

# Akustika tambure

---

Schweizer, Stjepan

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Academy of Music / Sveučilište u Zagrebu, Muzička akademija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:116:452382>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



Repository / Repozitorij:

[Academy of Music University of Zagreb Digital Repository - DRMA](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU MUZIČKA AKADEMIJA

VIII. ODSJEK

STJEPAN SCHWEIZER

# AKUSTIKA TAMBURE

DIPLOMSKI RAD



ZAGREB, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU MUZIČKA AKADEMIJA

VIII. ODSJEK

# AKUSTIKA TAMBURE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Kristian Jambrošić

Student: Stjepan Schweizer

Ak. god. 2020./2021.

ZAGREB, 2021.

DIPLOMSKI RAD ODOBRILO MENTOR

prof. dr. sc. Kristian Jambrošić

\_\_\_\_\_  
Potpis

U Zagrebu, \_\_\_\_\_

Diplomski rad obranjen \_\_\_\_\_ ocjenom \_\_\_\_\_.

POVJERENSTVO:

1. prof. dr. sc. Kristian Jambrošić \_\_\_\_\_

2. dr.sc. Nikolina Matoš \_\_\_\_\_

3. red.prof. art. Tomislav Uhlik \_\_\_\_\_

OPASKA:

PAPIRNATA KOPIJA RADA DOSTAVLJENA JE ZA POHRANU KNJIŽNICI

MUZIČKE AKADEMIJE ZAGREB

## PREDGOVOR

Zahvaljujem se graditeljima tambura Zvodimiru Edelinskom, Juraju Jurčiću, Đuri Zariću, profesoru Veljku Valentinu Škorvagi i graditelju gitara Pavlu Severu na nesebičnom pružanju informacija i odgovaranju na postavljena pitanja u vezi gradnje tambura i gitara. Veliku zahvalnost dugujem i svojem mentoru Kristianu Jambrošiću, te Franji Pećariću na pomoći pri izvođenju svih eksperimenata. Zahvaljujem svojoj sestri Josipi Schweizer Matić koja je lektorirala ovaj rad, svim ljudima koji su sudjelovali u anketi, te svojoj obitelji i svim dragim prijateljima na stalnoj podršci u pisanju rada, ali i tijekom cijelog studija.

## **Sažetak**

### **Akustika tambure**

Cilj ovog rada jest doprinijeti razvoju tambure kao glazbeno-praktičnoj disciplini, doprinošenje kulturi izrade instrumenata, te njezina optimizacija i popularizacija. Ovaj rad sastoji se od pet glavnih dijelova. U prvom dijelu objašnjava se povijesni pregled i građa tambure. U drugom dijelu nalaze se intervjui graditelja tambura čije informacije su pomogle usmjeriti istraživanje. U trećem dijelu opisuje se zvuk radi pojašnjavanja same prirode istraživanja. U četvrtom dijelu je anketa koja je napravljena radi statistike kvalitete zvuka sedam bisernica, dok peti dio prikazuje frekvencijsku analizu spektra tih istih sedam bisernica. U eksperimentima su se povezali rezultati ankete, te snimanje u gluhoj komori kojim su dobiveni frekvencijski spektri bisernica. Pritom su mijenjani parametri poput položaja trzanja, odabira praznih žica, vrste trzalica te načina trzanja.

**Ključne riječi:** tambure, bisernica, frekvencijski spektar, glazbalarstvo, drvo, akustika, zvuk

## **Summary**

### **Acoustic of tamburitza**

The aim of this paper was to contribute to teaching tamburitza as a musical-theoretical discipline, optimization and popularization. This thesis has five main parts. The first part talks about the history and parts of tamburitza. The second part describes interviews made with the makers of musical instruments whose information helped directly with this research. The third part describes the sound and the nature of this research. The fourth part describes an online survey made for the purpose of making statistics about sound quality of seven tamburitzas. The fifth part describes the frequency spectrum analysis of those seven tamburitzas. A connection is made between the online survey and the frequency spectrum analysis. Sounds of tamburitza were recorded in anechoic chamber, resulting in recorded frequency spectra for each tamburitza. While performing there were 4 parameters that were being changed: - the position of plucking, the selection of empty strings, different kinds of picks and varying techniques of plucking.

**Key words:** tamburitza, bisernica, frequency spectrum, analysis, musical instruments crating, wood, acoustic, sound

## Sadržaj

1. UVOD.....	7
2. POVIJEST TAMBURE .....	7
3. GRAĐA TAMBURE.....	8
4. INTERVJUI.....	11
4.1. Priprema pitanja i informiranje .....	11
4.2. Podatci dobiveni iz intervjua .....	13
4.2.1. Nabavka drveta.....	18
4.2.2. Usporedba sa graditeljem gitara .....	21
4.2.3. Industrija .....	22
4.2.5. Zanimljivosti intervjua .....	23
4.3. Poznati graditelji tambura u Hrvatskoj i Srbiji .....	23
5. ZNAČAJKE ZVUKA .....	24
6. UZORI PREMA KOJIMA SU EKSPERIMENTI RAĐENI .....	25
6.1. Kratak opis istraživanja vezanog za akustiku gitare .....	26
6.2. Osnovne postavke eksperimenta .....	28
7. ANKETA .....	30
8. EKSPERIMENTI.....	32
8.1. Opće specifikacije sljedećih mjerenja .....	32
8.1.1. Eksperiment 1: Analiza frekvencijskog spektra pojedinačnih tonova i usporedba s rezultatima ankete .....	33
8.1.2. Eksperiment 2: Usporedba frekvencijskog spektra različitih trzalica .....	35
8.1.3. Eksperiment 3: Tehnike trzanja .....	37
8.1.4. Eksperiment 4: Razlika frekvencijskog spektra u ovisnosti o mjestu trzanja .....	38
8.1.5. Eksperiment 5: Impulsni odziv bisernice.....	39
9. ZAKLJUČAK .....	42
10. LITERATURA.....	44
10.1. Intervjui .....	44
10.2. Knjige.....	44
10.3. Diplomski radovi.....	44
10.4. Članci .....	44
10.5. Internetski izvori.....	45
11. PRILOZI .....	46
11.1. Popis slika .....	46



## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu moguće je pronaći kratku povijest tambure, relativno detaljno opisanu opću građu instrumenta tambure, te neke od specifičnosti izrade tambure prenesene iz prve ruke preko intervjua sa graditeljima tambure, graditelja gitare te stručna zapažanja profesora tambure. Osim toga, kratko pojašnjava definiciju zvuka i usko povezanih pojmova poput stojnog vala, harmonika, frekvencijskog spektra i sl. Glavni dio rada donosi akustičku analizu frekvencijskog spektra sedam različitih bisernica, te evaluaciju kvalitete odsviranih tonova dobiven iz online ankete. Također se pokušalo provjeriti neke od opće poznatih tvrdnji među tamburašima poput nepoželjnog zvuka, ne okomitog trzanja žice i ovisnosti boje tona o položaju trzanja ruke. Mnogi od podataka dobiveni su direktno iz intervjua sa graditeljima tambura, te su njihove sugestije uvelike utjecale na tijek i smjer istraživanja. Rad uspoređuje rezultate sličnog istraživanja srodnog žičanog instrumenta, gitare. Na kraju rada je zaključak oblikovan iz iznesenih činjenica i mjerenja kojima se pokušalo smjestiti zvuk tambure na egzaktno područje frekvencijskog spektra.

