

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Františku Rundovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za neutuchající podporu. Zejména pak prarodičům, kteří byli ochotni si mou práci přečíst a poukázat na její nedostatky.

Obsah

Úvod	- 6 -
1 Bicí sestava	- 7 -
1.1 Popis bicí sestavy	- 7 -
1.2 Fyzikálně-akustický princip bicích hudebních nástrojů	- 9 -
1.3 Popis módů kruhové membrány	- 10 -
2 Mikrofon	- 12 -
2.1 Snímání bicí sestavy	- 12 -
2.2 Definice mikrofonu	- 12 -
2.3 Parametry mikrofonu	- 13 -
2.3.1 Směrová charakteristika	- 13 -
2.3.2 Frekvenční charakteristika mikrofonu	- 13 -
2.3.3 Impedance mikrofonu	- 13 -
2.3.4 Citlivost mikrofonu	- 14 -
2.3.5 Šum mikrofonu	- 14 -
2.4 Elektrostatický mikrofon	- 14 -
2.5 Elektrodynamický mikrofon	- 16 -
2.6 XLR kabel	- 17 -
3 Záznam zvuku	- 18 -
3.1 Zvuk a možnosti jeho záznamu	- 18 -
3.2 Vzorkovací frekvence	- 18 -
3.3 Bitová hloubka	- 18 -
3.4 Efekt hřebenového filtru	- 19 -
3.5 Stereofonní zvuk a jeho záznam	- 21 -
3.5.3 Metoda A-B	- 21 -
3.5.4 Metoda X/Y	- 23 -
3.5.5 Metoda ORTF	- 23 -
3.5.6 Metoda M/S	- 24 -
3.5.7 Metoda Overhead	- 24 -
3.6 Digitální záznamová zařízení	- 25 -
3.6.1 ADAT	- 25 -
3.6.2 DAW	- 25 -
3.6.3 Firewire	- 26 -
3.7 Zvukové efekty	- 26 -
3.7.1 Kompresor	- 26 -

3.7.2 Expander	- 27 -
3.7.3 Ekvalizér	- 28 -
4 Snímání jednotlivých prvků bicí sestavy	- 29 -
4.1 Basový buben	- 30 -
4.2 Malý buben	- 31 -
4.3 Tom bubny	- 32 -
4.4 Hi-hat činely	- 33 -
4.5 Ostatní činely	- 34 -
5 Metoda porovnávání způsobů zvučení bicí sady	- 35 -
5.1 Ideální porovnávání	- 35 -
5.2 Návrh porovnávání	- 36 -
5.3 Rozmístění mikrofonů	- 37 -
5.4 Realizace porovnávání	- 38 -
5.5 Použité vybavení	- 39 -
5.5.1 Zařízení pro záznam	- 39 -
5.5.2 Mikrofony	- 40 -
5.6 Příprava a zapojení	- 40 -
5.7 Nahrávání	- 42 -
5.8 Zpracování nahraného materiálu	- 42 -
5.8.1 Použité efekty a jejich parametry	- 43 -
5.8.2 Video I. – prezentace	- 44 -
5.8.2 Video II. – subjektivní test	- 44 -
8.10 Návrh subjektivních testů	- 45 -
8.10 Výsledky subjektivních testů	- 46 -
5.11 Porovnávání nahrávek ve frekvenční a časové oblasti	- 48 -
Závěr	- 62 -
Seznam použitých symbolů a zkratk	- 63 -
Seznam obrázků, schémat a tabulek	- 64 -
Literatura	- 65 -
Příloha A – parametry použitých mikrofonů	- 66 -
Příloha B – parametry použitých efektů	- 71 -
Příloha C – naměřená frekvenční spektra	- 72 -
Příloha D – přiložené DVD 1	- 73 -
Příloha E – přiložené DVD 2	- 75 -

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá specifiky bicí sady, způsoby jejího snímání a praktickým porovnání těchto poznatků.

Praktické porovnání těchto poznatků je uskutečněno realizováním navržené metody porovnávání způsobů zvučení bicí sestavy.

Výstupem práce jsou výsledky subjektivních porovnávání pořízených záznamů.

Abstract

This bachelor's thesis examines a drum kit and its specifications. Furthermore it is focused on microphones and miking methods that are commonly used for drum kit recording.

These methods and techniques are realized and used to record a drum kit.

The main output of this thesis is a subjective comparison of the recorded footage.

Úvod

Motivací pro řešení bakalářské práce na zadané téma bylo seznámení se s bicí sestavou a realizace experimentu, při kterém se bicí sestava nahraje. Analýza a porovnání záznamu, který by byl pořízen při kvalitně navrženém a provedeném experimentu by byla velice přínosná, protože podobný materiál nebyl nalezen.

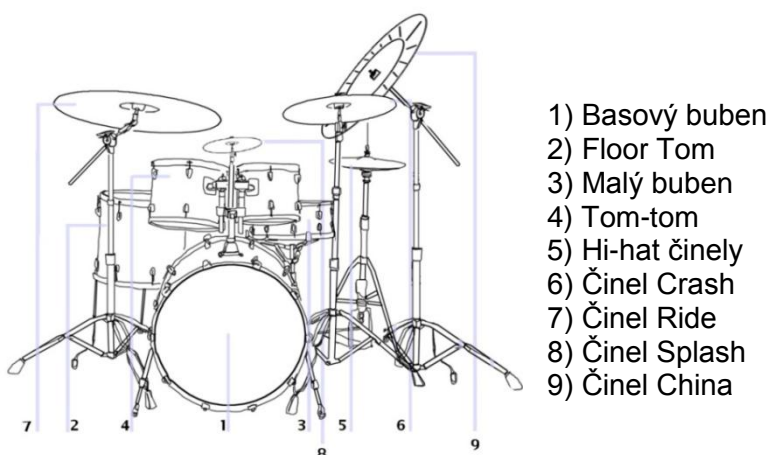
Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V části teoretické jsou shrnuty veškeré poznatky, které jsou nutné pro realizaci experimentu, na který je zacílena část praktická. První kapitola představuje čtenáři bicí sestavu, její obvyklé složení, princip, základní vlastnosti a problémy při snímání. Další kapitola se věnuje mikrofonům, jejich typům, vlastnostem a parametrům. Na toto téma dále navazuje kapitola 3, zacílená na techniku pro záznam zvuku. Čtvrtá kapitola detailněji popisuje jednotlivé bubny a činely, ze kterých se bicí sestava skládá a na základě poznatků z předchozích kapitol doporučuje způsob zvučení. Poslední, pátá kapitola je celá věnovaná praktické části této práce. V ní je detailně popsán experiment, jeho návrh a výsledky včetně subjektivních testů.

1 Bicí sestava

1.1 Popis bicí sestavy

Akustická bicí sestava neodmyslitelně patří k velkému množství hudebních žánrů. Jak uvádí [2], vzhledem k velkému počtu prvků je však její nahrávání a zvučení poměrně složitým úkonem. Především pokud uvažujeme hudební žánry typu Rock a Pop, ve kterých jsou bicí mnohdy základním stavebním kamenem skladby, může špatně provedená nahrávka bicích degradovat kvalitu celého záznamu.

Bicí sestava se skládá z bubnů (blanozvučné nástroje) a činelů (samozvučné nástroje). Složení bicích sestav a počty jednotlivých prvků bývají pro různé hudební žánry podobné, velké rozdíly však mohou být ve zvuku a typu jednotlivých bubnů a činelů. Každý bubeník dále preferuje různé rozmístění jednotlivých prvků, různou vzdálenost, natočení apod. Není tedy možné snímat dvě různé sestavy naprosto stejnými způsoby. Na obrázku č. 1 je znázorněna standardní bicí sestava, obsahující nejčastěji používané typy činelů a bubnů, vyhovujících požadavkům moderní hudby.

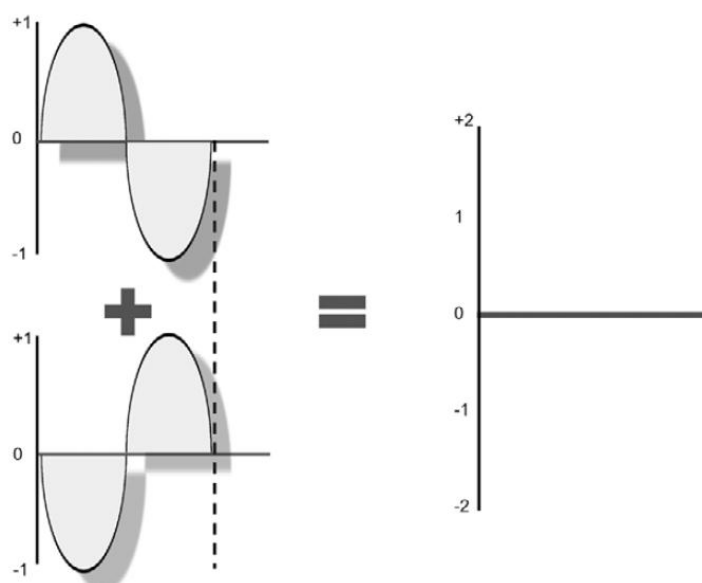


Obr. 1: Složení bicí sestavy (zdroj: [7])

Kompletní bicí sestava je soustavou hudebních nástrojů produkující širokopásmový a velice dynamický zvuk značného akustického tlaku, s čímž souvisí i první úskalí záznamu. Pro každý záznam je třeba nejprve pečlivě vybrat potřebné mikrofony, které budou dostatečně odolné vůči vyšším intenzitám akustického tlaku a zároveň dostatečně věrně snímat celé slyšitelné frekvenční spektrum nástroje. Neméně důležitý je i výběr digitálního záznamového zařízení, jenž by kromě dostatečné bitové hloubky pro zaznamenání velkých dynamických výkyvů mělo disponovat i dostatečnou vzorkovací frekvencí.

Základním předpokladem pro pořízení kvalitní nahrávky je kvalita a pečlivá seřízení nahrávané sestavy. Literatura [2] varuje, že možnost postprodukčních úprav je velice omezená a navzdory současným technickým možnostem mnohdy není možné nežádoucí zvuky potlačit, aniž by zároveň nedošlo k zvýraznění jiných zvuků, či ztrátě důležité informace. Kromě nežádoucích zvuků způsobených nedokonalou konstrukcí bubnů je podle [3] klíčové, aby všechny bubny byly správně naladěné. Ladění bubnů spočívá v jemném dotažení všech šroubů, ukotvujících rám s membránou ke korpusu bubnu, tak, aby membrána produkovala zvuk zhruba stejné frekvence, nezávisle na místě dopadu paličky.

Zdroje [2] i [3] se shodují, že největším problémem zvučení bicí sestavy jakožto soustavy perkusních nástrojů jsou přeslechy částí bicí sestavy blízkých snímajícím mikrofonů, tento problém je označován jako „bleeding“, tzn. „krvácení“. Dalším velice častým problémem, před kterým zdroje varují, a který se často odhalí až při exportu stereofonní stopy do monofonní je fázová kolize zapojených mikrofonů. Nastává, pokud dva mikrofony snímají tentýž zdroj akustického signálu, přičemž jeden ze snímajících mikrofonů signál nahrává fázově obrácený až o 180°. Po smíchání těchto signálů do jednoho kanálu se signály odečtou a dojde k výraznému poklesu kvality výsledného zvuku a ztrátě informace. Pokud by byly signály naprosto identické a byly by dokonale invertovány, neuslyšíme nic (viz obr. 2). Tento problém nejčastěji nastává při zvučení horní i spodní blány bubnu zároveň.



Obr. 2: Skládání fázově invertovaných harmonických signálů (zdroj: [3])

1.2 Fyzikálně-akustický princip bicích hudebních nástrojů

Chceme-li být schopni determinovat správně rozestavení snímací soustavy pro nahrávání bicí sestavy, je nutné nejprve vysvětlit způsob rozeznění těchto nástrojů a objasnit základní vztahy.

Princip rozeznění blanozvučných nástrojů popisuje [1], spočívá v impulzním způsobu membrány (oscilátoru), tedy blány nejčastěji syntetického, nebo živočišného původu.

Vibrace takto idealizované kruhové membrány homogenní struktury a konstantní tloušťky, ukotvené v pevném pravidelném kruhovém rámu jsou řešením vlnové rovnice s nulovými hraničními podmínkami.

Vlnová rovnice popisující volné kmity kruhové membrány:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial \varphi^2} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} \quad (1)$$

Kde ε je výchylka membrány v uvažovaném bodě; r, φ jsou polární souřadnice – vzdálenost uvažovaného bodu od středu membrány; c je rychlost šíření ohybových vln; t je čas.

Rychlost šíření ohybových vln je dána vztahem:

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

Kde T je napětí membrány; ρ je hustota membrány.

Řešení diferenciální vlnové rovnice vede ke vztahu:

$$\varepsilon_1 = \sum_n A_n J_n(kr) \cos n\varphi + \sum_n B_n J_n(kr) \sin n\varphi \quad (3)$$

Kde ε je amplituda kmitů; J_n je Besselova funkce n -tého řádu argumentu (kr).

Způsob upevnění membrány – po obvodu definuje hraniční podmínku – pro $r=R$ platí $\varepsilon=0$; z čehož vyplývá:

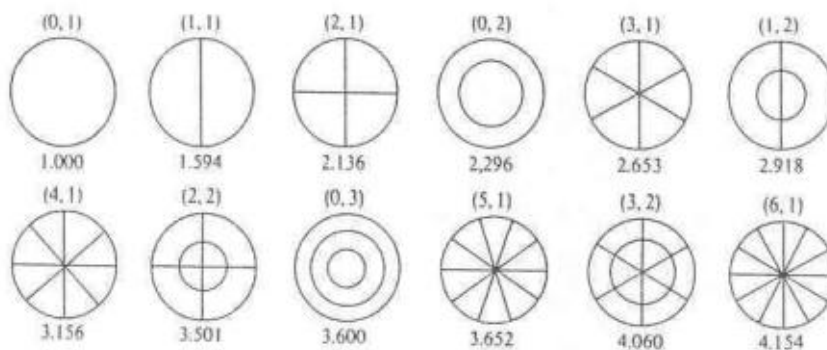
$$J_n(kR) = 0 \quad (4)$$

Kde R je poloměr membrány.

Způsobů, jimiž membrána může vibrovat (míra výkyvu, frekvence) je nekonečně mnoho, odvíjí se především od tvaru, velikosti, materiálu, síle vypnutí a hustotě nejen membrány, ale i bubnu a rámu, kterým je membrána upevněna. Lze tedy najít určitou analogii s kmitáním napnuté struny. Separací proměnných je dále možné definovat soubor určitých základních vibračních módů membrány, na které je možné rozdělit jakoukoliv komplexní vibraci. Zde můžeme najít jistou podobnost s periodickými signály, které je možné Fourierovou řadou zjednodušit na kombinaci harmonických signálů.

1.3 Popis módů kruhové membrány

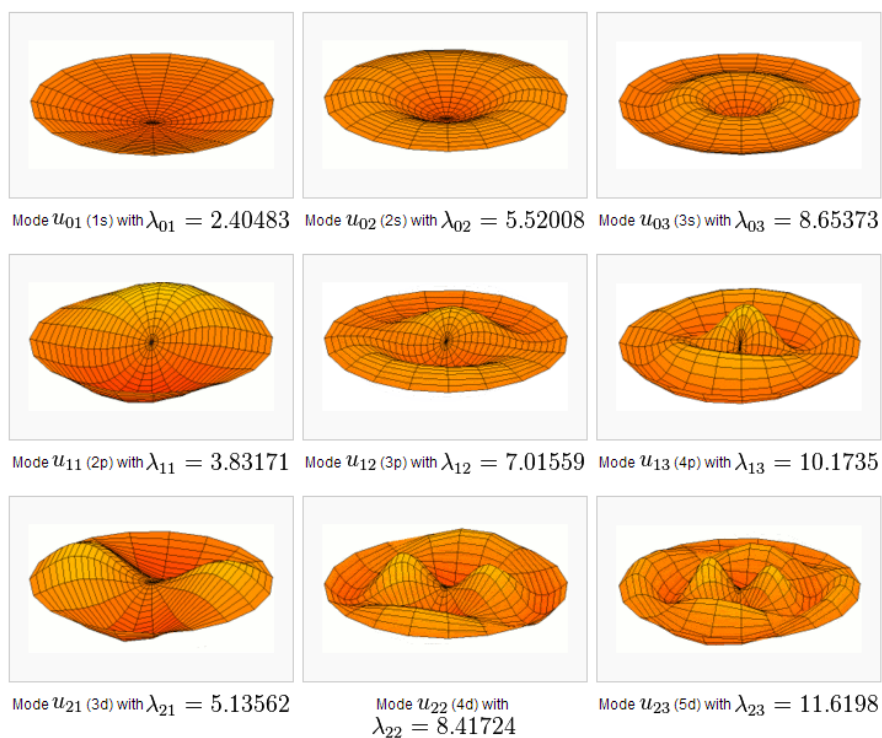
Literatura [1] poukazuje, na relativně malé tlumení radiálních módů (11), (21), (31), (41), (51), (61), (viz obr. 3), přičemž jejich frekvenční poměry tvoří přibližně harmonickou řadu 3:4:5:6:7:8 atd. Charakter těchto módů je tedy převážně tónový. Módy kruhové (01), (02), (03) jsou naopak silně tlumeny a jejich frekvenční poměry jsou zcela neharmonické. Jejich zvukový charakter je tedy spíše hlukový. Módy kombinované (22) a (32) představují přibližně poměr frekvencí 7:8 a jejich rozdílový tón rázuje se základním tónem radiálních módů.



Čísla v závorkách nad příslušnými módy (m, n) udávají pořadí radiálních (m) a kruhových módů (n) , respektive počet radiálních a kruhových uzlových čar.

Obr. 3: Prvních 12 axiálních a kruhových módů ideální membrány (zdroj: [5])

Jak dále uvádí [1], je intenzita jednotlivých rezonančních módů silně ovlivňována místem buzení membrány. Při buzení ve středu membrány převažují v kmitání kruhové módy, při buzení u kraje membrány zase módy radiální. Tak lze místem úderu paličky určit převažující hlukový či tónový charakter výsledného zvuku. Na obrázku č. 4 je pro lepší představu zobrazen trojrozměrný model chování ideální kruhové membrány po vybuzení určitých módů, jejichž značení odpovídá značení na předchozích nákresech.



Obr. 4: Trojrozměrný model chování ideální kruhové membrány (zdroj: [4])

2 Mikrofon

2.1 Snímání bicí sestavy

Jak bylo naznačeno již v první kapitole, snímání bicí sestavy není vůbec jednoduchou činností. Bez sebemenších pochybností lze prohlásit, že není nástroje, jehož věrná zvuková reprodukce by vyžadovala použití tolika mikrofonů. Tento požadavek plyne z definice bicí sestavy coby soustavy různě rozmístěných akustických nástrojů. Pokud bychom bicí sestavu snímali pouze jedním mikrofonem umístěným v určitém bodě, byly by některé tyto nástroje zvýrazněny a některé potlačeny. Literatura [3] dále poukazuje na nutnost snímání zvuku bicí sestavy v prostoru, aby bylo možné zaznamenat veškeré zvukové vlastnosti nástroje, včetně fyzického rozmístění prvků bicí sestavy v prostoru. Zdroje [2] i [3] se shodují, že vůbec nejčastěji používaným snímáním akustické bicí sestavy je kombinace bodových metod snímání. Mikrofony jsou umístěny do optimální vzájemné vzdálenosti snímaného prvku a snímajícího mikrofonu tak, aby výsledky dosahovaly co nejlepších kvalit. Zdroj [3] přirovnává práci s mikrofony k umění a čtenáři doporučuje, aby důvěřoval svému úsudku a definovaná pravidla bral spíše jako doporučení, než jako jediné možné způsoby jak dosáhnout požadovaných výsledků. Pro pochopení konkrétních metod snímání je třeba definovat mikrofon a seznámit se s jeho parametry a typy.

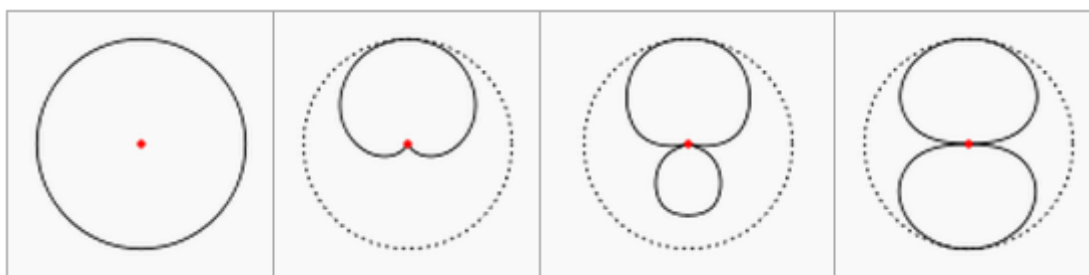
2.2 Definice mikrofonu

Mikrofon je elektroakustický měnič, sloužící pro převod akustického signálu na signál elektrický. Dle způsobu převodu a konstrukce se mikrofony dělí do dvou základních skupin na elektrodynamické (dynamický mikrofon) a elektrostatické (kondenzátorový mikrofon). Existuje spousta dalších typů, například páskový, elektretový, uhlíkový, piezoelektrický, kromě posledních dvou jmenovaných však lze prohlásit, že jde pouze o speciální případy již zmíněného elektrostatického a elektrodynamického mikrofonu. Jednotlivé typy se liší rozměry, konstrukcí, použitými součástkami, nutností přídatného napájení, použitím atp.

2.3 Parametry mikrofonu

2.3.1 Směrová charakteristika

Publikace [3] definuje směrovou charakteristiku jako citlivost mikrofonu v závislosti na úhlu od osy mikrofonu. Nejčastěji se se směrovou charakteristikou setkáme ve formě polárního grafu závislosti výstupní intenzity na úhlu. Čím je tato charakteristika užší, tím více bude mikrofon citlivý na zvuky přicházející v ose mikrofonu, naopak zvuky přicházející ze stran bude snímat v mnohem menší intenzitě. Typ charakteristiky jasně vymezuje možné použití mikrofonu. Směrová charakteristika je frekvenčně závislá – projevuje se zpravidla u vysokých tónů, zatímco hluboké zůstávají nepoznamenány. Umístíme-li směrový mikrofon příliš blízko zdroji zvuku, může dojít ke zvýraznění hlubokých frekvencí. Tento (většinou nežádoucí) jev se nazývá proximity efekt. Mezi nejčastější typy směrové charakteristiky patří kulová, kardioidní, hyperkardioidní a osmičková (viz obr. 5).



