

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Snímání zvuku cajonu

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2016/2017

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

Jméno a příjmení: **Anežka RUNTOVÁ**
Osobní číslo: **E14B0114P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Snímání zvuku cajonu**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

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

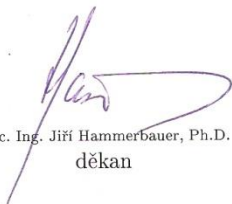
1. Prozkoumejte různé možnosti snímání zvuku hudebního nástroje cajon.
2. Pro jednotlivé možnosti snímání tohoto nástroje pořídte zkušební nahrávky.
3. Zkušební nahrávky vyhodnoťte a jednotlivé metody snímání porovnejte.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

1. Vlachý, V., Praxe zvukové techniky, Muzikus, 2008,
ISBN 978-80-8625-346-6

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Sýkora, Ph.D.
Katedra technologií a měření

Datum zadání bakalářské práce: 14. října 2016
Termín odevzdání bakalářské práce: 8. června 2017


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na metody snímání hudebního nástroje cajon tak, aby bylo dosaženo co nejuvěrnější barvy zvuku nástroje. Nejprve se práce zaměřuje na popis a historii cajonu, dále se teoretická část zabývá tématem hudební akustiky a charakteristikami mikrofonů. Praktická část řeší výběr vhodných mikrofonů a jejich umístění a dále frekvenční a časofrekvenční analýzu.

Klíčová slova

cajon, zvuk, mikrofony, snímání zvuku, frekvenční analýza, časový vývoj spektra

Abstract

The bachelor thesis presents methods of recording the sound of musical instrument called Cajon to obtain the most natural recording. The first part of this thesis is focussed on the description and history of the cajon, the theoretical part deals with the topic of musical acoustics and microphone's characteristics. The practical part is focused on the selection of most suitable microphones and their location as well as frequency and time-frequency analysis.

Keywords

cajon, sound, microphones, sound recording, frequency analysis, time process of the spectrum

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 7.6.2017

Jméno příjmení

Poděkování

Ráda bych touto formou vyjádřila velké poděkování vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Sýkorovi, Ph.D. za užitečné profesionální rady, cenné zkušenosti a metodické vedení práce. Můj vděk dále patří cajonistce Petře Bernhardtové za její ochotu při realizaci praktické části, a v neposlední řadě také mé rodině, která mě po celou dobu studia podporovala.

Obsah

ÚVOD	9
1 CAJON – POPIS NÁSTROJE	10
1.1 HISTORIE	11
1.2 MATERIÁL	12
1.3 VZNIK TÓNU	12
1.4 ROZSAH ZVUKU	13
2 TEORETICKÁ ČÁST	14
2.1 OBECNĚ O AKUSTICE	14
2.1.1 Zvuk	15
2.1.2 Tón	16
2.1.3 Lidský sluch	18
2.1.4 Rozpoznání zvuku	18
2.1.5 Maskování zvuku zvukem jiným	19
2.1.6 Akustické vlastnosti dřeva	19
2.2 MIKROFONY	20
2.2.1 Směrová charakteristika	20
2.2.2 Frekvenční charakteristika	22
2.2.3 Typy mikrofonů	23
2.3 PROSTORY PRO NAHRÁVÁNÍ	24
2.3.1 Studio	24
2.3.2 Venkovní prostory	26
3 PRAKTICKÁ ČÁST	27
3.1 VYBRANÉ ZPŮSOBY SNÍMÁNÍ CAJONU	27
3.1.1 Blízké snímání	28
3.1.2 Daleké snímání	31
3.2 FOURIEROVA TRANSFORMACE	32
3.3 SPEKTROGRAM	33
3.4 SPEKTRA BASOVÉHO A VYSOKÉHO TÓNU	34
3.5 REFERENČNÍ POSLECH	36
3.6 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	37
4 ZÁVĚR	38
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1
PŘÍLOHY	4

Úvod

Hudba je zde již od počátků lidstva. Nepatří sice k záležitostem, na kterých by závisel lidský život, ale dokáže mít vliv na nesčetné množství aspektů. Hudba dokáže ovlivnit činnost mozku, ale také osobní a sociální jednání. Díky pokrokům a novým technologiím se rámec hudby neustále posouvá.

Již od poloviny 19. století lidé bádali nad tím, jak lidský hlas a zvuky zaznamenat. S rozvojem technologií ve dvacátém a jednadvacátém století došlo k rozšíření záznamových nosičů i zařízení mimo prostory specializovaných studií a rozhlasových stanic směrem k jednotlivým posluchačům. Podobně bouřlivým rozvojem, jakým prošla zvuková technika, prošla za tuto dobu i hudba samotná. Objevily se mnohé nové nástroje založené na nejrůznějších akustických jevech a s nimi i potřeba pořizování jejich nahrávek. Ukázalo se, že pořízení kvalitního záznamu zejména některých bicích nástrojů je velmi složitá úloha, která zaměstnává odborníky z oblasti zvukové elektrotechniky již řadu let. Nahráváním jednoho podobně komplikovaného nástroje se také zabývá tato práce.

Předkládaná práce je zaměřena na hledání způsobů kvalitního snímání zvuku cajonu. Cajon (čte se „kachón“) je v tomto směru poměrně problémový nástroj, neboť dosud nebyl zjištěn kvalitní a univerzální způsob jeho snímání. V této době neexistuje ani odborná literatura, která by se tímto hudebním nástrojem zabývala z hlediska akustiky, což je způsobeno tím, že tento nástroj prožívá až v poslední době velký rozmach v různých hudebních stylech a tak nebyla dosud motivace k hledání jeho kvalitního snímání.

Text práce je rozdělen do tří částí; první se zabývá popisem hudebního nástroje a jeho historií, druhý bod uvádí teorii hudební akustiky, mikrofonů a prostor pro nahrávání a třetí část popisuje vybrané způsoby snímání cajonu, které byly vyzkoušeny a nahrány a následně vyhodnoceny pomocí referenčního poslechu a spekter jednotlivých tónů.

1 CAJON – popis nástroje

Hudební nástroj cajon objevuje v poslední době stále větší počet hudebníků. Donedávna neměla většina Evropanů o této hudební „bedýnce“ ani tušení a dnes už ji využívá mnoho hudebních skupin a prodává se snad v každém lepším obchodě s hudebními nástroji. Popularita cajonu stoupá a na trhu se vytváří široká nabídka různých modelů.



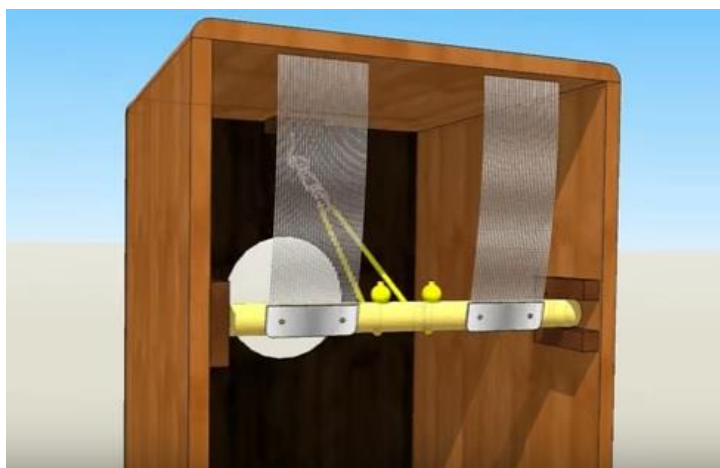
Obr. 1.: Hudební nástroj cajon (převzato z [1]).

Název pochází ze španělštiny, čte se [kachón] a znamená „bedýnka“. Jedná se o perkusní hudební nástroj latinsko-amerického původu. Perkuse patří do skupiny bicích nástrojů a jsou pravděpodobně nejstarší skupina hudebních nástrojů. Vyskytují se jak v hudbě primitivních národů, tak v moderní hudbě. Zvuk se vytváří pomocí úderů do nástroje, škrabáním na nástroj, či jeho třesením. Do této skupiny patří například bubny bonga, djembe nebo conga, ale také mnohé typy chrástítek, ozvučných dřivek, zvonů, roliček nebo klapáček (tamburíny, triangly atd.). Převzato z materiálu uvedeného v seznamu literatury a informačních zdrojů pod číslem [2].

Cajon vypadá opravdu jako „bedýnka“, která je nejčastěji vyrobená ze dřeva s ozvučným otvorem na jedné straně. Čím větší je ozvučný otvor, tím je zvuk basových tónů nižší a delší. V opačném případě je tón vyšší a razantnější. Uvnitř, podél ozvučné desky, jsou nataženy kovové struny. Struník se musí vždy dotýkat stěny, na kterou se bubnuje. Na

úplném začátku se využívalo pouze strun z obyčejné kytary. Dnes jsou struny podobné těm, co mají malé bubny v klasických bicích soupravách. Některé firmy vyrábějí modely, kde je možné struník zcela odebrat a lze tedy hrát jen na znělou stěnu bez strun. Převzato ze zdroje uvedeného v seznamu literatury a informačních zdrojů pod číslem [3].

Hráč sedí na horní desce nástroje obkročmo s narovnanými zády a rukama bubnuje do přední stěny cajonu, který by měl být celý nakloněný mírně dozadu. Někdo ke hře přidává metličky, patu či podpatek boty. Vzhledem k tomu, že nejsou striktně dané žádné techniky hraní na cajon, každá si tak může vybrat svůj vlastní a osobitý styl. Zvuk cajonu závisí nejen na naladění strun, liší se i dle místa a síly úderu. Díky tomu umí napodobit celou řadu různých typů bicích nástrojů. Například imituje zvuk basového bubnu (při úderu doprostřed ozvučné desky) i malého bubínku (při úderu na kraj ozvučné desky). Tento nástroj lze využít v drtivé většině hudebních stylů.



Obr. 2.: Vnitřní struník – řez cajonem (převzato z [4]).

1.1 Historie

Historie hudebního nástroje cajon byla převzata z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [5] a [6]. Cajon pochází z 16. století z Peru. Afričtí otroci si vyrobili tyto nástroje údajně ze starých přepravek a beden na ryby nebo pomeranče (zkrátka toho, co bylo po ruce), aby si tím nahradili domovské bubny, které měli zakázané. Další možností jak mohlo dojít k objevení cajonu je tím, že si dělníci hraním na prázdné bedny od zboží krátili své dlouhé chvíle. Velký rozmach nástroje začal na Kubě v latinské hudbě a v Evropě hlavně díky španělskému hudebníkovi jménem Paco de Lucia – významnému

představiteli flamenca. Cajón je tak typickým perkusním nástrojem, který je velmi oblíbený hlavně ve všech španělsky mluvících státech.

1.2 Materiál

Přední strana cajonu se vyrábí hlavně z tenkého dřeva, výjimečně z plastu. Tělo je zhotoveno také ze dřeva a vytváří rezonanční krabici. V té vzniká zvuk a šíří se ven pomocí ozvučného otvoru. V některých případech se kvůli dokonalejšímu zvuku (a také proti poničení podlahy) přidávají na spodní desku gumové nožičky. Horní deska by měla být jemně zdrsňena, aby hráč při naklánění se na cajonu, nesjížděl. Informace o možnostech zhotovení byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [7].

1.3 Vznik tónu

Styl hraní je zde individuální záležitostí. Cajon však vytváří dva základní zvuky a to „bass“ a „snare“. Basové tóny vznikají nejčastěji úderem dlaně do horní poloviny čelní plochy. Tam se tvoří kvalitní tón a zároveň je to místo, kam se snadno dosáhne. Hrou na cajon od středu dolů, se jistě také dosáhneme solidního zvuku, ovšem snaha takto hrát se většinou nevyplatí. Těmito údery na delší vzdálenost může docházet k rozhození rytmu.



Obr. 3.: Vznik basových tónů (převzato z [8]).