## 2. POVIJEST TAMBURE

Tambura je folklorno, žičano, trzalačko glazbalo hrvatske tradicijske glazbe. Donijeli su je Turci u 15 stoljeću, a najstariji zapis o tamburi datira iz 1551. godine, gdje je tambura spomenuta u putopisu N. Nicolaja. Najstarija sačuvana tambura potječe iz 1847. godine i čuva se u muzeju u Osijeku, gdje je Pajo Kolarić osnovao prvi tamburaški ansambl, a negdje u tom periodu je postala tradicijski instrument Slavonije i Vojvodine.

Prva starogradska (varoška) pjesma bila je „Miruj, miruj srce moje“, a prvi „Festival tamburaške glazbe“ započinje u Osijeku 1961. godine. Preko preteča tambure koje se spominju u asirskoj povijesti i likovnim spomenicima u Tebi i Egiptu, te Mezopotamiji, ljudi je nose sve do južnih dijelova Makedonije, Kosova i BiH preko kojih je seobom Bunjevaca i Šokaca prenesena u Slavoniju. Transformirala se u instrument plemenitog tona i velikih glazbenih mogućnosti. Ime tambure potječe od perzijske riječi “t-n”, što bi u prijevodu

značilo žica. Oblik tambura koje se koriste u današnje vrijeme, razvijen je u Mađarskoj u Budimpešti početkom 20. stoljeća radom graditelja violina. Kao primjer za oblik modernih tambura poslužila im je "mala bečka gitara".<sup>1</sup> Tambura je originalni solo instrument i tako se koristila sve do sredine 19. stoljeća kada su je zvali „samica“, najstariji instrument na ovim područjima, no danas se većinom svira u komornim sastavima ili orkestrima. Njezin razvoj je drugačiji od većine glazbenih instrumenata, jer je iz solističkog postala orkestralno glazbalo. Tambure su se razvile u više vrsta kako bi mogle odsvirati tonove različitih frekvencija pa se tako za visoke frekvencije koriste manje tambure s tanjim žicama, dok se za sve niže frekvencije koriste veći instrumenti s većom rezonantnom kutijom te debljim žicama. One mogu biti ugođene u G, D, A ili E sustavu. U ovom eksperimentu korištene su bisernice E štima. Žice se ugađaju po kvartama. U nastavku su poredane tambure od najmanjih prema najvećima: bisernice (prim), brač (basprim), bugarija (kontra), čelo, čelović, berda (bas ili begeš). Razvoj tambure u Hrvatskoj je povezan s razvojem školstva gdje se razvijaju mali tamburaški sastavi, u kojima su učenici relativno jednostavno postizali višeglasno složno muziciranje.<sup>2</sup> Jedna od prednosti je da se nakon otprilike 6 mjeseci rada s orkestrom može nastupiti na koncertu s jednostavnijom skladbom, što znači, da se vrlo rano dolazi u kontakt s publikom. Kao dokaz napretka tambure kroz povijest, služi i činjenica da su otvorena dva studija za tamburu; u Zagrebu akademske 2019./2020. godine petogodišnji instrumentalni studij, i u Osijeku akademske 2017./2018. tri godine instrumentalnog studija i dvije godine „Tamburaškog umijeća“. Danas postoje dva profesionalna orkestra u Hrvatskoj, a to su Hrvatski tamburaški orkestar HRT-a i tamburaški ansambl Lado. Tamburi srodni tradicijski instrumenti su: mandolina (Italija), balalajka (Rusija), domra (Ukrajina), buzuki (Grčka), banjo (Amerika).

### 3. GRAĐA TAMBURE

Tambura se sastoji od rezonantnog trupa, vrata i glave (*slika 1*). Trup je izdubljen iz javorova, kruškova, jablanova ili lipova drva, a ponekad se nađe i od kornjačinog oklopa. Može se izrađivati iz jednog komada drveta ili od tankih savijenih dasaka. **Glasnjača** je napravljena od mekog drva većinom smrekova, ali i jelova drva ili cedra. Gornji dio glasnjače dijelom je prekriven tvrdim drvom tzv. **furnirom** da se trzalicom ne bi oštetio. Na njoj se

---

<sup>1</sup> Bat, D. Konstrukcija i izrada tambure, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2018.

<sup>2</sup> Pečarić, F. Početnice za tamburu bisernicu, Muzička akademija Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2019.

nalaze zvučni otvori, te ima 8-24 rupa (odušak ili jasnice). **Rupe** postoje da bi se zvučna energija titraja žica amplificirana od strane glasnjače, te projicirala u okolinu izvan tijela. Tijelo služi kao rezonantna kutija s jednom rupom, jer ako instrument ima više rupa njihova površina se zbraja i izlazna zvučna energija opet računa kao da je rezonantna kutija s jednom rupom.



*Slika 1: Građa bisernice*

**Vrat** tambure je s jedne strane zaobljen, a s druge ravan. Na ravnoj strani, **hvataljki** koja se često radi od ebanovine, nalaze se metalni **pragovi** koji su raspoređeni tako da tvore kromatski niz. **Glava** je napravljena u piljastu ili pužoliku obliku, te se na njoj nalazi **mehanika za ugađanje žica** (mašinicke ili navijače), koje služe ugađanju žica tambure. Zakretanjem se **žice** zatežu ili otpuštaju za dobivanje određene frekvencije. Vanjska površina tijela tambure (osim hvataljke) se lakira. Žice bisernice se napinju silom od 100 – 150 N.<sup>3</sup> Između glave i vrata se nalazi **kobilica** koji ima urezane udubine za žice. Na glasnjači se nalazi **konjić** preko koje žice prenose titraje na glasnjaču, također s urezima za žice koje se na

<sup>3</sup> Bat, D. Konstrukcija i izrada tambure, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2018.

kraju trupa s bočne strane kače na **zapinjače** (ili klinove), preko kojih je nataknut **štitnik**, koža koja služi da se ne oštete i poremete klinovi, te kao zaštita od grebanja šake.