Zleva: kulová, kardioidní, hyperkardioidní a osmičková směrová charakteristika
Obr. 5: Nejčastěji používané směrové charakteristiky (zdroj: [4])

2.3.2 Frekvenční charakteristika mikrofonu

S frekvenční charakteristikou se většinou setkáme ve formě grafu závislosti výstupní intenzity na frekvenci. Definuje tedy citlivost mikrofonu na zvuky různých frekvencí. Ve většině případů je žádoucí charakteristika vyrovnaná, tedy mikrofon snímá všechny frekvence ve srovnatelné intenzitě, žádné kmitočty nejsou potlačeny, nebo naopak zvýrazněny. Lze se však setkat s cílenou ekvalizací (specializované vokální a perkusní mikrofony).

2.3.3 Impedance mikrofonu

Udává impedanci na výstupu mikrofonu, jde tedy o velmi důležitý parametr potřebný pro správné zapojení mikrofonu k dalšímu zařízení. Pro kvalitní a nezkraslený záznam by podle [8] měla být impedance připojovaného zařízení minimálně pětikrát větší než je impedance mikrofonu. Pro studiové aplikace se

zpravidla používají nízkoimpedanční mikrofony, pro naše účely by tedy neměl být problém vyřčenou podmínku dodržet.

2.3.4 Citlivost mikrofonu

Citlivost udává poměr mezi výstupním napětím mikrofonu ku akustickému tlaku, jenž toto napětí vybudil.

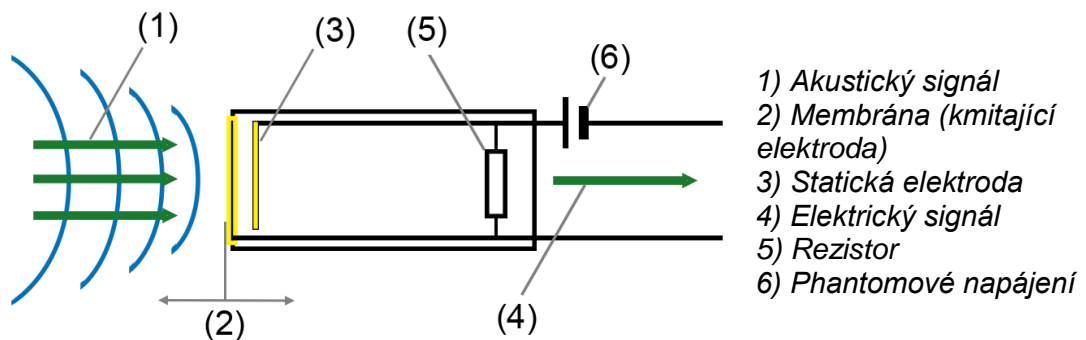
2.3.5 Šum mikrofonu

Vlastnost mikrofonu udávající množství (úroveň) vlastního šumu, jenž mikrofon přičte do vstupního signálu po průchodu svými vnitřními obvody. Vyjadřuje se poměrem výstupního napětí mikrofonu, které vyvolá akustický tlak 1Pa na vstupu, s šumovým napětím na výstupu mikrofonu (ten musí být umístěn v dokonale tichém prostředí).

2.4 Elektrostatický mikrofon

Elektrostatický, kapacitní (kondenzátorový) mikrofon se skládá z membrány, která je zároveň jednou z desek kondenzátoru, v němž se kumuluje elektrický náboj. V rytmu změny polohy následkem působení akustického tlaku na membránu se mění kapacita kondenzátoru. Tato změna kapacity se podle [8] projeví změnou napětí na kondenzátoru, je tedy ovlivněn i časový průběh protékajícího proudu, který tak nese informaci o vstupním akustickém signálu. Zjednodušené principiální schéma zapojení je na obrázku číslo 6.

Literatura [8] dále popisuje, že náboje na kondenzátoru lze dosáhnout nanesením elektretu (dielektrický materiál nesoucí permanentní elektrický náboj) na jednu z elektrod kondenzátoru, nebo připojením zdroje stejnosměrného polarizovaného napětí – častější případ. Toto napětí bývá označováno jako phantomové a do mikrofonu bývá přivedeno pomocí XLR kabelu, který zároveň přenáší výstupní elektrický signál.



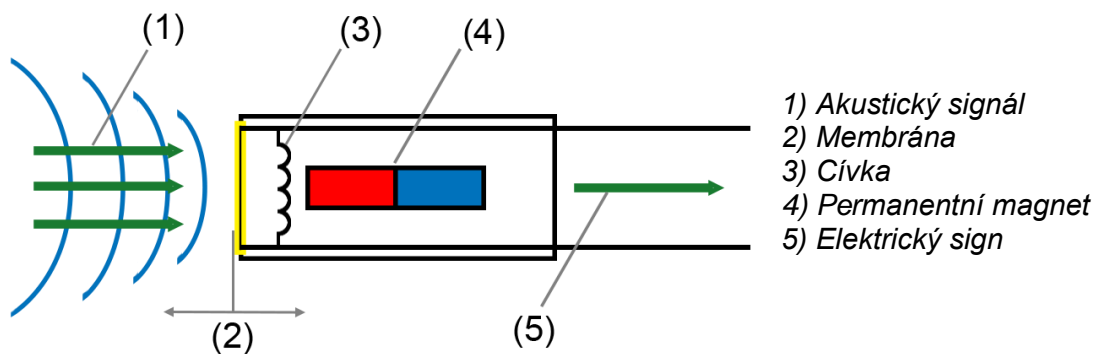
Obr. 6: Schéma elektrostatického mikrofону (zdroj: vlastní nákres, inspirovaný [11])

Kondenzátorové mikrofony jsou pokládány za nejkvalitnější. Pro svou vyrovnanou frekvenční odezvu, vysokou citlivost a kvalitu záznamu se velice často používají v profesionálních nahrávacích studiích a pro měřicí účely. Vysoká citlivost však s sebou přináší i jednu zápornou vlastnost, mikrofon dobře snímá i hluk způsobený manipulací s ním. Z tohoto důvodu se kondenzátorové mikrofony většinou zavěšují do speciálních odpružených držáků, tzv. „pavouků“, které „manipulační hluk“ minimalizují.

Dalším doporučeným příslušenstvím kondenzátorových mikrofónů je pop-filtr, jednoduchý, avšak velice účinný nástroj, sloužící k ochraně mikrofónu před slinami mluvčího (mikrofonní vložka kondenzátorového mikrofónu je vzhledem ke své povaze velmi náchylná na vlhko). Dalším, neméně důležitým účelem pop-filtru je pohlcení explozivních samohlásek a sykavek, jejichž potlačení v post-produkci už nemusí být možné, zdůrazňuje [2].

2.5 Elektrodynamický mikrofon

Elektrodynamický mikrofon pracuje na principu elektromagnetické indukce. Vnitřní zapojení popisuje [8]. Cívka, nacházející se v magnetickém poli permanentního magnetu, je spojena s membránou mikrofonu. Následkem vstupního akustického vlnění je membrána spolu s cívkou rozkmitána a pohybuje se v magnetickém poli permanentního magnetu, protíná jeho magnetické siločáry, a tím se v cívce indukuje elektrický proud. Tok elektrického proudu je přímo úměrný kmitům mikrofonní membrány, nese tedy informaci o vstupním akustickém vlnění, jež toto kmitání způsobilo. Tento proud je velmi malý, pro další použití je tedy třeba zvětšit jeho amplitudu přidavným zesilovačem. Zjednodušené principiální schéma viz obr. 7.



Obr. 7: Schéma dynamického mikrofonu (zdroj: vlastní nákres, inspirovaný [11])

Důvodem preference dynamického mikrofonu před kondenzátorovým může podle [2] být vysoká odolnost vůči vysokému akustickému tlaku (bicí nástroje), zpravidla nižší cena a vnitřní zapojení mikrofonu, nevyžadující přidavné napětí.

2.6 XLR kabel

XLR je označení pro symetrický nebo nesymetrický, 3-pinový (pro speciální účely existují i vícepinové) konektor, navržený zejména pro audio aplikace. Konektor bývá podle [2] ve starší literatuře označován jako Canon, podle svého původního výrobce. XLR kabel, často označován jako mikrofonní kabel, má zmíněné XLR konektory na obou koncích, na jednom ve verzi M (zástrčka) a na druhém ve verzi F (zásuvka). Pro zapojení mikrofonů doporučuje pro naprostou většinu případů [3] doporučuje volit kabel se symetrickým vnitřním zapojením, které je mnohem odolnější vůči nežádoucím rušení z okolí a navíc je schopné přenášet phantomové napětí. Odolnost symetrického zapojení vůči rušení spočívá ve sčítání nezměněného původního signálu, procházejícího jedním vodičem, se signálem fázově invertovaném, protékajícím druhým vodičem. Veškeré informace navíc, tedy v naprosté většině elektromagnetická rušení, která prošla nedokonalým stíněním kabelu, jsou odstraněna.

3 Záznam zvuku

3.1 Zvuk a možnosti jeho záznamu

V předchozích kapitolách byly definovány různé typy mikrofonů a jejich vlastnosti. Ještě než se dostaneme k podrobnému popisu jednotlivých prvků bicí sady a způsobů jejich zvučení, je potřeba zmínit současné způsoby zpracování zvuku, základní termíny a problémy. Nutné je ovšem podotknout, že zkoumán bude zejména digitální záznam zvuku, analogový záznam není předmětem práce.

3.2 Vzorkovací frekvence

Udává počet zpracovaných vzorků signálu ve spojitém čase (analogový, např. elektrický signál nasnímaný mikrofonem) za jednotku času, při jeho převodu na signál v diskrétním čase (digitální signál). Základní jednotkou vzorkovací frekvence je Hz [s^{-1}], vzorkovací frekvence 44,1 kHz tedy znamená 44 100 vzorků zpracovaných za sekundu. Převrácením hodnoty vzorkovací frekvence získáme vzorkovací periodu, tedy časový interval mezi dvěma nejbližšími vzorky. Pro vzorkovací frekvenci 44,1 kHz je tento interval 23 μs .

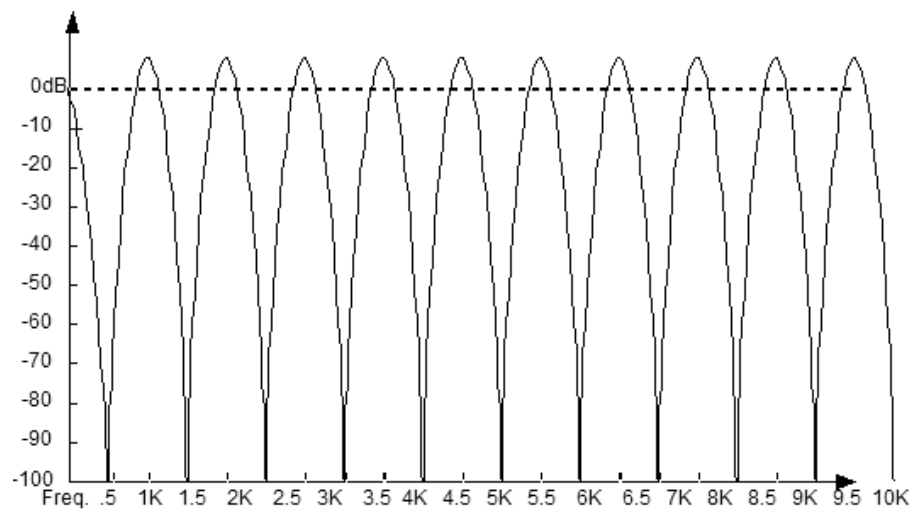
Pro správné zaznamenání signálu je podle [10] třeba splnit Shannonův teorém, definující minimální potřebnou vzorkovací frekvenci jako dvojnásobek nejvyšší frekvence vzorkovaného signálu. Uvažujeme-li slyšitelné spektrum 20 Hz až 20 kHz (velmi často také limit kondenzátorových mikrofonů), bude nejnižší použitelný vzorkovací kmitočet, splňující danou podmínku, 44,1 kHz.

3.3 Bitová hloubka

Bitová hloubka udává velikost čísla dvojkové soustavy, jímž záznamové zařízení aproximuje každý vzorek vzorkovaného spojitého signálu (v případě vzorkování signálu z mikrofonu jde o aproximaci okamžité hodnoty napětí na daném vzorku), zmiňuje [3]. Například bitová hloubka 24 bitů udává, že vzorkovaná hodnota spojitého průběhu napětí je na každém vzorku aproximována 24 bitovým číslem (2^{24}). Bitová hloubka ovlivňuje kvalitu, dynamický rozsah a kvantizační chybu zaznamenaného signálu.

3.4 Efekt hřebenového filtru

Hřebenový filtr je nežádoucí jev, který nastane, pokud původní signál začne interferovat se svou zpožděnou verzí. Drasticky se tak změní frekvenční spektrum takto smíchaného signálu oproti původnímu, určité frekvence se sčítají a jiné odčítají, což má za následek znatelné poklesy frekvenčního spektra na určitých harmonických frekvencích. Výsledné spektrum svými pravidelnými poklesy nápadně připomíná hřeben, proto název hřebenový filtr. Příklad frekvenční charakteristiky hřebenového filtru je na obrázku číslo 8.



Frekvenční charakteristika dvou signálů, smíchaných do jednoho kanálu. Jeden ze signálů byl zpožděn o 1 ms a došlo tak ke vzniku hřebenového filtru. Maximům průběhu odpovídá zisk 6 dB, minimům útlum -100 dB.

Obr. 8: Průběh hřebenového filtru (zdroj: [12])

Nejčastěji je tento jev způsoben umístěním mikrofonu příliš blízko překážky (např. stěny), od které se původní zvuk odráží, putuje delší cestou – je tedy zpožděn, a mikrofon jej pak snímá spolu se zvukem původním. Dalším důvodem může být nedodržení určitých podmínek při simultánním snímání více mikrofony.

Harmonické frekvence zdvihů a poklesů lze podle [9] odvodit, známe-li vzdálenost mezi mikrofony neboli rozdíl dráhy obou zvukových vln, než dorazí k snímajícímu mikrofonu.

Uvažujme rozdíl vzdálenosti mikrofonů Δs . Zdvih se bude týkat frekvencí, pro které platí, že celočíselný násobek jejich vlnové délky je roven Δs . Zvuková vlna přijatá oběma mikrofony bude tak ve fázi a dojde k součtu jejich amplitud a následně k lokálnímu zdvihu na dané frekvenci.

$$\Delta s = n \cdot \lambda \quad [m, -, m] \quad (5)$$

Kde Δs je rozdíl vzdálenosti mikrofonů, λ je vlnová délka a n je celé číslo.

Vlnová délka je rovna podílu rychlosti šíření a frekvence vlny.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \left[m, \frac{m}{s}, s^{-1} \right] \quad (6)$$

Kde c je rychlost šíření zvuku, f je frekvence zvukové vlny.

Kombinací vztahů (5) a (6) a vyjádřením frekvence získáme:

$$f = \frac{n \cdot c}{\Delta s} \quad \left[s^{-1}, -, \frac{m}{s}, m \right] \quad (7)$$

Kde c je rychlost šíření zvuku, f je frekvence zvukové vlny, n je celé číslo a Δs je rozdíl vzdálenosti mikrofonů.

Tedy vztah, který na základě znalosti vzdálenosti použitých mikrofonů umožňuje vypočítat frekvence, na kterých budou maxima hřebenového filtru. Číslo n udává pořadí této frekvence.

Jak již bylo řečeno, hřebenový filtr má harmonický průběh, minima průběhu není třeba počítat, budou se nacházet vždy mezi dvěma sousedními maximy. Je ovšem nutné poznamenat, že odvozené vztahy platí pouze pro ideální případ dvou mikrofonů v ose přesně za sebe, neuvažují odrazy zvukových vln od překážek, rozdílné natočení mikrofonů, ani jejich rozdílné směrové charakteristiky.

3.5 Stereofonní zvuk a jeho záznam

Stereofonní zvuk je oproti staršímu, monofonnímu záznamu, rozdělen na dva kanály – levý a pravý, přičemž každý kanál může přehrávat rozdílnou stopu, čímž je docíleno prostorového efektu.

Přestože lze stereofonní efekt (pseudostereo) simulovat duplikováním monofonního záznamu do obou stereo kanálů s malým fázovým, časovým, posuvem, nebo posunutím frekvenčního spektra duplikovaného záznamu, tedy umělého dotvoření hudební harmonie; mnohem lepších výsledků dosáhneme, pokud zvuk bude zaznamenán dvoukanalově, a to například pomocí některé z metod stereofonního záznamu zvuku.

Důležité je uvědomit si fakt, který zmiňuje [2]. Moderní stereofonní skladby nejsou nahrané čistě stereofonně, v absolutní většině totiž jde o soubor odděleně nahraných monofonních nahrávek, které jsou postprodukčně nasměrovány ve stereofonním obrazu (panoramatu) rozdílem intenzit obou kanálů. Stereofonní záznam v pravém slova smyslu si však klade za cíl co nejvěrnější a nejpřesvědčivější záznam a reprodukci akustické pole. Hlavní podmínkou takového snímání je, že snímáný zvuk musí být nasnímán oběma (všemi) snímajícími mikrofony. Prostorový, stereofonní zvuk tak vzniká přirozeným rozdílem intenzity a fáze přijatých a následně smíchaných signálů. Přestože ideální metoda takového snímání zatím nalezena nebyla, existuje několik ustálených metod, které vykazují přijatelné a pro náš účel naprosto dostačující výsledky.

3.5.3 Metoda A-B

Tato známá a velice často používaná metoda stereofonního záznamu spočívá v umístění dvou mikrofónů do určité vzájemné vzdálenosti. V přesné definici metody A-B se však názory [2] a [3] značně rozcházejí. Zatímco [2] označuje jako stereofonní metodu každou realizaci s kulovými mikrofony, která dodržuje distanční pravidlo, definující minimální vzdálenost mezi mikrofony jako trojnásobek vzdálenosti mikronů od zdroje zvuku; [3] od určité vzdálenosti mezi mikrofony upouští od termínu „stereofonní A-B metoda“ a dále již používá pouze „technika odděleného mikrofonního páru“, která navíc může být realizována i se směrovými mikrofony. V tomto ohledu je na základě [11] nutno dát za pravdu [3].

Zdroj [11] totiž definuje ideální vzdálenost mezi mikrofony při stereofonním snímání A-B metodou jako čtvrtinu vlnové délky nejhlubšího zaznamenávaného tónu, za který prohlašuje zvuk o frekvenci 150 Hz. Po dosazení do vzorce č. 6 vychází:

$$s_{id} = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} \quad \left[m, m, \frac{m}{s}, s^{-1} \right] \quad (8)$$

$$s_{id} = \frac{340}{4 \cdot 150} \approx 0,56m \quad (9)$$

Kde c je rychlost šíření zvuku, f je frekvence zvukové vlny, s_{id} je ideální vzdálenost mezi mikrofony

Dále poukazuje na vznik „hluchého“ místa při zvětšení této vzdálenosti a snížení kvality, pokud by byl zvuk přehráván jednokanálově. Takto definovaná ideální vzdálenost je samozřejmě v rozporu s distančním pravidlem, které definoval [2], maximální vzdálenost nahrávaného zvuku od metody by totiž byla maximálně necelých 19 cm. Nahrávat metodou A-B rozměrnější hudební tělesa, mezi něž samozřejmě patří i bicí sada, by při současném dodržování tohoto pravidla tedy nebylo možné. Neznamená to, že je distanční pravidlo definováno špatně, je však třeba dodržovat ho při snímání technikou, pro kterou je zavedeno, tedy snímání odděleným mikrofonním párem.

Nezbývá tedy, než dát za pravdu [3] a metodu, při které je bicí sestava z každé strany snímána jedním mikrofonom dále nazývat technikou odděleného mikrofonního páru. S výhodou této metody, tedy značné prostorovosti záznamu, je podle [3] úzce spjatá i největší nevýhoda této metody. Vzhledem k velkým časovým a fázovým rozdílům přijatých signálů je metoda velice náchylná na různé nepravidelnosti frekvenčního spektra v důsledku projevů hřebenového filtru. A znovu je potřeba zdůraznit, že ačkoliv je záznam prostorový, nejde o stereofonní záznam, protože může nastat situace, kdy bude snímáný zvuk zaznamenán pouze jedním mikrofonom (viz poslední odstavec kapitoly 3.5).

3.5.4 Metoda X/Y

Metoda X/Y je druhou nejčastěji používanou metodou stereofonního záznamu. V definici metody se již dostupné zdroje shodují. Jde o tzv. koincidenční metodu záznamu, kdy jsou dva mikrofony (membrány) umístěny ve stejném bodě. Tyto dva mikrofony kardioidního typu mezi sebou svírají úhel 90° a míří na zdroj zvuku. Na rozdíl od metody A-B není prostorového efektu docíleno časovou diferencí, nýbrž rozdílem vstupní úrovně signálu.

Metoda je velmi často užívána pro svou rozměrovou nenáročnost a dobrou „kompatibilitu“ při převodu stereofonního záznamu na monofonní. I proto se s touto metodou často setkáme v rozhlasových studiích, která počítají s tím, že většina posluchačů bude jejich vysílání přijímat na monofonních přijímačích. Podle [2] však není možné dosáhnout výrazně prostorového efektu z důvodu příliš malého rozdílu mezi přijatými signály.

Ačkoliv jde o metodu koincidenční, v praxi samozřejmě nelze dosáhnout umístění dvou mikrofonních membrán do stejného místa a vyhnout se tak fázovým rozdílům přijatých signálů. Tyto jevy je však možné téměř úplně potlačit umístěním mikrofónů nad sebe (nejlépe pomocí „hrazdy“, speciálního mikrofonního stojanu pro snímání koincidenčními metodami). Další problém, potlačení hlubších frekvencí, může nastat při snímání zdroje zvuku, nacházejícího se ve větší vzdálenosti od snímajících mikrofónů (z důvodu jejich směrovosti).

3.5.5 Metoda ORTF

Existuje mnoho specifikací metody X/Y, které se liší zejména úhlem mezi snímajícími mikrofony a vzájemnou vzdáleností jejich membrán. Jednou z těchto specifikací je metoda ORTF. Tu [11] řadí mezi tzv. techniky blízké koincidence, kdy membrány mikrofónů nejsou umístěny v jednom bodě, nýbrž v bezprostřední blízkosti. Rozdíl mezi metodou ORTF a X/Y spočívá v jiném zapojení metod, kdy je úhel mezi snímajícími mikrofony zvýšen na 110° a vzdálenost membrán mikrofónů na 17 cm. Membrány jsou tedy od sebe zhruba stejně daleko, jako má od sebe člověk vzdálené uši. Kombinace svíraného úhlu a vzdálenosti mikrofónů podle [11] simuluje tzv. „head shadow“, neboli efekt úbytku amplitudy přijímaného zvuku následkem pohlcení lidskou hlavou – tedy jev simulující vnímání a lokalizaci zvuku člověkem.