„Snare“ tóny jsou tvořeny úderem o vrchní hranu. Jednou z možností hraní je pomocí natažených prstů, které by poté měly zůstat v kontaktu s povrchem, dokud nedojde k dalšímu úderu. Další způsob představuje jemné poklepání na povrch konečky prstů. Tam pohyb vychází ze zápěstí a prsty jsou zde také natažené. Způsoby vzniku tónů při hře na cajon byly převzaty z materiálu pod číslem [9] uvedeného v seznamu literatury a informačních zdrojů.

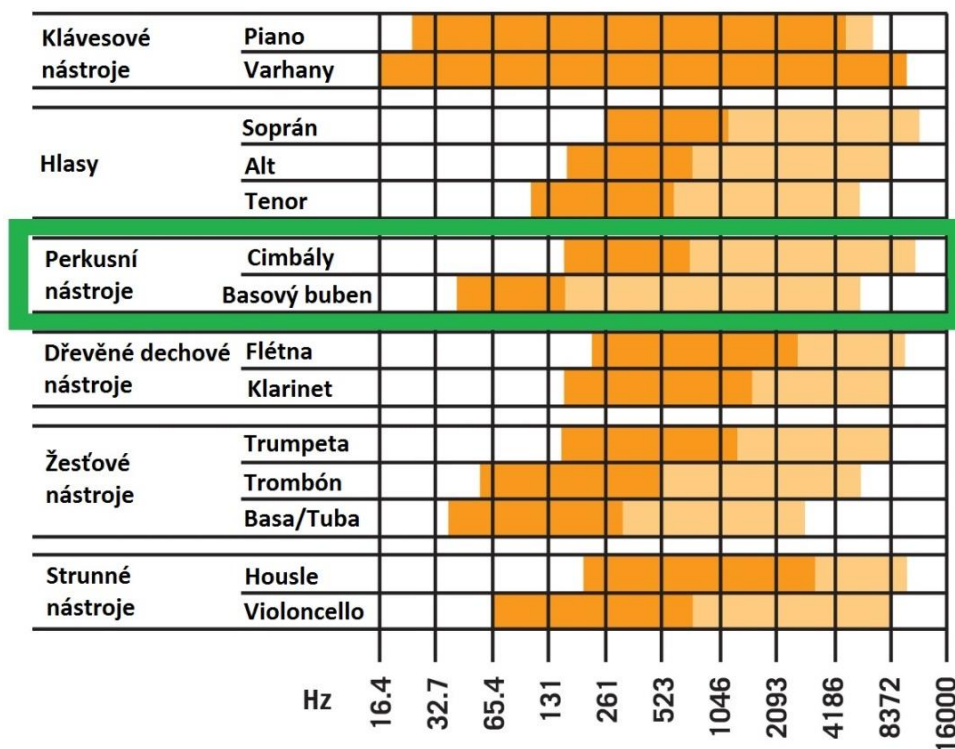


Obr. 4.: Vznik „snare“ tónů pomocí natažených prstů a konečků prstů (převzato z [8]).

Do hry je možno zapojit i dolní končetiny. Těmi lze měnit barvu a tlumit tón. Profesionální hráč by měl být schopen napodobit zvuk celé bicí soupravy.[5]

1.4 Rozsah zvuku

Z materiálu uvedeného v seznamu literatury a informačních zdrojů pod číslem [10] byl zjištěn frekvenční rozsah cajonu a hodnota se pohybuje okolo 60 - 100 Hz. Tento cajon má vnitřní rozměry 260 × 280 × 470 mm a frekvenční rozsah se pohybuje v závislosti na průměru zadního otvoru. Co se týče dalších perkusních nástrojů, například bubínku, ten má sytý zvuk okolo 240 – 500 Hz nebo hudební nástroj Conga, kde se frekvenční rozsah pohybuje okolo hodnoty 200 Hz [11]. Dále jsem uvedla v obrázku č. 5 tabulku, kde jsou pro porovnání uvedené rozsahy frekvencí různých hudebních nástrojů a také hlasů.



Obr. 5.: Frekvenční rozsahy (převzato z [12]).

2 Teoretická část

Obsahem této kapitoly jsou aspekty nahrávání včetně akustiky, vlastností zvuku a doporučených postupů. První podkapitola se zabývá akustikou, jejím rozdělením z hlediska oblastí zájmů, vznikem a vlastnostmi zvuku, tóny, lidským sluchem a akustickými vlastnostmi dřeva. Druhá podkapitola má za úkol přestavit mikrofony, jejich charakteristiky a typy. A třetí podkapitola se věnuje prostorám pro nahrávání, jak vnějším, tak studiovým.

2.1 Obecně o akustice

Obecné rozdělení akustiky bylo převzato z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [13]. Jedná se o rozsáhlý vědní obor (a jeden z nejstarších oborů fyziky), který se zabývá zvukem, jeho vznikem a šířením až po jeho vnímání lidskými smysly. Akustiku lze dále rozdělit podle oblastí zájmu:

1. Fyzikální akustika – studuje způsob vzniku a šíření zvuku, dále vlastnosti zvuku jako je jeho odraz a pohlcení v různých materiálech.

2. Stavební akustika – zkoumá dobré a nerušené podmínky odposlechu zvuku a také lidské řeči v místnostech. Jinými slovy se zabývá zvukovými jevy v uzavřených prostorech. Dále také zjišťuje možnosti eliminace nežádoucího šíření hluku mimo místnosti či opačně z vnějšího prostoru do budov. Součástí stavební akustiky je tzv. prostorová akustika, která se zabývá šířením zvuku v prostoru a jeho pohlcováním.

3. Hudební akustika – řeší vlastnosti nástrojů, například ladění. Zkoumá zvuky a také jejich kombinace s ohledem na potřeby hudby.

4. Fyziologická akustika – ta se zabývá vznikem zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímáním. Dále může být uváděna i psychoakustika a ta se zabývá vnímáním zvuku v mozku.

5. Elektroakustika – řeší záznam, reprodukci a šíření zvuku s využitím elektrického proudu. Tato věda se zahrnuje jak do vědního oboru akustiky, tak do části oboru elektroniky.

2.1.1 Zvuk

Zvuk umožňuje zprostředkovat informace o okolním světě a můžeme jej obecně definovat jako mechanické kmitání, které je charakterizováno parametry pohybu částic pružného prostředí nebo u vlnového pohybu parametry zvukového pole, které je schopno podnítit v uchu sluchový vjem. Mechanické vlnění vzniká v látkách všech druhů skupenství díky vazebným silám mezi částicemi prostředí, ve kterém se šíří. Touto vzájemnou vazbou se tak na další částici přenáší energie kmitavého pohybu jiné částice, což dává vzniknout prostředí, které se označuje jako pružné. Přenosem kmitání částic v tomto prostředí vzniká vlna. Zvuk je charakterizován vlnovou délkou, amplitudou vlnění, frekvencí a rychlostí šíření. Pokud hmotný bod, který je zdrojem vlnění, kmitá harmonicky, vzniká mechanická vlna sinusového průběhu a platí tak vztah (1) mezi vlnovou délkou λ , rychlostí šíření c a frekvencí f :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Informace o obecném definování zvuku a k následujícímu rozdělení byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [14] - [15]. Rozlišujeme tyto typy zvukového vlnění:

1. Infrazvuk: $f < 20$ Hz. Velmi nízké frekvence. Lidské ucho takový zvuk není schopné zaznamenat. Tělo infrazvuk vnímá hmatem – tyto nízké frekvence jsou schopny rozvibrovat celý povrch těla či bránici. Je známo, že například velryby, sloni nebo aligátoři používají infrazvuk k dorozumění.

2. Zvuk slyšitelný lidským uchem: $f \in (20; 20 \cdot 10^3)$ Hz. Jedná se o frekvence schopné vyvolat zvukový vjem. Frekvenční rozsah slyšitelného zvuku je silně individuální. Jen málokdo je schopen vnímat celé pásmo frekvencí a především horní hranice je velmi proměnná a závislá kromě jiného také na věku. Zvuky mimo toto pásmo sice vnímáme, ale nejsme schopni je slyšet. Mohou mít i nepříznivý vliv na zdraví či psychiku.

3. Ultrazvuk: $f > 20$ kHz. Využívá se například při lékařských vyšetřeních. Ultrazvukové vlny procházejí tělem a odrážejí se od orgánů. Odražené vlny lze převést ve

formě jasově modulovaného obrazu na monitor. Ultrazvuk je také slyšitelný pro některé živočichy (netopýr, delfín, pes...).

Hranice mezi jednotlivými druhy zvuku není ostrá a v různých publikacích jsou uvedeny různé hodnoty. Jedná se o průměrné hodnoty lidské populace. Jednotlivci se mohou někdy i velmi markantně od průměrných hodnot odlišovat. Stářím klesá horní frekvenční hranice slyšitelnosti. Vysoké frekvence jsou škodlivější. Průměrný práh slyšení začíná na kmitočtu 1 kHz a akustickém tlaku $2 \cdot 10^5$ Pa. Zvuk se v normálním prostředí pohybuje rychlostí okolo 340 m za sekundu a frekvence lidské řeči se pohybuje okolo 300 Hz až 2 kHz. [11]

2.1.2 Tón

Informace a rozdělení tónů byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury a informačních zdrojů pod číslem [16] a [15]. Tón má, co se týče akustiky, tři vlastnosti a tedy výšku, sílu neboli hlasitost a barvu. Pokud se vezme v potaz ještě hudební hledisko, tak další vlastností je i délka neboli trvání.

Výška tónu je závislá na počtech kmitů, které chvějící se těleso vytvoří za dobu jedné sekundy. Počet kmitů za sekundu se nazývá kmitočet (frekvence) a je vyjádřen fyzikální jednotkou hertz (Hz). Nejnižší tón v naší hudbě je tón C₂, který má kmitočet 16,35 Hz, naopak nejvyšší tón je c₅ s kmitočtem 4096 Hz. Důležitým tónem, který se využívá pro ladění hudebních nástrojů jako frekvenční normál je komorní a s 440 Hz.

Délku tónu udává čas, ve kterém zní. Tón zní déle, čím delší je doba chvění tělesa. Tyto dva zmíněné atributy jsou nejdůležitějšími hudebními vlastnostmi tónu.

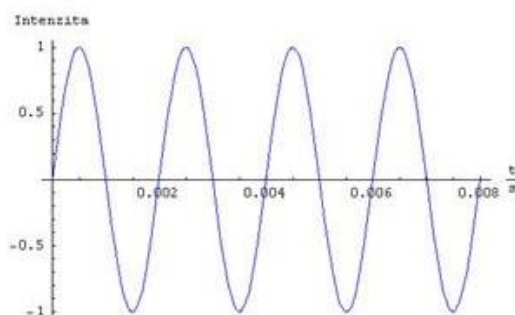
Síla tónu závisí na intenzitě zvukového výkonu na metr čtvereční. S velikostí energie rozechvění roste i rozkmit čili amplituda a tón je tak silnější. Na velikost rozkmitu nepůsobí výška tónu. Intenzita zvuku se nejčastěji vyjadřuje v decibelech (dB) a v hudbě se rozděluje na několik úrovní. Například pianissimo, které dosahuje hodnot 40 – 50 dB nebo fortissimo s hodnotami mezi 80 – 100 dB.

Barva tónu zajišťuje především spektrální složení tónu. Barva závisí na velikosti amplitud, dále na počtu harmonických složek, které současně zní se základním tónem a také na šumech, které doprovázejí základné tón.

Zvuky můžeme rozdělit na tóny (hudební zvuky) a hluky (nehudební zvuky). Mezi tóny patří zvuky hudebních nástrojů, samohlásky lidské řeči atd.

