

# Uzorkovanje zvukova standardnog kompleta bubnjeva i njihova priprema za uporabu u suvremenoj glazbenoj produkciji

---

Štefanić, Denis

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:366798>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

Završni rad br. 460/MM/2015

## **Uzorkovanje zvukova standardnog kompleta bubnjeva i njihova priprema za uporabu u suvremenoj glazbenoj produkciji**

Denis Štefanić, 2323/601

Varaždin, rujan 2015. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za multimediju, oblikovanje i primjenu

Završni rad br. 460/MM/2015

## **Uzorkovanje zvukova standardnog kompleta bubnjeva i njihova priprema za uporabu u suvremenoj glazbenoj produkciji**

**Student**

Denis Štefanić, 2323/601

**Mentor**

dr.sc. Robert Logožar, viši predavač

Varaždin, rujan 2015. godine

*Zahvaljujem Roku Antoliću na ustupljenom studijskom prostoru za snimanje i na pomoći oko snimanja. Također, hvala Mateju Petanjeku na odsviranim bubnjarskim dionicama te na praktičnim i teoretskim savjetima. Hvala mom mentoru, višem predavaču dr. sc. Robertu Logožaru na usmjerenju za ovaj projekt i na dodatnim savjetima. I na kraju, zahvaljujem svojim roditeljima na njihovoj velikoj strpljivosti i podršci tijekom mojeg studiranja.*

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za multimediju, oblikovanje i primjenu		
PRISTUPNIK	Denis Štefanić	MATIČNI BROJ	2323/601
DATUM	24.09.2015.	KOLEGIJ	Uvod u suvremenu glazbenu produkciju
NASLOV RADA	Uzorkovanje zvukova standardnog kompleta bubnjeva i njihova priprema za uporabu u suvremenoj glazbenoj produkciji		
MENTOR	dr.sc. Robert Logožar	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. mr.sc. Dragan Matković, v.predavač - predsjednik		
	2. v.pred. Mario Periša, dipl.ing. - član		
	3. dr.sc. Robert Logožar, v. predavač - mentor		
	4. mr.sc. Vladimir Stanisavljević - zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ 460/MM/2015

OPIS

Potrebno je digitalno uzorkovati zvukove pojedinih elemenata standardnog kompleta bubnjeva za suvremenu popularnu glazbu te opisati taj proces s audioinženjerskog i glazbenoproducentuskog stanovišta. Standardni komplet bubnjeva sastoji se od bas bubnja, doboša i tom-tom bubnjeva te tri osnovne činele: nožne, vodeće i rasprskavajuće (engl. hi-hat, ride, and crash cymbals). Po uzorkovanju zvukova pojedinih elemenata uz različitu dinamiku udara valja izraditi odgovarajuće bubnjarske mape te ih implementirati u formi za izravno korištenje u softverskim digitalnim uzorkovačima i ritam strojevima koji se koriste u domaćinskim programima za digitalnu glazbenu produkciju.

Specifično, u radu valja ostvariti:

1. Dati tehnički pregled pojma uzorkovanja i navesti njegove osnovne odrednice s obzirom na frekvenciju i bitovnu rezoluciju uzorkovanja.
2. Opisati standardni komplet bubnjeva koji se koristi u suvremenoj popularnoj glazbi i načine njegovog ozvučavanja (uporaba i položaj mikrofona te nelinearnih obradnika).
3. Provesti i opisati postupak uzorkovanja pojedinih elemenata bubnja na konkretnim primjerima, navodeći specifičnosti i ostvarenu kvalitetu uzoraka.
4. Snimiti cjelovite ritmičke petlje (engl. drum loops) za nekoliko standardnih, odnosno popularnih ritmova pri odabranom tempu.
5. Iz snimljenih uzoraka kreirati bubnjarske mape i skupove zvukova bubnjeva (engl. drum sets) spremne za uporabu na suvremenim digitalnim uzorkovačima i ritam strojevima te opisati taj proces i njegovu problematiku.
6. U odabranom domaćinskom programu kreirati ritmičke cjeline za nekoliko standardnih, odnosno popularnih ritmova, uporabom priređenih skupova zvukova bubnjeva. Usporediti dobivene rezultate s izravno snimljenim ritmičkim petljama u točki 4.
7. Uz pisani rad potrebno je priložiti kompaktni disk (CD-ROM ili DVD-ROM) s obveznim sljedećim sadržajem: i) audio zapisom uzoraka bubnja u WAV formatu, ii) datoteke bubnjarskih mapa i gotovih skupova uzoraka bubnja u formatu odabranih digitalnih uzorkovača i ritam strojeva, iii) primjerke ritmova iz točke 4 i primjere njihove uporabe za kraće glazbene dionice u formatu odabranog domaćinskog glazbenog programa te u wav i mp3 formatu.

ZADATAK URUČEN

30.09.2015.

POTPIS MENTORA





## Sažetak

U ovom je radu ostvareno i opisano uzorkovanje pojedinih elemenata standardnog kompleta bubnjeva, priprema i obrada tih uzoraka za korištenje u digitalnoj glazbenoj produkciji te snimanje cjelovitih ritmičkih petlji. Korišteni su bubnjevi Yamaha „Stage Custom“, koji su snimljeni s pomoću kvalitetne digitalne audio-radne stanice u poluprofesionalnom studiju dobrih akustičkih svojstava. Obrada i postprodukcija audio zapisa odrađena je na digitalnoj audio radnoj stanici autora ovog rada, koristeći vanjsku zvučnu karticu bolje kvalitete. Cjelovite ritmičke petlje za veći broj suvremenih ritmova odsvirao je iskusan bubnjar, pri čemu je bubanj bio ozvučen s četiri mikrofona (zbog raspoloživa četiri analogna audio ulaza na zvučnoj kartici). Potom su isti ti ritmovi ostvareni i programiranjem uz uporabu snimljenih uzoraka bubnjeva. Snimljene petlje zvuče prirodnije, no njihova je uporaba vezana za odsvirani tempo i nema mogućnost variranja, odnosno ostvarenja prijelaza između dijelova pjesme. S druge strane, za ritmove ostvarene korištenjem programiranja uzoraka elemenata bubnja odabir tempa je proizvoljan i varijacije ritma su lake, no nije lako postići tečnost dobrog prirodnog sviranja. Dodatno, ovako ostvareni ritmovi zvuče čišće i izrazitije, pa stoga mogu imati prednost u suvremenoj pop i posebice plesnoj glazbi (dance, disco). Sveukupno, dobiveni uzorci bubnja i ritmičkih petlji vrlo su zadovoljavajući i približavaju se kvaliteti profesionalnih proizvoda dostupnih na tržištu.

***Ključne riječi:*** uzorkovanje elemenata bubnja, snimanje ritmičkih petlji, priprema uzoraka za uporabu u glazbenoj produkciji





# SADRŽAJ

<b>1.</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>UZORKOVANJE .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>UZORKOVANJE STANDARDNOG KOMPLETA BUBNJEVA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1.</b>	<b>Prostorija za snimanje .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.</b>	<b>Bubanj i oprema za snimanje .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3.</b>	<b>Postupak uzorkovanja pojedinih elemenata .....</b>	<b>12</b>
3.3.1.	Bas bubanj .....	12
3.3.2.	Doboš .....	14
3.3.3.	Tom-tom bubnjevi .....	16
3.3.4.	Činele .....	18
<b>4.</b>	<b>SNIMANJE CJELOVITIH RITMIČKIH PETLJI .....</b>	<b>20</b>
<b>5.</b>	<b>KREIRANJE BUBNJARSKIH MAPA .....</b>	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>KREIRANJE RITMIČKIH CJELINA .....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>27</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>29</b>

# 1. Uvod

Snimanje bubnjeva relativno je zahtjevan zadatak audio inženjera. Danas, kada postoje razni programi i već gotovi uzorci bubnjeva, malo tko se upušta u proces njihovog snimanja. Snimanje uzoraka bubnjeva proces je koji uključuje mnogo faktora, kao što su kvaliteta bubnjeva i bubnjara, akustika prostorije u kojoj se snima, kvaliteta i pozicija mikrofona te post-produkcija snimanog materijala. Postoje različite tehnike snimanja bubnjeva. Pritom postoje i mnoge prepreke i izazovi koje treba savladati. Svaki korak u snimanju jednako je bitan te mu se valja posvetiti s jednom pažnjom.