Metoda dosahuje větší prostorovosti v porovnání s klasickou X/Y za současného zachování dobré monofonní kompatibility. Stejně jako u metody X/Y je třeba dát pozor na pokles hlubokých frekvencí při snímání zdroje zvuku z větší vzdálenosti vzhledem ke směrovosti použitých mikrofónů.

3.5.6 Metoda M/S

Metoda M/S je koincidenční metoda využívající jednoho mikrofonu s osmičkovou a druhého mikrofonu s kardioidní směrovou charakteristikou. Kardioidní mikrofon je nasměrován membránou ke zdroji zvuku, osmičkový mikrofon je k němu umístěn kolmo, tak aby laloky jeho charakteristiky směřovaly směrem od osy zdroj snímaného zvuku – mikrofon.

Metoda poskytuje výrazný stereo efekt, zároveň je podle [3] zachována absolutní mono kompatibilita, kterou zajišťuje zapojení mikrofonů a manipulace se vzniklými záznamy. Záznam z mikrofonu s osmičkovou směrovou charakteristikou je duplikován do pravého i levého kanálu, přičemž do pravého kanálu s invertovanou fází. Nastalá situace je tedy matematicky vyjádřena takto: $L=(M+S)$, $P=(M-S)$; kde M je směrový mikrofon a S je mikrofon osmičkový. Ze vztahů vyplývá, že po smíchání obou kanálů do jednoho (monofonní záznam) bude osmičkový mikrofon zcela odečten, záznam ze směrového mikrofonu zůstane nezměněn. Metoda je velice oblíbená pro využití v rozhlasovém vysílání, vynikajících výsledků dosahuje i při snímání akustických nástrojů.

3.5.7 Metoda Overhead

Uvedená metoda není samostatným způsobem snímání, jde spíše o techniku zvučení. Zmíněna je zejména z důvodu jejího velkého rozšíření při zvučení živých vystoupení. Sestavení metody podle [2] spočívá v zavěšení dvou směrových mikrofonů pomocí speciálních stojanů nad hlavu bubeníka (proto název „Overhead“, tj. „nad hlavou“) a bývají nasměrovány tak, aby co nejvíce snímaly všechny dostupné činely a pokud možno co nejméně cokoliv jiného. Jde tedy o nedokonale sestavenou techniku snímání mikrofonním párem, při které není dodržena žádná osová souměrnost, ani distanční pravidlo a všesměrové mikrofony jsou nahrazeny kardioidními, aby záznam nebyl tolik náchylný na přeslechy ostatních nástrojů.

3.6 Digitální záznamová zařízení

Digitální záznamové zařízení (audio interface, tzn. „audio rozhraní“) je externí rozhraní, sloužící pro převod analogového vstupního signálu na digitální, jeho vícecestový záznam a reprodukci. Zařízení zpravidla obsahuje oproti svým interním obdobám více vstupů a výstupů, obojí ve většině případů kvalitnější, disponující větší vzorkovací frekvencí a bitovou hloubkou. Ve srovnání s mixážními pulty však nejsou (kromě speciálních modelů) schopna pracovat samostatně, musí být vždy připojené k počítači, na kterém se digitální data dále zpracovávají a ukládají. Spojení zařízení s počítačem je uskutečněno pomocí rozhraní USB, nebo firewire.

Vstupy a výstupy záznamových zařízení má každý model jiné, většinou se však setkáme s několika XLR mikrofonními vstupy, linkovými jack vstupy a výstupy, midi vstupy a výstupy, cinch výstupu a modernější zařízení vyšší třídy také často obsahují optický vstup a výstup ADAT.

3.6.1 ADAT

ADAT je optické rozhraní, zprostředkávající přenos digitálních audio dat mezi zařízeními. Kabeláž tohoto rozhraní se sestává z optického kabelu a Toslink konektorů na každém konci. Rozhraní je podle [3] schopné až osmikanálového přenosu nekomprimovaných audio dat při vzorkovacím rozlišení 48 000 vzorků za sekundu (48 kHz) a 24bitové hloubce. Většího vzorkovacího rozlišení lze dosáhnout snížením počtu přenášených kanálů (při čtyřkanálovém přenosu lze vzorkovat až 96 kHz, Bitová hloubka 24 bitů je zachována vždy, nezávisle na přenášených datech. Budeme-li přenášet signál nižší bitové hloubky, prázdná místa budou vyplněna nulami, pokud bude přenášený signál vyšší bitové hloubky, nadbytečná informace bude při přenosu ztracena.

3.6.2 DAW

DAW (Digital Audio Interface) je termín označující software, sloužící k ukládání audiodat přijatých počítačem ze záznamového zařízení a jeho následné zpracování. Těchto programů existuje velké množství, liší se zejména doporučeným použitím (živá/studiová/elektronická hudba), funkcemi a efektovými programy, které obsahuje.

Velice populární je například program Cubase od firmy Steinberg, vyznačující se výbornou kompatibilitou s připojenými přístroji, dobrou stabilitou při vícecestovém nahrávání, malou latencí vstupního a výstupního signálu a dostatečným množstvím efektových programů.

3.6.3 Firewire

Firewire je sériová sběrnice sloužící pro připojení externích zařízení k počítači. V současné době je rozhraní k dispozici ve dvou standardech, starším šestipinovém Firewire 400 a novějším devítipinovém Firewire 800. Literatura [3] uvádí, že číselné označení těchto standardů označuje maximální možnou datovou propustnost, tedy 400 Mbit/s a 800 Mbit/s.

Rozhraní je pomalu vytlačováno z trhu novější sběrnici USB, která Firewire předčí nižšími pořizovacími náklady a větší datovou propustností (nejrozšířenější standard USB 2.0 má datovou propustnost 480 Mbit/s, nejnovější standard USB 3.0 dokonce 5 Gbit/s). Důvodů, proč výrobci některých typů zařízení (mezi která patří například zvukové karty, datová úložiště a videokamery) stále používají rozhraní firewire je hned několik. Firewire na rozdíl od sběrnice USB umožňuje zařízením peer-to-peer komunikaci a přímý přístup do paměti, dosahuje tak stabilnějšího datového toku a menší zátěže systému.

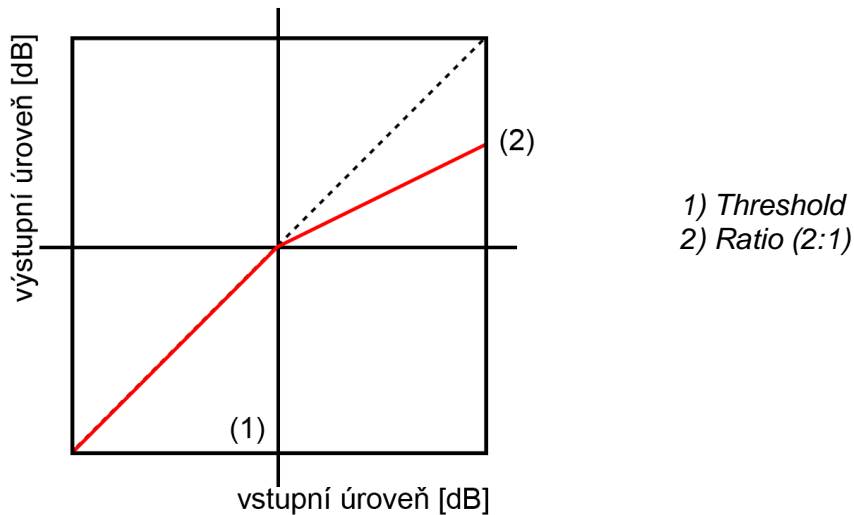
3.7 Zvukové efekty

Za zvukový efekt je považováno každé zařízení pro úpravu zvuku, jenž ovlivňuje a pozměňuje jeho dynamické, spektrální, nebo časové vlastnosti. Dříve byly zvukové efekty konstruovány jako rozměrná, nákladná zařízení; dnes se s nimi setkáme v drtivé většině ve formě počítačového programu. Výhody softwarové podoby jsou značné – kromě snadnějšího ovládní a nastavení, lepší přenosnosti a nemožnosti fyzického poškození nejsou náchylné na nízkofrekvenční brumy a nejsou ovlivněny nedokonalostí použitých součástek.

3.7.1 Kompresor

Kompresor je efekt sloužící k omezení dynamického rozsahu audiosignálu. Pokud je na vstupu kompresoru detekován signál příliš vysoké intenzity, efekt se aktivuje a na základě předem definovaných parametrů dojde k zeslabení hlasitosti signálu. Základním parametrem kompresoru je tzv. threshold, tedy intenzita, která efekt aktivuje; dále ratio, tedy míra zeslabení signálu – při použití ratio 2:1 bude signál nad nastaveným thresholdem zeslaben na polovinu; a parametry attack a release, tedy doba od detekce příliš hlasitého signálu, po níž dojde k aktivaci, resp. deaktivaci efektu. Zmíněné parametry jsou zakresleny v obrázku číslo 9.

Limitním případem kompresoru je tzv. Limiter, kdy je každý signál, který aktivuje efekt, zeslaben přesně na hodnotu, na niž je nastaven threshold. Ratio takového kompresoru je ∞ :1.

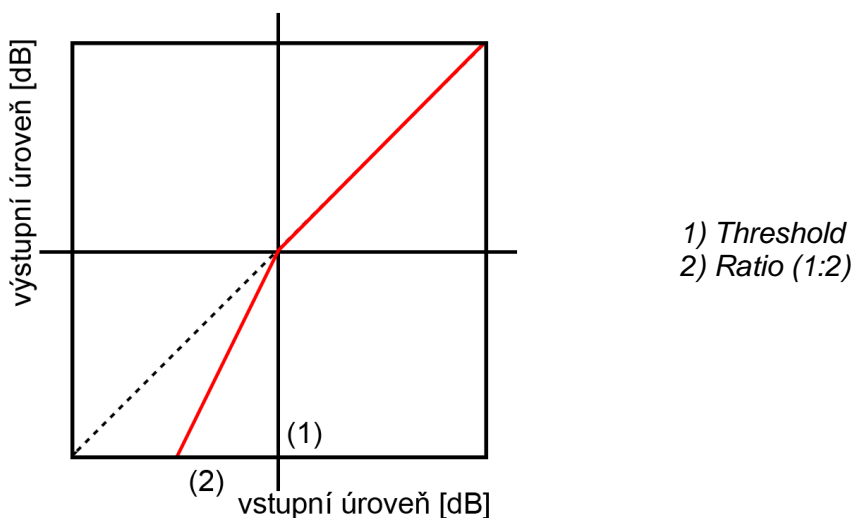


Obr. 9: Grafické znázornění principu efektu typu kompresor (zdroj: vlastní nákres)

3.7.2 Expander

Expander je efekt používaný pro úpravu signálu zejména v časové rovině, doprovodným jevem je zvýšení dynamického rozsahu signálu. Pracuje na podobném principu jako kompresor, opět je zaveden tzv. threshold, v tomto případě však křivka naopak vymezuje aktivitu efektu. Pokud je na vstupu expanderu signál nižší intenzity, než je zadaný treshold, bude signál na základě předem definovaných parametrů (threshold, ratio, attack a release) utlumen. Zmíněné parametry jsou zakresleny v obrázku č. 9.

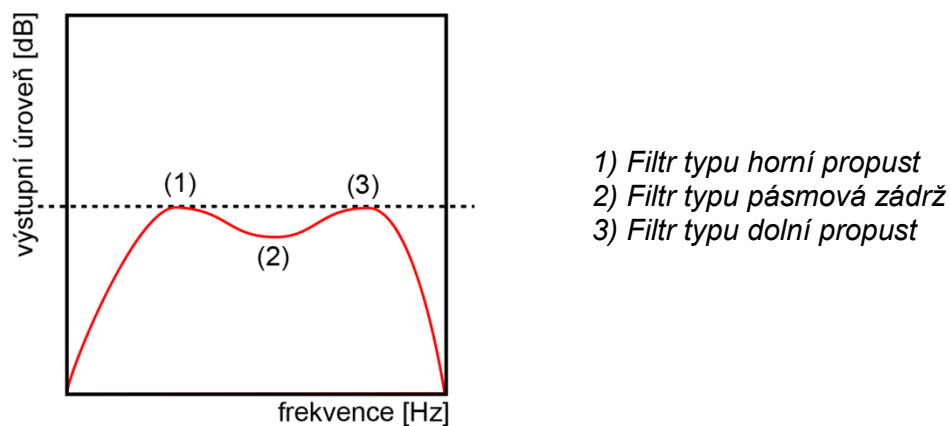
Limitním případem kompresoru je tzv. Gate, kdy je každý signál, který má vstupní intenzitu nižší, než je nastavený threshold, úplně utlumen. Ratio takového expanderu je $1:-\infty$.



Obr. 10: Grafické znázornění principu efektu typu expander (zdroj: vlastní nákres)

3.7.3 Ekvalizér

Ekvalizér, zkráceně EQ, je efekt sloužící k úpravě frekvenčního spektra audiosignálu. Nejčastěji se používají filtry horní a dolní propusti, kdy jsou ze vstupního signálu odfiltrovány nižší, resp. vyšší kmitočty, než je nastavena mez filtru. Dále se používají pásmové propusti a zadržky, sloužící k lokálnímu zesílení, resp. zeslabení signálu. V digitální technice je sice možné definovat si vlastní ekvalizační křivku (viz obr. 10), vždy však jde o určitou kombinaci zmíněných typů.



Obr. 11: Příklad ekvalizace frekvenčního spektra (zdroj: vlastní nákres)

4 Snímání jednotlivých prvků bicí sestavy

V předchozích kapitolách byl definován mikrofon a popsány jeho parametry, dále byla popsána záznamová zařízení a způsoby záznamu zvuku. Nyní je tedy již možné věnovat se jednotlivým bubnům a činelům bicí sady, zajímat se o konkrétní způsoby jejich zvučení a zmínit nejčastější překážky na cestě k získání co nejkvalitnějšího záznamu.

V kapitole 2 byl stručně vysvětlen fyzikální princip akustické bicí sestavy. Kapitola byla zacílena primárně na ideální kruhový kmitající oscilátor (membránu). Žádný buben reálné bicí sestavy však v žádném případě není opatřen ideálními kruhovými oscilátory. Za ideální nelze označit ani novou membránu, kterou bubeník právě vypl na buben. Z principu se mu totiž nikdy nemůže podařit dosáhnout naprosto stejného napnutí po celém povrchu membrány. Ta se navíc podle [2] velmi rychle opotřebovává, na jejím povrchu se vytváření důlky a rýhy a ten stává se tak nehomogenním. Stejný problém se týká i činelů, které se hraním promačkávají.

Pozice mikrofonu vůči membráně značně ovlivňuje zaznamenaný zvuk. Při snímání bubnu jedním mikrofonem je třeba mít na paměti, že se snažíme najít jeden jediný bod, ze kterého po umístění mikrofonu získáme záznam, který co nejvěrněji reprezentuje zvuk bubnu. Narazili jsme tedy na velké úskalí. Zvuk bubnu totiž nevytváří pouze horní membrána, uvedená do oscilace úderem paličkou; ani spodní membrána, rozkmitaná nárazy vzduchu v rytmu oscilace horní membrány. Výsledný zvuk bubnu je podle [1], [2] i [3] dále ovlivněn nespočtem faktorů, mezi něž lze zahrnout materiály, z nichž je buben vyroben; rozměry bubnu, uchycení bubnu a zejména pak akustikou místnosti, ve které se na buben hraje. Najít tedy „ideální“ bod, ve kterém bude tato soustava zastoupena co nejvyváženěji a nejvěrněji je velmi složité a prakticky nemožné. Budeme-li však brát zmíněné parametry v potaz a řídit se jimi, je možné dosáhnout dostatečně kvalitních výsledků.

4.1 Basový buben

Basový buben, slangově „kopák“, je rozměrově největší buben bicí soupravy, na rozdíl od ostatních bubnů bicí soupravy není zvuk způsoben dopadem paličky, nýbrž úderníkem pedálu. S jeho velkými rozměry úzce souvisí i jeho charakteristický dunivý zvuk o nízké frekvenci s „clickem“ ve středním frekvenčním pásmu, způsobeným nárazem úderníku do přední blány bubnu, jak uvádí [2]. Buben je umístěn na zemi, a pokud bubeník nepoužívá speciální uchycovací konstrukci, bývají přímo na basový buben zavěšeny ještě doprovodné bubny tom-tom. Levnější bicí sestavy mají tyto spoje zhotovené z nekvalitních materiálů (často plastů), což může způsobit nežádoucí vrzání.

Většina bubeníků preferuje basový buben s otvorem v přední bláně bubnu. Otvor umožňuje únik stlačeného vzduchu z bubnu, čímž se výsledný zvuk stává zřetelnější, konkrétnější a přímočařejší, navíc umožňuje jednodušší zvučení bubnu – do otvoru je možné za pomoci speciálního stojanu umístit mikrofon. Zdroj [3] dodává, že při umísťování mikrofonu je třeba dbát zvýšené pozornosti. Mikrofon zasunutý příliš do bubnu zvýrazní stojaté vlnění způsobené vlastními módy bubnu, naopak mikrofon vně bubnu bude zvuk snímat i spolu s přeslechy ostatních prvků bicí sestavy. Vhodným nasměrováním mikrofonu lze také ovlivnit charakter zvuku – používáme-li směrový mikrofon, nasměrováním osy mikrofonu na místo dopadu úderníku zvýrazníme „click“, naopak nasměrováním osy na kraj přední blány dosáhneme zvýraznění harmonických frekvencí vytvářených korpusem bubnu.

Nejčastěji používané typy mikrofonů

- Velkomembránové dynamické s úzkou směrovostí a speciální konstrukcí

Nejčastěji používané efekty

- Gate/expander
- EQ
- Compressor

Nejčastější problémy při snímání

- Mechanické nedokonalosti (vrzání pedálu apod.)
- Clipping (basový buben produkuje zvuk velké intenzity, výběr příliš citlivého mikrofonu může mít za následek přílišnou distorzi nahrávky)

4.2 Malý buben

Malý buben, hovorově virbl, je buben menších rozměrů, který je na spodní straně opatřen pružinovým pásem, který podle [2] dodává bubnu charakteristické barvy zvuku, chrastivého dozvuku a průraznosti. Zdroje se shodují, že malý bubínek je spolu s basovým bubnem stěžejním prvkem každé nahrávky bicí sestavy a nahrávky, zároveň však bývá pro zvukaře největším oříškem, neboť jeho pozice (uprostřed bicí sestavy) dělá záznam velmi náchylný na přeslechy z ostatních prvků bicí sady. Buben je dále konstrukčně poměrně složitý. Špatně utažená, přeznívající a vibrující pružina nám může učinit nahrávku nepoužitelnou. Bubny vyšších řad bývají vybaveny různými tlumítky membrán, ty se ovšem pro studiový záznam bicí sestavy nehodí, [2] tvrdí, že toto tlumení narušuje homogenní napnutí membrány a buben je tak rozladěn.

Každý bubeník a každý hudební styl vyžaduje jiný zvuk a tedy i jiný způsob zvučení. Zatímco elektronická hudba preferuje extrémní kompresi a je tedy důležité pořídit co nejčistší nahrávku a mít mikrofon umístěný co nejbližší zdroji zvuku (komprese zvýrazní i zvuky menší intenzity, nelze tedy pracovat s nahrávkou plnou přeslechů), do pomalejší rockové balady se více hodí zvuk přirozenější. Zvukoví inženýři proto někdy volí mikron umístěný o několik centimetrů dále od bubnu, častějším řešením je ovšem snímání dodatečným mikrofonem tak, aby byla snímána spodní i horní blána bubnu zároveň.

Jak zdůrazňuje [3], je třeba mít na paměti, že hra na malý buben nespočívá jen v úderech paličky doprostřed membrány, ale i do krajů a dokonce i o kovový ráfek ukotvující membrány v korpusu bubnu, při sestavování a zapojování zvučících nástrojů je tedy třeba brát ohled na veškeré jemné nuance hry bubeníka.

Nejčastěji používané typy mikrofonů

- Dynamické, někdy kondenzátorové, vždy směrové

Nejčastěji používané efekty

- Gate/expander
- EQ
- Compressor

Nejčastější problémy při snímání

- Mechanické nedokonalosti (vibrace pružiny, neutažené blány apod.).

4.3 Tom bubny

Tom bubny (tom-tom, floor tom) jsou bubny velmi malých až velkých rozměrů, kterých mívá bubeník k dispozici většinou hned několik – nejčastěji dva méně hluboké tom-tomy, ukotvené nad basovým bubnem; a hluboký floor tom na samostatné konstrukci, většinou umístěný vpravo od basového bubnu. Tom bubny jsou využívány hlavně při přechodech mezi různými částmi skladeb, nebo jako ozvláštnění hry. Některé tom bubny nejsou zespoda opatřeny blánou, v tomto případě [2] doporučuje snímat zvuk zespodu, odkud se šíří plnější zvuk, který je navíc více oddělen od přeslechů ostatních bubnů, záznam by tedy měl být čistější. Dále uvádí, že ač se při poslechu může zvuk bubnu opatřeného spodní i horní blánou hutnější, je tomu tak převážně z důvodu, že při poslechu z určité vzdálenosti vnímáme výslednou směs zvuků, vycházejících ze všech jeho částí. Při bodovém snímání v blízkosti bubnu není možné všechny tyto zvuky zaznamenat. Z toho vyplývá doporučení vždy důkladně zvážit odstranění spodní blány, pokud to konstrukce bubnu umožňuje. Zdroj [3] naopak více doporučuje zvučení pouze horní membrány a zmiňuje možnost snímat více tom-tom bubnů jedním mikrofonom, umístěným mezi tyto bubny, zároveň však upozorňuje na vyšší náchylnost na přeslechy od okolních bubnů.

Přesná pozice mikrofону snímajícího horní membránu by měla podle [3] být od 3-5 cm od kraje bubnu na opačnou stranu membrány, než dopadá palička bubeníka. Výška, ze které mikrofón snímá, ovlivňuje charakter výsledného zvuku stejně jako v případě snímání malého bubnu. Ve větší vzdálenosti od bubnu bude zvuk přirozenější, zároveň náchylnější na přeslechy. Stejně jako při přípravě malého bubnu, je třeba vždy pečlivě seřídít a naladit i tom bubny.