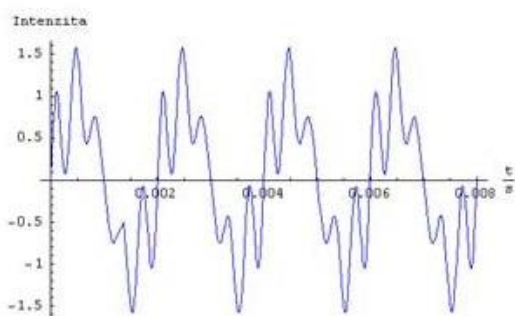
Tóny se dále dělí:

1. Tóny jednoduché – mají harmonický průběh a jsou velice vzácné.



Obr. 6.: *Jednoduchý tón (převzato z [16]).*

2. Tóny složené – jejich průběh je periodický (nejedná se však o sinusoidu). Zvuky obsahují kromě základní frekvence ještě i tzv. vyšší harmonické, na jejichž základě dokážeme jednotlivé zdroje zvuku odlišit.



Obr. 7.: *Složený tón (převzato z [16]).*

Mezi hluky patří například souhlásky lidské řeči. Křivka hluku je zcela nepravidelná a žádná část se v ní neopakuje.



Obr. 8.: Grafické znázornění hluku (převzato z [17]).

2.1.3 Lidský sluch

Pokud se mechanické kmitání vzduchu dostane až k uchu, projde zvukovodem, kde poté způsobí souhlasné rozkmitání ušních bubínek, tyto vzniklé vibrace se přenesou přes kladívko, kovadlinku a třmínek až do hlemýždě, kde dále reagují na smyslové buňky, které tyto získané informace o zachyceném zvuku zavedou pomocí sluchového nervu až do mozku [18]. Sluch většiny lidí se stářím zhoršuje a čím je tón vyšší, tím je tato ztráta zvuku zřetelnější. Mnoho souhlásek v řeči jsou tvořeny poměrně vysokofrekvenčními tóny, a jestliže nejsem schopni tyto frekvence vnímat, stane se pro nás řeč nesrozumitelnou. Čím dále je zdroj zvuku od přijímače, tím slábne i akustická energie neboli síla zvuku. Při delším sledování obrazovky počítače nebo i při čtení, se oko po určité době unaví. To samé platí i pro lidský sluch. V oblasti zvukařské práce jsou tedy velice důležité přestávky.

2.1.4 Rozpoznání zvuku

Díky tomu, že máme uši dvě a navíc disponujeme poměrně sofistikovaným systémem – mozkem, jsme schopni z fázových rozdílů mezi levým a pravým uchem leccos odvodit. Lidské ucho dokáže rozlišit, v jak velké místnosti se v té chvíli nachází nebo zda je člověk uvnitř budovy či ve venkovním prostředí. Za podmínky, že máme obě uši zdravé, bez problémů určíme, z jakého směru zvuk přichází. Jsme to schopni rozeznat díky rozdílu fáze, intenzity a frekvenčního průběhu signálu mezi levým a pravým uchem.[19]

Při nízkých frekvencích jsou vlnové délky dlouhé a jejich fázový rozdíl mezi levým a pravým uchem je velmi malý, proto ho mozek zkrátka nevyhodnotí. Zatímco při vysokých frekvencích nám směřování funguje poměrně dobře. Lidské ucho má nejlepší rozlišovací schopnost na frekvencích okolo hodnot dvou až tří kilohertzů. Jedná-li se o experimenty v této frekvenční oblasti, jsme schopni najít zdroj zvuku velmi přesně.[20]

2.1.5 Maskování zvuku zvukem jiným

Při nahrávání může nastat problém, že zvuky hlasitější a celkově agresivnější ruší nebo dokonce zcela překrývají zvuky tišší. V orchestrové hře se tento problém řeší například clonou. Jako clona se nejčastěji využívá plexisklo. Pokud se jedná o studiové nahrávání, je postup o dost jednodušší, neboť nástroje se mohou nahrávat zvlášť nebo v oddělených místnostech a také je zde možnost nahrávat každého hráče postupně. Tato a předcházející dvě podkapitoly (Lidský sluch a Rozpoznání zvuku) byly převzaty z materiálu pod číslem [19] uvedeného v seznamu literatury.

2.1.6 Akustické vlastnosti dřeva

Informace o akustických vlastnostech dřeva byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [21]. Dřevo má výborné akustické vlastnosti, proto se hojně využívá pro výrobu hudebních nástrojů. Dokáže vést všechny druhy zvuku, od infrazvuku až po ultrazvuk. Jeho struktura se například výrazně liší od kovů. Rychlost šíření zvuku ve dřevě závisí na vlastnostech dřeva, teplotě, vlhkosti a případně působícím tlaku. Vliv materiálu na rychlosti šíření má vzorec:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2)$$

Kde E je Youngův modul pružnosti a ρ je hustota dřeva. Z tohoto vzorce vyplývá, že: „*rychlost šíření zvuku ve dřevě je tím větší, čím větší je modul pružnosti a menší hustota dřeva*“.[22] S rostoucí vlhkostí klesá rychlost šíření, protože dochází k vyplňování kapilár, ve kterých se předtím nacházel vzduch.

Vibrace ve dřevě vznikají silovým působením. Dřevo začíná kmitat ve chvíli, kdy na něj začnou působit periodické vnější síly. U dřeva se vibrace rozlišují na příčné, podélné a torzní.

Rezonanční vlastnosti vycházejí z rezonančních frekvencí. Rezonancí dřeva je nazývána schopnost materiálu zesílit zvuk bez zkreslení. Hlavně smrk (ale i jiná jehličnatá dřeva) mají výborné rezonanční vlastnosti a to díky tomu, že mají jednoduchou anatomickou stavbu a skládají se převážně (z 90%) z jednoho typu buněk, které jsou v

pravidelných řádkách. Dřevo pro hudební nástroje by mělo být bez kazů, souměrné a mít vhodnou zvukovou charakteristiku.

2.2 Mikrofony

Téměř všechny mikrofony obsahují membránu, což je tenká vrstva, která se pohybuje v souladu s proměnným tlakem, který vyvolává dopadající zvuková vlna. Pohybem membrány se pak mění dopadající zvukové vlnění na elektrický signál [8]. Veškeré následující informace týkající se mikrofonů, jejich směrových a frekvenčních charakteristik byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury a informačních zdrojů pod číslem [19].

Citlivost mikrofonu se určuje dle poměru výstupního napětí, které vybudí akustický tlak. Jednotkou je mV/Pa (pascal je jednotkou akustického tlaku). Měření citlivosti se provádí při různých hlasitostech, kmitočtech a různé orientaci měřeného mikrofonu ke zdroji zvuku. Výsledkem jsou grafy, z kterých lze vyčíst závislost velikosti výstupního signálu na intenzitě zvuku dopadajícího na mikrofon (tlaková charakteristika), dále závislost velikosti výstupního signálu na kmitočtu dopadajícího signálu (kmitočtová charakteristika) a na směru, ze kterého signál přichází (směrová charakteristika).

Problém šumu je způsoben elektrickými obvody (cívkou nebo zesilovačem) a tepelným pohybem molekul vzduchu, které naráží na membránu. Vyjadřuje se odstupem šumového napětí v jednotkách dB a chceme vždy co nejnižší hodnotu.

U mikrofonů se dále uvádí parametr maximální SPL (z anglického originálu „Sound Pressure Level“), což značí maximální hodnotu akustického tlaku, kterou je mikrofon schopný zpracovat bez zkreslení. Tato hodnota je důležitá právě ve chvíli, kdy je potřeba snímat intenzivní zdroje zvuku, například bicí nástroje. Předchozí dva odstavce byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [23].

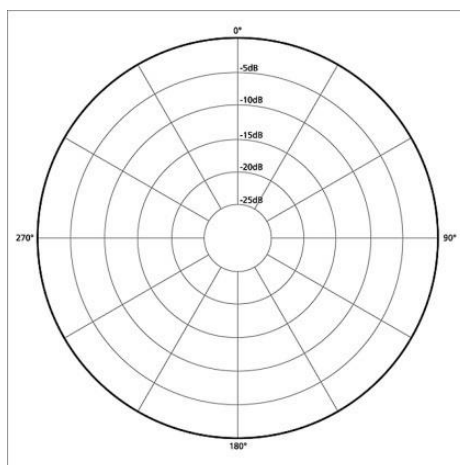
2.2.1 Směrová charakteristika

Jedná se o závislost citlivosti mikrofonu na úhlu, který svírá akustická osa mikrofonu a osa akustického zdroje. Ne všechny mikrofony totiž snímají zvuk stejným způsobem. Některé snímají zvuk rovnoměrně, jiné zase reagují na různé směry zvuku. Měření této

charakteristiky se provádí v mrtvé komoře způsobem, že mikrofon se připevní na otáčivý testovací talíř a v pevné vzdálenosti od talíře se umístí reproduktor. Výstup mikrofonu se přes předzesilovač připojí s obvodem pro měření úrovně k zapisovacímu přístroji. Výsledky měření jsou vyneseny do kruhového diagramu. Dále jsou uvedeny tři nejzákladnější charakteristiky mikrofonů:

1. Kulová (všesměrová) charakteristika

Mikrofon s touto charakteristikou je tvořen uzavřenou dutinou, na kterou je připevněna membrána. Tlak vzduchu je na zadní části membrány konstantní, oproti přední straně, kde se tlak mění dle přicházejících zvukových vln. Změny tlaku nezáleží na směru zvuku. Kulová charakteristika nebývá tak přesná, ale oproti jiným charakteristikám zde nenastává efekt narůstání basů se snižující se vzdáleností. Také mají ve většině případů přirozenější zvuk. Používají se především při snímání větší skupiny lidí nebo nástrojů jedním mikrofonem.

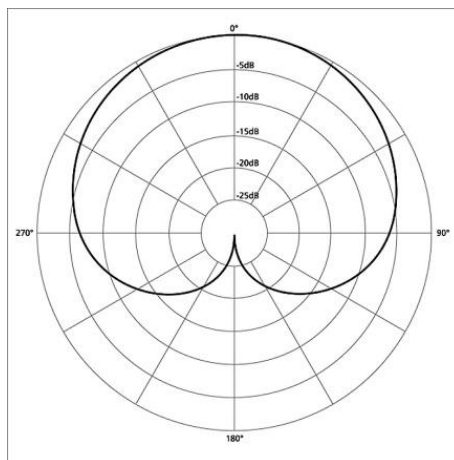


Obr. 9.: Charakteristika všesměrového mikrofonu (převzato z [24]).

2. Kardiovídní (ledvinová) charakteristika

Kardiovídní charakteristika je principiálně podobná osmičkově. Zde je ale signál snímán převážně přední částí membrány a částečně ze stran. K zadní straně membrány zvuk přichází zpožděný. Zvuky, které tedy přichází na mikrofon zepředu, dávají vzniknout rozdílu tlaku mezi přední a zadní stranou membrány. Zvuky, které přicházejí zezadu, způsobují tlak membrány z obou stran přibližně stejný. Směrová charakteristika tohoto mikrofonu připomíná tvar srdce, proto nese název kardiovídní. Jejimi variantami jsou

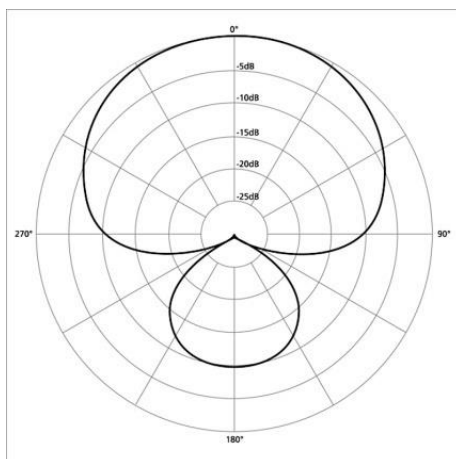
superkardioida a hyperkardioida, kdy je signál z boků potlačen na úkor částečného snímání zadního signálu.