Bubnjevi su dinamičan instrument koji pokriva široki frekvencijski spektar, od bas bubnja, s frekvencijskim rasponom koji seže ispod 50 Hz do činela, čije frekvencije znatno nadmašuju 10 kHz. Stoga općenito možemo uzeti da danas standardan komplet bubnjeva obuhvaća frekvencije cijelog audio spektra, od oko 20 Hz pa do 20 kHz. Sljedeća specifičnost snimanja bubnjeva jest potreba za obuhvatom njihovog velikog dinamičkog raspona te snimanje vrlo glasni audio signala uobičajenih za današnji stil bubnjanja, ali isto tako njihovog zvuka pri tišem sviranju.

Dodatno je potrebno tu uključiti elemente nelinearne obrade signala, kako bi se ostvario zvuk suvremenog bubnja koji se očekuje na suvremenim snimkama. Nadalje, kod snimanja cijelog bubnja svaki mikrophon hvata i ostale elemente bubnja, dok se kod uzorkovanja fokusiramo na jednu komponentu bubnja i time dobivamo jasniju snimku. Nakon dobrog zvučnog zapisa bitno je ujednačiti dinamiku i frekvencijski raspon u post-produkciji.

U ovom će se radu opisati postupak digitalnog uzorkovanja elemenata bubnja i snimanje ritmičkih petlji za nekoliko standardnih i popularnih ritmova te usporediti razlika između snimljenih petlji i uzoraka.

Detaljnije će se opisati proces uzorkovanja te navesti njegove odrednice s obzirom na frekvenciju i bitovnu rezoluciju.

Opisati će se standardni elementi bubnja te potrebna oprema i način ozvučavanja pojedinih elemenata. Navesti će se priključni programi i opisati njihovo korištenje u obradi uzoraka i ritmičkih cjelina. Objasniti će se razlika u snimanju i obradi uzorka i ritmičkih cjelina.

Nakon uzorkovanja opisati će se postupak izrade i implementacije bubnjarske mape u cijeline koje se izravno mogu koristiti u suvremenim digitalnim uzorkovačima i ritam strojevima. Nadalje, opisati će se postupak kreiranja nekoliko standardnih popularnih ritmova iz dobivenih uzoraka te usporediti razlika između snimljenih ritmičkih petlji i ritmova kreiranih pomoću priključnog programa *Battery*, namijenjenog za emulaciju ritam strojeva temeljenih na uzorkovanim zvukovima bubnja.

Svaki korak u ovom radu popraćen je audio primjerima koji će zajedno s uzorcima, ritmičkim petljama i ostalim datotekama biti priložen na kraju završnog rada.

Krajnji cilj ovog rada je demonstrirati kako se i u uvjetima poluprofesionalnog studija mogu snimiti zadovoljavajući uzorci zvukova bubnja i ritmičke petlje koje se kasnije mogu iskoristiti u domaćinskom programu za digitalnu glazbenu produkciju.

## 2. Uzorkovanje

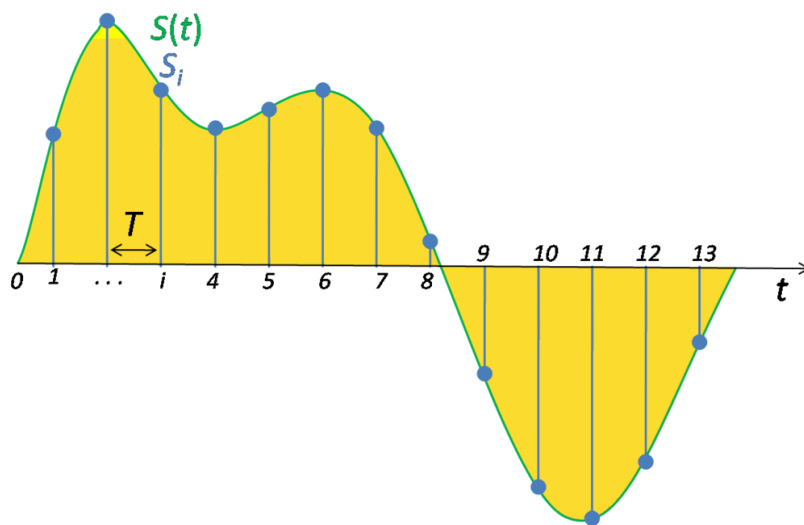
Uzorkovanje (engl. *sampling*) je postupak snimanja instrumenta u kojem se svaki element ili ton snima posebno da bi se kasnije uzorci mogli koristiti u digitalnim uzorkovačima (engl. *sampler*) koji se koriste kao priključni (engl. *plug-in*) instrumenti u domaćinskim programima za digitalnu glazbenu produkciju.

Kod obrade signala, uzorkovanje je redukcija kontinuiranog signala u diskretni signal. Klasični primjer je konverzija zvučnog vala (kontinuirani signal) u slijed uzoraka (diskretni signal). Uzorak je vrijednost ili set vrijednosti u vremenu i/ili prostoru.[1]

Frekvencija uzorkovanja  $f_s$ , je prosječan broj uzoraka dobiven u jednoj sekundi pa vrijedi

$$f_s = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Slika 1 predstavlja uzorkovanje signala. Zelena linija predstavlja kontinuirani signal dok je diskretni signal naznačen plavim okomitim linijama.



Slika 1 Uzorkovanje signala.(Preuzeto iz [1]).

U praksi se kontinuirani signal uzorkuje koristeći A/D (analogno-digitalni) konvertere. A/D konverteri su uređaji koji pretvaraju kontinuiranu fizičku količinu u digitalni broj koji predstavlja amplitudu te količine.

Da bi snimili audio zapis koji pokriva frekvencije od 20-20000 Hz (opseg ljudskog sluha) potrebno je koristiti minimalno duplo veću frekvenciju uzorkovanja od 44.1 kHz, 88.2 kHz ili 96 kHz.

Duplo veća frekvencija uzorkovanja od frekvencijskog raspona signala koji se želi snimiti proizlazi iz Nyquist-Shannonovog teorema [3], koji se u praksi pojednostavljeno formulira kao:

$$f_s > 2f_c \quad (2)$$

gdje je  $f_s$  frekvencija uzorkovanja a  $f_c$  najviša frekvencija koju sadrži signal.[2]

Postoji li u signalu frekvencija  $f$  koja je veća od polovice frekvencije uzorkovanja, gdje je tzv. Nyquistova frekvencija, tada će se u uzorkovanom signalu pojaviti neželjeni, alias-signali, što će uroditi gubitkom vjernosti zapisa izvornog zvuka.

Dakle, želimo li obuhvatiti cijeli audio spektar, frekvencija uzorkovanja mora biti veća fekvencijskog raspona. Zbog tehničkih razloga, standardna uzorkovanja kojima se to postiže su 44.1 kHz (CD-audio standard) i 48 kHz (jedan od uobičajenih izbora za današnje digitalno uzorkovanje). Nadalje, frekvencija uzorkovanja kojom se to nadmašuje jest 96 kHz, no rjeđa je u praktičnoj uporabi.

Prilikom snimanja odabrana je frekvencija uzorkovanja od 44.1 kHz (što je i frekvencija uzorkovanja CD-audio standarda).

Pored frekvencije uzorkovanja, sljedeća je bitna odrednica digitalnog snimanja bitovna rezolucija. Nekad, u počecima audio uzorkovanja, koristila se 8-bitna rezolucija (relativno slaba dinamika), pa onda 12-bitna. 16-bitna je već dala izvrsne rezultate, a danas se vrlo često koristi 24 bitna rezolucija. [4]

Ovisnost dinamičkog raspona (engl. dynamic range) digitalnog zapisa,  $L_{DR}$ , o bitovnoj rezoluciji  $n$  dana je sljedećom približnom formulom::

$$L_{DR} \approx 6.02\text{dB} \times n \quad (3)$$

Podsjetimo, dinamički raspon definira se kao maksimalan odnos signal šum (engl. *signal to noise ratio*) za maksimalan signal koji nije izobličen (sasječen).[5]

Prilikom snimanja odabrana je bitovna rezolucija od 24 bita (bitovna rezolucija CD-audio standarda je 16 bita).