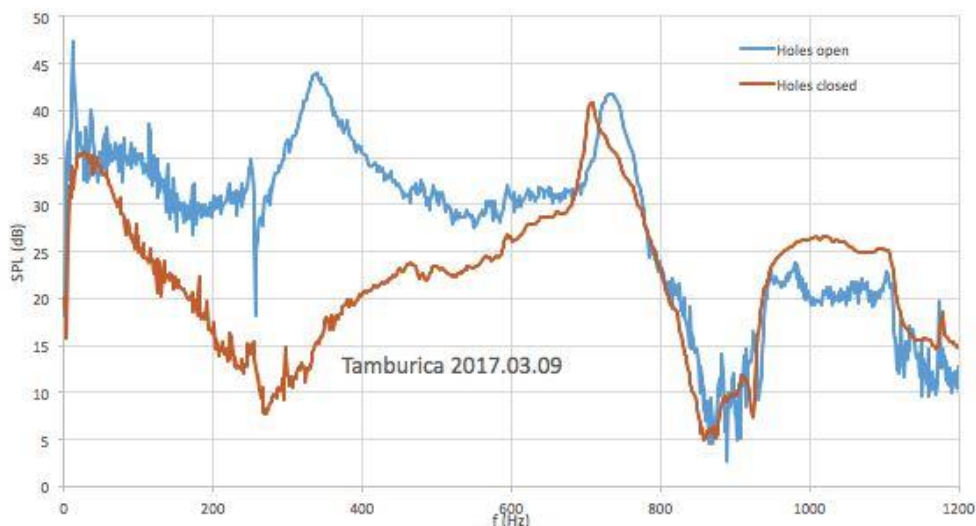
Dužina bisernice je otprilike 37 cm, brač, čelo i kontra cca. 70 do 95 cm, bas 140 – 200 cm. Menzura je dužina između kobilice i konjića. Oblik i dimenzije su po uzoru na violinu i gitaru izvedene iz intervala glazbene ljestvice, dijelovi načinjeni u omjerima ljestvice te zbog toga proizvode tonove čistih alikvotnih nizova. Što to znači? Nakon definiranja menzure, dimenzije tambura su izvedene kao što slijedi: odnos dužine korpusa i menzure odgovara odnosu brojeva 3:4, što čini interval kvarte glazbene ljestvice kao i odnos širine struka i širine malih obraza korpusa koji je također u odnosu kvarte. Nadalje, u konstrukciji se pojavljuju odnosi velike terce, velike sekste, kvinte, velike septime te oktave u konstrukciji te je vidljivo da bi tambura trebala stvarati čiste oktave, terce, kvarte, kvinte, sekste i septime.<sup>4</sup> Trzalica se drži između palca i kažiprsta. Danas su napravljene od plastičnih ili celuloidnih tvari, silikona, a nekada su bile rađene od kostiju, rogova krave ili bika, zatim od višnjine kore ili od orlova, paunova pera. No i danas se znaju koristiti trzalice od kosti što je spomenuto kasnije u radu. Primarni mod bisernice je na 340 Hz, a primarni mod drveta je na 740 Hz.<sup>5</sup> U mjerenju vibracija otvorenih naspram zatvorenih rupa na instrumentu utvrđeno je da sa zatvorenim rupama zrak ne može pobjeći što stvara manji volumen zraka nego kada su rupe otvorene, ne stvara se „air mode“ što znači da se niže frekvencije instrumenta ne projiciraju (*Slika 2*).<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> Ralašić I. Električna tamburica, završni rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, Zagreb, 2014., str. 6

<sup>5</sup> UBC Wiki. 2017. The Croatian Tamburica's Organology and Construction, [https://wiki.ubc.ca/Course:PHYS341/Archive/2016wTerm2/Tamburica\\_organology](https://wiki.ubc.ca/Course:PHYS341/Archive/2016wTerm2/Tamburica_organology) (datum pristupa 04.11.2020.)

<sup>6</sup> UBC Wiki. 2017. The Croatian Tamburica's Organology and Construction, [https://wiki.ubc.ca/Course:PHYS341/Archive/2016wTerm2/Tamburica\\_organology](https://wiki.ubc.ca/Course:PHYS341/Archive/2016wTerm2/Tamburica_organology) (datum pristupa 04.11.2020.)



*Slika 2: Otvorena i zatvorena rupa*

## 4. INTERVJUI

### 4.1. Priprema pitanja i informiranje

Budući da je postojeća literatura oskudna informacijama o akustici tambure, bilo je potrebno obaviti par intervjua s ljudima koji se bave akustikom tambure u praksi, tj. njenom izradom, da bi smo stekli uvid u akustiku tambure iz praktičnog pogleda. Na idućih par stranica bit će se informacije koje su prikupljene tijekom intervjua. No, prije obavljanja intervjua bilo je potrebno, osim korištenja logičnog razmišljanja, proučiti literaturu poput akustike srodnih instrumenata, npr. akustiku gitare, da bi iz nje proizašla smisljena pitanja. Cilj ovoga rada je doprinijeti poboljšanju tambure kao instrumenta, a za to je dobro pogledati uspješne primjere istraživanja provedenim na institucijama u stranim zemljama. Jedan članak koji se bavi temom te prirode je „Acoustics in Practice“ koji govori o PAFI projektu za “Instrument-making Aid Platform“. Potekao je iz Francuske, a želi ujediniti znanja proizvođača ručno rađenih instrumenata i dati im alate (podatke i uređaje), te smanjiti cijenu proizvodnje (alata i instrumenata). Specifično je to što su proizvođači, popravljачi i industrijski proizvođači uključeni u sve procese proizvodnje i testiraju ih, te daju specifikacije. Masovna proizvodnja se povukla iz Europe u Sjevernu Ameriku, Japan i Kinu. To je utjecalo na razvoj ručnog rada, u smislu učenja ljudi koji ulaze u svijet ručne izrade i dopunjavanje znanja seniora. Europa je zadržala izradu glazbala visoke kvalitete, uz