Obr. 10.: Charakteristika kardioidního mikrofonu (převzato z [24]).

3. Hyperkardioidní charakteristika

Hyperkardioidní charakteristika je obdobou ledvinové, kde je eliminován signál z boků na úkor snímání části zvuku zezadu. Mikrofon tak musí být přesně natočen ke zdroji zvuku a má velmi malou účinnost na hlubokých frekvencích. Často se využívá v akusticky nevyhovujících prostorách, aby byl co nejvíce potlačen hluk z okolí.



Obr. 11.: Charakteristika hyperkardioidního mikrofonu (převzato z [24]).

2.2.2 Frekvenční charakteristika

Frekvenční charakteristika znázorňuje na vodorovné ose frekvence celé zvukové spektrum a na svislé ose se uvádí intenzita výstupního signálu v dB. Pro kvalitní záznam se požaduje rovnoměrná charakteristika pro interval frekvencí (40; $15 \cdot 10^3$) Hz, ale i tyto

frekvenční nevyrovnanosti mohou být využívány k vyzdvižení nebo naopak potlačení charakteristických zvukových odstínů snímaných objektů. Všechny frekvenční charakteristiky využitých mikrofonů pro praktickou část jsou uvedeny v příloze.

2.2.3 Typy mikrofonů

Ani ty nejdražší mikrofony nejsou schopné fungovat perfektně pro všechny účely, a tak se vždy hledá nějaký kompromis. Rozlišují se podle přeměny dopadající mechanické energie na elektrickou energii a to na dynamické a kapacitní. Oba systémy mají potom ještě řadu modifikací. Informace k tomuto odstavci a následnému rozdělení mikrofonů byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [19].

1. Dynamické mikrofony

Používají se pro snímání silnějších zdrojů signálu a nahrávání v těsné blízkosti. Jsou velmi odolné, ale mají slabý výstupní signál. Vyžadují tedy větší zisk vstupního předzesilovače a to má negativní dopad na množství šumu v signálu. Systém tvoří kruhová plastová membrána, mechanicky spojená s cívkou z tenkého drátu, která se pohybuje v mezeře permanentního magnetu. Membrána s cívkou kmitá podle změn vnějšího akustického tlaku. Pohybem cívky v magnetickém poli vzniká na jejích závitech elektrický proud. Čím větší membrána, tím například menší šum a bohužel také vyšší setrvačnost. To způsobuje pokles frekvenčního rozsahu na vyšších kmitočtech. Také je zde nevýhoda, pokud zvuk přichází na membránu jinak než po ose, tím se výrazně narušuje kvalita zvuku vyšších tónů. Velikost membrány však přináší řadu dalších výhod i nevýhod a je zde opět nutné akceptovat jakýsi kompromis. Tento mikrofon se uplatňuje hlavně při snímání hlasitějších zvuku z menších vzdáleností.

2. Kapacitní mikrofony

Používají se především pro nahrávání ve studiu, mají nejvyšší citlivost ze všech systémů, a nízký šum. Pracují na principu kondenzátoru, jedná se tedy o dvě kovové destičky oddělené izolantem a změnou vzdálenosti destiček mezi sebou se mění i napětí mezi nimi. Systém funguje za předpokladu náboje na destičkách. Aby nedocházelo k oslabování náboje, je součástí systému vysokoimpedanční polovodičový (FET tranzistor) nebo elektronkový předzesilovač. Kapacitní mikrofon se nedá používat ve vlhkém

prostředí, z důvodu kondenzace vody a vodivosti se vybíjí náboj na destičkách a dochází k poklesu citlivosti. V extrému může signál i zcela vymizet.

2.3 Prostory pro nahrávání

Kvalitu nahrávání ovlivňuje nesčetné množství jevů, která závisí na parametrech prostorové akustiky, zejména na době dozvuku a difuzitě. Například pokoj s holými stěnami a vysokými stropy není vhodný pro nahrávání, neboť zde dochází ke spoustě odrazů zvuku, v opačném případě místnost, která má koberec, spoustu záclon a závěsů, zvuk hodně absorbuje a produkuje velmi „suchý“ zvuk. Dále prostory, které jsou dlouhé a úzké, ty se potýkají s problémem získání zvuku na opačném konci místnosti, než se nachází zdroj zvuku. Variant tak existuje spousta a může se lehce stát, že akustické vlastnosti prostoru nebudou ideální.

Problém může nastat i na divadelním jevišti z důvodu vysokých stropů, které tzv. „odčerpávají“ zvuk z pódia a způsobují, že se hudebník nemusí sám dobře slyšet. K vyřešení toho problému je zapotřebí využít monitoringu¹, který zajistí to, aby se zvuk šířil správným směrem. Celkový zvuk v divadle je o tom, co slyší nebo naopak neslyší publikum v hledišti. Informace pro tuto kapitolu byly převzaty z materiálu pod číslem [14] uvedeného v seznamu literatury.

Hráč na cajon také bude řešit, kam si v místnosti sednout. Tradiční poloha je vzadu nebo v rohu místnosti. Musí se ovšem hlídat, jestli se za hráčem nevyskytuje například radiátor, který by odrážel basové tóny, či závěsy, které by mohly mít za následek naopak pohlcení některých basových tónů [25].

2.3.1 Studio

Informace o studiovém nahrávání a výčet osvědčených stereo technik zvukového záznamu byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [26]. Před nahráváním je výhodné si nejprve nástroj poslechnout a poté najít vhodnou polohu a vzdálenost pro výchozí bod umístění mikrofonů. Je zapotřebí si předem rozmyslet, zda se

¹ V sestavě kapely se zpravidla objevují i další nástroje a zpěvy a ty žádné své vlastní zesilovače nemají, a proto se nejčastěji využívá monitorových boxů. Ty se umísťují na podlahu přímo před muzikanty a díky jejich tvaru, který zajišťuje optimální nasměrování vyzářené zvukové energie, se zvuk šíří přímo k uším interpretů. [36]

bude nástroj snímat z dálky či z blízka. Z dálky se jedná o věrnější zvuk nahrávky, ale bude se více projevovat zvuk místnosti. Při snímání z blízka, je zvuk ostřejší, ale méně věrohodný. Ve většině případů je výhodnější použít méně mikrofonů. Díky tomu potom nedochází k problémům s přeslechy. Musí se dbát také na to, že mikrofony mají různou hranici citlivosti a snášení různé hodnoty akustického tlaku. To se jedná zejména o kondenzátorové mikrofony, které se musí umisťovat s větší opatrností. V neposlední řadě se musí zjistit frekvenční rozsah nástroje, aby mikrofon byl schopen zvuk věrně sejmout.

Při nahrávání ve studiu s využitím stereo technik nastává největší potíž ve fázovém vyrušení některých frekvencí v audiospektru signálu (jiným slovem interference). Důvod je ten, že každý mikrofon nahraje zvuk nástroje v trochu jiném čase. To je způsobeno jinou vzdáleností a orientací od zdroje zvuku. Když dojde k převedení nahrávky do jednoho kanálu (mono), oba signály se sečtou a ony posunuté frekvence se mohou vyrušit či pozměnit. To má za následek nepřirozený zvuk nahrávky. Tento jev se označuje za tzv. efekt hřebenového filtru. Aby se těmto problémům předcházelo, využívá se některých osvědčených stereo technik zvukového záznamu:

1. Metoda A-B

Naproti zdroji jsou umístěné paralelně vedle sebe dva všesměrové mikrofony. Vzdálenost mezi mikrofony a zvukovým zdrojem závisí na typu a velikosti zdroje, na prostředí ve kterém je nahrávka tvořena a také i na individuálním vkusu. Výhodou této techniky je zachycení celkové atmosféry.

2. Metoda X/Y

Tyto dva kardioidní mikrofony jsou umístěné křížem přes sebe v úhlu $90^\circ - 135^\circ$. Tím, že jsou zde mikrofony umístěné blízko sebe, dochází pouze minimálně k časovým rozdílům audiosignálů.

3. Metoda ORTF

Tento způsob je modifikací metody X/Y. Rozdíl je zde ve větší šířce stereo záznamu. Dva kardioidní mikrofony jsou od sebe vzdálené 17cm, pod úhlem $\pm 110^\circ$.

2.3.2 Venkovní prostory

Informace uvedené v tomto odstavci byly převzaty z materiálu vedeného v seznamu literatury pod číslem [27]. Nahrávání zvuku ve venkovních prostorech nebývá zpravidla jednoduchý úkol. Kvalitu nahrávání velice ovlivňuje počasí, hlavně vítr a případně déšť. Tento problém se dá řešit použitím různých ochran mikrofonu, jako například molitanové či pěnové protivětrné ochrany nebo připevněním válečku z lepenky kolem mikrofonu. Tyto ochrany však nebývají dostatečné. Například molitanový kryt má při silném poryvu větru za následek hluboké hučení a váleček zase může zvuk změnit a poté to vypadá, jako by se nahrávalo v malé místnosti. Ve filmařské praxi se velice často užívají takzvané „chlupy“, které ale s sebou však nesou také několik nevýhod. Za prvé se tato ochrana nevyplácí v dešti, jelikož chlupy navlhnou a poté se slepí a navíc má tato vrstva tendenci pohlcovat výšky, tudíž zvukař přichází o velkou část materiálu pro záznam. Pokud se jedná o opravdu nepříjemné povětrnostní podmínky a celkově nevlídné počasí, je opravdu složité vše správně nahrát. Vývoj techniky jde ale nezadržitelně dopředu, a tak se jistě časem dospěje i ke kvalitním protivětrným ochranám.

3 Praktická část

Obsahem této části je výběr vhodných způsobů snímání cajonu, dále představení Fourierovy transformace a spektrogramů a zhodnocení výsledných dat pomocí grafů jednotlivých spekter nahraného basového a vysokého tónu a také pomocí referenčního poslechu.

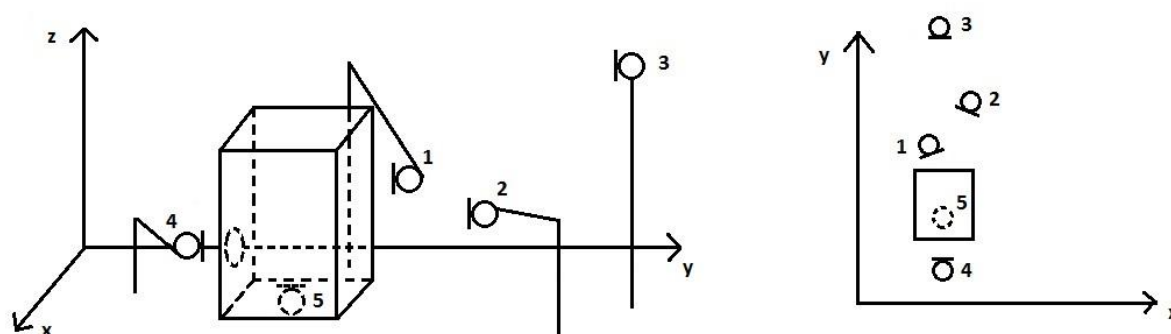
3.1 Vybrané způsoby snímání cajonu

Měření bylo provedeno v bezodrazové komoře FEL, speciálně upravené místnosti, kde jsou stěny, strop a podlaha osazeny speciálními klíny z akusticky pohltivého materiálu. Dochází zde k pohlcení veškeré energie dopadajícího přímého akustického vlnění přicházejícího od zdroje zvuku. Absorpční obklad velmi efektivně eliminuje odrazy akustického signálu, které by běžně nastávaly v obyčejné místnosti a tento odražený signál by ovlivňoval probíhající měření. Další specifickou vlastností komory je její nezvykle nízká hladina „hluku pozadí“. Informace týkající se bezodrazové komory byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [28]. Snímání nástroje je díky těmto vlastnostem úplně jiné než například nahrávání zvuku při živém hraní.