Nejčastěji používané mikrofóny

- Dynamické, někdy kondenzátorové, vždy směrové

Nejčastěji používané efekty

- Gate/expander
- EQ
- Compressor

Nejčastější problémy při snímání

- Mechanické nedokonalosti (vibrace pružiny, neutažené blány apod.)

4.4 Hi-hat činely

Hi-hat činely se skládají ze dvou činelů ve vodorovné poloze, ukotvených na speciálním stojanu s pedálem u základny. Sešlápnutím pedálu se činely dostanou do kontaktu, čímž se činely rozezní. Bubeníci nejčastěji kombinují hru pedálem a paličkou.

Nejčastěji se snímají jedním mikrofonem shora, namířeným na místo úderu paličky, nebo dvěma mikrofony, přičemž druhý mikrofon bývá umístěn svisle ke stojanu, membránou namířený na spodní činel. Rozmístěním mikrofonu lze zvýraznit, či potlačit určité techniky hry a přeslechy od ostatních prvků bicí sady. Literatura [3] uvádí, že změna pozice snímajícího mikrofonu nemá na výsledný zvuk tak zásadní vliv, jako je tomu v případě snímání malého bubnu, pozor je však třeba dát na umístění mikrofonu blízko mezery mezi činely, nárazem stlačeného vzduchu do mikrofonní kapsle může dojít k jejímu zničení.

Kvalita záznamu hi-hat činelů může být silně degradována přeslechem z malého bubínku, který se během hry s činely hi-hat často „střídá“, takže ve chvíli, kdy doznívají činely, může přeslech úderu malého bubínku tento dozvuk přehlušit a učinit ho tak nepoužitelným. Z tohoto důvodu se doporučuje úzce směrový mikrofon snímající horní činel nasměrovat diagonálně směrem od malého bubínku.

Nejčastěji používané typy mikrofonů

- Dynamické a kondenzátorové, vždy směrové

Nejčastěji používané efekty

- Gate/expandér
- EQ
- Compressor

Nejčastější problémy při snímání

- Mechanické nedokonalosti (vrzající pedál apod.)
- Přeslechy malého bubnu

4.5 Ostatní činely

Kromě hi-hat činelů je součástí bicí sestavy ještě několik dalších činelů, přičemž jejich typ, počet a rozmístění je záležitostí ryze subjektivní preference bubeníka a hudebního žánru. Podobně jako bubny tom-tom se činely používají především při přechodech mezi částmi skladby a pro zvýraznění určitých pasáží. Většinou má každý bubeník k dispozici minimálně jeden ride a crash činel, někdy i splash a china.

Co se týče snímání činelů, má zvukový inženýr podle [3] při zvučení bicí sady ze všech prvků asi největší svobodu. Pro živé vystupování ve větším prostoru se nejčastěji používá tzv. technika Overhead – pár směrových mikrofonů umístěný vlevo a vpravo nad hlavou bubeníka (proto se technika nazývá Overhead, tzn. „nad hlavou“), v menších prostorech se mnohdy vůbec nezvučí.

Kvalitnějších, prostorovějších výsledků a přirozenějšího zvuku při snímání činelů dosáhneme při snímání z větší dálky. Při tomto postupu však nahrajeme ve srovnatelné intenzitě i ostatní prvky bicí sady. V případě činelů ovšem není možné přeslechy odfiltrovat použitím efektu gate/expander – činely mají na rozdíl od bubnů velmi dlouhý a jemný dozvuk, není tedy možné nastavit gate tak, aby odfiltroval nežádoucí zvuky a zároveň nás nepřipravil o důležité složky snímaného zvuku. Bubny můžeme ve výsledné nahrávce potlačit pomocí citlivě nastaveného filtru horní propusti, protože produkují zvuk podstatně nižší frekvence než činely. Není však možné dosáhnout absolutního oddělení, aniž bychom se připravili o část důležité informace.

Nejčastěji používané typy mikrofonů

- Kondenzátorové, různé typy směrových charakteristik

Nejčastěji používané efekty

- Gate/expander
- EQ
- Compressor

Nejčastější problémy při snímání

- Přeslechy ostatních prvků bicí sestavy
- Efekt hřebenového filtru

5 Metoda porovnávání způsobů zvučení bicí sady

5.1 Ideální porovnávání

Před návrhem experimentu, jehož závěr by měl shrnout vlastnosti jednotlivých metod snímání, porovnat jejich vlastnosti a vybrat tu nejvhodnější, je nejprve potřeba položit si otázku – je to v reálných a neideálních podmínkách vůbec možné? Má odpověď na tuto otázku je nikoliv. Zdroj zvuku by samozřejmě všechny mikrofony musely snímat současně, jinak bychom čelili problému, byl-li opětovně přehrávaný zvuk dokonale stejný, jako ten předchozí. Bylo by tedy zapotřebí velkého množství mikrofonů, ideálně stejného typu, identických charakteristik a porovnávat by se muselo v akusticky dokonalé místnosti. Pomineme-li takřka filosofickou otázku, existuje-li vůbec akusticky dokonalá místnost, jak vypadá, jaké má rozměry a vlastnosti; zjistíme, že i z hlediska mikrofonů je tento úkol nedosažitelný. Každý mikrofon je originál, a byť ho výrobce prohlásí za referenční a jeho charakteristiku za dokonale plochou, vždy se u něj setkáme s mírnou ekvalizací frekvenčního spektra (být v jednotkách desetin decibelu). Nehledě na to, že pořízení takového mikrofonu je velice nákladnou záležitostí a není tedy reálné mít jich k dispozici hned několik desítek. Dále najít digitální záznamové zařízení s dostatečným počtem identických vstupů a schopností zpracovat objemný datový tok by nebylo vůbec jednoduché. Hlavním problémem je však to, že mikrofon má jakožto reálný předmět určité konečné, nenulové rozměry, není tedy fyzicky možné umístit všechny mikrofony do jednoho místa. Po rozmístění mikrofonů na daná stanoviště pak vyvstane další otázka – nedochází k vzájemné interferenci blízkých mikrofonů? I kdybychom vyřešili všechny vyřčené problémy a dohady a experiment provedli pro všechny známé metody simultánně, pořád bychom ho museli nesčetněkrát opakovat, neboť každá metoda používá různé typy mikrofonů a jejich různé rozmístění či natočení, což dané metodě determinuje zhruba ideální pracovní pozici, ve které budou výsledné produkty jejího snímání dosahovat nejlepších výsledků. Zkoumané metody jsou natolik odlišné, že najít jeden bod, ve kterém by byly výsledky všech ideální, není možné.

Návrh experimentu je tedy nutné začít „z druhé strany“, definovat dodržované limity, na základě kterých lze stanovit reálnou metodu porovnání určitých metod snímání, jejíž výsledky budou dostatečně věrohodné, přesné a použitelné pro naše účely.

5.2 Návrh porovnávání

Experiment jsem začal navrhovat po podrobném seznámení se s vybavením dostupným pro účely FEL ČVUT nahrávacího studia, ve kterém experiment proběhl. K dispozici bylo několik digitálních záznamových zařízení, externích zvukových karet, které disponovaly maximálně osmi vstupy. To bylo pro mé účely příliš málo, rozhodl jsem se tedy propojit dvě dostupná osmikanálová zařízení pomocí rozhraní ADAT a dosáhnout tak celkového množství šestnácti vstupů. Tyto vstupy jsem začal zaplňovat mikrofony, které jsou nezbytné a nejčastěji používané při laickém i profesionálním zvučení a postupovat až po ty mikrofony a metody, které se využívají jen zřídka.

Dalším krokem bylo seznámení se s dostupnou bicí sestavou, na které bude snímání probíhat. Šlo o standardní pop/rockovou sestavu, sestávající se z basového bubnu, malého bubnu, floor tomu, dvojice tom-tomů, činelů hi-hat, jednoho činelu ride a dvou činelů crash. Konkrétně šlo o bicí sestavu Pearl Vision Maple VML, doplněnou o soupravu činelů Zildjian Avedis.

Jako samozřejmost jsem prohlásil použití mikrofونů snímajících jednotlivé prvky bicí sady z bezprostřední blízkosti. Jde o šest mikrofونů; snímán byl floor tom, dvakrát tom-tom, malý buben, basový buben a činely hi-hat. Dále jsem se rozhodl pro použití přídatných mikrofонů při zvučení malého bubnu a činelů hi-hat.

Co se týče méně často používaných metod, rozhodl jsem se zacílit na stereofonní metody A-B, M/S, X-Y, ORTF a Overhead, techniku snímání odděleným mikrofonním párem. Kromě metody ORTF bývají zmíněné metody používány v hudebních studiích při snímání různých nástrojů a zpěvu (bicích nevyjímaje), proto jsem se rozhodl vybrat si zrovna je. Metodu ORTF jsem pro porovnávání zvolil z toho důvodu, že jde o speciální případ metody X-Y, zajímal jsem se tedy o vliv jiného uspořádání metody na výsledný zvuk.

Tím jsem obsadil všechny dostupné vstupy záznamového zařízení, mohl jsem tedy začít experiment realizovat.

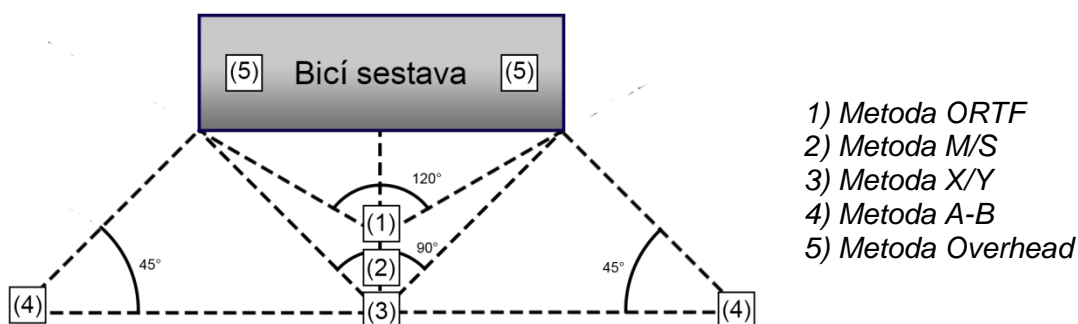
5.3 Rozmístění mikrofonů

Realizace experimentu pokračovala náčrtem rozmístění jednotlivých metod a mikrofonů. Zvýšenou pozornost bylo třeba věnovat problémům vyřčeným v minulé kapitole a snažit se najít co nejvhodnější kompromis mezi ideálním a reálným řešením experimentu.

Postupovat by se mělo od metod a technik snímání, které mají předem dané a doporučené umístění, řeč je zejména o mikrofonech snímající prvky bicí sestavy v bezprostřední blízkosti. Tyto zásady byly zmíněny v teoretické kapitole 4.

Původní snahou bylo umístit metody X-Y, M/S a ORTF přímo nad sebe, od tohoto postupu bylo nakonec po osobním seznámení se s dostupnými mikrofony upuštěno. Po zkompletování všech mikrofonů potřebných pro dané metody a jejich zavěšení do příslušných držáků (hrazd a odpružených „pavouků“) bylo totiž zjištěno, že jedna taková soustava může mít i přes 30 cm na výšku (započítán mikrofonní stojan, samotný mikrofon, držák a zapojený XLR konektor). Zapojení třech metod nad sebe by tedy nebylo reálné, metoda umístěná nejbližše zemi by zákonitě měla mnohem horší výsledky z důvodu přílišného snímání odrazů zvukových vln od podlahy. Dalším důvodem byla nedokonalost mikrofonních stojanů, které toto zapojení neumožňovaly, a i kdyby ano, vystavili bychom se příliš velké pravděpodobnosti poškození mikrofonů, pokud by se uvolnil jeden z aretačních šroubů. Byť by se uvolnil jen jediný, pravděpodobně by nám spadla celá soustava těchto metod.

Nakonec bylo tedy navrženo řešení, které uvažovala zapojení těchto metod za sebe v ose vytyčující střed bicí soustavy, přičemž pořadí bylo určeno dle předpokladu kvalitního záznamu tak, aby žádná metoda nebyla vybraným umístěním příliš zvýhodněna, nebo naopak. Plánované rozestavení je znázorněno na obrázku číslo 12.



Obr. 12: Rozmístění mikrofonů – pohled shora (zdroj: vlastní nákres)

Nejblíže bicí sestavě bylo navrženo umístit metodu ORTF, jejíž rozpětí mikrofonů 120° by mělo poskytnout kvalitní prostorový záznam již od menší vzdálenosti zdroje zvuku. Nedaleko za touto metodou by měla být umístěna metoda X/Y, která má mikrofony zapojeny v pravém úhlu, tedy úhlu o 30° ostřejším, než metoda ORTF. Mezi metodami X/Y a ORTF je na návrhu zakreslena metoda M/S, jejíž postranní mikrofon profituje ze snímání zvukových vln odražených od stěn, tedy přirozeného „reverbu“ místnosti. Nebylo by tedy ideální metodu umístit příliš blízko zdroji zvuku. Nastalá osová souměrnost rozestavené mikrofonů byla využita i při determinování umístění metody A-B, která je na nákresu zakreslena do stejné osově vzdálenosti jako metoda X/Y, přičemž oba z dvojice příslušných mikrofonů vidí pravý, resp. levý krajní prvek bicí sestavy pod úhlem 45° . Je nutno poznamenat, že takto zapojenou metodu nelze nazývat metodou stereofonního záznamu, jde o metodu snímání odděleným mikrofonním párem (viz kapitola 3). Pro přehlednost zůstaneme u označení A-B. Metoda Overhead je z definice zavěšena nad bicí sestavou, přesné umístění bude určeno při realizaci experimentu.

5.4 Realizace porovnávání

Realizace postupovala na základě navrženého rozmístění mikrofonů a zkoumaných metod snímání. Jako záznamové zařízení posloužila osmikanálová zvuková karta M-Audio ProFire 2626, ke které byl rozhraním ADAT připojen osmikanálový D/A převodník Behringer ADA 8000, vznikla tak šestnáctikanálová soustava umožňující připojen až šestnácti mikrofonů při vzorkovací frekvenci 48 kHz a 24 bitové hloubce.

Mikrofony byly obecně voleny zejména podle požadavků zkoumaných metod. Dále bylo nutné zhodnotit tyto požadavky podle seznamu dostupného vybavení a snažit se vybrat nejvhodnější vybavení pro daný účel.

5.5 Použité vybavení

V následující kapitole je uveden seznam použitého vybavení a jeho stručný popis. Veškeré zmiňované parametry, doporučení a vlastnosti jsou převzaty z dokumentací výrobce. Další, doplňující údaje jsou k dispozici v příloze A.

5.5.1 Zařízení pro záznam

M-Audio ProFire 2626

Zvuková karta disponující osmi mikrofonními předzesilovači, schopných zesílit vstupní signál až o 75dB a pracovat s dynamickým rozsahem až 109dB. Phantomové napájení 48V je k dispozici zvlášť pro první i druhou čtveřici mikrofonních vstupů. Karta se připojuje k počítači pomocí rozhraní firewire, je schopná snímat až 192 000 samplů za sekundu při 24bitové hloubce. Počet mikrofonních vstupů lze rozšířit propojením s další zvukovou kartou, či A/D převodníkem pomocí rozhraní ADAT, které je schopné přenášet až osm kanálů. Karta je rovněž schopna práce v takzvaném standalone režimu, kdy není třeba mít zařízení připojené k počítači a je tak možné ho využívat jako mikrofonní předzesilovač, nebo A/D převodník. Vstupní impedance zařízení je 20 k Ω .

Behringer ADA 8000

A/D převodník disponující osmi mikrofonními předzesilovači, schopných zesílit vstupní signál až o 60 dB a pracovat se signálem o dynamickém rozsahu až 103 dB. Phantomové napájení až 48V je dostupné pro všechny mikrofonní vstupy najednou. Zařízení je schopné vzorkovat všech osm vstupů najednou při frekvenci až 48 kHz při 24bitové hloubce a využít tak plnou kapacitu rozhraní ADAT. Vstupní impedance zařízení je 2 k Ω .

PC

Nasnímané digitální audio stopy se ukládaly na harddisk počítače, který byl k dispozici přímo v audiovizuálním studiu na FEL ČVUT. Tento počítač měl integrovanou sběrnici Firewire přímo na základní desce, nebylo tedy zapotřebí žádných redukcí. Proto byl preferován před vlastním počítačem. Záznam probíhal prostřednictvím programu Cubase 5, který je známý pro svou stabilitu při simultánním nahrávání velkého počtu stop.

5.5.2 Mikrofony

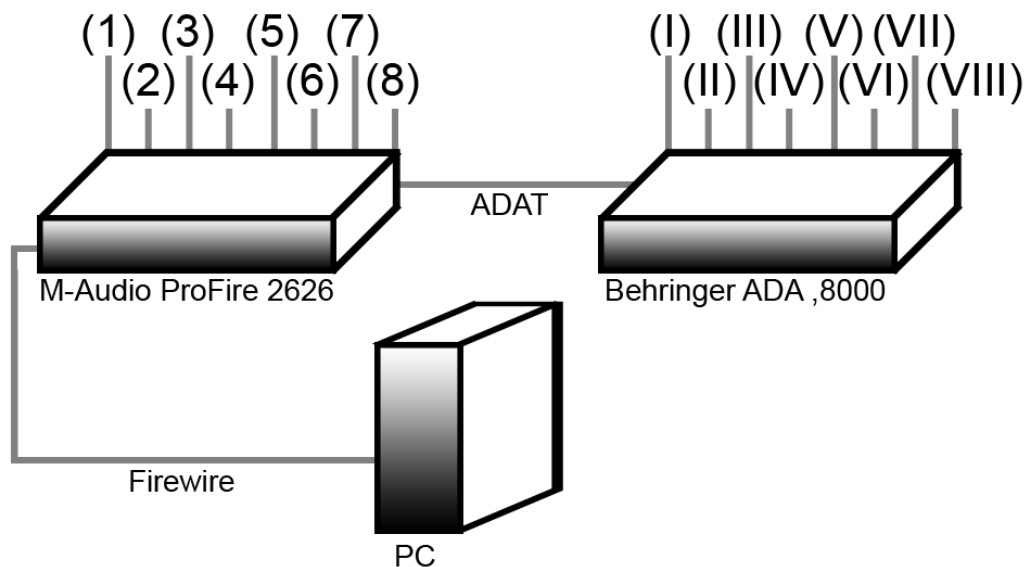
V tabulce č. 1 je uveden seznam použitých mikrofonů, včetně počtu použitých kusů a způsobu použití. Detailnější parametry všech mikrofonů jsou uvedeny v příloze A.

Výrobce	Typ	Množství	Použití		
Beyerdynamic	TG D70d	1	Basový buben		
Beyerdynamic	TG V50d s	1	Floor tom		
Beyerdynamic	TG 150d	2	Tom-tom (2 ks.)		
Beyerdynamic	TG D58c	1	Malý buben		
Beyerdynamic	TG 153c	2	Malý buben	Činely hi-hat	
MXL	LSC 1B	1	Činely hi-hat		
Rode	NT2-A	4	A-B (2 ks.)	M/S	Overhead
AKG	C214	1	Overhead		
Beyerdynamic	MC 930	4	X/Y	ORTF	
MXL	Genesis	1	M/S		

Tab. 1: Zapojení záznamové soustavy

5.6 Příprava a zapojení

Po určení potřebného vybavení a jeho obstarání bylo možné začít vybavení zapojovat. Samotné zapojení se ukázalo jako mnohem komplikovanější a složitější úkol, než se původně předpokládalo. Veškerá zařízení pro záznam byla umístěna v jiné místnosti, než byla bicí sestava a použité mikrofony, aby nedocházelo k nechtěným interferencím a rušení záznamu hlukem větráků počítače apod. Z tohoto důvodu se však téměř zdvojnásobily požadavky na kabeláž, nakonec bylo použito přes 230 metrů symetrických XLR kabelů. Dále bylo zapotřebí celkem patnácti mikrofonních stojanů (jeden mikrofon byl zavěšen na vlastní konstrukci a dvě hrazdy umožňovaly zavěšení dvou mikrofonů na jeden stojan). Schéma zapojení celé záznamové soustavy je znázorněno na obrázku č. 13.



- | | |
|--|--|
| 1) Beyerdynamic TG D70d (basový b.) | I) MXL Genesis (M/S, middle pozice) |
| 2) Beyerdynamic TG V50d (floor tom) | II) Rode NT2-A (M/S, side pozice) |
| 3) Beyerdynamic TG 150d (tom-tom levý) | III) Beyerdynamic MC 930 (X/Y, levý) |
| 4) Beyerdynamic TG 150d (tom-tom pravý) | IV) Beyerdynamic MC 930 (X/Y, pravý) |
| 5) Beyerdynamic TG D58c (malý b. horní) | V) AKG C214 (Overhead, levý) |
| 6) Beyerdynamic TG 153c (malý b. spodní) | VI) Rode NT2-A (Overhead, pravý) |
| 7) MXL LSC 1B (hi-hat horní) | VII) Rode NT2-A (A-B, levý); MC 930 (ORTF, levý) |
| 8) Beyerdynamic TG 153c (hi-hat spodní) | VIII) Rode NT2-A (A-B, pravý); MC 930 (ORTF, pra.) |

Obr. 13: Zapojení záznamové soustavy (zdroj: vlastní nákres)

Náročnost zapojení spočívala zejména v nutnosti správně nastavit každý stojan, připojení nástavce na mikrofon, zaaretování mikrofonu do správné polohy, správném připojení XLR kabelu, který musel být navíc zajištěn vůči možnému zakopnutí; a výběru správného záznamového zařízení, do kterého bude mikrofon zapojen (zejména na základě daného typu mikrofonu a tedy požadavku na phantomové napájení). Stojany bylo v průběhu zapojování nutné přepojovat a znovu nastavovat, protože nebyly k dispozici závitové redukce v dostatečném množství. Zapojování se tak značně zkomplikovalo. Celkem bylo zapojením stráveno přes pět hodin.

5.7 Nahrávání

Nahrávání probíhalo prostřednictvím programu Cubase 5, vzorkovací frekvence byla zvolena 44,1 kHz při bitové hloubce 24 bitů. Vyšší frekvenci jsme nevolili s ohledem na propojení nahrávacích zařízení prostřednictvím rozhraní ADAT, které osmikanálový přenos dat umožňuje pouze pro vzorkovací frekvenci 44,1 a 48 kHz. Menší vzorkovací frekvenci jsme dali přednost v zájmu lepší stability přenosu dat a lepší kompatibilitě (48 kHz záznam by bylo pro běžné potřeby nutné převzorkovat).