### 3. Uzorkovanje standardnog kompleta bubnjeva

Standardni komplet bubnjeva sastoji se od bas bubnja, doboša i tom-tom bubnjeva te tri osnovne činele: nožne, vodeće i rasprskavajuće. Svaki pojedini element ima svoj frekvencijski raspon i karakterističan zvuk što ćemo detaljnije opisati.

Bas bubanj (engl. *bass drum*) je element s najnižim tonom koji, glazbeno gledano, daje temelj ritmu. Uobičajeno se svira desnom nogom. Zvuk se proizvodi udarcem batića po koži koja je montirana na veliki cilindrični bubanj.

Doboš (engl. *snare drum*) jest osnovni element bubnjeva jer se nalazi u centru bubnjarskog kompleta te pruža snažna redovita naglašavanja. Standardno se svira lijevom rukom i pokriva širok frekvencijski raspon, od srednjih do visokih frekvencija. Zvuk se proizvodi udaranjem palicama po koži ispod koje se nalazi mrežica sastavljena od žica koje vibriraju i tako se dobiva karakterističan zvuk.

Broj tom-tom (engl. *tom-tom drum*) bubnjeva u bubnjarskom kompletu varira. To su bubnjevi koji proizvode srednje niske i srednje frekvencije ovisno o veličini bubnja. Također, sviraju se udaranjem palica po koži bubnja, napetoj na drvenom cilindru čiji promjer dirigira dubinu osnovnog tona. Tom-tom bubnjevi montirani su na rampu iznad doboša i bas bubnja a postoje i tom-tom bubnjevi koji stoje na podu (engl. *floor tom-tom drums*, ili kratko, *floor toms*).

Činele su također bitan element kompleta kao i sami bubnjevi. Ovisno o vrsti služe za održavanje ritma ili naglašavanje.

Nožna činela (engl. *hi-hat cymbal*) sastoji se od dvije činele koje pomoću pedale otvaramo i zatvarom i tako dobivamo različite zvukove. Služi kao praćenje i održavanje ritma. Frekvencijski gledano, kod svih činela dominantne su visoke frekvencije a s obzirom na oblik i veličinu svaka činela proizvodi karakterističan zvuk. Sviraju se udaranjem palica a vrsta proizvedenog zvuka ovisi o mjestu gdje je udarac.

Vodeća činela (engl. *ride cymbal*) ima sličnu ulogu kao i nožna ali druge zvukovne karakteristike. Može služiti za praćenje ritma ili naglašavanje.

Rasprskavajuća činela (engl. *crash cymbal*) ima najjači naglasak od svih bubnjarskih elemenata. Osim za naglašavanje koristi se kod sviranja krešenda (tal. *crescendo*) te kod većih promjena raspoloženja u pjesmi.[6]

Nadalje, činele koje se koriste u suvremenom bubnju a nisu standardne jesu prskajuća (engl. *splash*) i kineska činela (engl. *china*).

Postoje i drugi elementi bubnja koji se koriste u suvremenoj glazbenoj produkciji poput zvona (engl. *cowbell*) te tom-tom bubnjeva različitih veličina.

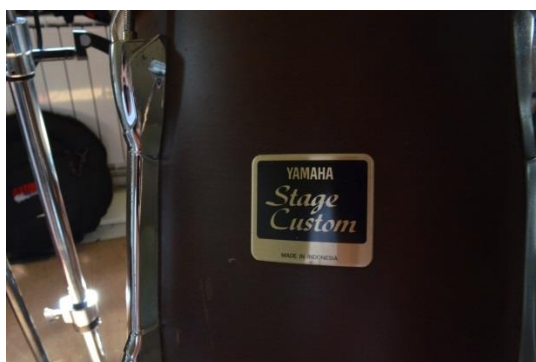
### 3.1. Prostorija za snimanje

Soba za snimanje i njezina akustika vrlo su bitan faktor kod snimanja svakog instrumenta pa tako i kod bubnjeva. Općenito, za rock i alternativnije žanrove koriste se veće prostorije gdje i bubnjevi zvuče veće dok se za jazz, blues i srodne žanrove koriste manje i gluše sobe gdje bubnjevi zvuče intimnije i suptilnije.

Soba koju smo imali na raspolaganju (dim. ŠxVxD: 3x2x4,5 m) je zahvaljujući drvenim zidovima pružala dobru akustiku s minimalnim refleksijama.

### 3.2. Bubanj i oprema za snimanje



Bubanj korišten za snimanje je marke Yamaha model Stage Custom (slika 2) uključujući Istanbul 17", Mehmet i Masterwok Iris činele. U svrhu dobivanja čim kvalitetnijeg audio zapisa pojedinačnih uzoraka korišteno je 4 različita mikrofona.



*Slika 2 Bubanj korišten za snimanje  
Yamaha Stage Custom*







Tablica korištenih mikrofona:

Naziv	Vrsta	Primjena
 <p>AKG D112</p>	Dinamički	Snimanje bas bubnja
 <p>Seinheiser Black Fire 521</p>	Dinamički	Snimanje tom-tom bubnjeva
 <p>Shure SM57</p>	Dinamički	Snimanje doboša
 <p>AKG P170</p>	Kondenzatorski	Snimanje činela i kao overhead mikrofona kod snimanja cijelog bubnja

Tablica korištene opreme kod snimanja i post-produkcije:

<b>Naziv</b>	<b>Tip opreme</b>	<b>Specifikacije</b>
Dell Inspiron N5050	Laptop	Intel core i5 4Gb RAM memorije Samsung SSD disk
Focusrite Saffire 6	Zvučna kartica	24-bitno USB sučelje 4 ulaza i 4 izlaza
M-Audio M-Track Eight	Zvučna kartica	24-bitno USB 2.0 sučelje 8 ulaza i 8 izlaza
Krk Rokit 6 G3	Studio monitori	Aktivni monitori sa 6" bas zvučnikom i 1" visokotoncem Frekvencijski raspon: 38Hz-35KhZ
Audio-Technica ATH- M70X	Studijske slušalice	Neutralan frekvencijski odaziv Frekvencijski raspon: 5hZ-40Khz
Ableton Live	Domaćinski program	Korišten za post- produkciju
Cubase 5	Domaćinski program	Korišten za snimanje

Tablica korištenih priključnih programa u post-produkciji:

Naziv	Opis
 <p data-bbox="379 701 576 734">FabFilter ProQ</p>	<p data-bbox="818 465 1337 611">Ujednačivač (engl. <i>equalizer</i>) je linearni obradnik koji se koristio za stišavanje i uklanjanje neželjenih frekvencija.</p>
 <p data-bbox="379 1037 576 1070">PSP ConsoleQ</p>	<p data-bbox="799 880 1361 1070">Ujednačivač izrađen prema klasičnim konzolskim ujednačivačima iz 70-ih godina prošlog stoljeća. Koristio se za pojačavanje frekvencija.</p>
 <p data-bbox="292 1417 663 1451">Wave Vintage Aural Exciter</p>	<p data-bbox="778 1216 1377 1361">Pobudnik harmonika (engl. <i>harmonic exciter</i>) služio je za dodavanje uhu ugodnih harmonika na postojeće zvukove.</p>
 <p data-bbox="300 1787 655 1821">Voxengo Voxformer Deesser</p>	<p data-bbox="823 1597 1337 1798">Nelinearni obradnik koji se koristio za smanjivanje određenih frekvencija kada prekorače određeni prag postavljen u decibelima</p>



Ableton Live Gate

*Gate* je nelinearni obradnik koji propušta samo zvuk koji prekorači određen prag u decibelima.



Wave NLS Summer

Nelinearni sumator (engl. *summer*) emulacija je starih analognih konzola i služio je da audio snimkama doda karakter, dubinu i harmonike.



U-he Satin Tape Machine

Emulacija magnetne vrpce, dodaje suptilnu saturaciju audio trakama i čini cjelokupnu snimku kompaktnijom.