specijalizaciju u Njemačkoj u izradi klavira i Francuskoj u izradi duhačkih instrumenata. Umijeće izrade instrumenata je multidisciplinarnе prirode: poznavanje materijala (drvo, metal i sl.), marketinga (komunikacija, inventar), dorade (finiširanje, dizajn), te tehničko i znanstveno znanje (poznavanje glazbe i sviračko umijeće). Zbog masovne proizvodnje, dolazi i do smanjenog vremena proizvodnje (digitalni prototipovi, kontrola), optimizacije i razvoja, te brzog odgovora na zahtjeve kupaca. UNFI (Nacional instr. making union). Također, iz Francuske, organizira sastanke na kojima se razmjenjuju znanja, spoznaje i vještine (npr. informacije o drvetu, mjere i akustika, uglavnom za žičane instrumente). Jedan od direktnih primjera suradnje industrije i malih proizvođača bilo je davanje uređaja tj. mjernog instrumenta "Luthiers tool" koji ima senzor sile i vibracija, sklop za pripremu pobudnog signala i korištenje programa „Matlab“ za praćenje podataka. Luthiers tool bio je iznajmljivan u zamjenu za povratnu informaciju graditelja.

Nakon gore navedenih informacija, proizašla su pitanja. Intervju se sastojao od 20-ak pitanja, ovisno o osobi s kojom je intervju rađen, i u prosjeku je trajao jedan sat.

Pitanja su bila:

- Koliko godina se bavite glazbalarstvom?
- Koje materijale koristite u procesu izgradnje?
- Jesu li rupice na bisernici drugačije raspoređene ili je to univerzalna stvar?
- Postoje li standardizirani omjeri dimenzija izrade tambure kojih se držite, imate li svoju osobnu izmjenu u dizajnu, i ako da, radi čega je ta izmjena napravljena?
- Koristite li moderne tehnologije u svom radu, tipa CNC stroj i programe poput CATIA, Autocad?
- Poznajete li ostale proizvođače tambura, jeste li u kontaktu s njima i dolazi li do transfera znanja među vama?
- Jeste li upoznati sa PAFI, UNFI projektom ili sličnim organizacijama u drugim državama?
- Možete li iz vlastitog iskustva reći što u građi tambure najviše utječe na njezin zvuk?
- Kakvu trzalicu bi bilo najbolje koristiti po vašem mišljenju?

## 4.2. Podatci dobiveni iz intervjua

Intervjuirani su: Zvonimira Edelinskog, Juraja Jurčića, Đuru Zarića, Ivana Koprića, Veljka Valentina Škorvagu te Pavla Severa. Širok raspon galzbalarskog iskustva, od 6 pa sve do 60 godina izrade glazbenih instrumenata. Uz izradu instrumenata, svi također i popravljaju instrumente i dobar dio prihoda ostvaruju tim putem. Danas, u vrijeme izrade ovog diplomskog rada nije moguće živjeti samo od izrade instrumenata, zato pored izrade i popravaka svi imaju druge dodatne izvore zarade, osim graditelja gitare. Jedna jako bitna stavka koja je u svakom intervjuu zauzela većinu razgovora je odabir vrste, nabavka i pohrana drveta potrebnog za izradu. Drvo koje koriste za glasnjaču je jednoglasno smreka, a neki su i razmatrali mogućnost odabira cedra. Što se tiče tijela, kako je Juraj Jurčić objasnio, koriste se sve voćkarice, osim jabuke. To su uglavnom vrste drveta koje ljudi nalaze u našima krajevima: trešnja, šljiva, kruška, kajsija, a osim njih dominantno se koristi javor. Za tijelo još koriste i johu, klen, južno američki ili indijski palisander. Za rozetu (furnir ili ružu), svi koriste orah ili ebanovinu debljine otprilike 1 milimetar. Razlike u izradi vrata očituju se u tome što ga neki majstori rade iz jednog dijela, a neki iz tri, a to su pojačanje, glava i ostatak vrata (*slika 3*).



*Slika 3: Primjer brača s vratom iz tri dijela*

Za **hvataljku** koriste tvrda drva poput ebanovine, južno američkog ipea, oraha, graba, agacije, divlje kruške i šljive. Za **vrat** je bitno da bude tvrdo drvo iz razloga što se pritiskanjem žica s vremenom znaju pojaviti udubljenja i oštećenja od znoja i grebanja. Za **konjiće** su materijali podijeljeni na skuhanе goveđe kosti i tvrda drveta poput ebanovine, te istog materijala od kojeg mogu biti napravljena leđa, palisandera. Isto tako, kažu da se od kosti dobije svjetliji ton, a drveta tamniji. Za rubnu ili **ukrasnu letvicu** koristi se drvo, celuloid i plastika. Za letvice na unutarnjoj strani glasnjače koristi se također smreka i to najbolji komadi. Za **rupice** na bisernici, koje su zvučni otvor rezonantne kutije tijela instrumenta, koriste se sheme od prijašnjih majstora i smatraju da njihov raspored ne doprinosi puno boji tona. Slična je situacija što se tiče odabira dimenzija i menzure tambure. **Dimenzije** nisu standardizirane i većina radi po nekom uzoru prijašnjih tambura. Za primjer, glazbalar Juraj Jurčić, koristi uzor bisernice Janike Balaša od koje je uzeo mjere i napravio rengen, dok glazbalar Đuro Zarić koristi Kudlikove mjere i mjere svoga oca, također Đure