Vzhledem k tomu, že o nástroji cajon není dosud vydáno mnoho literatury, respektive jsem nenarazila na žádnou knihu, která by se věnovala cajonu z hlediska akustiky, byla většina informací pro tuto práci získávána z internetových zdrojů. Byly brány v potaz i internetové diskuze, kde jsem se nechávala inspirovat radami zkušených zvukařů a hudebníků.

Pro snímání zvuku cajonu byly vybrány 4 druhy mikrofonů: běžně rozšířený a používaný nástrojový mikrofon Shure SM57, kondenzátorový mikrofon Sennheiser e902, kondenzátorová tužka model Rode TN 5 a „šlapákový“ mikrofon Shure Beta 91. Nejprve se nahrávaly jednotlivé údery, které napodobují zvuk malého a velkého bubnu. Zahrálo se pět vysokých tónů a pět basových. Po nahrání těchto jednoduchých tónů následovalo snímání krátkého rytmu. Všechny tyto mikrofony snímaly v obou případech naráz, aby se tak předešlo rozdílům při opakovaném hraní jednotlivých tónů a rytmu. Výsledný signál byl zesílen na digitálním mixážním pultu značky Tascam DM-3200 a rozdělen do jednotlivých zvukových stop. Těchto stop vzniklo sedm podle různě zvolených způsobů umístění mikrofonů a ve všech byl nastaven vzorkovací kmitočet 44100 Hz s rozlišením 32

bit. Výsledné zvukové nahrávky jsem zpracovávala ve formátu wav v programu Audacity, kde jsem si je nejprve poslechla a následně vygenerovala jednotlivá spektra, z kterých jsem vyčetla hodnoty basových a vysokých tónů. Dále jsem v tomto programu nastavovala časové zpoždění signálu u různě vzdálených mikrofonů od centra zvuku, aby se tak vyrovnaly jejich fázové rozdíly. Výsledné signály nebyly nikterak upravovány v ekvalizéru, aby nedošlo k „poničení“ a změnění původního signálu a zvuk cajonu byl tak co nejpřirozenější.



1 – Shure SM57: 8,2 cm

4 – Sennheiser e902: viz str. 28 / obr. 13.

2 – 1x Rode NT5: 83,3

5 – Shure BETA 91: uvnitř cajonu

3 – 2x Rode NT5: 170,1 cm

Obr. 12.: schéma rozmístění mikrofonů při snímání cajonu.

3.1.1 Blízké snímání

1. pomocí mikrofonu SM57

Shure SM57 se řadí k profesionálním mikrofonům. Je výhodné ho používat pro živé nahrávání. Minimalizuje hluk pozadí a izoluje hlavní zdroj zvuku. Stále se drží na příčkách nejprodávanějšího mikrofonu na světě. Shure SM57 má kardioidní směrovou charakteristiku a rozsah kmitočtové odezvy je roven 40 Hz – 15 kHz s citlivostí 1,88 mV/Pa. Informace o mikrofonu Shure SM57 byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [29].

Při snímání cajonu lze mikrofon umístit na stojánek před nástroj, dále k zadní stěně cajonu přibližně 10 cm od otvoru nebo i dovnitř. Pokud se nejedná o nahrávání zvuku na velkých podíích (tak jako v našem případě), postačí cajon snímat pouze jedním mikrofonem. Zvolený mikrofon SM57 byl umístěn pár centimetrů před přední stěnu

nástroje. Konkrétní vzdálenost od mikrofonu k určenému bodu na cajonu byla naměřena pomocí laserového měřiče vzdáleností a hodnota byla 8,2 cm (viz obr. 12).



Obr. 13.: snímání pomocí mikrofonu SM57.

2. pomocí kondenzátorového mikrofonu e902

Kardioidní mikrofon Sennheiser e902 je navržený především pro zachycování hlubokých basových frekvencí jako je například velký buben, tuba nebo basová kytara. Disponuje extrémně tenkou a odolnou membránou a také masivním kovovým tělem s vestavěným držákem pro uchycení na stojan. Frekvenční rozsah se pohybuje na hodnotách 20 Hz – 18 kHz s citlivostí 0,2 mV/ Pa. Německá společnost Sennheiser, založena roku 1945, je jedním z předních světových výrobců mikrofonů a sluchátek. Informace o mikrofonu Sennheiser e902 byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [30].

Tento zvolený přístroj e902 byl umístěn na tři různé pozice. Nejprve byl mikrofon umístěn 3 cm do otvoru v zadní části cajonu, dále byl umístěn 24,7 cm před otvor a posunut raději mírně do strany, z důvodu předejití možného snímání „větru“ z bedny a poslední způsob snímání bylo umístění mikrofonu na otvor zároveň se stěnou cajonu (viz obr. 13).



Obr. 14.: snímání pomocí kondenzátorového mikrofonu e902 na třech různých pozicích.

3. pomocí kondenzátorové tužky TN5

Kondenzátorová tužka od firmy Rode má kardioidní směrovou charakteristiku a je velmi univerzální. Je vhodná pro ozvučení, nahrávání sborů, bicích overheadů², kytar, akustických nástrojů atd. Má poměrně malou membránu a tak má vítr menší vliv na vložku mikrofonu. Kmitočtová odezva se zde pohybuje na 20 Hz – 20 kHz. Citlivost je zde 10 mV/Pa. Informace o mikrofonu Rode NT5 byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [31].

Nejprve byl umístěn k přední stěně cajonu jeden samostatný mikrofon TN 5 (červeně vyznačený – viz obr. 14) a pomocí laserového metru byla změřena vzdálenost od určeného bodu na cajonu. Tato vzdálenost činí 83,3 cm. Použití tohoto mikrofonu je výhodné v situaci, kdy potřebuje hráč více prostoru pro své hraní. Na obrázku je také vidět již zmíněný mikrofon SM57, který je situován opravdu velice blízko nástroji a v některých situacích by toto jeho umístění mohlo činit problém.

²Zdomácnělý anglický výraz pro mikrofony snímající činely a celkový zvuk bicí soupravy. V překladu „overhead“ znamená „nad hlavou“, protože tyto druhy mikrofonů bývají opravdu umístěné nad hlavou bubeníka. Využívají se nejčastěji jeden či dva kondenzátorové mikrofony s kardioidní směrovou a velmi vyrovnanou kmitočtovou charakteristikou.[37]



Obr. 15.: snímání pomocí jedné kondenzátorové tužky TN5.

4. pomocí „šlapákového“ mikrofonu Shure BETA 91

Posledním využitým mikrofonem je model Shure BETA 91. Společnost Shure byla založena v Sidney roku 1925 a jejím zakladatelem je N. Shure. Tento kondenzátorový mikrofon se superkardioidní směrovou charakteristikou je speciálně navržen pro snímání velkého bubnu a dalších basových nástrojů. Tento mikrofon je vhodný pro živé hraní. Kmitočtová odezva se pohybuje mezi 20 Hz až 20 kHz s citlivostí 3,8 mV/Pa. Informace o mikrofonu Shure BETA 91 byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [32].

Tento typ mikrofonu byl umístěn uvnitř cajonu. Pokud se při hře cajonista nenaklání, tak jako v našem případě, není třeba mít mikrofon pevně upevněný.

3.1.2 Daleké snímání

Pro daleké snímání byly vybrány dvě kondenzátorové tužky TN5, které byly umístěny před přední stěnu cajonu ve vzdálenosti 1,701 m od výchozího bodu na nástroji. Mikrofony byly umístěny vedle sebe pod úhlem 90°. (viz obr. 15.)

Tento způsob nahrávání je vhodný hlavně pro ty hráče, kteří se na cajonu (jak již bylo zmíněno) například naklánějí, protože tímto pohybem se zde vytváří riziko shození mikrofonu nebo hráči, kteří využívají ke své hře dalších hudebních nástrojů (např. cabas) a ty tento mikrofon dokáže kvalitně snímat zároveň se zvukem cajonu.



Obr. 16.: snímání pomocí dvou kondenzátorových tužek TN5.

3.2 Fourierova transformace

Vyvození určitých závěrů o barvě zvuku cajonu při experimentování s různými typy mikrofonů a jejich rozdílnými pozicemi, je možné už pouhým poslechem, avšak pro vyloučení subjektivity posluchače byl signál dále zpracován. Došlo k vytvoření několika frekvenčních charakteristik, kde základ tvoří Fourierova transformace.[33]

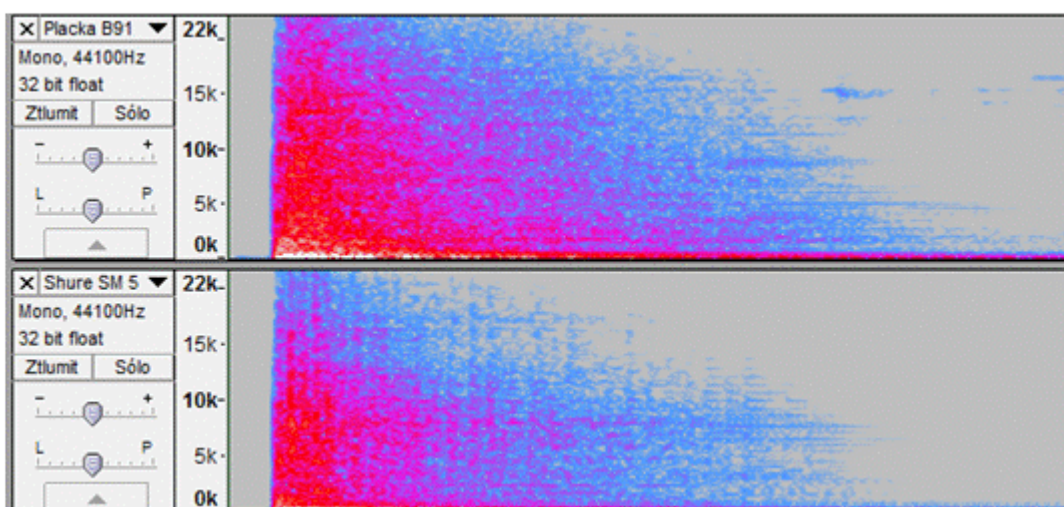
Jedná se o matematickou metodu, přesněji o integrální transformaci, která analyzuje průběh libovolného signálu a převádí jej mezi časově a frekvenčně závislým vyjádřením pomocí harmonických signálů, tedy funkcí sinus a kosinus. Signál může být ve spojitém nebo diskrétním čase. Fourierova transformace je modifikací Fourierovy řady a je jí využíváno pro řešení mnoha problémů, například pro převod signálů z časové oblasti do oblasti frekvenční – toho je využíváno pro tvorbu spektrogramů, o kterých se zmiňuji v následující kapitole, dále pro převedení řešení diferenciálních rovnic na řešení rovnic algebraických a mnoha dalších využití kupříkladu i v obrazovém zpracování. Informace k tomuto odstavci byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [34].

3.3 Spektrogram

Spektrogram zobrazuje velice názorně reprezentaci zvuku v obrazové podobě. Jde o graf, který dokáže zobrazit intenzitu frekvenčních složek zvukového signálu v čase. Čas je na vodorovné ose, frekvence na svislé a intenzita je vyznačena zbarvením daného bodu. Z tohoto grafu se dá bez větších obtíží vyčíst, o jaký zvuk se jedná (zpěv, hudba, umělý nebo přírodní zvuk). Spektrogram však nezachovává všechny informace ze zvuku a tak převod z grafu zpět k zvukové stopě je ztrátový. Spektrogramů se využívá v širokém množství oborů. Používají se například při studiu ptačího zpěvu či křiku novorozeňat. Využívají se také pro vývoj algoritmů rozpoznávání řeči nebo přepisu hudby do not.