Jako ideální se nám pro účely prováděného experimentu jevílo nahrávat různé, na sobě nezávislé bloky rytmických improvizací bez nucené synchronizace metronomem. Každá improvizace se opakovala určitý počet hudebních taktů tak, aby po sestříhání nahraného záznamu bylo možné sestříhat (video/audio) dokumentaci, na které bude každé dva takty aktivována jiná snímací metoda. Tohoto počtu se nám nepodařilo pokaždé přesně dosáhnout, vzhledem k obtížné komunikaci mezi nahrávací a režijní místností. Nicméně až na drobné neshody proběhlo nahrávání bez větších komplikací.

Pro poutavější a názornější zpracování videodokumentace experimentu jsme se rozhodli celý průběh samotného nahrávání natáčet na kompaktní fotoaparát. Ten byl umístěn na stole několik metrů za metodou M/S, aby došlo jen k minimálnímu ovlivnění snímajících mikrofonů. Zvuk, který fotoaparát nasnímal, byl později samozřejmě potlačen.

5.8 Zpracování nahraného materiálu

Jedním z cílů této práce bylo subjektivní porovnání rozdílných metod snímání. Dle tohoto úkolu byla koncipována i struktura nahrávaných improvizací, které byly hrány tak, aby bylo možné demonstrovat rozdílné klady a zápory metod. Není totiž možné, aby jedna krátká improvizace využila plný potenciál všech prvků bicí sestavy, proto některá improvizace cílila spíše na techniku hry na malý buben, jiná zdůrazňovala hru na činely. Zároveň měla každá improvizace jiné tempo hry, snažili jsme se tak tedy vystihnout co nejširší rozpětí možných situací – v potaz jsme brali rozdílné síly úderů, místa úderu, hudební žánry atd.

Nahraný materiál byl zpracován do dvou videí, každé z nich má jiný účel a jiné cíle.

5.8.1 Použité efekty a jejich parametry

Navzdory původním předpokladům bylo nutné originální zvuk mikrofonů, snímajících bicí sestavu z bezprostřední blízkosti, upravit. Potřebné efekty (EQ, kompresor, expander) však byly použity v co možná nejmenší možné míře, aby prezentovaný zvuk byl co nejpřirozenější a posluchače tak co nejvěrněji seznamoval se skutečným charakterem nahrávaného zvuku. V tabulce č. 2 je uvedeno, které efekty a na které vstupy byly aplikovány. Přesné parametry těchto efektů jsou uvedeny v příloze B. Na mikrofony zapojené do AD převodníku Behringer (vstupy I-VIII) nebylo třeba aplikovat žádné efekty.

Vstup	Stopa	Kompresor	Ekvalizace	Gate
1	Basový buben	Ano	Ano	Ano
2	Floor tom	Ano	Ne	Ano
3	Tom–tom (levý)	Ano	Ne	Ano
4	Tom–tom (pravý)	Ano	Ne	Ano
5	Malý buben (horní)	Ano	Ne	Ano
6	Malý buben (spodní)	Ano	Ne	Ano
7	Hi–hat (horní)	Ano	Ne	Ano
8	Hi–hat (spodní)	Ano	Ne	Ano

Tab. 2: Použité efekty

Gate byl nastavován na každou stopu individuálně tak, aby co nejefektivněji omezil přeslechy, ratio bylo nastavené vždy na 1:–∞, tj. úplné potlačení zvuků, které nepřekročí nastavený threshold. Vliv efektu na jednotlivé stopy lze posoudit na zvukových nahrávkách po/před aplikací efektu, které se nalézají na DVD příloze.

Efekt kompresor byl aplikován vždy se stejnými parametry. Ratio 2:1, attack 0ms a release 400ms, tedy parametry středně mírné komprese. Threshold byl nastaven pro každou stopu samostatně tak, aby redukce dynamického rozsahu byla maximálně 3 dB.

Ekvalizace byla aplikována pouze na basový buben pro potlačení zaznamenaného stojatého vlnění, potlačení příliš nízkých frekvencí a odfiltrování příliš vysokých frekvencí.

5.8.2 Video I. – prezentace

První video prezentuje nahrávací proces v audiovizuálně zajímavé podobě. Vizuální složka videa zobrazuje natočený záznam hrajícího bubeníka, jeho bicí sestavu a většinu použitých mikrofonů. Zvuková složka je synchronizována s přehrávaným videem, přičemž vždy po uplynutí určitého časového intervalu je vystřídána snímací metoda, kterou divák slyší. O názvu aktivní metody je divák informován ve spodní části obrazu. Stereofonní metody jsou přehrávány spolu se záznamy mikrofonů, které byly umístěny v bezprostřední blízkosti, záznam je tedy diváku předložen tak, jak by s ním pravděpodobně bylo naloženo v profesionálním nahrávacím studiu. Kromě prezentace nemá video žádnou další funkci. Video je k dispozici na přiložené DVD příloze.

5.8.2 Video II. – subjektivní test

Druhé video záměrně neobsahuje žádný natočený videozáznam, aby se mohl divák maximálně soustředit na složku zvukovou, kterou během sledování videa hodnotí. Přesné názvy metod byly nahrazeny písmeny A až E, aby test proběhl naprosto nezaujatě pro případ, že by byl testován člověk, který některou z použitých metod zná a zaujímá k ní určitý postoj (ať už negativní, či pozitivní). Na začátku videa jsou posluchači demonstrovány hodnocené parametry. Každá zvuková ukázka je dostatečně dlouhá na to, aby posluchač měl dostatek času na posouzení všech zkoumaných parametrů, které hodnotí do tabulky, zaslané spolu s videem. Další, velmi zásadní změnou oproti prvnímu videu bylo vyloučení bodových mikrofonů, snímajících prvky bicí sestavy z bezprostřední blízkosti. Bylo shledáno, že jimi pořízený záznam není pro účely našeho porovnávání vhodný. Video je k dispozici na přiložené DVD příloze.

8.10 Návrh subjektivních testů

Návrh subjektivních testů bylo potřeba začít položením si otázky: „Kdo, kde a za jakých podmínek bude materiál hodnotit?“. Z časových důvodů a celkové náročnosti bylo vyloučeno provádět test v referenčních prostorách. Bylo by příliš obtížné obstarat dostatečný počet posluchačů, ochotných se dostavit na určité místo a podrobit se časově poměrně náročnému testu. Bylo tedy rozhodnuto nechat posluchače hodnotit záznamy v domácích podmínkách. Pozvání k testu přijalo deset posluchačů. Dobré bylo, že počet hudebních odborníků a muzikantů byl zhruba stejný, jako počet laiků. S tím bylo spojeno i vybavení, které měla jedna strana nadprůměrné a druhá podprůměrné. Nedalo se tedy říci, že by byly podmínky testu vyloženě špatné, nebo vyloženě dobré, výsledky by z tohoto hlediska měly být směrodatné.

Poté, když jsme měli představu o počtu uchazečů a jejich ochotě být součástí testu, bylo rozhodnuto stanovit horní limit časové náročnosti na 15 minut, během kterých by měl být test hotov. Je tak zhruba dosaženo kompromisu mezi soustředěným hodnotícím a dostatečným počtem získaných hodnot. Vzhledem k tomu, že bylo předpokládáno, že posluchači budou testovat sami sebe, musel být test snadno pochopitelný a co nejvíce jednoznačný. Proto bylo rozhodnuto test koncipovat jako video, které posluchači na začátku vysvětlí postup a hodnocené parametry, a v průběhu testu mu bude přesně zobrazovat, co hodnotí. Hodnoty pak bude posluchač zapisovat do tabulky, kterou obdrží spolu s videem.

Předmětné video bylo sestavováno od zmíněné teoretické části, kde je posluchači vysvětleno vše potřebné. Tento úvod trvá zhruba dvě minuty, zbylo tedy 13 minut na hodnocený materiál. Pro hodnocení bylo připraveno pět metod. Od začátku bylo cílem, aby byly výsledky těchto testů co nejdůvěryhodnější, proto by bylo dobré, aby byla každá metoda hodnocena několikrát. Nakonec bylo rozhodnuto každou metodu testovat třikrát – bude tedy potřeba sestříhat zvukový záznam do patnácti bloků (5 metod * 3 opakování). Na ohodnocení každé metody má tedy posluchač v průměru 52 sekund, což by měl být dostatečný čas.

Po vytvoření videa již bylo možné začít sestavovat samotný test a vybrat parametry, které se budou porovnávat. Tyto parametry a vlastnosti by měli být především co nejvíce jednoznačné a pochopitelné, aby si byl posluchač jistý, na co se má zaměřit a nehodnotil něco jiného.

Vybrány byly tyto parametry: stereo obraz, tedy rozmístění prvků bicí sestavy v prostoru; prostorovost záznamu, tedy věrnost zaznamenání přirozené akustiky místnosti, ve které záznam probíhal; vyváženost, tedy vyváženost frekvenčního spektra, nebo jednodušeji řečeno vyváženost bubnů v poměru k činelům a naopak; přirozenost nahrávky a celkový dojem. Detailněji jsou parametry popsány přímo v dotaznících, které byly rozesílány. Tyto dotazníky jsou k dispozici na DVD příloze.

Pro hodnocení byla zvolena stupnice od 1(nejlepší) do 5 (nejhorší). Při účasti deseti hodnotících posluchačů tedy budeme mít pro každý parametr 30 hodnocení, ze kterých bude vypočítán aritmetický průměr. Dále bude potřeba vypočítat rozptyl, tedy průměr druhých mocnin odchylek hodnot od aritmetického průměru. Ten je důležitý pro ověření, zdali bylo vůbec možné daný parametr ohodnotit. V případě velkého rozptylu bychom museli konstatovat příliš velkou nepřesnost a výsledky by tak pro nás nebyly žádným přínosem.

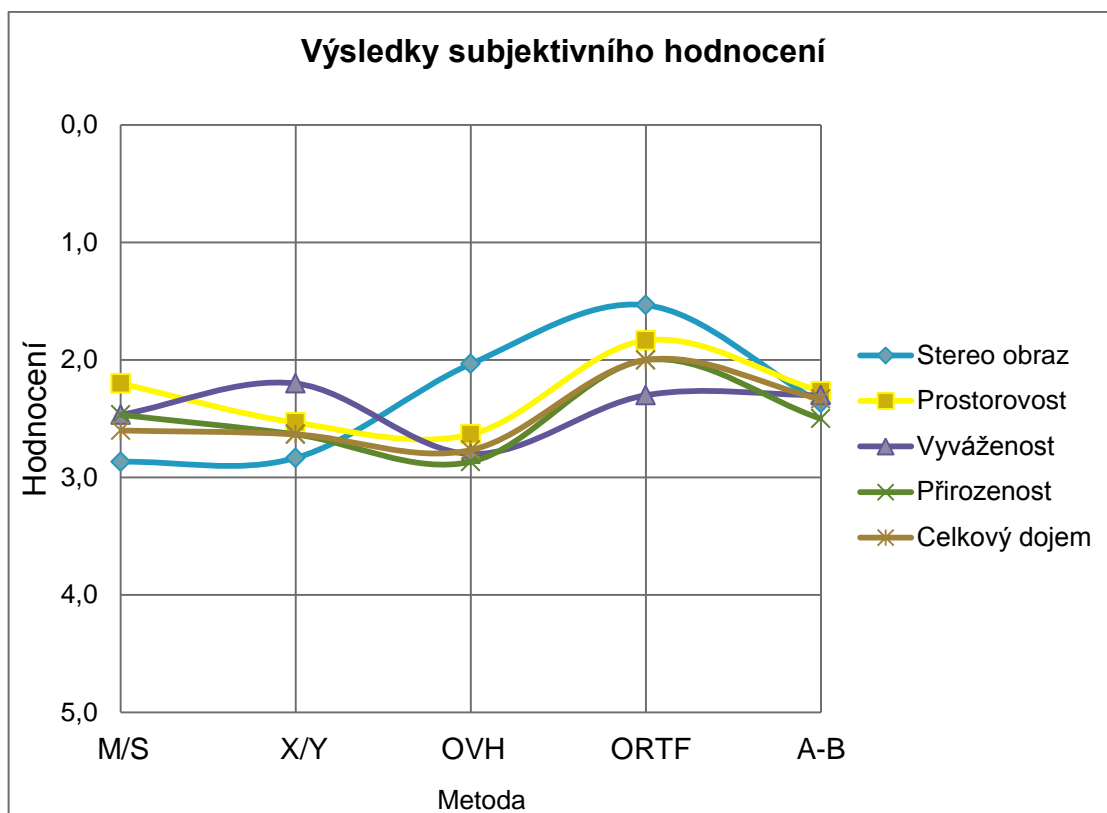
8.10 Výsledky subjektivních testů

Jak bylo řečeno v předchozí kapitole, subjektivní testy spočívaly v posuzování zvukových kvalit druhého videa. Hodnocení zaznamenával posluchač do tabulky, která mu byla zaslána spolu s videem.

V tabulce č. 3 jsou uvedeny kompletní výsledky provedených testů, které jsou následně zpracovány do grafického průběhu (viz obr. 14). Posluchač hodnotil každou metodu celkem třikrát, celkem se testu zúčastnilo deset posluchačů, každá výsledná hodnota je tedy aritmetickým průměrem z třiceti získaných hodnot. Zároveň je u každé hodnoty uveden rozptyl, tedy průměr druhých mocnin odchylek hodnot od aritmetického průměru. Hodnoty jsou pro přehlednost zaokrouhleny na jedno desetinné místo.

Označení	A		B		C		D		E	
Metoda	M/S		X/Y		Overhead		ORTF		A-B	
Průměr/Rozptyl	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
Stereo obraz	2,9	1,1	2,8	0,8	2,0	0,8	1,5	0,4	2,4	1,1
Prostorovost	2,2	0,9	2,5	0,6	2,6	1,1	1,8	0,7	2,3	1,2
Vyváženost	2,5	0,8	2,2	0,7	2,8	1,3	2,3	0,9	2,3	1,0
Přirozenost	2,5	0,5	2,6	0,5	2,9	0,8	2,0	1,1	2,5	0,8
Celkový dojem	2,6	0,7	2,6	0,4	2,8	0,7	2,0	1,2	2,3	0,8

Tab. 3: Výsledky subjektivních testů



Obr. 14: Grafické zpracování výsledků subjektivních testů
(zdroj: naměřené hodnoty)

Poměrně velký rozptyl hodnot napovídá, že každý posluchač měl na metody velmi rozdílný názor. Nelze říct, že by tento fakt nebyl očekáván, posuzované metody snímání byly velice odlišné a jejich srovnání může být pro nezaujatého posluchače značně komplikované. Každý posluchač může být navíc zvyklý na jiný hudební žánr, nebo druh hudby a může tak považovat za přirozený naprosto jiný charakter zvuku. Určitou měrou se na rozdílnosti hodnocení určitě projeví i rozdílné typy přehrávacích zařízení, neměl by však být tak zásadní, jelikož oba extrémy, tedy velmi dobrá i velmi špatná zařízení, byly zastoupeny ve stejném množství (údaje jsou k dispozici v příloze na DVD).

Maximální dosažený rozptyl hodnot však nepřekročil 1,3; subjektivní test je tedy možné prohlásit za zdařilý. V tabulce číslo 3 vypadají výsledky velmi vyrovnaně, z grafického průběhu (viz obr 14) však velmi výrazně vystupuje metoda ORTF, která ostatní hodnocené metody porazila téměř v každém hodnoceném parametru, zejména pak v prostorovosti a stereo obrazu. Naopak nejhůře dopadla technika overhead, jejíž všechny parametry, kromě stereo obrazu, dosahovaly hodnot nejnižších.

5.11 Porovnávání nahrávek ve frekvenční a časové oblasti

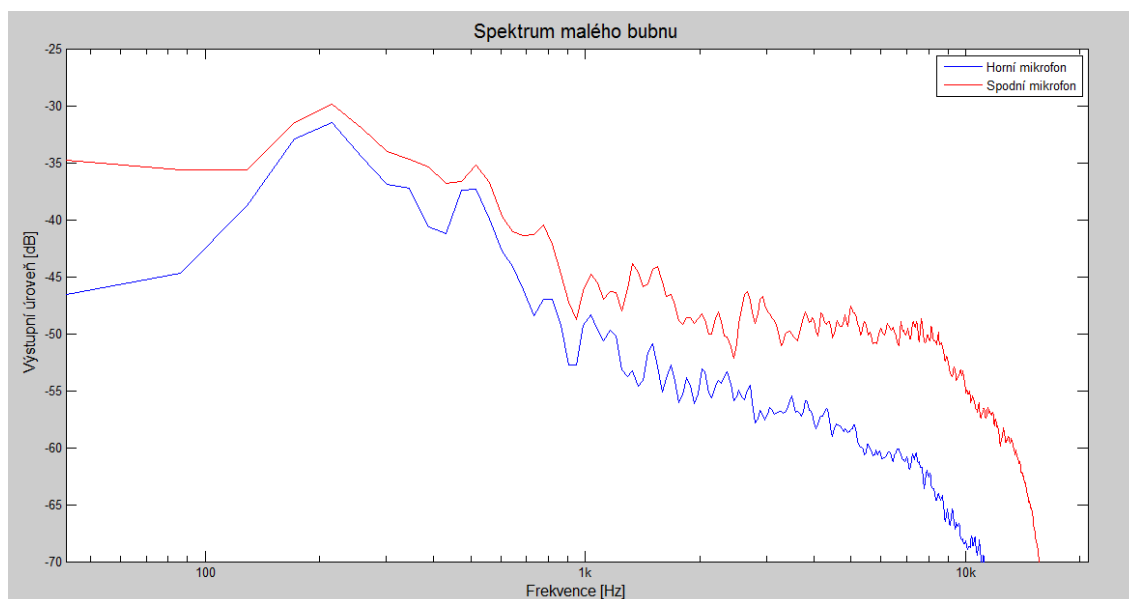
Pro analýzu nasnímaného záznamu v kmitočtové oblasti byl zvolen program Adobe Audition 3.0. Záznam byl vzorkován frekvencí 44,1 kHz a frekvenční analýza byla provedena pro FFT=1024, zvoleno bylo okno Blackmann-Harris.

Před samotnou analýzou byly všechny zkoumané záznamy upraveny tak, aby jejich výstupní úroveň dosahovala stejných hodnot. To lze provádět pouze ručně a intenzita je v různých bodech nahrávek na jednotlivých mikrofonech jiná. Je tedy jisté, že jsme se při tomto vyrovnání dopustili určité chyby, která by však neměla být větší než 0,5 dB a neměla by tak výrazně zkreslit porovnávání frekvenčních průběhů.

Již v předchozích návrzích experimentu bylo vyřčeno, že nejde o experiment ideální, nýbrž reálný. To je nutné zahrnout i při zkoumání výsledků ve frekvenční oblasti. Není totiž k dispozici referenční spektrum zvuku, které snímaná sestava produkovala, máme pouze spektra metod, která toto spektrum s jistou věrností zaznamenala. Frekvenční spektra je tedy možné porovnávat pouze mezi sebou.

Frekvenční spektra vypočítaná programem Adobe Audition 3.0 jsou dále zpracována programem Matlab do grafů. Tyto průběhy jsou k dispozici v příloze ve formě grafických průběhů, i tabulek hodnot.

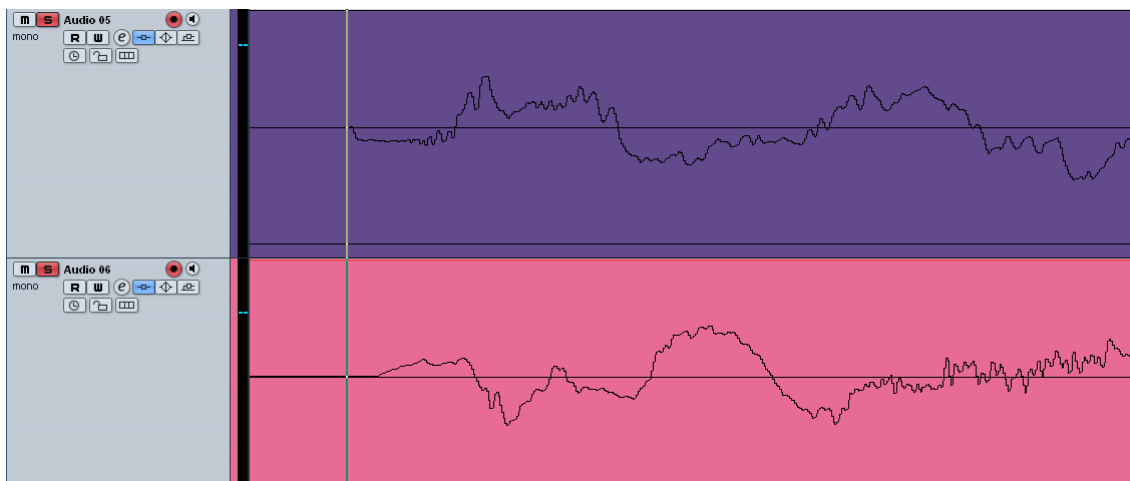
Pro první porovnání byly zvoleny oba mikrofony snímající malý buben z bezprostřední blízkosti (jeden snímá horní blánu bubnu a druhý spodní). Obě zaznamenaná frekvenční spektra jsou zakreslena v obrázku č. 15.



Obr. 15: Porovnání spekter záznamů malého bubnu (zdroj: naměřené hodnoty)

Spektra jsou na první pohled velmi odlišná. Tato odlišnost je částečně ovlivněna použitím rozdílných mikrofonů, mnohem větší vliv má však charakter snímaného zvuku. Spodní mikrofon je mnohem blíže basovému bubnu, je tedy náchylnější na přeslechy těchto velmi nízkých frekvencí, proto je na průběhu jasně patrný zdvih na kmitočtech nižších než 150 Hz. Dále můžeme vidět, že je tento záznam mnohem bohatší na střední až vysoké frekvence, to je způsobené struněním upínajícím spodní membránu, které zvyšuje tón spodní membrány a způsobuje charakteristický „zvonivý“ zvuk. Mikrofon snímající horní membránu tento zvuk snímá samozřejmě taky, jenže v mnohem menší intenzitě a dále ho smíchává se zvukem horní membrány, která má tón zpravidla nižší.

Na mikrofony snímající malý buben je třeba zaměřit se i v oblasti časové, vzhledem k velké pravděpodobnosti fázových problémů zmíněných v kapitole 1.