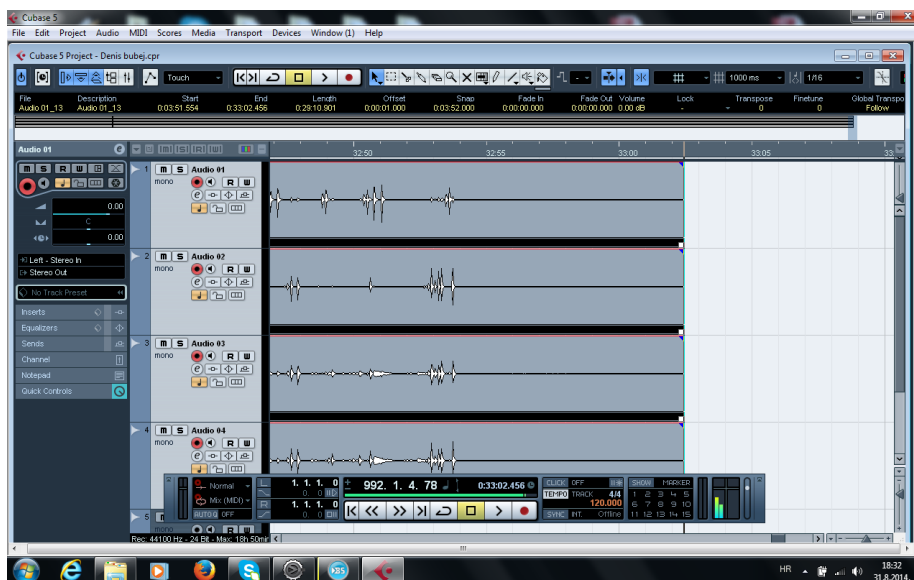
Lexicon Reverb

Emulacija analognog odjeka (engl. *reverb*) koristio se za dodavanje jeke audio trakama.

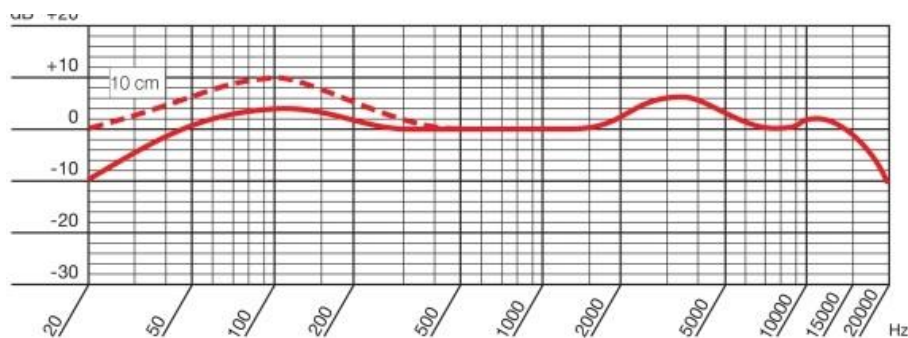
### 3.3. Postupak uzorkovanja pojedinih elemenata

#### 3.3.1. Bas bubanj

Za uzorkovanje bas bubnja korišten je mikروفон AKG D112 a snimanje se odvijalo u Cubase 5 (slika 3) domaćinskom programu pomoću M-Audio M-Track Eight zvučne kartice.



Slika 3 Snimanje u Cubase 5 domaćinskom programu



Slika 4 Frekvencijski odaziv AKG D112 mikroфона. (Preuzeto iz [7]).

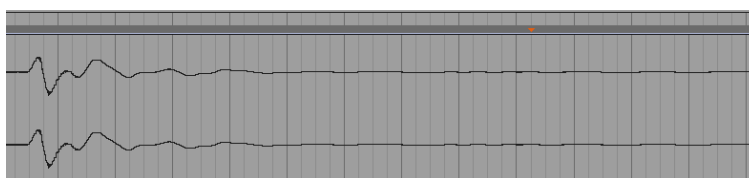
Na gornjem grafu (slika 4) možemo vidjeti frekvencijski odaziv mikroфона. Veći odaziv na području između 50 i 200 Hz te između 2 i 5 kHz znači da će kod snimljenog bas bubnja navedene frekvencije biti izraženije. Takav odaziv odgovara karakteristikama bas bubnja jer pojačava niže i srednje visoke frekvencije što znači da snimka ima izražen bas zadržavajući pritom višu frekvenciju udarca batića. Navedeni mikروفон može podnijeti 160dB SPL-a (engl. *sound pressure level* – razina zvučnog tlaka u decibelima) zbog čega je pogodan za snimanje glasnijih instrumenata poput bas bubnja.[7]

Mikrofon je pozicioniran unutar bas bubnja s vanjske strane (slika 4). Korištenjem jakne snimljeni materijal bio je kompaktniji i izoliraniji.



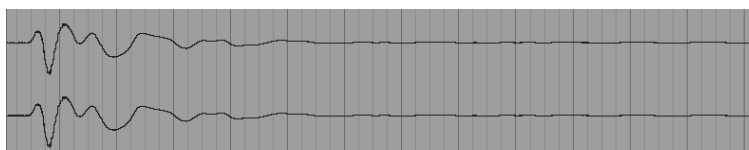
*Slika 5 Pozicioniranje mikrofona i korištenje jakne*

Na slici 6. prikazan je zapisani val bas bubnja bez obrade.



*Slika 6 Valni prikaz snimke bas bubnja*

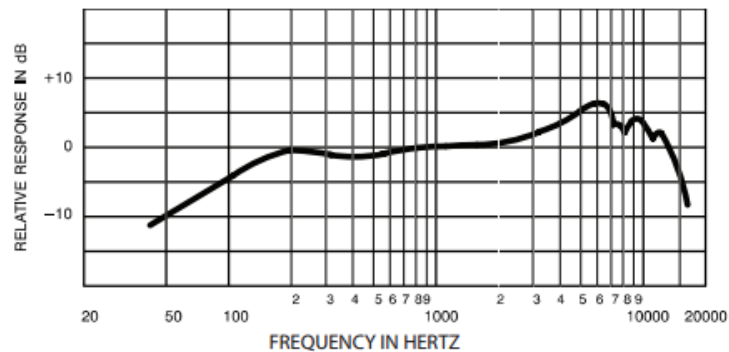
Koristeći ujednačivač *FabFilter ProQ* uklonjene su sve neželjene frekvencije do 25 Hz koje zauzimaju prostor u miksu a ljudskom uhu su nečujne. Pomoću *PSP ConsoleQ* ujednačivača pojačane su frekvencije oko 60 Hz i 1kHz. Na taj način sam pojačao niske frekvencije te istaknuo udarac batića koji se nalazi u višem dijelu frekvencijskog spektra. Korištenjem pobudnika harmonika *Waves* dodani su harmonici i pojačana je snimka bas bubnja. Slika 7 predstavlja valni prikaz bas bubnja nakon obrade navedenim priključnim programima.



*Slika 7 Valni prikaz bas bubnja nakon obrade*

### 3.3.2. Doboš

Doboš je sniman mikrofonom Shure SM57. To je dinamički mikrofoni čiji je frekventijski odziv veći u višim frekvencijama što se može isčitati iz dolje navedenog grafa (slika 8)



Slika 8 Frekventijski odziv Shure SM57 mikrofona. (Preuzeto iz [9]).

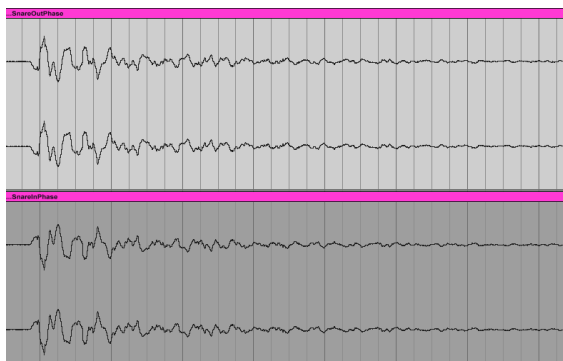
Osim većeg odziva u području koje započinje iznad 2 kHz, s vrhom na oko 6 kHz, ovaj mikrofoni ima manji odziv kod nižih frekvencija, ispod 200 Hz. Kod direktnih mikrofona poput ovog javlja se efekt blizine (engl. *proximity effect*). Mikrofoni postepeno pojačava niske frekvencije za 6 do 10 dB kada ga se stavi u neposrednu blizinu izvora zvuka.[9]

U svrhu dobivanja potpunije snimke korištena su dva Shure SM57 mikrofona. Mikrofoni pozicioniran iznad doboša bio je udaljen 5-7 cm i uperen u doboš (slika 9.) dok je drugi mikrofoni stavljen ispod doboša neposredno bliže. Kod mikrofona ispod doboša iskoristio se efekt neposredne blizine dobivajući tako snimku s više nižih frekvencija.