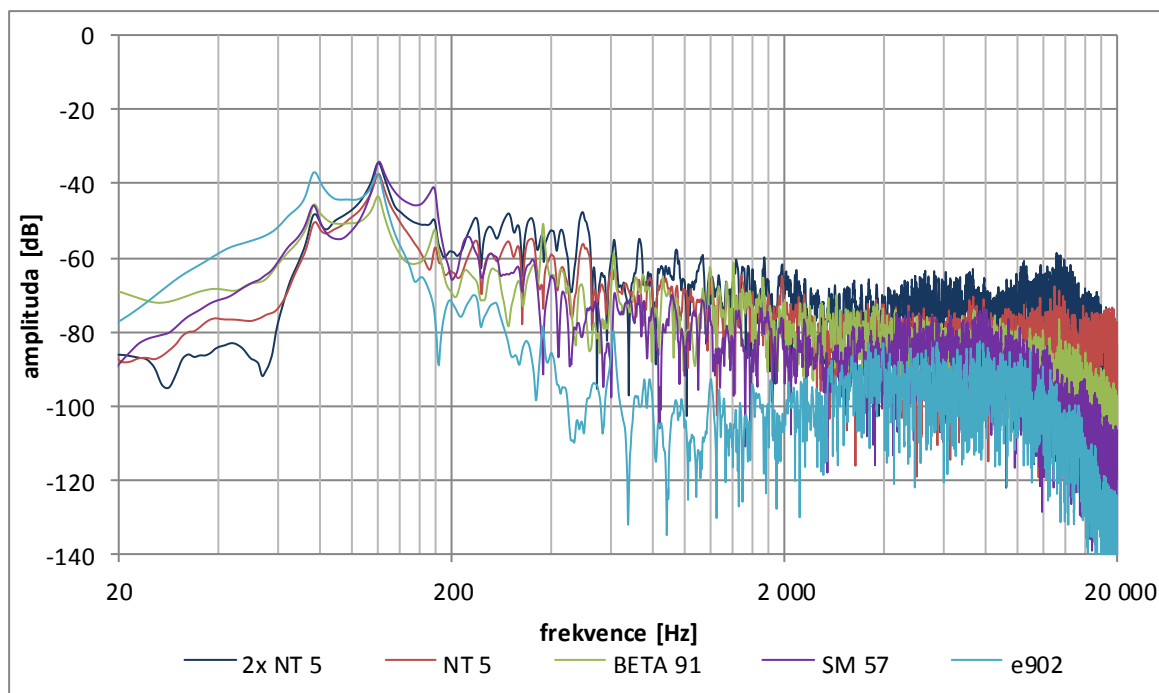
Graf lze jako obrázek upravovat a lze tímto například měnit rychlost nahrávky bez frekvenčního posunu, oddělit jednotlivé hudební nástroje nebo hlas a měnit další zvukové efekty. Jsme schopni také vyrobit „z ničeho“ umělé zvuky pouhým kreslením do prázdného spektrogramu. Výše zmíněné informace o spektrogramech byly převzaty z materiálu uvedeného v seznamu literatury pod číslem [35].

Na následujícím obrázku (viz obr. 16) je možné vidět poměrně značný rozdíl v intenzitě zvuku při snímání tónu pomocí mikrofonu Shure BETA 91 umístěného uvnitř cajonu a mikrofonu Shure SM57 umístěného u čelní stěny. Rozdíl je logicky dán jejich situováním. Uvnitř cajonu dochází k větším rozdílům tlaku vzduchu a také ke vzniku vyšších tónů v důsledku bližšího umístění ke struníku.

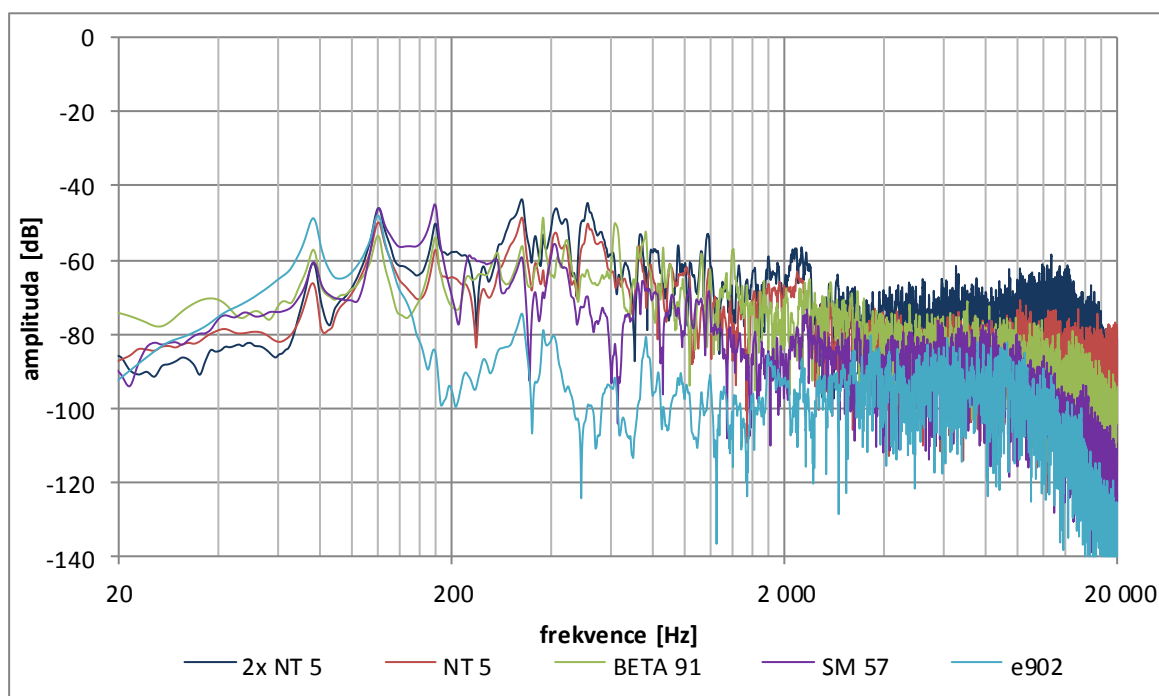


Obr. 17.: spektrogram basového tónu nahraného pomocí mikrofonu Shure BETA 91 a SM57.

3.4 Spektra basového a vysokého tónu



Graf 1.: spektrum jednoho basového tónu u všech vybraných mikrofonů.



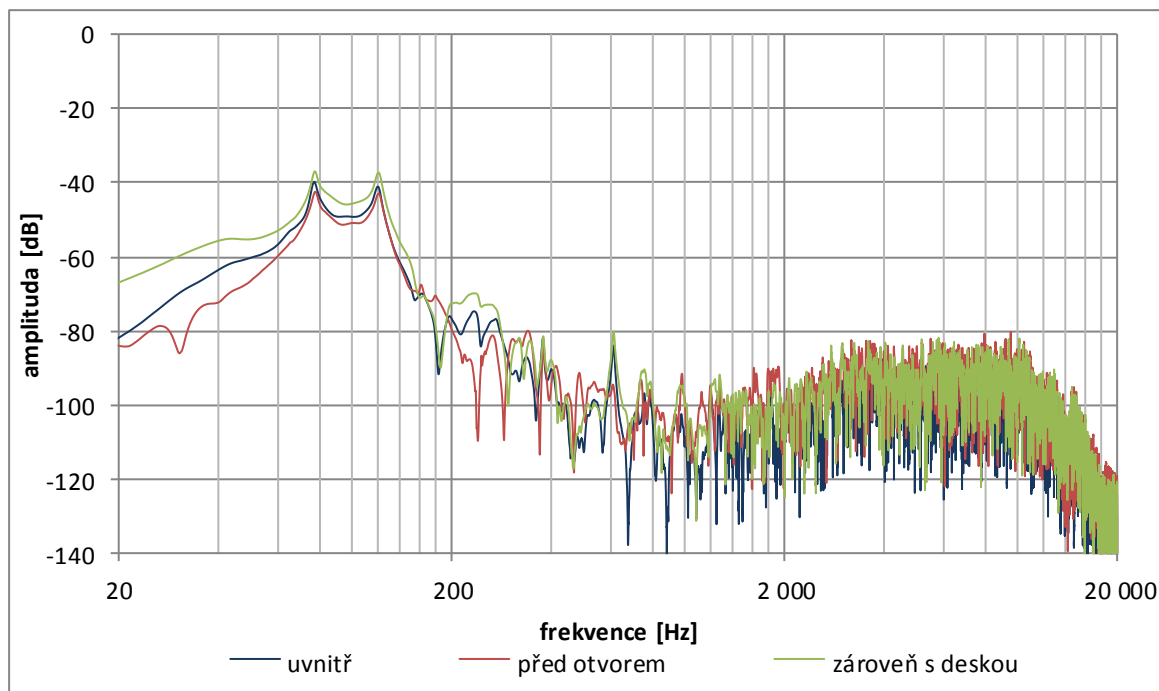
Graf 2.: spektrum jednoho vysokého tónu u všech vybraných mikrofonů.

Co se týče rozdílů spekter basového a vysokého tónu u jednotlivých mikrofonů, tak nejzajímavějším mikrofonem se z předchozích dvou grafů (viz graf 1. a 2.) jeví Sennheiser e902, který má nejmenší amplitudu na středních frekvencích ($200 - 2 \cdot 10^3$ Hz). Tento

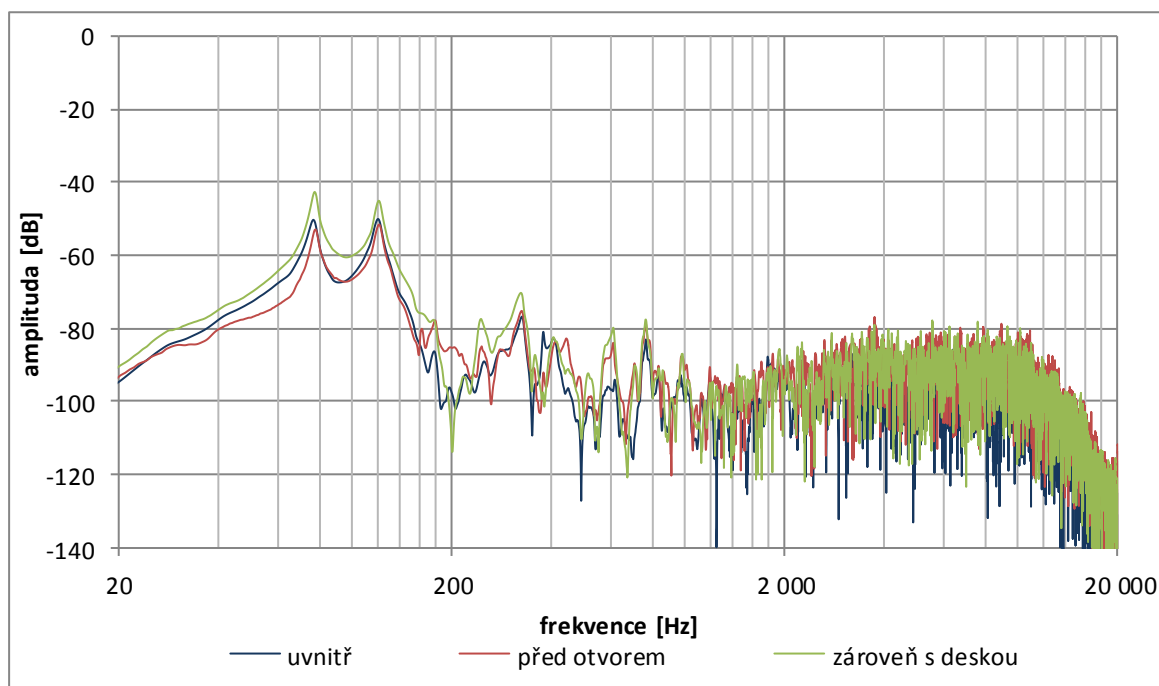
mikrofon je využíván především pro snímání velkého bubnu nebo basové kytary a proto je jeho frekvenční charakteristika (viz datasheet uvedený v příloze č. 2) už dopředu uzpůsobená na tlumení středových frekvencí. Tohoto jevu je využíváno při hraní společně s melodickými nástroji, aby tak v kapele vynikly i jiné hudební nástroje nebo zpěv.