Zarića. **Lak** koji je najčešće u upotrebi je nitrolak i jedna od spomenutih marki bila je Renner. Osim nitro laka neki se koriste akrilnim lakom ili nekim dvokomponentnim završnim lakom za auto. Lakovi se na drvo nanose špricanjem. Lakiranje žičanog glazbala pored zaštitne funkcije ima i funkciju prigušenja vrlo visokih frekvencija. **Šelak** se nekada koristio dok nije bilo modernih lakova, no danas više ne jer na postojanost šelaka jako utječu voda, znoj i temperatura. Svi navedeni uvjeti su nepraktični zbog sviranja tambure na zabavama. „Šelak je organska smola koju luči insekt *laccifera lacca* koji je otprilike veličine sjemena jabuke. Ovaj insekt nastanjuje samo određene dijelove svijeta, Indiju i Tajland, te se tokom svog reproduktivnog ciklusa hrani sokom koji sisa iz grančica autohtonih vrsta drveća ovih zemalja. Insekt luči smolastu materiju tamnožute boje koja se zove „lac”. Smola formira čahuru oko insekta koja služi za inkubaciju jaja koja leže. Ova čahura je sirovina za šelak i zove se „sticklac” jer sadrži smole, dijelove grančica i ostatke insekta. Sticklac se pere i zatim rafinira kemijski ili ručno. Na taj način se proizvodi sirov materijal koji se onda može prodavati.<sup>7</sup> Jedan od primjera korištenja modernog laka je primjer majstora Edelinskog koji četiri puta lakira glasnjaču, ali tankim i razrijeđenom lakom, te nakon svakoga brusiti, ostavlja dan razmaka, što znači da lakiranje napravi u 4 dana. Omjer koji stavlja je 1\3 laka i 2\3 razrjeđivača. Koristi rijedak lak, drvo ostaje elastično i ne puca pri promjenama temperature. Prije lakiranja glasnjača se navlaži da se dlačice dignu, te nakon lakiranja dolazi brušenje. Prije ponovnog nanosa glasnjača se lagano obriše i svaki novi nanos jače se brusiti. Debelim slojem laka dobije se visoki sjaj, ali on puca pri promjenama temperature. **Ljepila** koja se redovno koriste su toplo i hladno tutkalo, te također titebond i pattex. Organsko ljepilo tutkalo, osušena želatina životinja, kako kaže Juraj Jurčić, najbolje je od zečje kože koje je toplo ljepilo. Kada ljepilo spada u topla ljepila, to znači da se toplinom može odlijepiti, tj. vodenom parom. Jedna od nezahvalnih karakteristika je ta da je tutkalo sklono propadanju. Plastika koja se koristi za **trzalice** često je napravljena od materijala koji se zove sipas ili poliamid. To je čvrsta visoko operativna tehnička plastika s pouzdanom otpornošću na udarna opterećenja i trošenje. Pokazuje otpornost na ulja, masnoće i benzin. Dobro se obrađuje strojevima, lako se vari i lijepi. Dostupna je u nestandardnim dimenzijama.<sup>8</sup> Neki od primjera **žica** koje se češće koriste i koje se također izrađuju od strane majstora su: Edelinski, Franić, Postonjski i Dinamik. Proizvedene su u Hrvatskoj i koriste švedski čelik određene vlačne čvrstoće. Također je moguć dogovor s proizvođačima oko individualizacije žice po željama

---

<sup>7</sup> Drvotehnika.info, portal drvne industrije  
<https://drvotehnika.info/clanci/selak-smola> (datum pristupa 26.08.2021.)

<sup>8</sup> Tehnoguma  
<https://tehnoguma-zg.hr/tehnicka-plastika-3/poliamid-sipas/> (datum pristupa 25.08.2021.)

svakoga svirača, kao na primjer debljina i dužina žice. Česti **popravci** koji se rade su popravci prečnica, konjića i kobilice, a od njih su najčešći popravci bisernice i to uglavnom hvataljke. Također, popravljaju se i leđa, glasnjača, te stranice. Kako glazbalar Edelinski kaže: „Danas je zrak jako suh, koeficijent širenja drveta i metala je drugačiji, te čupa prečnice van. Vrat se često zna izokrenuti pa ispadne da je hvataljka s jedne strane deblja, a s druge tanja. Često se glasnjača raširi pa je glazbalar stavi u zemlju (neko vlažno mjesto da se skupi) i tako stoji od 1 do 3 mjeseca prije nego nastavi dalje raditi na njoj. Kada je popravljiva, najčešće skida leđa, kaže da je opasno skidati glasnjaču. Bisernicu mu je nezgodno raditi, ako želi da bude dobra, teže ih je raditi nego bračeve i ostale tambure.“ Što se tiče korištenja **modernih tehnologija**, najčešće se sve radi ručno uz pomoć određenih strojeva i alata tipa: stege, električna glodalica, skalpeli, dlijeta, pile, razni drugi strojevi, te mnogi drugi alati (*slika 4 i 5*).



*Slika 4: Primjerci stegi iz radionice Juraja Jurčića*



*Slika 5: Primjerci strojeva iz radionice Juraja Jurčiča. S lijeva na desno: dolje u kutu dva kompresora za lakiranje (plavi i narančasti), cilindrična brusilica (služi za stanjivanje drveta brušenjem), zatim tračna pila bansek (za rezanje drva), te debljača (za fino stanjivanje glasnjače na određenu debljinu)*

Neki od glazbalara koriste programe za 3D modeliranje tipa „Sketchup“ i „Autocad“, ali uglavnom sve postupke izrade rade ručno. Korištenje CNC stroja nije toliko rašireno, zbog cijene tj. isplativosti, nepoznavanja rada s takvim strojem, te jednostavno odbacivanja takvog načina izrade instrumenata. Kada se drvo priprema za izradu instrumenta, skida se kora da ne dođu nametnici, a zatim se drvo drži u suhom, ne pretjerano toplom prostoru, te ne smije biti izloženo suncu. Sušenje traje otprilike onoliko godina koliko je drvo debelo centimetara plus 1-2 godine i onda se može s njime lijepo raditi. Poželjno je da se drvo suši iskrojeno na manje komade zbog ravnomjernijeg sušenja svakog dijela buduće tambure i zbog praktičnijeg korištenja različitih komada drveta u izradi za različite dijelove brača.<sup>9</sup> Za letvice se stavlja najbolji materijal od smreke, na kojem moraju biti ravni godovi sa boka i tlocrta.

#### 4.2.1. Nabavka drveta

Glazbalari koriste drvo koje im je u blizini, iz njihove okoline, no dobro znaju gdje će naći kvalitetno drvo. Mjesta gdje se nabavlja dobro drvo smreke su Italija (alpska smreka), Njemačka, a najčešće ju nabavljaju iz Like i Gorskog kotara. Dobrog javora ima u Bosni i to u Dinaridima, Šator planini u Bosni, sjeveru Crne gore, dijelovima Gorskog kotara, dijelovima Like, te na Velebitu (Štirovaća) na kojem možemo naići na javora samaca. Kada je hladno godovi na drvetu su uži, pravilni, pogodni za obradu. Zato su na visokim nadmorskim visinama ljepša drva za glazbalare. Velike temperaturne izmjene, tj. temperaturni ekstremi su pogodni za dobru strukturu godova. Tamni elementi ukazuju na proljetni god, a to se izbjegava. Bijeli elementi ukazuju na zimski god i to je jedna od kvaliteta drveta koja se traži. Pri odabiru drveta traže se ravni, gusti godovi i da je njihov smjer uzdužno i paralelno pod 90°. Bitno je da se drvo reže po radijalnom rezu kada se želi iskoristiti za izradu instrumenata.