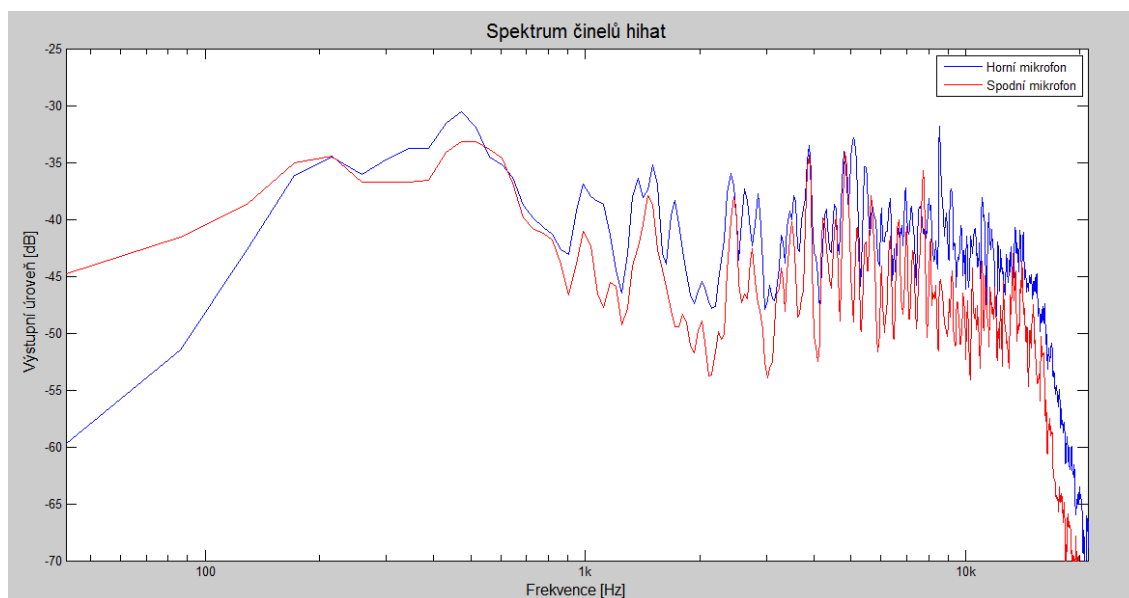


Obr. 16: Porovnání průběhů zaznamenaných zvukových vln malého bubnu
(zdroj: naměřené hodnoty)

Po zvětšení časového měřítka v programu Cubase 5, a zaměření se na místo úderu paličky (viz obr. 16) lze zpozorovat, že snímající mikrofony mají vzájemně téměř dokonale invertovanou fázi. Tento problém byl vzhledem k umístění zdroje zvuku mezi dva mikrofony, které jsou navíc ve svislé poloze, natočené k sobě svými membránami; očekáván a odhalen již během nahrávání, proto byla stopa nahraná spodním mikrofonom postprodukčně invertována, aby se tyto dvě vlny vzájemně neodečítaly. Výsledný zvuk by byl zřetelně oříznut o důležité frekvence.

S ohledem na výsledky této časové, i předchozí frekvenční analýzy lze prohlásit, že pro přirozené snímání malého bubnu je doplňující mikrofon, snímající spodní membránu, velice důležitý. Na buben je potřeba pohlížet jako na nástroj, produkující zvuk celým svým povrchem, snímáním pouze horní membrány bychom tedy získali pouze část tohoto zvuku.

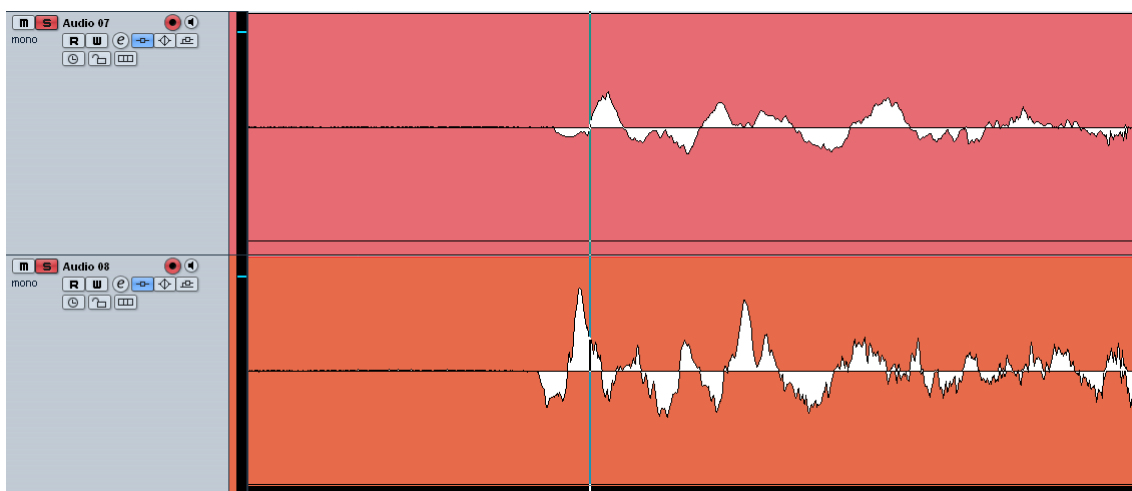
Druhé porovnávání zkoumá stejnou vlastnost, tentokrát při snímání činelů hi-hat. Obě zaznamenaná frekvenční spektra jsou zakreslena v obrázku č. 17.



Obr. 17: Porovnání spekter záznamů činelů hi-hat (zdroj: naměřené hodnoty)

Ze spekter činelů hi-hat je patrné mnohem větší prolínání průběhů, přesto zde opět můžeme vidět zdvih na velmi nízkých frekvencích v záznamu pořízeném spodním mikrofonem. To si lze opět vysvětlit zaznamenáním přeslechů malého a basového bubnu, které spodní mikrofon snímá blíže, a tedy i ve větší intenzitě, než mikrofon snímající horní činel. Horní mikrofon byl dále pro svou velkou náchylnost na přeslechy malého bubnu umístěn diagonálně, membránou nasměrován na nejvzdálenější okraj horního činelu směrem od malého bubnu. Činely lze však obecně prohlásit za hudební nástroj produkující zvuk o středním až vysokém kmitočtu, rozdílné průběhy na kmitočtech menších než 150 Hz tedy nemusíme v porovnání vlastností v kmitočtové oblasti uvažovat. Naopak velmi podobný průběh na středních a vysokých kmitočtech si lze vysvětlit konstrukcí nástroje, kdy oba stýkající se činely mají stejnou velikost, tvar, rozměry a jsou vyrobeny ze stejného materiálu. Lze tedy předpokládat, že budou produkovat zvuk frekvenčně velmi podobného průběhu. Rozdíl může nastat, pokud bubeník nebude nástroj rozeznívat sešlápnutím pedálu, ale paličkou. Ta rozezní zejména horní činel. Pokud navíc budeme uvažovat případ, kdy není vůbec sešlápnutý pedál u základny stojanu s činely, a ty tak nebudou vůbec v kontaktu, můžeme prohlásit, že bude úderem ovlivněn pouze horní činel a spodní nebude produkovat žádný zvuk. To je pravděpodobně důvodem, proč frekvenční spektrum zaznamenané horním mikrofonem dosahuje na většině průběhu vyšších hodnot výstupní úrovně, než spektrum zaznamenané spodním mikrofonem

Stejný problém fázové kolize, jaký byl v záznamu malého bubnu, byl očekáván i v záznamů činelů hi-hat. Byl rovněž odhalen, tentokrát však byly vyvozeny jiné závěry.



Obr. 18: Porovnání průběhů zaznamenaných zvukových vln činelů hi-hat

Nasnímaný zvuk je dynamicky velmi odlišný (viz obr. 18) a záznam horním mikrofonem je zřetelně zpožděn zhruba o 0,45 milisekundy (hodnota odečtena programem Cubase 5 po analýze náběžných hran signálu). Nastalá fázová kolize by tedy mohla být zapříčiněná špatným zapojením a nastalou rozdílnou vzdáleností mikrofonů.

Pokud bychom však uvažovali rychlost zvuku

$$c = 340 \text{ ms}^{-1} \quad (10)$$

Pro zpoždění 0,7 ms by nám vycházela vzdálenost

$$\Delta s = c \cdot \Delta t = 340 \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 15,3 \text{ cm} \quad (11)$$

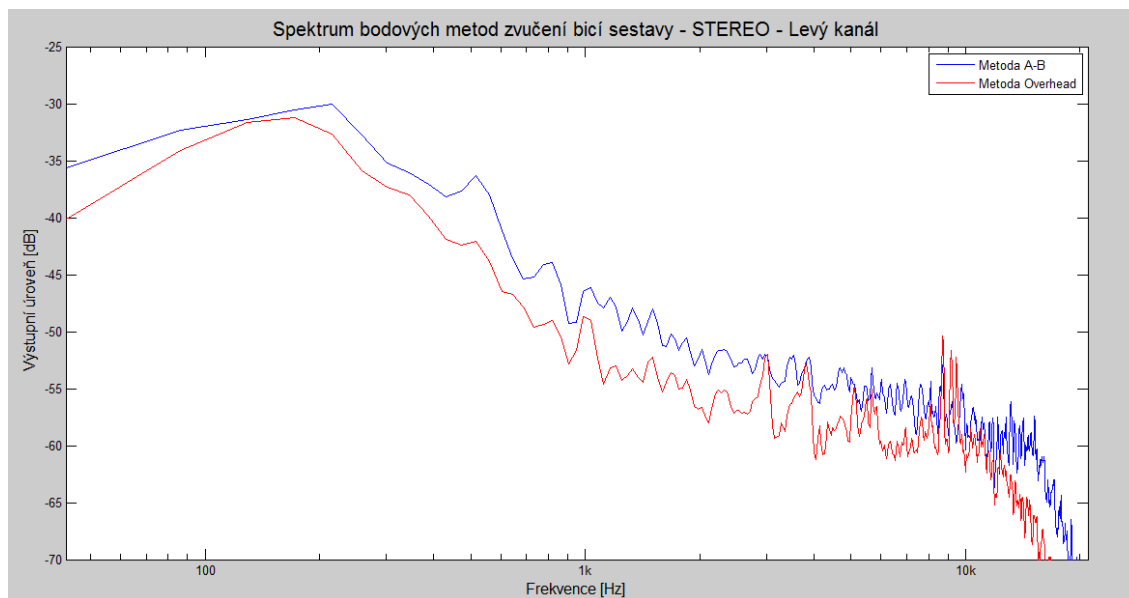
Kde Δs je rozdíl vzdálenosti použitých mikrofonů, c je rychlost zvuku a Δt je zaznamenané zpoždění horního mikrofonu.

Tento velmi markantní rozdíl vzdálenosti mikrofonů od zdroje zvuků byl pravděpodobně špatným zapojením dvou snímajících mikrofonů, kterého jsme se dopustili při přípravě experimentu. Horní mikrofon byl dle pouček zmíněných v teoretické části nasměrován diagonálně směrem od činelu a spodní mikrofon byl v bezprostřední blízkosti snímaného činelu. Tento rozdíl vzdálenosti opravdu mohl nastat. Bohužel, nelze ho potvrdit s naprostou jistotou, protože přesná vzdálenost, vzhledem k časové náročnosti experimentu a časté změně pozice mikrofonů, nebyla změřena.

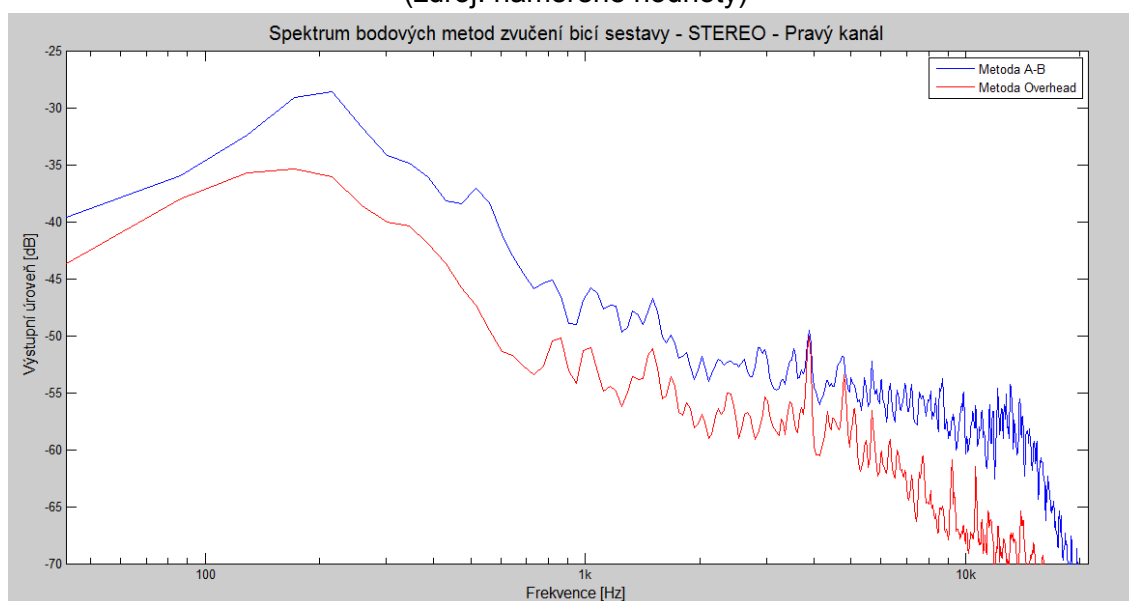
Nastává tedy dilema, je-li možné tuto časovou/fázovou chybu korigovat a jakým způsobem. Varianta postprodukčního invertování fáze jednoho z mikrofonů není možná, protože mikrofony nejsou invertovány dokonale. Po prohlédnutí si obrázku č. 25 lze otočení fáze odhadnout zhruba na 90° . Invertováním fáze bychom si tedy mixovaný signál stejnou mírou zkvalitnili, jako zhoršili. Další možnost, která se nabízí, je udělit zpožděnému mikrofonu postprodukčně záporné zpoždění tak, abychom srovnali náběžné hrany obou zaznamenaných signálů. Záznamy by pak byly správně, ve fázi. Problém v tomto řešení spočívá v tom, že bychom zároveň ztratili přirozenou fázovost takového signálu a získali bychom pouze uměle doladěný signál, nikoliv přirozený záznam, který byl od začátku naším cílem.

S ohledem na vyřčené problémy a podobné spektrální průběhy obou zaznamenaných signálů tedy neshledávám záznam činelů hi-hat dvěma mikrofony za ideální. Po poslechu obou záznamů (k dispozici na DVD příloze) a posouzení míry přeslechů se přikláním ke snímání jedním mikrofonem, snímajícím horní činel.

Třetí porovnávání bylo zaměřeno na bodové snímání odděleným mikrofonním párem. Šlo o stereofonní záznam, pro přehlednost analýzy bylo rozhodnuto oba kanály rozdělit do samostatných grafů. Zaznamenaná frekvenční spektra pro levý a pravý kanál jsou zobrazena na obrázku č. 19, resp. 20.



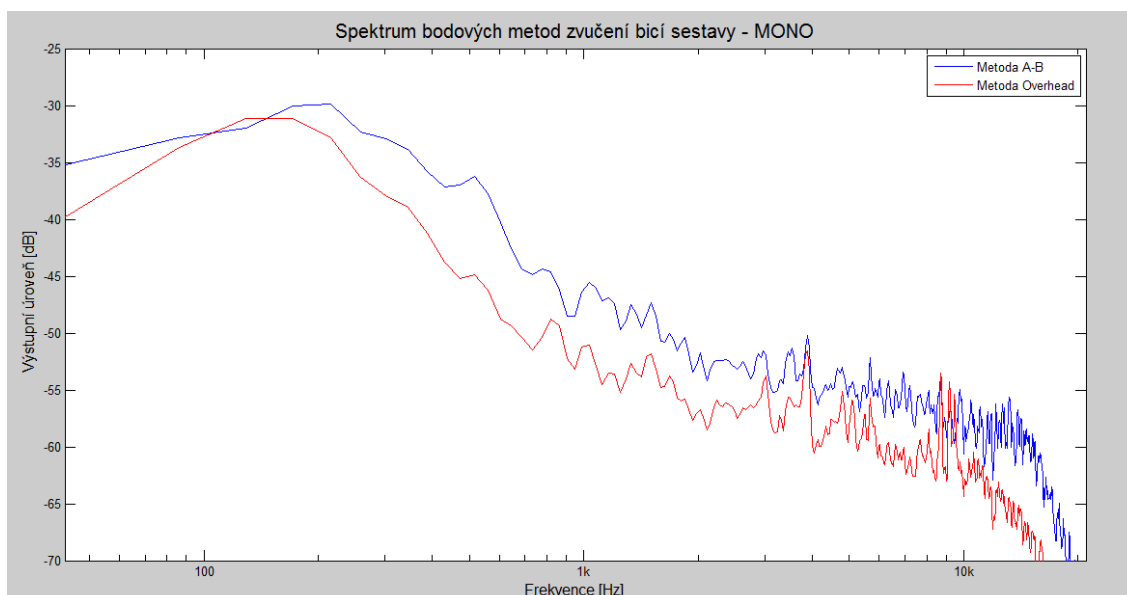
Obr. 19: Porovnání spekter záznamů bodovými technikami – levý kanál
(zdroj: naměřené hodnoty)



Obr. 20: Porovnání spekter záznamů bodovými technikami – pravý kanál
(zdroj: naměřené hodnoty)

Průběhy frekvenčních spekter nahraného materiálu jsou na první pohled velmi odlišné. Zatímco A-B má podle očekávání frekvenční průběh poměrně vyrovnaný, průběh metody overhead vykazuje velké zdvihy v oblastech velmi vysokých frekvencí. Ty jsou způsobeny optimalizací sestavení metody tak, aby co nejvíce snímala činely. Ve frekvenčním spektru pravého kanálu vidíme zdvih přibližně na 4 kHz, ve spektru levého kanálu jsou zdvihy přibližně na kmitočtech 3 kHz a 9 kHz. To odpovídá rozestavení bicí sestavy, kdy na levé straně (při pohledu zepředu) byly činely ride (nižší tón), malý crash (velmi vysoký tón) a na pravé straně byl střední crash (vysoký tón).

Vzhledem k velké vzdálenosti snímajících mikrofonů je možné předpokládat vliv hřebenového filtru. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto smíchat stereofonní záznamy do monofonních a porovnat výsledná spektra.

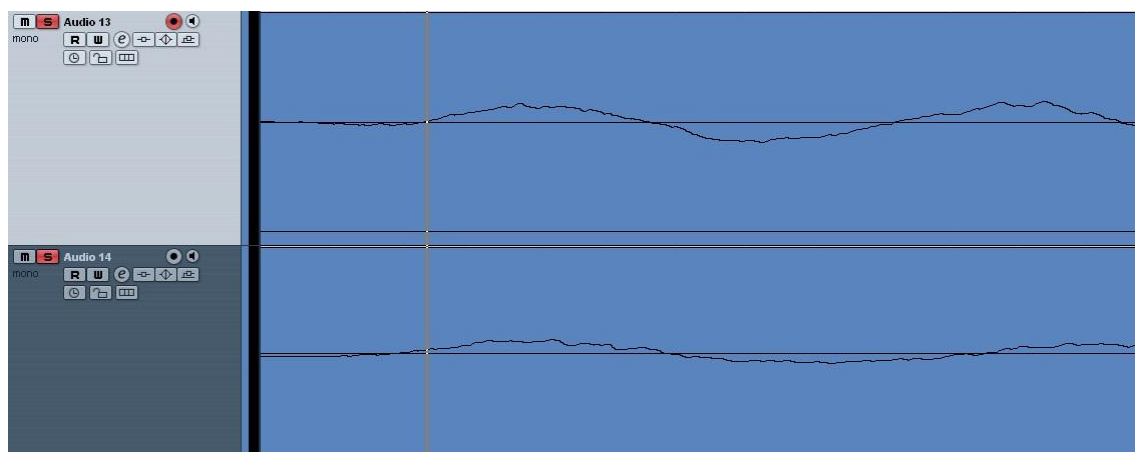


Obr. 21: Porovnání spekter záznamů bodovými technikami – mono
(zdroj: naměřené hodnoty)

Pro prohlédnutí si grafického průběhu (viz obr. 21) je možné si všimnout, že přestože zdvihy metody Overhead na frekvencích 3 a 9 kHz byly zachovány, zdvih na 4 kHz byl takřka úplně potlačen. Tento fakt naznačuje ovlivnění frekvenčního spektra, pravděpodobně působením efektu hřebenového filtru. Podobné působení nebylo u jednokanálového mixu metody A-B zpozorováno. Pravděpodobně z toho důvodu, že na rozdíl od techniky overhead bylo při sestavování metody A-B dodrženo distanční pravidlo 3:1, zmíněné v kapitole 3.

Pro potvrzení, či vyvrácení hřebenového filtru nejprve musíme vypočítat kmitočty, na kterých lze tento jev očekávat. Tyto kmitočty můžeme získat dosazením do vzorce (7), který byl odvozen v kapitole číslo 3. Nejprve je však třeba uvědomit si, že zkoumané mikrofony nejsou postaveny v ose zvukového zdroje, jako tomu bylo ve zmíněné třetí kapitole. Nemůžeme tedy do vzorce dosazovat vzdálenost mikrofonů, ale vzdálenost, odpovídající vzájemnému zpoždění těchto mikrofonů. Toto zpoždění je ovšem potřeba nejprve získat analýzou záznamů v časové oblasti.

V porovnávaném záznamu je třeba najít samotný úder činelu. To proto, že jde o krajní prvek bicí soustavy, v jeho záznamu lze tedy očekávat největší zpoždění. Dalším důvodem je, že ověřujeme působení hřebenového filtru na průběh z obrázku číslo 20, kde jsme předpokládali ovlivnění právě zvuku činelů.