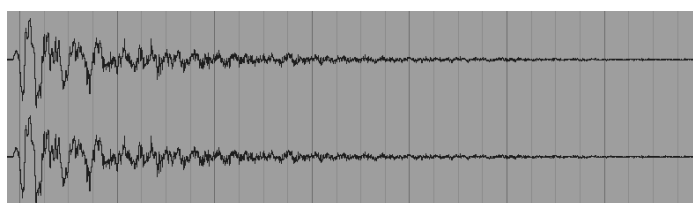
Slika 9 Pozicija mikrofona za snimanje doboša

Dvije snimke doboša bile su van faze, ali problem se otklonio koristeći priključni program *utility* pomoću kojeg su zamijenjene faze na jednom kanalu (slika 10). Drugi je način da se usklade faze pažljivo namještanje pozicije sporednog mikrofona (koji naglašava zvuk mrežice), tako da se faze poklope.



*Slika 10 Gornji valni prikaz: doboši van faze, donji valni prikaz: doboši u fazi*

Donji mikrophon bio je bliži mikrophon pa je pokupio više nižih frekvencija koje su ujednačivačem uklonjene. Pojačane su frekvencije oko 200 Hz i 2 kHz u svrhu dobivanja težeg zvuka koji će se kasnije nadopuniti na tanji i viši zvuk gornjeg mikrofona. Gornjem mikrophonu uklonjeno je više nižih frekvencija nego donjem. Također, pojačane su više frekvencije između 5 i 10 kHz u svrhu dobivanja zraka u snimci. Nakon ujednačavanja audio trake su grupirane i obrađene pobudnikom harmonika. Osim dodavanja harmonika poslužio je i da navedene trake zvuče kao cijelina (slika 11).

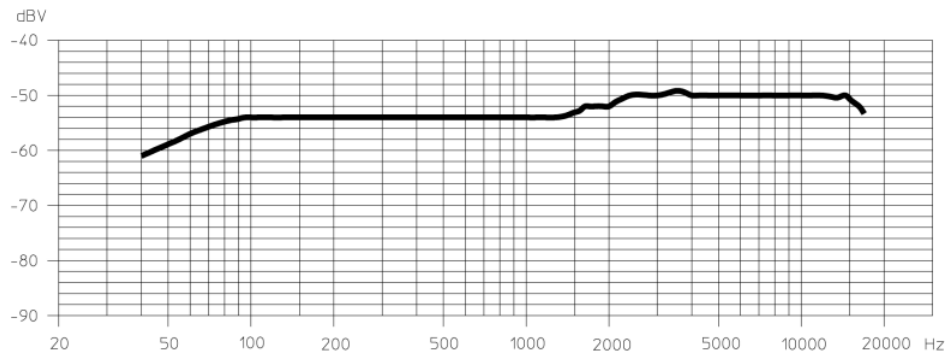


*Slika 11 Valni prikaz doboša nakon obrade*



### 3.3.3. Tom-tom bubnjevi

Za snimanje tom-tom bubnjeva korišten je mikروفон Seinheiser Black Fire 521. U dolje navedenom grafu (slika 12) možemo vidjeti da je mikروفон relativno transparentan uz malo veći odziv na području od 2 do 10 kHz.[11]



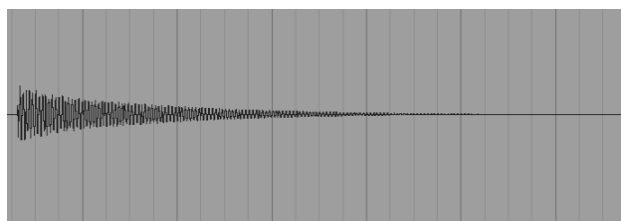
*Slika 12 Frekvencijski odziv Seinheiser Black Fire 521 mikrofona.  
(Preuzeto iz [11]).*

Mikrofoni su bili pozicionirani 7-10 cm iznad bubnja pod kutem od 45 stupnjeva i upereni prema bubnju (slika 13).



*Slika 13 Pozicija mikrofona  
za snimanje tom-tom bubnjeva*

Izvornoj snimci (slika 14) uklonjene su niske nečujne frekvencije te pojačane frekvencije na području oko 5 kHz. Pobudnikom harmonika dodani su harmonici u nižim frekvencijama. Slika 15 predstavlja valni prikaz visokog tom-tom bubnja nakon obrade.



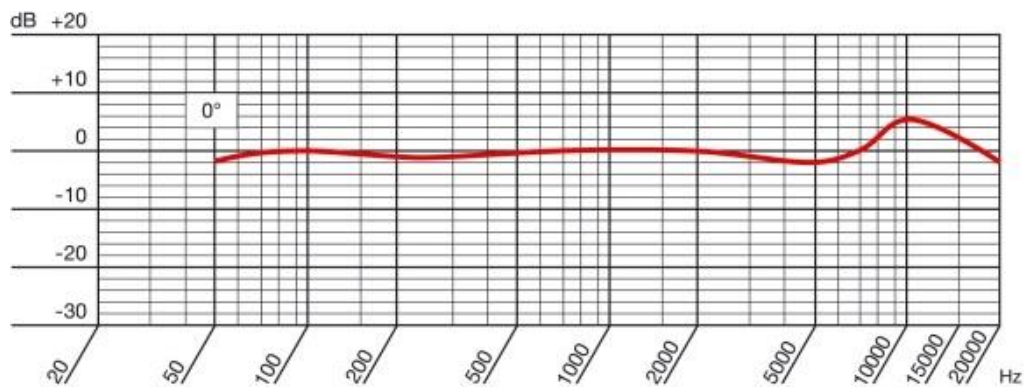
*Slika 14 Visoki tom-tom bubanj prije obrade*



*Slika 15 Visoki tom-tom bubanj poslije obrade*

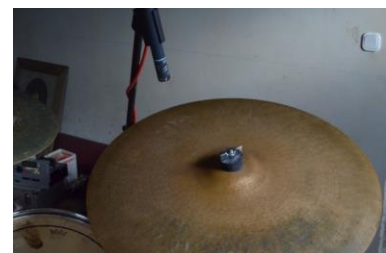
### 3.3.4. Činele

Sve činele snimane su AKG P170 kondenzatorskim mikrofonom. Iz grafa (slika 16) možemo vidjeti da je frekvencijski odaziv kroz spektar izjednačen do 5 kHz gdje je odaziv manji i nakon 10 kHz gdje je odaziv veći. Mikrofon može podnijeti jak zvučni tlak (do 155 dB) što je bitno kod snimanja glasnih instrumenata poput činela.[12]



Slika 16 Frekvencijski odziv AKG P170 mikrofona. (Preuzeto iz[12]).

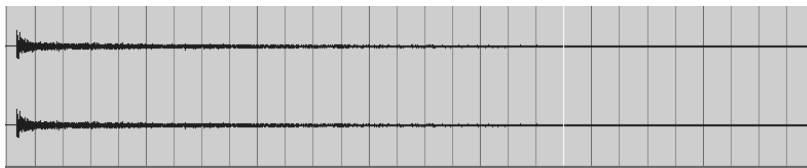
Za snimanje nožne i vodeće činele mikrofon je bio pozicioniran na pola puta od sredine do kraja činele na udaljenosti od 10-15 cm, dok je kod snimanja rasprskavajuće činele udaljenost bila veća (slika 17).