Mikrofon Shure SM57 díky své kardioidní směrové charakteristice a poměrně malé ploše membrány zajišťuje nejsilnější snímání zvuku před mikrofonem, zatímco okolní ruchy potlačuje. Jak je vidět z grafu č. 1. a 2., výsledný signál snímáný tímto mikrofonem má poměrně vyrovnanou amplitudu.

Kondenzátorové tužky Rode NT5 by podle frekvenčních charakteristik měly mít v ideálním případě rovnou charakteristiku a také již dopředu uzpůsobenou na zesílení středových frekvencí (viz datasheet uvedený v příloze č. 3) podle grafů č. 1. a 2. je vidět, že jejich charakteristika je opravdu vyrovnanější například oproti mikrofonu Sennheiser e902 a zesílené frekvence má na 120 Hz oproti Sennheiser e902, který je má na 80 Hz.



Graf 3.: spektrum jednoho basového tónu u tří různých poloh mikrofonu e902.



Graf 4.: spektrum jednoho vysokého tónu u tří různých poloh mikrofonu e902.

Z obou předchozích grafů (graf 3. a 4.) je vidět, že mikrofon Sennheiser e902 umístěný zároveň s deskou cajonu zaznamenal zvuk s nejvyšší intenzitou. Je to způsobeno prouděním vzduchu z bedýnky, protože největší akustický tlak se objevuje přímo v otvoru cajonu. Sennheiser e902 umístěný 20 cm za otvor a ještě mírně posunutý do strany pak tento tlak již tolik nezachytává a intenzita zvuku tak nabývá menších hodnot. Mikrofon umístěný uvnitř cajonu je zde podle grafu kompromisem předchozích dvou umístění.

3.5 Referenční poslech

Po poslechu všech nahrávek, tedy samostatných basových a vysokých tónů i krátkého rytmu, bylo vyvozeno několik postřehů. U mikrofonu Shure SM57 umístěného v těsné blízkosti přední strany cajonu, jsou velice příjemně zvýrazněné basy a hodně potlačen zvuk struníků. Při tomto snímání lze zvuk připodobnit hře na bubny s názvem „kotel“ a „tom-tom“ v bicí soupravě. Ještě větší basové zvýraznění má mikrofon Sennheiser e902, umístěný 3 cm do otvoru. Velmi malý rozdíl nastal v umístění stejného mikrofonu zároveň se stěnou cajonu. A třetí umístění mikrofonu e902 přibližně 20 cm za otvor mělo za následek méně dunivý zvuk oproti předchozím dvěma rozmístěním. Zvuk virblu zde nejvíce napodobuje signál snímáný pomocí jedné kondenzátorové tužky Rode typu NT5, umístěné necelý metr od cajonu. Zvuk zde velice věrohodně napodobuje skutečný zvuk cajonu. Struník je zde více zvýrazněný (oproti zvuku nahraného pomocí mikrofonu Shure

SM57), ale stále v přijatelné míře. Výsledné tóny snímané dvěma stejnými tužkami, které byly situovány necelé dva metry od cajonu, je také velice podobný virblu, ale zde nejsou už tak zvýrazněné basy a ještě více vynikl zvuk struníku. Zvuk lze v tomto případě připodobnit hře na činely. Jako poslední mikrofon zde byl vyzkoušen „kopák“ značky Shure BETA 91, kde bezkonkurenčně nejvíce vynikl zvuk struníku a bohužel zvuk zní jako hra na plechovou krabici.

3.6 Zhodnocení výsledků

Pokud shrneme výsledky charakteristik a zároveň referenčního poslechu, optimální snímání cajonu se předpokládá pomocí mikrofonu Shure SM57 umístěného pokud možno co nejbližší u přední desky cajonu takovým způsobem, aby hráči mikrofon nepřekážel. Tento mikrofon je vhodný díky eliminaci přeslechů a nejuhovodnějšímu napodobení zvuku nástroje a navíc při tomto umístění nejvíce vynikne zvuk úhozu dlaně do dřevěné desky.

Další alternativou pro získání poměrně zdařilé nahrávky je využití jedné kondenzátorové tužky Rode NT5, kde už sice více vynikají výšky a struník, ale stále v přijatelné míře.

Pokud by hudebník pro svoji tvorbu potřeboval využít mnohem více zvýrazněné basy, bylo by vhodné použít mikrofon Sennheiser e902 umístěný u otvoru cajonu zároveň se zadní deskou. V opačném případě (pro zvýraznění výšek), je vhodné využít dvou kondenzátorových tužek Rode NT5 ve větší vzdálenosti.

Oproti těmto zdařilým nahrávkám byl objeven jeden opravdu nevyhovující nahraný zvuk a to pomocí „šlapákového“ mikrofonu Shure BETA 91, kde byl víceméně slyšet pouze struník a výsledný dojem vypadal jako hra na plechovou krabici.

4 Závěr

Cílem této práce bylo prostudovat technické možnosti nahrávání zvuku cajonu, uvést vhodné typy mikrofonů a jejich umístění a dále navrhnout a ověřit optimální metody snímání.

V praktické části jsem nejprve uvedla a popsala jednotlivé možnosti snímání cajonu, výběrem různých mikrofonů a jejich odlišným umístěním. Dále jsem se zabývala grafy spekter jednotlivých nahraných tónů a poslechla jsem si nahrávky basových a vysokých tónů a také krátkého rytmu, z čehož jsem vyvodila následující závěry.

Z výsledků vyplývá, že vhodných umístění mikrofonů je více a záleží zde na stylu hudby, který je nahráván. Různé umístění mikrofonu zajišťuje například vyniknutí basů nebo struníku a pokaždé může hráč na cajon využít něco jiného. Proto se o cajonu správně tvrdí, že tato nenápadná „bedýnka“ je schopná napodobit celou řadu bicích nástrojů. Pokud však chceme nejméně napodobit přirozený zvuk cajonu, nejvhodnější variantou se ukázal mikrofon Shure SM57 umístěný co nejbližší u přední desky cajonu.

Vzhledem k tomu, že se o cajonu neobjevuje zatím téměř žádná odborná literatura, byla většina informací čerpána z internetových zdrojů. Teprve v nedávné době se tento nástroj začal objevovat u více hudebních skupin a využívat v mnoha hudebních stylech, a proto dosud nebyla motivace k napsání odborné práce zabývající se zvukovou technikou cajonu. Svě typy a rady si hudebníci a zvukaři předávají na internetu pomocí diskuzí nebo videí.

Snímání zvuku cajonu bylo provedeno ve speciální bezodrazové komoře, kde nedocházelo k žádnému vnějšímu rušení nahrávky a navíc byl snímán pouze jeden hudební nástroj. Proto musí být bráno v potaz, že výsledky nahrávání ve studiu nebo dokonce na živo by byly v některých věcech rozdílné, a také by zde vstupoval kompromis s přeslechy při snímání více nástrojů najednou při hraní na pódiu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] „Instrumental Thunder“. [Online]. Dostupné z: https://www.freewebstore.org/instrumental-thunder/Cajon/p3794169_15554743.aspx. [Viděno: 20-lis-2016].
- [2] STAGG hudební nástroje, „Bicí nástroje a perkuse“. [Online]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-testy/Meinl-Cajon-bici-souprava-v-bedynce~27~srpen~2008/>. [Viděno: 18-dub-2017].
- [3] Miloš Vacík, „Meinl Cajon - bicí souprava v bedýnce“, 2008. [Online]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-testy/Meinl-Cajon-bici-souprava-v-bedynce~27~srpen~2008/>. [Viděno: 18-dub-2017].
- [4] TheKunsthhammer, „BUILD SNARE CAJON DRUM - HOMEMAD CAJON TUTORIAL“. [Online]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=XEETc_8TvVw. [Viděno: 18-bře-2017].
- [5] The Cajon Drum Shop, „History Of The Cajon“, 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.thecajondrumshop.com/index.php?page=History-Of-The-Cajon>. [Viděno: 10-pro-2016].
- [6] Pearl, „Perkusní nástroje z Latinské Ameriky – Cajón“, 2014. [Online]. Dostupné z: <http://www.hudebni-scena.cz/clanek/perkusni-nastroje-z-latinske-ameriky-cajon-733>. [Viděno: 06-čer-2017].
- [7] Miloš Vacík, „Pearl Box Cajon - bedýnka z přístavu“, 2006. [Online]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-testy/Pearl-Box-Cajon-bedynka-z-pristavu~02~srpen~2006/>. [Viděno: 18-bře-2017].
- [8] Schlagwerk, „Detailed assembly instructions for a cajon History of the cajon“, 2013. .
- [9] CajonExpert & Waywood Music, „Basic Cajon Playing, Strokes & Tones“, 2017. [Online]. Dostupné z: http://www.cajonexpert.com/hints_tips_getting_started_basic_strokes_techniques_playing_cajon.html#basic_cajon_playing_methods_strokes_tones_how_to. [Viděno: 02-úno-2017].
- [10] P. Kičák, „FREQUENCY AND DYNAMICS ANALYSIS OF BASS TONE OF CAJON BOX DRUM“, s. 7, 2009.
- [11] Thomas D. Rossing, *Science of Percussion instruments*. Singapore: World Scientific Publishing, 2000.
- [12] Davida Rochman, „How to Read a Microphone Frequency Response Chart“, *Education*, 2015. [Online]. Dostupné z: <http://blog.shure.com/how-to-read-a-microphone-frequency-response-chart/>. [Viděno: 18-led-2017].

- [13] M. V. Jaroslav Reichl, „Akustika a její dělení“, 2006. [Online]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/214-akustika-a-jeji-deleni>. [Viděno: 16-led-2017].
- [14] David Steiner, „Akustika“. [Online]. Dostupné z: <http://www.steiner.cz/david/akustika/>. [Viděno: 06-čer-2017].
- [15] „Tón a jeho vlastnosti“. [Online]. Dostupné z: <http://www.nauka.websnadno.cz/Ton-a-jeho-vlastnosti.html?flash=ne>. [Viděno: 05-čer-2017].
- [16] Jaroslav Reichl a Martin Všeticka, „Základní dělení zvuků“, 2006. [Online]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/186-zakladni-deleni-zvuku>. [Viděno: 05-pro-2016].
- [17] Pavol Kubinec, „Ako vzniká hudba?“ [Online]. Dostupné z: <http://www.1sg.sk/~pkubinec/hudba.html>. [Viděno: 06-čer-2017].
- [18] „Sluch“. [Online]. Dostupné z: <http://www.lidske-smysly.wbs.cz/Uvod.html>. [Viděno: 05-čer-2017].
- [19] Václav Vlachý, *Praxe zvukové techniky*. Praha: Muzikus, 2008.
- [20] Frederik Velinský a Onřej Jiříček, „Akustika, zvuky běžné i „podivné“, jejich šíření a měření“, 2012. [Online]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/planetarium/priroda/_zprava/akustika-zvuky-bezne-i-podivne-jejich-sireni-a-mereni--1031868. [Viděno: 23-dub-2017].
- [21] Kateřina Brůhová, „Design hudebního nástroje Cajon“, *Bakalářská práce*, s. 73, 2015.
- [22] Jiří Urban, „Vybrané vlastnosti dřeva“. [Online]. Dostupné z: <http://www.ohybacidrevo.cz/vlastnosti/vybrane-vlastnosti-dreva>. [Viděno: 14-bře-2017].
- [23] Petr Průcha, „Začínáme s mikrofony“, 2012. [Online]. Dostupné z: <http://frontman.cz/zaciname-s-mikrofony>. [Viděno: 05-čer-2017].
- [24] Phil O’Keefe, „WHAT YOU NEED TO KNOW ABOUT MICROPHONE POLAR PATTERNS“, 2014. [Online]. Dostupné z: <http://www.harmonycentral.com/articles/what-you-need-to-know-about-microphone-polar-patterns>. [Viděno: 05-čer-2017].
- [25] CajonExpert & Waywood Music, „How Your Playing Environment Affects The Sound“, 2017. [Online]. Dostupné z: http://www.cajonexpert.com/cajon_microphones_position_live_recording_playing_music_basics.html#how_type_of_room_affects_sound_of_cajon. [Viděno: 02-úno-2017].