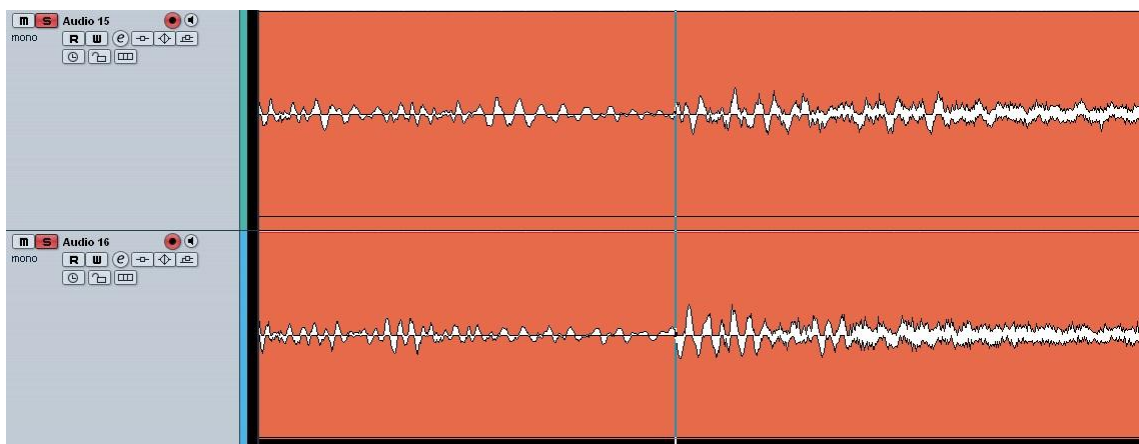
Obr. 22: Porovnání techniky overhead v časové oblasti
(zdroj: naměřené hodnoty)

Na obrázku číslo 22 je zobrazen náhled na záznam úderu do činelu crash, nasnímaný metodou overhead. Na tomto obrázku není patrné výrazné zpoždění. Po dalším zvětšení časového měřítka a aplikací měřících nástrojů programu Cubase však lze odečíst zpoždění zhruba 0,4 ms, které již můžeme dosadit do zmíněného vztahu. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4, za rychlost zvuku bylo dosaženo 340 m/s.

Technika Overhead - předpokládaný výskyt maxim ve frekvenčním spektru								
Pořadí maxima	1	2	3	4	5	6	7	8
Frekvence maxima [kHz]	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20

Tab. 4: Předpokládaný výskyt hřebenového filtru - OVH (zdroj: vypočítané hodnoty)

Jak je z výsledků patrné, první minimum hřebenového filtru by mělo ležet mezi 2,5 a 5 kHz, čemuž odpovídá kmitočet 3,75 kHz. Ověřován byl znatelný pokles na frekvenci zhruba 4 kHz. Vzniklou odchylku 250 Hz lze pravděpodobně přisoudit nejistotě při odečítání zpoždění signálů. Působení hřebenového filtru je tedy dokázáno.



Obr. 23: Porovnání metody A-B v časové oblasti
(zdroj: naměřené hodnoty)

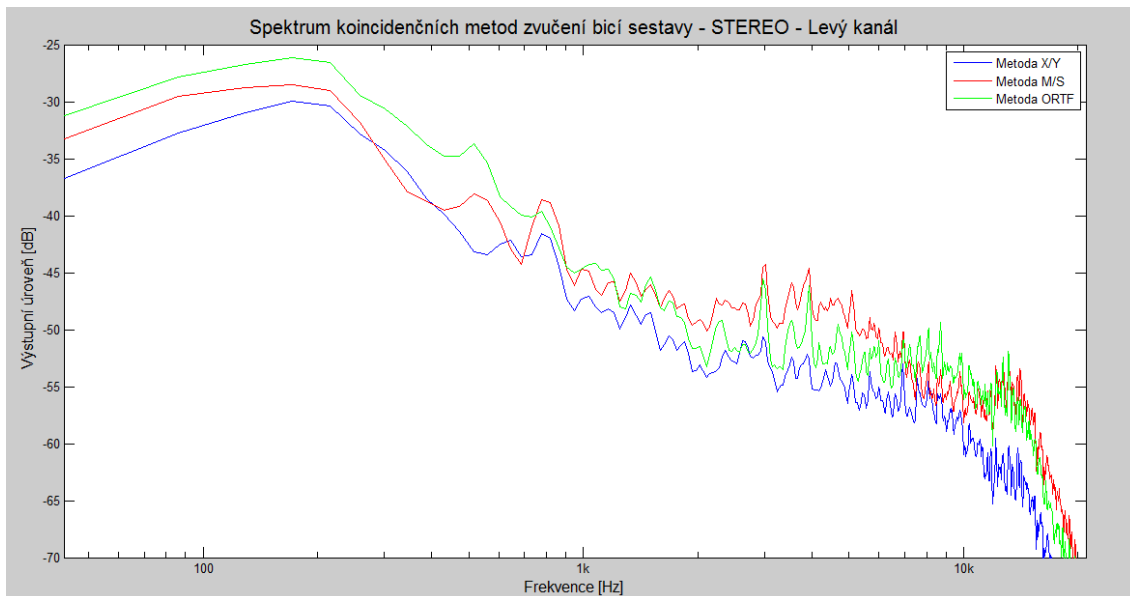
Pro úplnost analýzy je na obrázku číslo 23 zobrazen i záznam úderu do činelu crash zaznamenaný metodou A-B. Poněkud neočekávaně je časový rozdíl signálu menší, než tomu bylo u metody overhead, konkrétně 0,2 ms. Dosazením do vzorce (7) získáváme předpokládané frekvence, na nichž by se mělo projevit působení hřebenového filtru.

Metoda A-B - předpokládaný výskyt maxim ve frekvenčním spektru				
Pořadí maxima	1	2	3	4
Frekvence maxima [kHz]	5	10	15	20

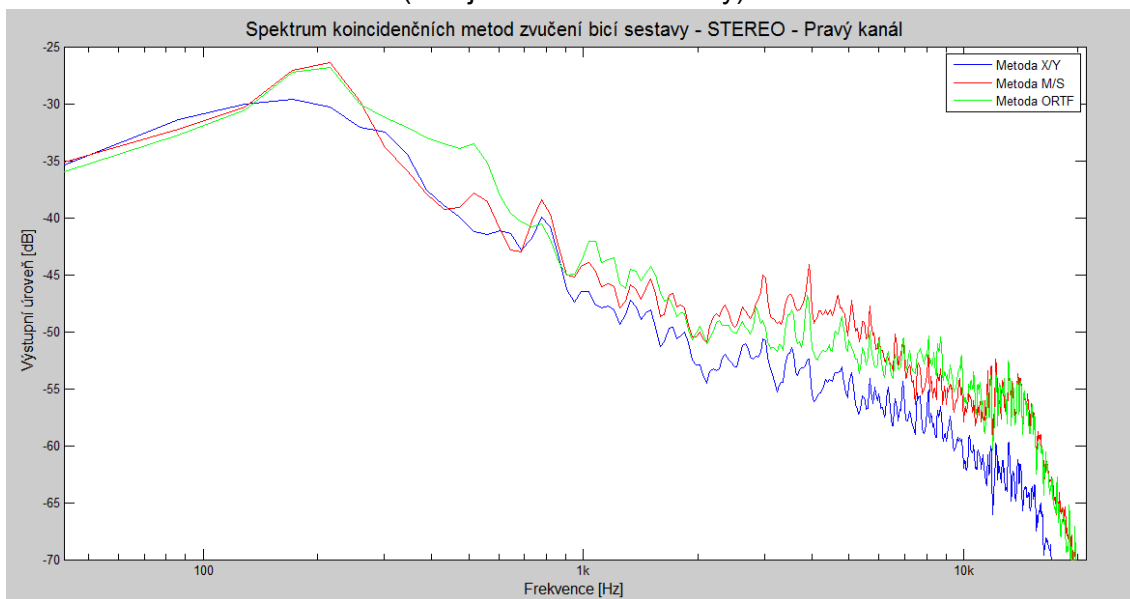
Tab. 5: Předpokládaný výskyt hřebenového filtru – A-B (zdroj: vypočítané hodnoty)

Jak už bylo zmíněno dříve, ve frekvenčním průběhu metody A-B nejsou patrné žádné výrazné zdvihy a útlumy. A to ani na frekvencích uvedených v tabulce č. 5. Působení hřebenového filtru bylo pravděpodobně eliminováno dodržáním distančního pravidla 3:1 při sestavování metody.

Čtvrté porovnávání bylo zaměřeno na koincidenční techniky snímání. Opět šlo o stereofonní záznam, pro přehlednost analýzy byly tedy oba kanály rozděleny do samostatných grafů. Zaznamenaná frekvenční spektra pro levý a pravý kanál jsou zobrazena na obrázku č. 24, resp. 25.



Obr. 24: Porovnání spekter záznamů koincidenčními technikami – levý kanál
(zdroj: naměřené hodnoty)



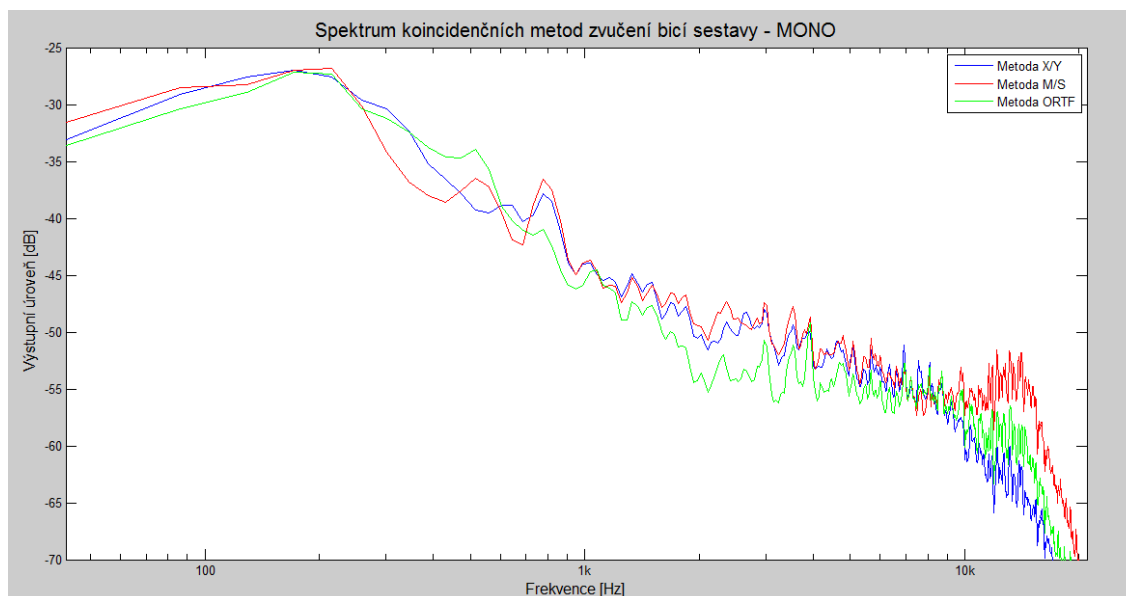
Obr. 25: Porovnání spekter záznamů koincidenčními technikami – pravý kanál
(zdroj: naměřené hodnoty)

Jak jsme vzhledem k umístění všech zkoumaných mikrofonů do své bezprostřední blízkosti očekávali, jsou si spektra zaznamenaná koicidenčními metodami velice podobná. Nastávají sice určité lokální výkyvy, ty jsou však vzájemně odlišné pouze intenzitou, tvar průběhu je zachován. Lze tedy konstatovat, že byly pravděpodobně způsobeny rozdílným natočením směrových mikrofonů. Pro kompletní analýzu bylo rozhodnuto smíchat oba stereofonní kanály zkoumaných metod do jednoho kanálu. Dosazením do vzorce (7) získáme předpokládané hodnoty frekvencí minim a maxim, která by ovlivňovala frekvenční průběh při působení hřebenového filtru. Časové zpoždění mezi zaznamenanými stopami je vzhledem k velmi malé vzdálenosti mikrofonních membrán příliš malé na to, aby mohlo být detekováno na časové ose. Do vzorce je proto přímo dosazována vzdálenost těchto membrán. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6, za rychlost zvuku bylo dosazeno 340 m/s, za vzdálenost membrán mikrofonů pro metodu ORTF 0,17 metrů, pro metodu X/Y 0,01 metrů.

Metoda ORTF – předpokládaný výskyt maxim ve frekvenčním spektru										
Pořadí maxima	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frekvence maxima [kHz]	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

Tab. 6: Předpokládaný výskyt hřebenového filtru (zdroj: vypočítané hodnoty)

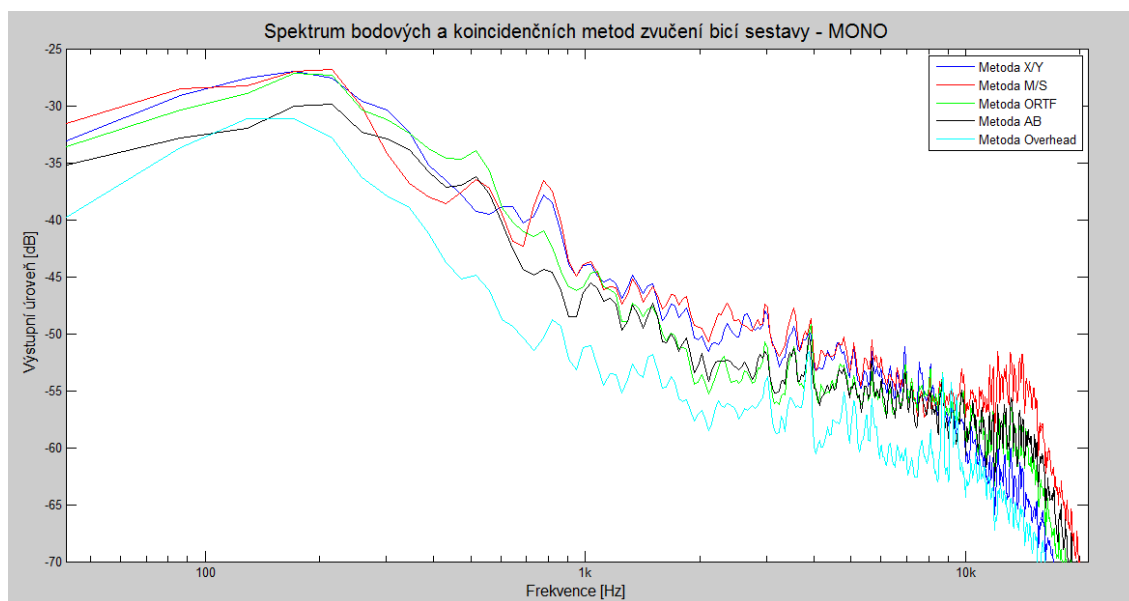
Minima a maxima byla uvedena pouze pro metodu ORTF, protože metoda X/Y by ve slyšitelném spektru pro velice malou vzdálenost mikrofonních membrán žádné maximum ani minimum mít neměla. Ze záznamu metodou M/S je po mixu stopy do jednoho kanálu odečten druhý mikrofon, hřebenový filtr se tedy také neprojeví.



Obr. 26: Porovnání spekter záznamů koincidenčními technikami – mono
(zdroj: naměřené hodnoty)

Po pouhém pohledu na frekvenční průběhy na obrázku č. 26 není možné jednoznačně vyloučit, nebo potvrdit vliv hřebenového filtru, obecně však došlo smícháním stereofonního záznamu do monofonního spíše k ustálení a vyrovnání průběhů. Tyto závěry není bohužel možné učít ani po nahlédnutí do vypočítané tabulky, na některých frekvencích, kde by mělo být maximum, dosahuje frekvenční průběh metody ORTF menší výstupní intenzity, než tomu bylo ve stereofonním záznamu. To platí i očekávaná minima. Na vliv hřebenového filtru nepoukazují ani výsledky subjektivních testů, při kterých metoda ORTF dosáhla zdaleka nejlepších výsledků. Pokud by bylo její frekvenční spektrum výrazněji ovlivněno, jistě by byly výsledky testů jiné. Navzdory těmto faktům není možné vliv hřebenového filtru vyvrátit, protože při uvažované vzdálenosti by byl jeho vliv malý a nemusel by tak být na první pohled do frekvenčního spektra viditelný. Pro směřodatnější závěry by bylo zapotřebí znát skutečné spektrum snímaného zvuku.

Frekvenční spektra všech porovnávaných metod jsou zakreslena v obrázku č. 27. Pro přehlednost je uveden pouze mix stereofonních stop do monofonních, detailnější průběhy jsou k dispozici v příloze C. Graf ukazuje, že všechny metody zaznamenaly signály s velice podobnými frekvenčními spektry. Největší výkyvy jsou patrné u metod M/S a overhead, které dopadly nejhůře v subjektivních testech. Naopak metoda ORTF, která dosáhla nejlepších výsledků, má frekvenční spektrum velmi vyrovnané.



Obr. 27: Porovnání spekter pořízených zkoumanými metodami (zdroj: naměřené hodnoty)

Závěr

V průběhu sepisování bakalářské práce a realizace experimentu jsem se seznámil s bicí sestavou, jejími specifiky a způsoby snímání. Bylo provedeno experimentální snímání porovnávající tyto způsoby a metody. Veškerý materiál nahraný během těchto testů je k dispozici v příloze. Zároveň byl zpracován do dvou videí, přičemž jedno slouží pro prezentaci průběhu nahrávání, a druhé jako podklad pro subjektivní testy, které byly rovněž provedeny.

Parametry subjektivních testů byly pro účely porovnávání zkoumaných metod značně zjednodušeny. Porovnávání zkoumaných metod je totiž pro charakter hodnoceného zvuku velice náročné. Zvuk je velice dynamický a nezaujatý posluchač je po určité době poslechem unaven a rozdílu nevěnuje patřičnou pozornost. Přesto se dá říct, že subjektivní testy byly úspěšné. Nejlepších výsledků dosáhla metoda ORTF, naopak nejhůře dopadly metody M/S a Overhead.

Analýza v časové a frekvenční oblasti byla rovněž úspěšná. Na základě výsledků lze determinovat, která metoda dosahuje kvalitnějších výsledků. Jako klíčové se ukázalo přizvučení malého bubnu druhým mikrofonem, zároveň byl však stejný postup zavržen pro snímání činelů hi-hat.

Přestože se v rámci bakalářské práce nepodařilo najít ideální metodu snímání bicí sestavy (a ani to nebylo cílem), poskytly výsledky shrnutí těchto metod, porovnaných za takřka totožných podmínek a především pak představu možného využití pro zvučení tak náročného nástroje, jakým bicí sestava bezesporu je.

Na závěr si dovoluji naposledy citovat HUBERA [3], který čtenáři klade na srdce, aby při zvučení libovolného nástroje měl vždy na paměti, že snímání zvuku je, stejně jako jeho produkování hudebním nástrojem, formou umění. A je tedy potřeba mít na paměti, že veškeré stanovené poučky a zásady jsou sice vyzkoušené, odůvodněné a léty prověřené způsoby, jak dosáhnout co nejlepších výsledků, přesto nemusí být vždy stoprocentní. Inovací, či nechtěnou chybou většinou zvukový inženýr záznam degraduje, nemusí však tomu tak být vždy.

Seznam použitých symbolů a zkratek

FFT	Fast Fourier Transform (rychlá Fourierova transformace)
EQ	Ekvalizér
HP	Horní propust
DP	Dolní propust
ε	Výchylka membrány v uvažovaném bodě;
r	Polární souřadnice – vzdálenost uvažovaného bodu od středu membrány
φ	Polární souřadnice – vzdálenost uvažovaného bodu od středu membrány
c	Rychlost šíření ohybových vln
t	Čas
T	Napětí membrány
ρ	Hustota membrány
J_n	Besselova funkce n-tého řádu argumentu (kr)
ms	Milisekunda $\{10^{-3} \text{ s}\}$.
μs	Mikrosekunda $\{10^{-6} \text{ s}\}$.
A-B	Stereofonní metoda snímání využívající dva mikrofony s kulovou směrovou charakteristikou.
M/S	Stereofonní metoda využívající jeden mikrofon s osmičkovou směrovou charakteristikou a druhý mikrofon s kardioidní.
X/Y	Stereofonní metoda využívající dva mikrofony s kardioidní směrovou charakteristikou.
XLR	Typ mikrofonního kabelu.
λ	Vlnová délka (v textu jde o vlnovou délku zvukového signálu).
c	Rychlost (v textu jde o rychlost zvuku).
ADAT	Optické rozhraní pro přenos zejména digitálního audiosignálu.
DAW	Software pro záznam zvuku.
OVH	Technika overhead

Seznam obrázků, schémat a tabulek

Obr. 1: Složení bicí sestavy (zdroj: [7])	- 7 -
Obr. 2: Skládání fázově invertovaných harmonických signálů (zdroj: [3])	- 8 -
Obr. 3: Prvních 12 axiálních a kruhových módů ideální membrány (zdroj: [5])	- 10 -
Obr. 4: Trojrozměrný model chování ideální kruhové membrány (zdroj: [4])	- 11 -
Obr. 5: Nejčastěji používané směrové charakteristiky (zdroj: [4])	- 13 -
Obr. 6: Schéma elektrostatického mikrofону (zdroj: vlastní nákres, inspirovaný [11])	- 15 -
Obr. 7: Schéma dynamického mikrofónu (zdroj: vlastní nákres, inspirovaný [11])	- 16 -
Obr. 8: Průběh hřebenového filtru (zdroj: [12])	- 19 -
Obr. 9: Grafické znázornění principu efektu typu kompresor (zdroj: vlastní nákres)	- 27 -
Obr. 10: Grafické znázornění principu efektu typu expander (zdroj: vlastní nákres)	- 27 -
Obr. 11: Příklad ekvalizace frekvenčního spektra (zdroj: vlastní nákres)	- 28 -
Obr. 12: Rozmístění mikrofónů – pohled shora (zdroj: vlastní nákres)	- 37 -
Tab. 1: Zapojení záznamové soustavy	- 40 -
Obr. 13: Zapojení záznamové soustavy (zdroj: vlastní nákres)	- 41 -
Tab. 2: Použité efekty	- 43 -
Tab. 3: Výsledky subjektivních testů	- 46 -
Obr. 14: Grafické zpracování výsledků subjektivních testů	- 47 -
Obr. 15: Porovnání spekter záznamů malého bubnu (zdroj: naměřené hodnoty)	- 49 -
Obr. 16: Porovnání průběhů zaznamenaných zvukových vln malého bubnu	- 50 -
Obr. 17: Porovnání spekter záznamů činelů hi-hat (zdroj: naměřené hodnoty)	- 51 -
Obr. 18: Porovnání průběhů zaznamenaných zvukových vln činelů hi-hat	- 52 -
Obr. 19: Porovnání spekter záznamů bodovými technikami – levý kanál	- 54 -
Obr. 20: Porovnání spekter záznamů bodovými technikami – pravý kanál	- 54 -
Obr. 21: Porovnání spekter záznamů bodovými technikami – mono	- 55 -
Obr. 22: Porovnání techniky overhead v časové oblasti	- 56 -
Tab. 4: Předpokládaný výskyt hřebenového filtru - OVH (zdroj: vypočítané hodnoty)	- 56 -
Obr. 23: Porovnání metody A-B v časové oblasti	- 57 -
Tab. 5: Předpokládaný výskyt hřebenového filtru – A-B (zdroj: vypočítané hodnoty)	- 57 -
Obr. 24: Porovnání spekter záznamů koincidenčními technikami – levý kanál	- 58 -
Obr. 25: Porovnání spekter záznamů koincidenčními technikami – pravý kanál	- 58 -
Tab. 6: Předpokládaný výskyt hřebenového filtru (zdroj: vypočítané hodnoty)	- 59 -
Obr. 26: Porovnání spekter záznamů koincidenčními technikami – mono	- 60 -
Obr. 27: Porovnání spekter pořízených zkoumanými metodami	- 61 -