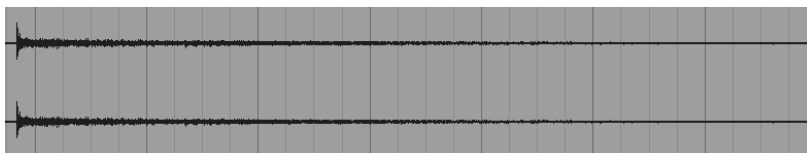
Slika 17 Pozicije mikrofona kod snimanja nožne, vodeće i rasprskavajuće činele

Kod svih činela uklonjene su frekvencije do 200 Hz a frekvencije u pojasu oko 10 kHz lagano su pojačane. Vodećoj čineli smanjene su neugodne rezonantne frekvencije na 1.5 i 2 kHz pomoću ujednačivača. Koristeći nelinearni obradnik *deeser* smanjene su frekvencije na 5 kHz

kod nožne činele te na 3 kHz kod vodeće činele. Za razliku od linearnog obradnika *deeser* smanjuje frekvencije samo kada one prekorače zadani prag u decibelima.[13]



*Slika 18 Nožna činela prije obrade*

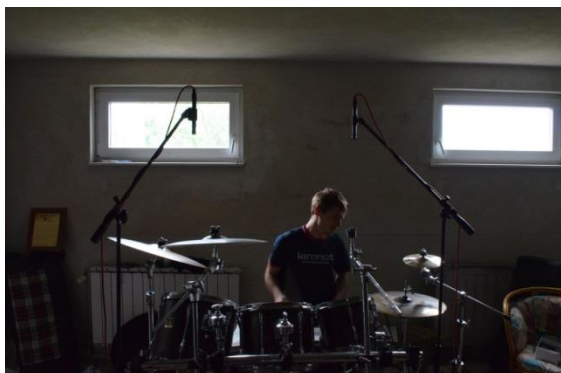


*Slika 19 Nožna činela nakon obrade*

## 4. Snimanje cjelovitih ritmičkih petlji

Snimanje cijelog bubnja zahtjevnije je od snimanja uzoraka. Svi mikrofoni uključeni u proces snimanja zapisuju audio zapise svih elemenata bubnja. Svaku snimku treba obraditi na način da je snimani element u prvom planu te da snimke zajedno zvuče kao cjelina.

Bubanj je ozvučen s 4 mikrofona: AKG D112 za snimanje bas bubnja, Shure SM57 za snimanje doboša te dva AKG P170 kondezatorska mikrofona koji su služili kao *overhead* mikrofoni. Pozicije mikrofona na bas bubnju i dobošu bile su jednake kao i pozicije kod snimanja uzoraka dok su dodatna dva mikrofona bila pozicionirana iznad bubnja s lijeve i desne strane (slika 20.). Postoje različite tehnike pozicioniranja dodatnih mikrofona kao što su X/Y koincidentni (podudarni) par, mid-side tehnike, ORTF i druge. U svrhu dobivanja šire stereo slike odlučio sam se za tehniku A/B razmaknuti par. To je ujedno i riskantnija tehnika jer često dolazi do problema s fazama a postoji i šansa pojavljivanja efekta češljastog filtra.[14]



Slika 20 Lijevo: pozicioniranje overhead mikrofona, desno: gate obradnik

Cilj je bio snimiti kratke ritmičke cijeline različitih tempa koje bi se kasnije mogle iskoristiti kao gotove dionice u aranžmanu. Cijeline su stilski drugačije da se mogu primjeniti na različite glazbene žanrove dok se tempo kretao od 85 do 120 BPM-a (engl. *beats per minute*).

Jednaki ujednačivači i pobudnik harmonika s jednakim parametrima kao i kod uzorkovanja korišteni su i ovdje. S obzirom da je mikrofoni koji je snimao bas bubanj snimio i druge elemente bubnja potreban je bilo izolirati samo bas bubanj. Za to je iskorišten obradnik *gate* koji propušta samo signal koji prekorači postavljeni prag (slika 20).

Za razliku od uzorkovanja ovdje je doboš sniman jednim mikrofonom pa je i post-produkcija prilagođena tome. Ujednačivačem *FabFilter ProQ* uklonjene su niske frekvencije do 100hz dok su se *PSP ConsoleQ* ujednačivačem suptilno pojačavale frekvencije na pojasu oko 500hz i 3khz.

Time se dobio teži i konkretniji doboš dok će više frekvencije nadopuniti *overhead* mikrofoni i time zaokružiti doboš u cijelinu. Koristio se i pobudnik harmonika s istim postavkama kao i kod uzorkovanja. Kao i kod bas bubnja bilo je potrebno zadržati samo zvuk doboša u snimci eliminirajući ostale elemente koje je mikrofonsnim snimio, iskorišten je obradnik *gate*.

Nako provjere jesu li *overhead* mikrofoni u fazi slijedila je post-produkcija. Dva kanala su grupirana te je svaki smješten u stereo sliku (25% lijevo i 25% desno). Kao što je i prije napomenuto ovi mikrofoni snimili su cijeli bubanj s time da su činele i doboš dominantni dok su niže frekvencije do 200 Hz uklonjene. Kod dionica gdje se sviraju tom-tom bubnjevi uklonjene su niže frekvencije do 50 Hz. Koristeći *PSP ConsoleQ* ujednačivač pojačane su frekvencije na pojasu između 4 i 10 kHz.

Sve audio trake grupirane su radi lakše primjene efekta. Cilj je obraditi sve audio trake zajedno da zvuče kao cijelina te im dodati malo analogne topline, karaktera, jeke te limiterom pojačati glasnoću. Za to su korištena 4 obradnika, *Waves NLS* (nelinearni obradnik) i *L2 Ultramaximizer*, *Satin Tape Machine* te *Lexicon Reverb*. *NLS* je emulacija triju starijih analognih konzola koje su korištene u poznatim svjetskim produkcijama. Audio snimci dodaje karakter, dubinu i uhu ugodne harmonike kakve očekujemo od analogne opreme. Izabranom *Nevo* konzolom dodani su harmonici.[15] Nakon *NLS*-a bilo je potrebno zalijepiti audio snimke zajedno emulacijom magnetske vrpce. *Satin* dodaje suptilnu saturaciju audio trakama te čini cijelokupnu snimku kompaktnijom.[17] Za pojačavanje signala korišten je *Wave L2 Ultramaximizer* kojim se pojačava signal tako da se smanji razlika između najglasnijeg i najtišeg signala, drugim riječima smanjuje se dinamika cijele trake u svrhu dobivanja glasnije snimke.[16] *Lexicon Reverb* je također emulacija poznatog analognog obradnika kojim je dodano malo jeke na kanale doboša i dodatnim mikrofonomima.

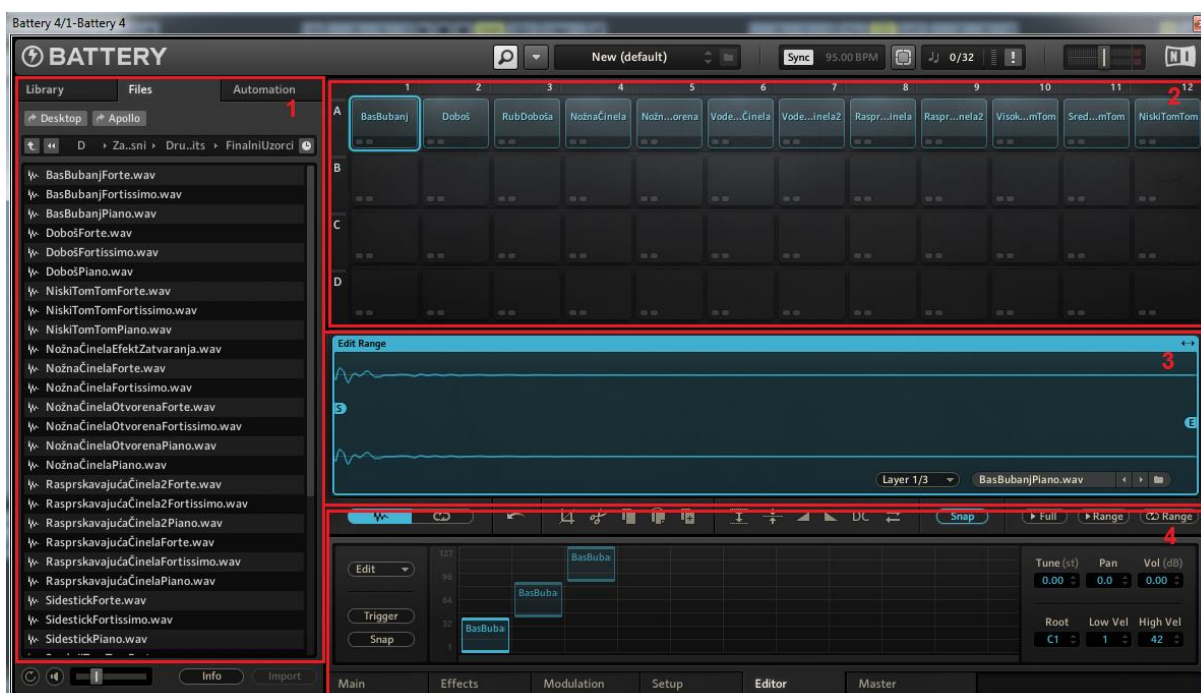
Tablica s popisom napravljenih ritmičkih petlji:

#	Naziv	Tempo (BPM)
1.	SlowFunk.wav	85
2.	SlowFunkCrash.wav	85
3.	SlowFunkCrash2.wav	85
4.	R'n'bSidestick.wav	85
5.	R'n'bShuffle.wav	85
6.	R'n'bSnare.wav	85
7.	R'n'bSwing.wav	85
8.	SowRock.wav	85
9.	FastHats.wav	85
10.	TomsSwing.wav	95
11.	StraightGrooveOpen.wav	105
12.	StraightGrooveClosed.wav	105
13.	DiscoSidestick.wav	110
14.	RockShuffle.wav	110
15.	DiscoRide.wav	110
16.	AlternativeShuffle.wav	120
17.	DiscoSnare.wav	120
18.	DiscoSidestickFast.wav	120
19.	RockFast.wav	120
20.	JazzSwing.wav	125
21.	Cha-chaOpenHat.wav	125
22.	Cha-chaStraight.wav	125
23.	FastFunk.wav	125
24.	PunkRock.wav	130
25.	FastJazzSwing.wav	135
26.	HalfBeat.wav	135
27.	Cha-chaFast.wav	145

## 5. Kreiranje bubnjarskih mapa

Bubnjevi su uzorkovani s ciljem da se kasnije mogu upotrijebiti na suvremenim uzorkovačima i ritam strojevima. Uzorci su spremljeni u *wav* formatu tako da se mogu koristiti na većini uzorkovača. U ovom poglavlju biti će opisana priprema i rad s uzorcima u *Battery 4* uzorkovaču.

*Battery 4* najnovija je inačica poznatog ritam stroja proizvođača *Native Instruments*. Korišten je kao priključni program u *Ableton Live* domaćinskom programu a može se koristiti i kao samostalni program bez potrebe za domaćinskim programom.[18]



Slika 21 Sučelje priključnog programa Battery

Na gornjoj slici prikazano je sučelje programa *Battery* koje se sastoji od:

1. baze uzoraka
2. ćelija u koje učitavamo uzorke
3. valnog prikaza uzoraka u nevedenoj ćeliji
4. uređivača i obradnika uzoraka

Svaki uzorkovani element bubnja podijeljen je na 3 različite glasnoće, *piano*(tiho), *forte*(glasno) i *fortissimo*(jako glasno). S obzirom na jačinu pritiska tipke uzorkovača aktivirati će se odgovarajući uzorak. Na taj način će kreirani ritmovi zvučati prirodnije.



Tablica s popisom izrađenih uzoraka:

Element	Naziv 1. elementa	Naziv 2. elementa	Naziv 3. elementa
Bas bubanj	BasBubanjPiano.wav BasBubanjForte.wav BasBubanjFortissimo.wav		
Doboš	DobosPiano.wav DobosForte.wav DobosFortissimo.wav	RubDobosaPiano.wav RubDobosaForte.wav RubDobosaFortissimo.wav	
Tom-tom bubanj	NiskiTomTomPiano.wav NiskiTomTomForte.wav NiskiTomTomFortissimo.wav	SrednjiTomTomPiano.wav SrednjiTomTomForte.wav SrednjiTomTomFortissimo.wav	VisokiTomTomPiano.wav VisokiTomTomForte.wav VisokiTomTomFortissimo.wav
Nožna činela	ZatvorenaNoznaCinelaPiano.wav ZatvorenaNoznaCinelaForte.wav ZatvorenaNoznaCinelaFortissimo.wav	OtvorenaNoznaCinelaPiano.wav OtvorenaNoznaCinelaForte.wav OtvorenaNoznaCinelaFortissimo.wav	
Vodeća činela	VodecaCinelaPiano.wav VodecaCinelaForte.wav VodecaCinelaFortissimo.wav	VodecaCinelaZvonoPiano.wav VodecaCinelaZvonoForte.wav VodecaCinelaZvonoFortissimo.wav	
Rasprskavajuća činela	RasprskavajucaCinelaPiano.wav RasprskavajucaCinelaForte.wav RasprskavajucaCinelaFortissimo.wav	RasprskavajucaCinelaZvonoPiano.wav RasprskavajucaCinelaZvonoForte.wav RasprskavajucaCinelaZvonoFortissimo.wav	

*Battery* se sastoji od ćelija u koje se učitavaju uzorci. Naredbom *new kit* kreiramo novu bubnjarsku mapu. Bubnjarski elementi raspoređeni su po ćelijama kroz dvije oktave (12 elemenata) prateći standardnu MIDI notaciju. Svaki element pridružen je jednoj klavirskoj tipki (tipke i pridruženi elementi navedeni su u tablici ispod). U svakoj ćeliji učitana su 3 uzorka istog elementa za različite glasnoće (slika 21). Naredbom *save kit as* bubnjarska mapa je spremljena u .nbkt formatu koji koristi *Battery* pod imenom *YamahaStageCustom\_Stefanic*.

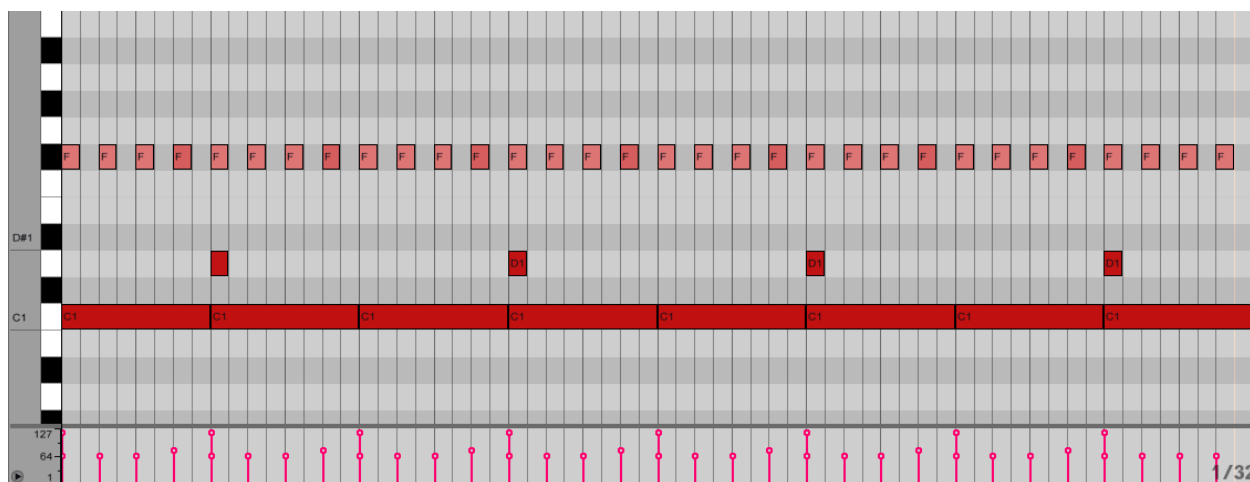
Tablica klavirskih tipki i pridruženih elemenata:[21]

Tipka	C1	C#1	D1	F1	F#1	A#1
Element	Bas bubanj	Rub doboša	Doboš	Niski tom-tom	Zatvorena nožna činela	Otvorena nožna činela
Tipka	B1	C2	C#2	D#2	F2	A2
Element	Srednji tom-tom	Visoki tom-tom	Rasprskavajuća činela	Vodeća činela	Vodeća činela zvono	Rasprskavajuća činela zvono

## 6. Kreiranje ritmičkih cjelina

Ritmičke cijeline kreirane su u domaćinskom programu *Ableton Live* koristeći uzorkovač *Battery 4* i bubnjarsku mapu *YamahaStageCustom\_Stefanic*. Svrha kreiranja ritmičkih cijelina je demonstracija snimljenih uzoraka te usporedba programiranih i uživo odsviranih ritmova.

S obzirom da je svaki element bubnja pridružen jednoj tipki na klaviru programiranje se odvija u *piano roll* sučelju u domaćinskom programu *Ableton Live* (slika 22).