---

<sup>9</sup> Koprić I. Aspekti izrade tambure brača, Muzička akademija Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2021.



*Slika 6: Primjer ptičjeg javora*

Jedna od rjeđih pojava kod javora je takozvani ptičji javor (*slika 6*), te nešto slično njemu rebrasti javor. Ptičji javor, osim što je cijenjen zbog ljepote, jako je tvrd, što znači da će leđa tijela tambure jače projicirati zvuk, to jest instrument će biti glasniji. Jedna od negativnih strana takvoga drveta je da je malo teže, tj. kako kažu, treba znati raditi sa takvim drvetom. Za izradu glasnjače idealna situacija bi bila gušći godovi za visoke žice, a rijedi kod niskih, radi same prirode zvuka, visoke frekvencije su manjih valnih duljina, a niske većih. Glavni **oblici** po čijem se uzoru rade tambure su tambure Vojislava ili Bele Kudlika iz Vojvodine, (Sente) Bocanova, Tormina, Josipa Geza, te Đure Zarića. To nije pravilo, također postoje i ostali uzori po kojima glazbalari danas rade, iako graditelji često ni ne vole da im se preuzima oblik instrumenta. Uspoređujući proizvodnju tambura i gitara, jedno od mojih pitanja bilo je koliko se glazbalari međusobno poznaju i dolazi li do **transfera znanja** među njima. Do transfera znanja dolazi kod mlađih proizvođača, no uglavnom nisu previše otvoreni za transfer znanja.

Kada su godovi uski i tamni, ploča mora biti tanja (manje od 3 mm), a kada su godovi deblji i glasnjača može biti deblja. Glasnjača treba biti što tanja, a da ne utone. Kod bračeva, bugarija i čela zna se nalijepiti takozvano „jaje“ koje se stavlja na glasnjaču s njene donje strane unutar tijela tambure ispod konjića. Neki od majstora koji su koristili takav sistem su: Đuro Zarić (otac i sin) i Torma. Kudlikov sistem, može i ne mora imati jaje, za razliku od Bocvanovog sistema koji je bez jajeta, donje dvije letvice su udaljene 3 cm. Oko akustičkog otvora se zna izraditi tzv. "kutija", jer se glasnjača zna "izbaciti" (slika 7).



*Slika 7: Primjer unutarnje strane glasnjače bez jajeta, sa kutijom oko glasnjače*

Jedna od biranih mogućnosti je staviti konjić od ebanovine za drugi brač. Tambure se često rade iz dva dijela - jedan za vrat i drugi za tijelo, ali i iz jednog dijela. Svaki majstor ima svoju filozofiju. Prosječna rupa na braču iznosi 7 cm. Većinom svi glazbalari koje sam intervjuirao, uključujući graditelja gitare, često eksperimentiraju da bi poboljšali ili promijenili zvuk. Graditelji, kada mijenjaju i traže boju zvuka, stanjuju glasnjaču po obrazima, jer tamo tambura stvara najviše vibracija i daje velik dio boje tona instrumenta. Graditelji koriste metodu kuckanja po drvu i slušanja dobivenog zvuka za optimiziranje postupka izrade instrumenta. Tako se dobiva odziv na niskim frekvencijama, da bi se dobio

širi spektar može se koristiti najmanji klavirski batić i to kuckanjem po konjiću. Eksperimentom je utvrđeno da su kod dobrog instrumenta male razlike u vršnim vrijednostima rezonancija, a njihova razdioba je ravnomjerna duž frekvencijske osi, što odgovara znanom kriteriju graditelja, da dobiveni zvuk pri kuckanju ne smije imati izraženu intonaciju.<sup>10</sup>

#### 4.2.2. Usporedba sa graditeljem gitara

Kao što sam razgovarao s majstorima izrađivačima tambure, tako sam razgovarao s Pavlom Severom graditeljem gitara, radi usporedbe sa srodnim instrumentom. Za razliku od glazbalara koji se bave izradom tambure, njegov odabir drveta je malo egzotičniji i uključuje kokobolo, paduk, zerikote, indijski palisander, ebanovinu za tijelo, a za glasnjaču osim smreke redovno koristi i cedar. Kaže da je trenutno kod 95% boljih gitara tijelo izrađeno od indijskog palisandera. Njegovo iskustvo u izradi mu kaže da kada je glasnjača debela daje svjetliji ton, kada je tanja tamniji, a kada je pretanka opet svjetliji ton. Za razliku od tambure, za gitaru postoje točno određene standardne dimenzije koje se koriste u cijelom svijetu. Jasno je da postoje različite vrste gitara, ali svaka ta vrsta ima svoj standard koji je općeprihvaćen. Također, glasnjača standardne gitare, koja se koristi na Muzičkoj akademiji u Zagrebu, za razliku od glasnjače tambure maksimalno je debela 3 mm, a standard se kreće oko debljine 1 – 3 mm, tj. 1.5 mm. U njegovom načinu rada ne dolazi do transfera znanja, te je većinu znanja preuzeo od svoga oca, također cijenjenog graditelja gitara. Kaže i kako putem slušanja tuđih gitara dolazi do neverbalnog prijenosa informacija.

---

<sup>10</sup> Seder, A. *Akustičke karakteristike gitare*, Gitara između kvalitete i objektivnih mjernih podataka, 5 str.

### 4.2.3. Industrija

Ovdje je naveden Franjo Šnajder kao primjer pokušaja unošenja znanstvene metode u umjetničku djelatnost, pokušaja da se u izradu glazbala uvedu naprava za mjerenje elastičnosti rezonantnih ploha. Postoji u tri veličine: za violinu, violu i violončelo. Na glasnjači skinutoj s glazbala i opterećenoj utezima na karakterističnim se mjestima mjeri provjes i to precizno, na stotinku milimetra. Dugotrajnim sustavnim mjerenjima i uspoređivanjem dobivenih podataka ustanovljen je efikasan sustav korekcije kako bas-gredice, tako i same glasnjače. Spoj nadarenosti, strpljivosti i marljivosti urodio je rezultatima jedinstvenim u povijesti gradnje i popravljivanja glazbala.<sup>11</sup> Danas u toj radionici djeluje graditelj violina Darko Stipešić. Proizvodnju na veliko imala je Muzička naklada za kulturno-umjetnička društva, ali ona više ne postoji, danas nešto slično tome rade glazbalari Katulić i Žmegać. U svijetu postoje događaji masovnog okupljanja glazbenika i glazbalara, a jedan od njih je „Musikmesse“, najveći sajam glazbalarstva na svijetu.<sup>12</sup>

