analyza-signalu-hluku-a-vibraci.spectris.cz/zvukomer-2270/>
58. Hlukové limity, měření hluku a hlukové studie [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/hlukove-limity-mereni-hluku-hlukove-studie-194>