- [26] Luke Kadlec, „Stereo techniky snímání zvuku“, 2011. [Online]. Dostupné z: <http://test-nastroju.webnode.cz/nahravani/stereo-techniky-snimani-zvuku>. [Viděno: 19-bře-2017].
- [27] Jan Šafařík, „Vícekanálové nahrávání zvuku v exteriéru“, 2013. [Online]. Dostupné z: <http://www.audiopro.cz/reseni/vicekanalove-nahravani-zvuku-v-exterioru.html>. [Viděno: 09-kvě-2017].
- [28] Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, „Bezdozvukové komory“. [Online]. Dostupné z: <http://avmvision.eu/cs/bezdozvukove-komory/>. [Viděno: 21-kvě-2017].
- [29] Prokapelu.cz - hudební nástroje pro tvoji kapelu, „Shure SM 57 LCE - nástrojový mikrofon“, 2010. [Online]. Dostupné z: <http://www.prokapelu.cz/shure-sm-57-lce-nastrojovy-mikrofon/>. [Viděno: 09-kvě-2017].
- [30] Hudební nástroje Muziker, „Sennheiser E902“, 2017. [Online]. Dostupné z: <https://www.muziker.cz/sennheiser-e902>. [Viděno: 09-kvě-2017].
- [31] Jan Šafařík, „Mikrofonní tužky“, 2013. [Online]. Dostupné z: <http://www.audiopro.cz/zvukova-technika/se-electronics/studiove-kondenzatorove-mikrofony-malomembranove-tuzky.html>. [Viděno: 09-kvě-2017].
- [32] Audiotek Music Center, „SHURE BETA 91A“, 2010. [Online]. Dostupné z: <https://www.audiotek.cz/shure-beta-91a-13974.html>. [Viděno: 09-kvě-2017].
- [33] Dagmar Bejčková, „Diplomová práce“, 2012.
- [34] M. Bartošová a V. Bláhová, „Fourierova transformace“, s. 1–10, 2006.
- [35] Jan Krajíček, „Tvorba spektrogramů a jejich zpětná syntéza“, *Bakalářská práce*, s. 31, 2010.
- [36] Roman Kaur, „Jak správně umístit a nasměrovat pódiové aparáty?“, s. 1–13, 2013.
- [37] Jindřich Michalík, „Snímání bicích nástrojů“, 2003. [Online]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/Snimani-bicich-nastroju~07~leden~2003/>. [Viděno: 02-čer-2017].

Přílohy

Příloha č. 1: Datasheet mikrofону Shure BETA 91

Product Specifications

Beta 91 Half-cardioid Condenser Boundary Microphone

Overview

The Shure Beta 91 is specifically designed for kick drums and other bass instruments. It combines superior "attack" and "punch" for studio quality sound, even at the extremely high sound pressure levels (SPL) encountered inside a kick drum. Its boundary effect design produces a strong, solid low-end response that has been specifically tailored for heavy bass applications.



BETA 91

Features

- Premier live performance microphone
- Uniform cardioid hemisphere above mounting surface pick up pattern for maximum gain and rejection of off axis sound
- Tailored frequency response specifically shaped for kick drums and bass instruments
- Wide dynamic range for use in high sound pressure level (SPL) environments
- Low profile design requires no external mounting hardware
- Steel grille and die-cast metal construction resist wear and abuse
- Furnished with RPM626 preamplifier, TAGF to TAAF cable and zippered storage bag
- Phantom powered
- Shure quality, ruggedness and reliability

Available Models

BETA 91	Half-cardioid condenser kick-drum microphone with RPM626 in-line preamplifier
---------	---

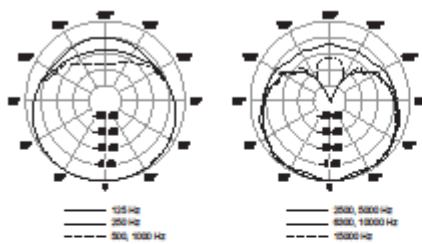
Specifications

Cartridge Type	Condenser (electret base)
Frequency Response	20 to 20,000 Hz
Polar Pattern	Half-cardioid (cardioid in hemisphere above mounting surface)
Output Impedance	150 ohms
Maximum SPL (1 kHz at 1% THD, 1k ohms load)	156 dB
Signal-to-Noise Ratio (referenced at 94 dB SPL at 1 kHz)	59.0 dB
Dynamic Range (at 1 kHz, 1 kOhms load)	125 dB
Clipping Level (1 kHz @ 0.25% THD, 1k ohms load)	2 dBV (0.26 V)
Polarity	Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3
Weight	Net: 0.382 kg (0.842 lbs)
Power Requirements	148 mW; ±4 Vdc phantom

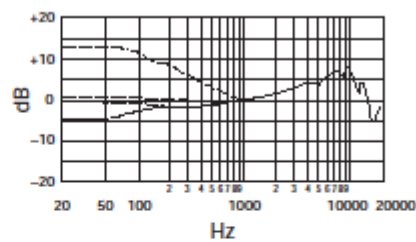
Furnished Accessories

CSB0	4.6 m (15 ft) heavy-duty cable	95A2314	Carrying/Storage Bag
RPM626	In-Line Preamplifier (1 piece)		

Polar Pattern



Frequency Response



www.shure.com

©2010 Shure Incorporated

Příloha č. 2: Datasheet k mikrofonu Sennheiser e902



General Description

The e 902 is a dynamic cardioid instrument microphone, which was designed for lowest bass signals with very high sound pressure levels. It is suitable for kick drums, bass guitar-amps, tuba, and other bass instruments.

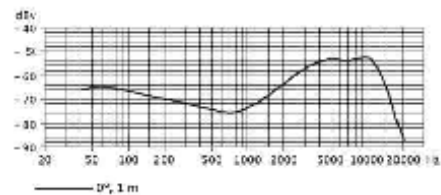


Features

- Frequency response optimized for kick drum
- Very fast attack
- Exceptionally clean and clear pick-up of the deepest bass signals
- Integral stand mount
- Hum compensating coil
- Shock mounted capsule
- Robust metal body
- Delivery includes: 1 e 902
pouch
Instructions for use

Technical Data

Transducer principledynamic
Pick-up patterncardioid
Frequency response40 – 16,000 Hz
Sensitivity (free field, no load)0.6 mV/Pa (at 60 Hz) 0.2 mV/Pa (at 1 kHz)
Nominal impedance< 350 Ω
Min. terminating impedance1 kΩ
Dimensions∅ 128,5 x 60 mm (∅ 5.06" x 2.36")
Weight440 g (15.52 oz)



e 902

Příloha č. 3: Datasheet k mikrofonu Rode NT5

NT5

Compact 1/2" Cardioid Condenser Microphone

RØDE

MICROPHONES



Features

- Externally biased condenser
- Gold sputtered 1/2" capsule
- Heavy-duty satin-nickel plated body
- Dual power operation
- Surface mount circuitry
- Low noise
- Full frequency response
- Available as Certified Match Pair
- Designed and manufactured in Australia
- Full 10 year warranty*

Specifications

Acoustic Principle	Pressure gradient	Directional Pattern	Cardioid
Frequency Range	20 Hz-20 kHz	Sensitivity	-38 dB re 1 Volt/Pascal (12 mV @ 94 dB SPL) +/- 2 dB @ 1kHz
Output Impedance	100Ω	Dimensions	Length - 118mm (4.6456") Diameter - 20mm (0.7874")
Output Connection	3 pin XLR, balanced output between Pin 2 (+), Pin 3 (-) and Pin 1 (ground)	Shipping Weight	Single - 350g Matched Pair - 1.54kg
Net Weight	101g		

Frequency Response



Polar Pattern





Included Accessories

- Single - RMS stand mount, ZP1 zip pouch and W55 windshield
- Matched Pair - 2 x RMS stand mount, RCS case and 2 x W55 windshield



www.rodemic.com

Australia
107 Camaroon st, Silverwater NSW 2128 Australia
Ph: +61 2 9648 5855 Fax: +61 2 9648 2455

USA
PO Box 4189 Santa Barbara CA 93140 USA
Ph: +1 805 566 7777 Fax: +1 805 566 0071

*After online registration

Příloha č. 4: Datasheet k mikrofonu Shure SM57

Product Specifications

SM57 Cardioid Dynamic Microphone

Overview

An industry-standard, highly versatile cardioid dynamic microphone that can be found onstage and in studios around the world. The ideal choice for sound reinforcement and recording applications, the legendary SM57 is tuned for clean reproduction of amplified and acoustic instruments, targeting the main sound source while minimizing background noise.

Features

- Frequency response tailored for drums, guitars, and vocals
- Uniform cardioid pickup pattern isolates the main sound source while reducing background noise
- Pneumatic shock-mount system cuts down handling noise
- Extremely durable under the heaviest use
- Supplied break-resistant swivel adapter that rotates 180°
- Legendary Shure quality, ruggedness, and reliability

Available Models

SM57-LC	Includes Stand Adapter and Zippered Pouch
SM57-LCE	Includes 5/8-inch to 3/8-inch thread adapter for mounting on European stands, Swivel Adapter and a Zippered Pouch

Specifications

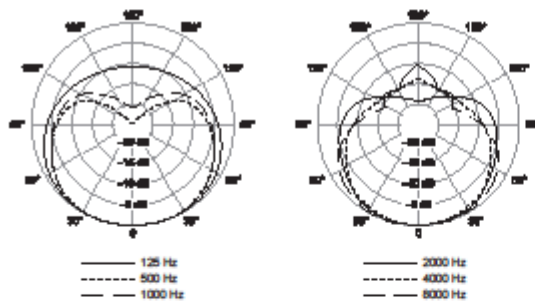
Type	Dynamic
Frequency Response	40 to 15,000 Hz
Polar Pattern	Cardioid
Sensitivity (at 1,000 Hz Open Circuit Voltage)	Open Circuit Voltage: -56.0 dBmPa* (1.6 mV) *0 Pa = 94 dB SPL
Impedance	Rated impedance is 150Ω (310Ω actual) for connection to microphone inputs rated low impedance.
Polarity	Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3.
Case	Dark gray enamel-painted, die-cast steel with a polycarbonate grille and a stainless steel screen.
Connector	Three-pin professional audio connector (male XLR type)
Net Weight	284 grams (10 oz)
Dimensions	157 mm (6-3/16 in.) L x 32 mm (1-1/4 in.) W at the widest point



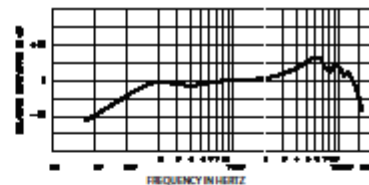
SM57

Optional Accessories and Replacement Parts

AZWS	Locking Windscreen	A55M	Isolation Mount	C25F	7.6 m Cable (25 ft)
A25D	Microphone Clip	A26M	Dual Mount	RK143C	Screen and Grille Assembly
R5D	Cartridge	S37A, S39A	Desk Stand		



Polar Pattern



Frequency Response



www.shure.com

©2009v Shure Incorporated