U Hrvatskoj se pojavila i iskristalizirala ideja o osnutku Hrvatskog tamburaškog saveza. Tamburaška društva su stupila u vezu s tamburaškim krugovima u Zagrebu oko Tamburaškog društva „Zajc“ i časopisa „Hrvatska Tamburica“, te je zajedničkim sporazumom sazvan sastanak tamburaških zborova, tamburaških društava i djelatnika na tamburaškom polju dana 7. studenoga 1937. godine. U osječkom Hrvatskom narodnom kazalištu održana je toga dana velika Smotra tamburaških zborova i orkestara, a na održanoj skupštini osnovan je Hrvatski tamburaški savez sa sjedištem u Osijeku.<sup>13</sup> Također sam razgovarao s profesorom Škorvagam koji se cijeli život bavi slušanjem i usavršavanjem glazbenog i pedagoškog pristupa tamburi, trenutno predavaču tambure na Muzičkoj akademiji u Zagrebu. On je u Požegi organizirao tamburaške susrete glazbenih škola Slavonije i Baranje, te tamo pozivao majstore. Ondje su eksperimentirali sa zvukom tako da sviraju istu skladbu na različitim instrumentima u svrhu širenja vidika i shvaćanja što se to traži od instrumenata. Ljudski faktor je odigrao ulogu, te su se neki uvrijedili, jer se utvrdilo da njihovi instrumenti nisu toliko dominantni kao što su mislili. Cilj toga nije bio nekoga omalovažiti, nego unaprijediti tamburu kao instrument i dići je na višu razinu.

---

<sup>11</sup> Muzej Franje Šnajdera

<http://www.muzej-franje-schneidera.com/index.php/o-zbirci.html> (datum pristupa 26.08.2021.)

<sup>12</sup> Messe Frankfurt – Company Portal

[www.messefrankfurt.com](http://www.messefrankfurt.com) (datum pristupa 26.08.2021.)

<sup>13</sup> Hrvatski tamburaški savez u Osijeku

<http://htso.hr/nastanak/> (datum pristupa 26.08.2021.)



Osim intervjua upotrijebio sam i bilješke sa predavanja predmeta *Tambure 1 i 2* na Muzičkoj akademiji u Zagrebu profesora Siniše Leopolda.

#### 4.2.5. Zanimljivosti intervjua

Glazbalari kažu da je puno loših tambura baš od ptičjeg javora i ovih lijepih materijala barem što se zvuka tiče, a taj je materijal zbog ljepote jako cijenjen među tamburašima. Profesor Škorvaga smatra da bi bilo dobro standardizirati instrumente (oblik i sl.), da bi se tržište prebacilo na fineše. Za organizacije tipa PAFI i UNFI nisu čuli. Kolektivno se smatra da glasnjača daje preko 90% zvuka i to donji dio glasnjače kod konjića ima najveću ulogu uz obraze, a spominju oblik i dubinu kao važan dio akustičke slike. Iako se furnir nalazi na samoj glasnjači smatraju da ne igra veliku ulogu u boji tona, isto kao i konjić. O načinu razmišljanja o akustici tambure graditelja Zvonimira Edelinskog možemo posvjedočiti i iz njegovog načina rada s elektro-akustičnim instrumentima koje također izrađuje. Kada na gitari stavlja piezzo, stavi ga ispod kobilice i na svaki obraz po jedan (gornji za duboke tonove, donji za visoke frekvencije) i equalizer s mikrofonom. Koristi samoljepljivi piezzo, a to je naprava koja mehaničke vibracije pretvara u električni impuls i omogućuje instrumentu spajanje na pojačalo, te prenošenje i manipulaciju zvuka.

### 4.3. Poznati graditelji tambura u Hrvatskoj i Srbiji

Graditelje, čiji se radovi u ovo vrijeme često koriste, sam podijelio na starije i mlađe glazbalare. Neki od starih su: obitelj Bocan (Bela otac, Bela sin, Gez, Lajoš otac, Lajoš sin), obitelj Kudlik (Adam, Bela, Gabor, Stevan), Beli (Stevan stariji, Stevan mlađi), Kos (Tomo, Željko, Slavko), Bošnjaković Luka, Torma (Jovan otac, Jovan sin), Gilg (Maksimilijan i Stjepan), Đuro Zarić. Od mlađih majstora tu su: Juzbašić Franjo, Ljubas Željko, Abičić Siniša, Marić Krešimir, Žmegać Mario. Đuretić Ivan, Jurčić Juraj, Edelinski Zvonimir (Edela), Koprić Ivan, Durbek Martin, Pastula Siniša.<sup>14</sup>

---

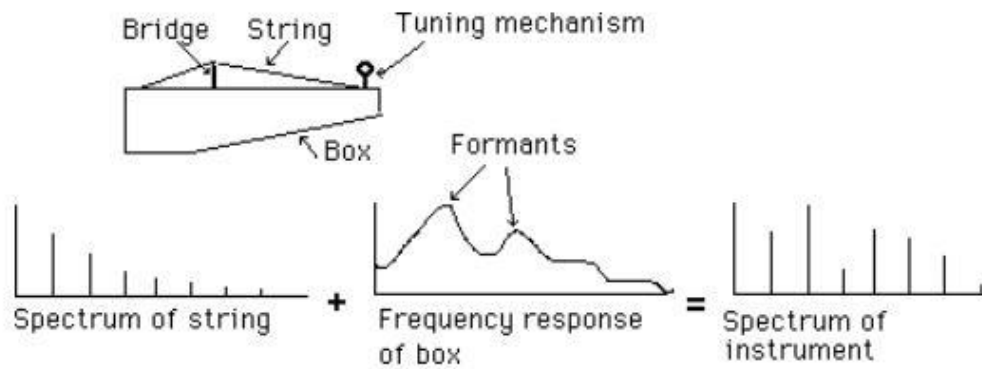
<sup>14</sup> Forum.tambura.com.hr

<https://www.forum.tambura.com.hr/showthread.php?t=2999> (datum pristupa 13.08.2021.)