Literatura

[1] SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika. 2., dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2008, 440 s. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 978-80-7331-127-8.*

[2] VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Muzikus, c2008, 297 s. ISBN 978-808-6253-466.*

[3] HUBER, David Miles a Robert E RUNSTEIN. *Modern recording techniques. 7th ed. Boston: Focal Press/Elsevier, c2010, xviii, 654 p. ISBN 978-024-0810-690.*

[4] [webová stránka], citováno 05.1.2014, http://en.wikipedia.org/wiki/Vibrations_of_a_circular_membrane

[5] [webová stránka], citováno 05.1.2014,
http://courses.physics.illinois.edu/phys193/Lecture_Notes/P193_Lect4_Ch4_Part2.pdf

[6] [webová stránka], citováno 17.1.2014, http://cs.wikipedia.org/wiki/Bic%C3%AD_souprava

[8] [webová stránka], citováno 17.1.2014, <http://fyzika.jreichl.com/>

[9] [webová stránka], citováno 10.5.2014, http://www.courses.vcu.edu/THEA326-jra/texts/comb_filter_effect.pdf

[10] [webová stránka], citováno 12.5.2014, <http://radio.feld.cvut.cz/courses/A2B99SAS/materialy.php>

[11] [webová stránka], citováno 17.5.2014, <http://www.dpamicrophones.com/en/Mic-University/Stereo-Techniques.aspx>

[11] [webová stránka], citováno 17.5.2014, http://www.mff.cuni.cz/verejnost/zpravicky/05_reproduktor.htm

[11] [webová stránka], citováno 18.5.2014,
http://www.moultonlabs.com/more/about_comb_filtering_phase_shift_and_polarity_reversal/

Příloha A – parametry použitých mikrofonů

Název	Beyerdynamic TG D70d
Popis	Velkomembránový dynamický mikrofon hyperkardioidní charakteristiky navržený speciálně pro snímání nástrojů produkující zejména nižší frekvence, tedy především bubny, djembe a basové aparáty.
Charakteristika	Hyperkardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Basový buben
Použito kusů	1
Důvod výběru	Důvod výběru mikrofonu je jeho specializace pro uvedený typ bubnu.
Impedance	280 Ω
Rozměry	129x56 mm
Váha	423 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 18 kHz

Tab. A1: Parametry mikrofonu Beyerdynamic

Název	Beyerdynamic TG V50d s
Popis	Dynamický mikrofon kardioidní charakteristiky a speciální konstrukce potlačující zpětnou vazbu. Mikrofon je primárně určený pro snímání zpěvu.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Floor tom
Použito kusů	1
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán jako jeden z posledních, kdy byl náš výběr mikrofonů ztenčen na poslední čtyři kusy, z nichž měl tento mikrofon membránu největších rozměrů, předpokládali jsme tedy lepší odezvu nízkých frekvencí, proto byl vybrán právě tento mikrofon.
Impedance	600 Ω
Rozměry	185x54 mm
Váha	270 g
Frekvenční odezva	50 Hz – 17 kHz

Tab. A2: Parametry mikrofonu Beyerdynamic

Název	Beyerdynamic TG 150d
Popis	Nástrojový, dynamický mikrofon kardioidní charakteristiky. Jeho konstrukce a vnitřní zapojení zajišťuje vysokou odolnost vůči zpětné vazbě.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Tom–tom
Použito kusů	2
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán, protože se jednalo o jediný nástrojový mikrofon vhodný pro zvučení bubnů, který byl k dispozici ve dvou kusech. Využili jsme tedy dva kusy tohoto mikrofonu pro nazvučení dvou bubnů tom-tom.
Impedance	600Ω
Rozměry	184x41 mm
Váha	258 g
Frekvenční odezva	50 Hz – 17 kHz

Tab. A3: Parametry mikrofonu Beyerdynamic

Název	Beyerdynamic TG D58c
Popis	Kardioidní kondenzátorový mikrofon speciální konstrukce, umožňující připevnění přímo na rám bubnu. Mikrofon vyžaduje phantomové napájení, doporučená hodnota je 48V, přesto by měl být funkční již od 12V.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Malý buben – snímání vrchní blány
Použito kusů	1
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán pro svou konstrukci, usnadňující umístění mikrofonu do požadované polohy. Dále se jedná o kondenzátorový mikrofon optimalizovaný pro snímání perkusních nástrojů, předpokládáme tedy lepší výsledek než od srovnatelného dynamického mikrofonu.
Impedance	200Ω
Rozměry	118x85 mm
Váha	140 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 20 kHz

Tab. A4: Parametry mikrofonu Beyerdynamic

Název	Beyerdynamic TG 153c
Popis	Nástrojový kondenzátorový mikrofon malých rozměrů s kardioidní charakteristikou. Je uzpůsoben pro univerzální použití, výrobce udává dobré výsledky při snímání hi-hat činelů, bubnů, strunných nástrojů a dalších. Mikrofon vyžaduje phantomové napájení, doporučená hodnota je 48V, přesto by měl být funkční již od 12V.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Malý buben – spodní blána; činely hi-hat – snímání spodní činel
Použito kusů	2
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán zejména pro svou univerzálnost a malé rozměry, nebyl očekáván problém s umístěním do nepříliš jednoduché pozice. Byly použity dva mikrofony tohoto typu.
Impedance	200Ω
Rozměry	100x20 mm
Váha	36 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 20 kHz

Tab. A5: Parametry mikrofonu Beyerdynamic

Název	MXL LSC 1B
Popis	Kondenzátorový mikrofon s výměnnými mikrofonními kapslemi. Každá kapsle má jinou směrovou charakteristiku, k dispozici je kardioidní, hyperkardioidní a kulová. Jde o velice univerzální mikrofon, výrobce doporučuje pro zpěv, bicí a dechové nástroje. Mikrofon vyžaduje phantomové napájení 48V.
Charakteristika	Kardioidní, kulová a hyperkardioidní směrová charakteristika. Použita byla kardioidní.
Použit pro	Činely hi-hat – snímání vrchního činelu
Použito kusů	1
Důvod výběru	Mikrofon byl pro tento účel vybrán, protože šlo o poslední kondenzátorový mikrofon, který byl k dispozici. Očekávali jsme od něj lepší výsledky, než od srovnatelného dynamického mikrofonu, vzhledem ke schopnosti lépe snímat vysoké frekvence.
Impedance	150Ω
Rozměry	178x51 mm
Váha	360 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 20 kHz

Tab. A6: Parametry mikrofonu MXL

Název	Rode NT2-A
Popis	Rode NT2-A je velkomembránový kondenzátorový mikrofon s přepínatelnou směrovou charakteristikou, k dispozici je kardioidní, kulová a osmičková charakteristika. Proměnné charakteristiky dělají z mikrofonu velmi univerzální nástroj, lze jej použít jako vokální mikrofon, ambientní mikrofon, nástrojový mikrofon, nebo jako mikrofon pro rozhlasové vysílání. Mikrofon vyžaduje phantomové napájení 24 nebo 48 V.
Charakteristika	Kardioidní, kulová a osmičková směrová charakteristika.
Použit pro	2x pro A-B, 1x side pro M/S, 1x pro overhead
Použito kusů	4
Důvod výběru	Pro metodu A-B byl mikrofon vybrán, protože šlo o jediný mikrofon s kulovou charakteristikou, který byl dostupný ve více kusech. Pro metodu M/S byl vybrán, protože to byl jediný mikrofon s osmičkovou směrovou charakteristikou, který byl k dispozici. Pro snímání Overhead byl mikrofon vybrán, protože šlo o úplně poslední velkomembránový kondenzátorový mikrofon, který byl k dispozici.
Impedance	200Ω
Rozměry	209x55 mm
Váha	860 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 20 kHz

Tab. A7: Parametry mikrofonu Rode

Název	AKG C214
Popis	Velkomembránový kondenzátorový mikrofon, vhodný pro snímání zpěvu, akustických nástrojů a činelů. Mikrofon vyžaduje phantomové napájení od 9 do 52V.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Techniku overhead
Použito kusů	1
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán jako doplňující mikrofon metody A-B k mikrofonu Rode NT2-A, který bohužel nebyl k dispozici v dostatečném množství.
Impedance	200Ω
Rozměry	160x56 mm
Váha	280 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 20 kHz

Tab. A8: Parametry mikrofonu AKG

Název	Beyerdynamic MC 930 Stereo-Set
Popis	Stereofonní set kondenzátorových mikrofonů MC 930 s kardioidní směrovou charakteristikou je vhodný pro snímání zvuku stereofonními metodami X/Y, ORTF a Overhead. Vyžaduje phantomové napájení od 11 do 52V.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit pro	Metody X/Y a ORTF
Použito kusů	4 (2x2 stereofonní páry)
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán, protože je přímo určen k tomuto použití.
Impedance	180Ω
Rozměry	128x21 mm
Váha	115 g
Frekvenční odezva	40 Hz – 20 kHz

Tab. A9: Parametry mikrofonu Beyerdynamic

Název	MXL Genesis
Popis	Velkomembránový kondenzátorový mikrofon s kardioidní charakteristikou. Jde o velmi kvalitní mikrofon vynikající zejména při nahrávání zpěvu, strunných a akustických nástrojů, nebo jako ambientní mikrofon při snímání bicí sestavy. Mikrofon je napájen vlastním samostatným zdrojem.
Charakteristika	Kardioidní směrová charakteristika
Použit jako	Osový pro metodou M/S
Použito kusů	1
Důvod výběru	Mikrofon byl vybrán na základě doporučení výrobce, který doporučuje použití pro ambientní nahrávání bicí sestavy.
Impedance	200Ω
Rozměry	240x59 mm
Váha	703 g
Frekvenční odezva	20 Hz – 20 kHz

Tab. A10: Parametry mikrofonu MXL

Příloha B – parametry použitých efektů

Tabulka parametrů efektu - Expander						
Vstup	Vstupní úroveň [dB]	Threshold [dB]	Ratio	Attack [ms]	Release [ms]	
1	-3,1	-17,7	1:-∞ (Gate)	0,01	50	
2	-3,0	-12,1	1:-∞ (Gate)	0,01	120	
3	-3,0	-11,7	1:-∞ (Gate)	0,01	110	
4	-2,9	-15,6	1:-∞ (Gate)	0,01	110	
5	-3,5	-32,4	1:-∞ (Gate)	0,01	136	
6	-5,0	-29,9	1:-∞ (Gate)	0,01	128	
7	-8,4	-42,4	1:-∞ (Gate)	0,01	101	
8	-7,5	-24,1	1:-∞ (Gate)	0,01	99	

Tab. B1: Parametry použitého expanderu

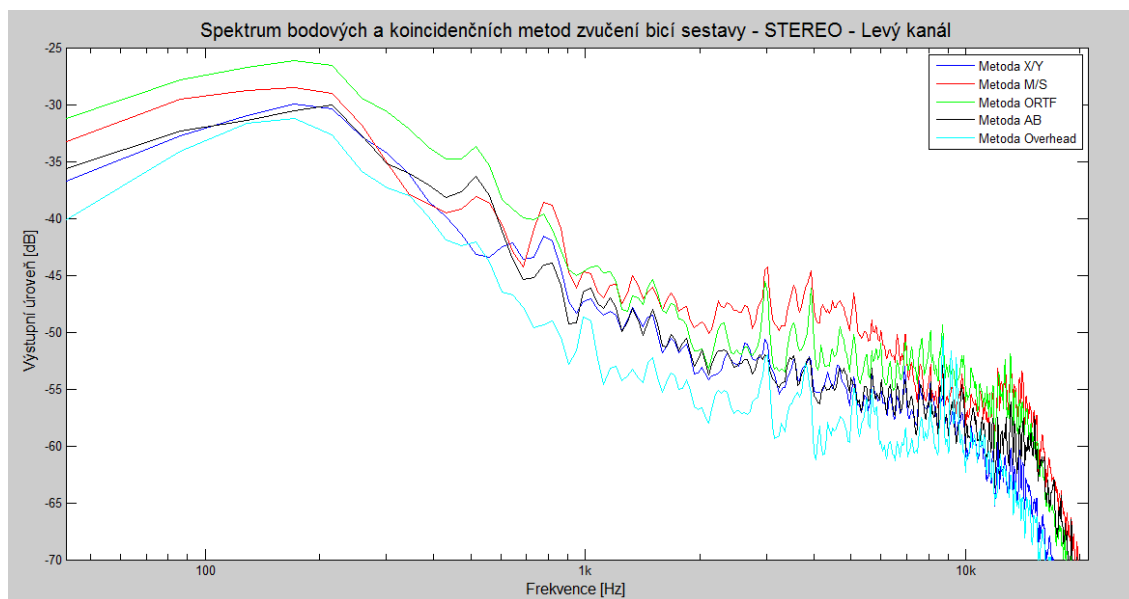
Tabulka parametrů efektu - Kompresor						
Vstup	Vs. úroveň [dB]	Redukce [dB]	Threshold [dB]	Ratio	Attack [ms]	Release [ms]
1	-3,1	3	-9,1	2:1	1	800
2	-3,0	3	-9,0	2:1	1	400
3	-3,0	3	-9,0	2:1	1	400
4	-2,9	3	-8,9	2:1	1	400
5	-3,5	3	-9,5	2:1	1	400
6	-5,0	3	-11,0	2:1	1	400
7	-8,4	3	-14,4	2:1	1	400
8	-7,5	3	-13,5	2:1	1	400

Tab. B2: Parametry použitého kompresoru

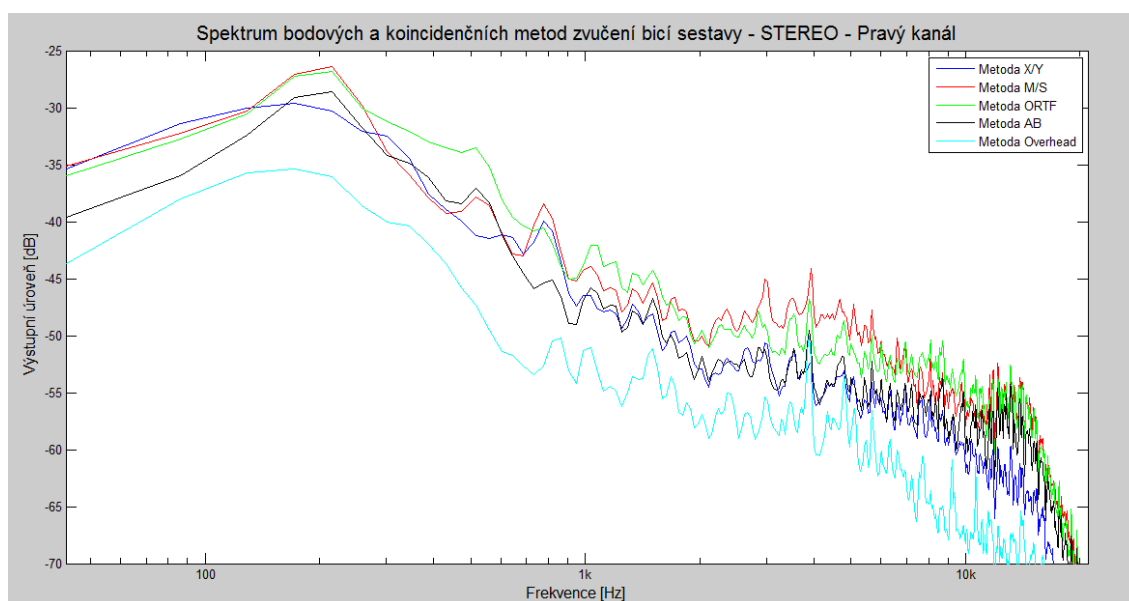
Tabulka parametrů efektu - Ekvalizace - Basový buben		
Typ filtru	Frekvence [Hz]	Zisk [dB]
Horní propust	35	0
Pásmová zadrž	125	-5,1
Dolní propust	5000	0

Tab. B3: Parametry použité ekvalizace

Příloha C – naměřená frekvenční spektra



Obr. C1: Porovnání spekter pořízených zkoumanými metodami – levý kanál
(zdroj: naměřené hodnoty)



Obr. C2: Porovnání spekter pořízených zkoumanými metodami – pravý kanál
(zdroj: naměřené hodnoty)

Příloha D – přiložené DVD 1

/audio_analyza – složka se zvukovým materiálem, který byl analyzován v kapitole 8

- AB_mono.wav – záznam metody A-B, smíchaný do jednoho kanálu
- AB_stereo.wav – stereofonní záznam metody A-B
- Hihat_dwnmic.wav – záznam činelů hi-hat, spodní mikrofon
- Hihat_dwnmic_bypass.wav – záznam činelů hi-hat, spodní mikrofon, vypnuté přídavné efekty
- Hihat_upmic.wav – záznam činelů hi-hat, horní mikrofon
- Hihat_upmic_bypass.wav – záznam činelů hi-hat, horní mikrofon, vypnuté přídavné efekty
- MS_mono.wav – záznam metody M/S, smíchaný do jednoho kanálu
- MS_stereo.wav – stereofonní záznam metody M/S
- ORTF_mono.wav – záznam metody ORTF, smíchaný do jednoho kanálu
- ORTF_stereo.wav – stereofonní záznam metody ORTF
- OVH_mono.wav – záznam techniky overhead, smíchaný do jednoho kanálu
- OVH_stereo.wav – stereofonní záznam techniky overhead
- Snare_dwnmic.wav – záznam malého bubnu, dolní mikrofon
- Snare_dwnmic_bypass.wav – záznam malého bubnu, dolní mikrofon, vypnuté přídavné efekty
- Snare_upmic.wav – záznam malého bubnu, horní mikrofon, vypnuté přídavné efekty
- Snare_upmic_bypass.wav – záznam malého bubnu, horní mikrofon, vypnuté přídavné efekty
- XY_mono.wav – záznam metody X/Y, smíchaný do jednoho kanálu
- XY_Stereo.wav – stereofonní záznam metody A-B

/foto – složka s fotodokumentací realizace experimentu

- 1.JPG
- 2.JPG
- 3.JPG
- ⋮
- 15.JPG

/grafy – složka s materiálem z frekvenční analýzy zvukového materiálu, obsahuje grafické průběhy i tabulky hodnot, na základě kterých byly tyto grafy vytvořeny

- Spektrum_bod_mono.png – spektrum bodových metod, smíchaných do jednoho kanálu
- Spektrum_bod_stereo_L.png – spektrum bodových metod, levý kanál
- Spektrum_bod_stereo_R.png – spektrum bodových metod, pravý kanál
- Spektrum_hihat.png – spektrum činelů hi-hat
- Spektrum_koin_mono.png – spektrum koincidenčních technik, smíchaných do jednoho kanálu
- Spektrum_koin_stereo_L.png – spektrum koincidenčních technik, levý kanál
- Spektrum_koin_stereo_P.png – spektrum koincidenčních technik, pravý kanál
- Spektrum_snare.png – spektrum malého bubnu
- Spektrum_vsech_mono.png – spektrum všech metod, smíchaných do jednoho kanálu
- Spektrum_vsech_stereo_L.png – spektrum všech metod, levý kanál
- Spektrum_vsech_stereo_R.png – spektrum všech metod, pravý kanál
- AB_mono.xlsx – spektrum zaznamenané metodou A-B, smíchané do jednoho kanálu
- AB_stereo.xlsx – spektrum zaznamenané metodou A-B, oba kanály
- MS_mono.xlsx – spektrum zaznamenané metodou M/S, smíchané do jednoho kanálu
- MS_stereo.xlsx – spektrum zaznamenané metodou M/S, oba kanály
- ORTF_mono.xlsx – spektrum zaznamenané metodou ORTF, smíchané do jednoho kanálu
- ORTF_stereo.xlsx – spektrum zaznamenané metodou ORTF, oba kanály
- OVH_mono.xlsx – spektrum zaznamenané technikou overhead, smíchané do jednoho kanálu
- OVH_stereo.xlsx – spektrum zaznamenané technikou overhead, oba kanály
- XY_mono.xlsx – spektrum zaznamenané metodou X/Y, smíchané do jednoho kanálu
- XY_stereo.xlsx – spektrum zaznamenané metodou X/Y, oba kanály

/video – složka s výstupními videi realizovaného experimentu

- Video_prezentace.mp4 – video prezentující průběh experimentu
- Video_subjektivni_test.mp4 – video pro účely subjektivního testu

/dotazniky – složka s vyplněnými dotazníky subjektivního testu

- Dotaznik1.xlsx
- Dotaznik2.xlsx
- Dotaznik3.xlsx
- ⋮
- Dotaznik9.xlsx
- Dotaznik10.pdf

/natoceny_material_I – zvukový materiál natočený během experimentu, první část

- X_Y.wav – záznam metody X/Y
- A_B.wav – záznam metody A-B
- M_S.wav – záznam metody M/S
- ORTF.wav – záznam metody ORTF
- Overhead.wav – záznam techniky overhead
- Snare.wav – záznam malého bubnu dvěma mikrofony
- Snare_down.wav – záznam malého bubnu dolním mikrofonem
- Snare_up.wav – záznam malého bubnu horním mikrofonem
- Hihat.wav – záznam činelů hi-hat dvěma mikrofony
- Hihat_down – záznam činelů hi-hat spodním mikrofonem
- Hihat_up – záznam činelů hi-hat horním mikrofonem
- Vse.wav – zvukový záznam, na základě kterého bylo vytvořeno prezentační video (obsahuje všechny pořízené záznamy)

Příloha E – přiložené DVD 2

/natoceny_material_II – zvukový materiál natočený během experimentu, druhá část

- Vstup1.wav – čísla vstupů odpovídají obrázku č. 11
- Vstup2.wav
- Vstup3.wav
- ⋮
- Vstup8.wav

- VstupI.wav – čísla vstupů odpovídají obrázku č. 11
- VstupII.wav
- VstupIII.wav
- ⋮
- VstupVIII.wav

- Vstup1_bypass.wav – čísla vstupů odpovídají obrázku č. 11, vypnuté efekty
- Vstup2_bypass.wav
- Vstup3_bypass.wav
- ⋮
- Vstup8_byass.wav