Slika 22 Piano roll domaćinskog programa *Ableton Live*

Na gornjoj slici prikazan je jednostavan ritam koji se sastoji od bas bubnja (tipka C), doboša (tipka D) i nožne činele (tipka F#). Ispod tipki prikazana je glasnoća svakog udarca (engl. *velocity*) brojevima od 1 do 127. Boja kućica je prema tome svjetlija (tiši udarac) ili tamnija (jači udarac).

Kreirano je nekoliko ritmova sličnih onima koji su snimani u poglavlju 4. radi lakše usporedbe. Razlika između snimljenih i programiranih ritmičkih cijelina je očita, snimljene ritmičke cijeline zvuče prirodnije s više dinamike i ljudskog osjećaja dok programirane podsjećaju na ono što i jesu, ritam strojevi. Postoji nekoliko načina kako programirati cijelinu da zvuči prirodnije. *Battery 4* nudi opciju *humanize* koja automatski sve note polako pomiče par milisekundi naprijed ili nazad te prilagođava glasnoću svakog udarca da ritmička cijelina zvuči dinamičnije. Za još prirodniju ritmičku cijelinu potrebno je ručno pomicati udarce te im mijenjati glasnoću u domaćinskom programu.

Osim razlika u dinamici i ljudskom osjećaju očigledna je još jedna razlika. Programirana ritmička cijelina zvuči izrazitije i čišće od snimljene. Razlog tome je što uzorke možemo

obrađivati neovisno o drugim elementima te na taj način osigurati da svaki element zvuči najbolje moguće.

## 7. Zaključak

U ovom radu opisan je i ostvaren postupak uzorkovanja zvukova standardnog kompleta bubnjeva te je opisana njihova priprema za uporabu u digitalnoj glazbenoj produkciji. Zadatak je ostvaren s pomoću teorijskog i praktičnog znanja stečenog na audiokolegijima Studija multimedije te dodatnim samostalnim radom i proučavanjem dodatne literature. Opisano je s kojim se sve preprekama i izazovima glazbeni producent susreće kada se upušta u proces snimanja bubnja.

Detaljno je obrazložen proces uzorkovanja te su navedene njegove odrednice s obzirom na frekvenciju i bitovnu rezoluciju. U našem slučaju odabrana je frekvencija uzorkovanja od 44.1 Hz te bitovna rezolucija od 24 bita, što se pokazalo zadovoljavajućim odabirom.

Uz opis prostorije za snimanje navedena je sva oprema koja se koristila za snimanje i obradu audio zapisa. Općenito je opisan standardni komplet bubnja te su navedene karakteristike svakog elementa koje su nam kasnije služile za pravilno pozicioniranje mikrofona i obradu audio zapisa.

Kod uzorkovanja pojedinih elemenata opisane su karakteristike i pozicije mikrofona kojima se snimalo. Za snimanje bas bubnja uporabljena je standardna pozicija unutar bas bubnja. Doboš je uz glavni mikrofonski, postavljen odozgo, sniman i pomoćnim mikrofonom koji je hvatao zvuk mrežice, postavljen ispod doboša. Za snimanje tom-tom bubnjeva korištene su standardne pozicije iznad bubnja. Pozicioniranje mikrofona kod snimanja činela ovisilo je o jačini zvuka koja pojedina činela proizvodi.

Nadalje, objašnjen je postupak obrađivanja zapisa svakog elementa priključnim programima te njegova problematika.

Pored uzorkovanja pojedinih elemenata snimljene su i cjelovite ritmičke petlje, za koje je bubanj bio ozvučen X/Y metodom u svrhu dobivanja šire stereo slike. Opisana je razlika između snimanja uzoraka i ritmičkih petlji te su navedene tehnike snimanja ritmičkih petlji. Kao i kod uzorkovanja opisan je proces snimanja uključujući korištene mikrofonske i njihove pozicije te obrade zapisanih audio traka.

Opisan je način kreiranja bubnjarskih mapa pomoću *Battery* ritam stroja. S obzirom da većina uzorkovača prepoznaje *wav* audio format, ovakav način kreiranja bubnjarskih mapa može se primjeniti i na druge uzorkovače i ritam mašine. Kreirana mapa spremljena u *.nbkt* formatu kompatibilna je s *Battery* ritam strojem pa se lako može pozvati u taj program.

Koristeći bubnjarsku mapu kreirani su ritmovi slični onima koji su snimljeni. Uspoređeni su ritmovi i zaključeno je da programiranim ritmovima nedostaje ljudskog osjećaja i dinamike. U svrhu dobivanja čim prirodnijeg programiranog ritma koristim opciju *humanize* koju nudi *Battery 4*. Kod ritam strojeva koji nemaju sličnih opcija potrebno je ručno pomicati udarce te im

mijenjati glasnoću u domaćinskom programu. Nadalje, snimljene petlje zvuče prirodnije, ali su ovisne o tempu u kojem su odsvirane i nemaju mogućnosti variranja, ostvarenja prijelaza i drugih glazbenih konstrukcija koje čine pjesmu zanimljivom i tečnom. Zbog načina snimanja uzoraka i mogućnosti obrade programirane petlje zvuče čišće, svaki je element bubnja izrazitiji i jasnije istaknut od ostalih, te je takav pristup pogodniji za suvremenu pop i plesnu (engl. *dance*) glazbu.

Ovim radom demonstrirano je kako se i u uvjetima poluprofesionalnog studija mogu snimiti zadovoljavajući uzorci zvukova bubnja i ritmičke petlje koje se kasnije mogu iskoristiti u digitalnoj glazbenoj produkciji.

## 8. Literatura

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling\\_\(signal\\_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling_(signal_processing))
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter)
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon\\_sampling\\_theorem](https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem)
- [4] A.Olshausen: Aliasing , 10 listopad 2000.
- [5] R. Logožar, Audio inženjerstvo, slikokliz predavanja za kolegij Zapis i obrada zvuka 1 i 2, Sveučilište Sjever, 2008.
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Drum\\_kit](https://en.wikipedia.org/wiki/Drum_kit)
- [7] [http://cloud.akg.com/8296/d112\\_manual.pdf](http://cloud.akg.com/8296/d112_manual.pdf)
- [8] <http://www.soundonsound.com/sos/feb03/articles/drummiking.asp>
- [9] [http://cdn.shure.com/user\\_guide/upload/1554/us\\_pro\\_sm57\\_ug.pdf](http://cdn.shure.com/user_guide/upload/1554/us_pro_sm57_ug.pdf)
- [10] <http://www.soundonsound.com/sos/jun08/articles/kickandsnare.htm>
- [11] <http://www.manualslib.com/manual/524207/Sennheiser-Bf-521-li.html#manual>
- [12] [http://cloud.akg.com/10572/20140319\\_bda\\_p170\\_de\\_en\\_fr\\_es.pdf](http://cloud.akg.com/10572/20140319_bda_p170_de_en_fr_es.pdf)
- [13] <http://modernmixing.com/blog/2013/05/16/cutting-hi-hats-instead-of-boosting/>
- [14] <http://blog.shure.com/five-techniques-for-stereo-miking-drums/>
- [15] <http://www.waves.com/1lib/pdf/plugins/nls-non-linear-summer.pdf>
- [16] <http://www.waves.com/1lib/pdf/plugins/12-ultramaximizer.pdf>
- [17] <http://uhedownloads.heckmannaudiogmb.netdna-cdn.com/manuals/Satin-user-guide.pdf>
- [18] [http://www.nativeinstruments.com/fileadmin/ni\\_media/downloads/manuals/BATTERY\\_4\\_MANUAL\\_EN\\_DE\\_ES\\_FR\\_JP\\_2014\\_09.zip](http://www.nativeinstruments.com/fileadmin/ni_media/downloads/manuals/BATTERY_4_MANUAL_EN_DE_ES_FR_JP_2014_09.zip)
- [19] Michael Hewitt: Music Theory For The Computer Musicians, 2008.
- [20] R. Logožar, M. Lajtman, The Music production of a rockabilly composition with addition of the big band brass sound, Tehnical Journal, Polytechnic of Varaždin, 1/2011.
- [21] <http://cs.uccs.edu/~cs525/midi/midi.html>