## 5. ZNAČAJKE ZVUKA

Zvuk je podražaj koji se širi elastičnim medijem. Kretanje zvuka možemo opisati longitudinalnim valnim gibanjem, što znači da se prijenos zvučne energije manifestira zgušnjavanjem i razrjeđivanjem molekula zraka ili nekog drugog medija. Ako je zvuk harmoničnog titranja, prepoznajemo ga kao ton. Ton se sastoji od visine tona tj. frekvencije i boje tona tj. valnog oblika. Najjednostavniji ton je sinusni ton, te se on ne pojavljuje u prirodi, njemu je sličan ton flaute. Kod kompleksnih tonova čiji se spektar sastoji od više frekvencijskih komponenti, visina tona određena je frekvencijom osnovnog harmonika. Ljudi zvuk percipiraju kroz osjet sluha i mogu registrirati 20 – 20 000 Hz, ako im sluh nije oštećen. Ono što čujemo je promjena zvučnog tlaka, a iz praktičnih razloga za omjer intenziteta tih tlakova koristimo logaritamsku funkciju decibel. Zvučni val se u slušnom procesu pretvara u vibracije na opni bubnjića, dalje slijedi prijenos preko slušnih koščica na tekućinu kojom je ispunjena pužnica. U pužnici se nalazi bazilarna membrana koja registrira zvučni podražaj i potiče stvaranje neuralnih impulsa koji se slušnim živcem šire do odgovarajućih centara u mozgu. Glazbala su naprave za proizvodnju glazbenih zvukova, odnosno tonova. Jedna vrsta glazbala su žičana trzalačka glazbala gdje spadaju i tambure bisernice. Kod žičanih instrumenata, zvuk nastaje pobudom žice koja je napeta između dva čvrsta kraja, zbog toga se na krajevima javlja čvor stojnog vala. Stojni se javlja zbog pozitivne interferencije upadnog i reflektiranog vala koji se prenosi žicom. Osnovna frekvencija tona žičanog glazbala može mijenjati duljinom žice, napetošću i masom po jedinici duljine. Utitravanje žice na bisernici i sličnim glazbalima pobuđuje ju na titranje ne samo na osnovnoj frekvenciji, nego i na frekvencijama harmonika. Neke od komponenti boje tona ovise o titranju žice i građi glazbala, odnosno kompleksnom sustavu vibracija koje se šire sa žice na glazbalo. Zvučni signal dobivamo kada zvuk pomoću mikrofona pretvorimo u električni impuls. Možemo ga prikazati u vremenskoj domeni koja je izravni prikaz električnog signala u vremenu koji se dobije s mikrofona koji snima zvuk, te u frekvencijskoj domeni gdje se prikazuje frekvencijski spektar zvuka, tj. koje su frekvencije zastupljene u nekom zvučnom signalu. Signal se iz vremenske domene u frekvencijsku domenu može prebaciti matematičkom operacijom Fourierove transformacije. Ukupna boja tona instrumenta ovisi o titranju žice na osnovnoj frekvenciji i višim harmonicima zajedno sa rezonancijom tijela žičanog instrumenta koja ističe (pojačava) neke frekvencijske komponente titranja žice, dok druge smanjuje. Zato

se isti ton odsviran na žici na dva različita glazbala (npr. violina i bisernica) razlikuje po boji.



Slika 8: Spektar titranja žice, frekvencijskog odziva (modova titranja, tj. formantnog područja rezonantne kutije) tijela glazbala i ukupni spektar tona glazbala) koji je kombinacija prvog i drugog

## 6. UZORI PREMA KOJIMA SU EKSPERIMENTI RAĐENI

Ljudsko uho funkcionira kao Fourierov analizator (kompleksni zvuk je sastavljen od puno "čistih" tonova koji imaju jednu frekvenciju). Fourierova analiza rastavlja kompleksan zvučni signal na spektar jednostavnih signala. Boja zvuka ovisi o raspodijeli jačine alikvota osnovne frekvencije i njenih cjelobrojnih umnožaka.<sup>15</sup> Kako se razvija glazba, tako se razvijaju i spoznaje o fizikalno-akustičnim svojstvima tvari, te preradom materijala dobivamo sve bolje instrumente. Razvoj znanosti i primjena raznih otkrića iz područja fizike i akustike pridonijele su razvoju dizajna i konstrukcije glazbenih instrumenata. Taj razvoj nije zaobišao ni tamburu. Za stvaranje tona od izuzetne važnosti je rezonancijska ploča (glasnjača) koja se nalazi na gornjoj strani korpusa. Titranje glasnjače rezultat je kretanja zvučnih valova koji ulaze u korpus kroz kružni otvor na glasnjači, te titranja žica koje se preko konjića prenosi na glasnjaču. Ovakvo izuzetno brzo titranje glasnjače pokreće titranje zraka u korpusu povećavajući snagu i produžavajući trajanje emitiranja zvučnih valova. Amplituda ovih oscilacija daje snagu i karakter tonu tamburice.<sup>16</sup>

Akustiku tambure možemo usporediti s akustikom gitare, tj. fizika koja stoji iza sljedećih tvrdnji primjenjiva je i na tamburu. Osnovni dijelovi gitare s akustičkog gledišta su: glasnjača, podnica i bočnice. Dobro izrezana glasnjača temelj je dobrih akustičkih svojstava instrumenta. Trzanjem žice vibracije prelaze na cijeli instrument, no podnica titra manjom

<sup>15</sup> Bat, D. Konstrukcija i izrada tambure, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2018.

<sup>16</sup> Ralašić I. Električna tamburica, završni rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, Zagreb, 2014. str. 5.

amplitudom od glasnjače, a bočnice još manjom. Kvaliteta instrumenta može se podijeliti na komponente, a to su: umjetnička, tehnička i akustička komponenta. Umjetnička komponenta odnosi se na estetiku instrumenta, tehnička komponenta odnosi se na preciznost postavljanja pragova, visina žica težina i veličina instrumenta, oblik vrata, općenito sve što utječe na lakoću držanja i sviranja.<sup>17</sup> Trzanjem napete žice ona počinje titrati stvarajući stojni val osnovne frekvencije i cjelobrojnih višekratnika, što daje glazbeni ton određene visine, kojem boja zavisi o mjestu na kojemu se žica trza. Sama žica nije u mogućnosti stvarati zvučne valove primjerene jakosti. Nastalo titranje prenosi se na korpus gitare kojemu je funkcija pretvorba titranja u čujnu zvučnu energiju. Titranje glasnjače, koja je primarni radijator zvučnih valova, opisuje niz rezonancija (modova), kojima međutim frekvencije ne stoje u harmonijskom odnosu. Sukladno tome, impulsni odziv korpusa dobiven kuckanjem po konjiću uz prigušene žice neće (i ne smije) imati odlike glazbenog tona, već je više poput šuma koji prati svaki nastali ton na gitari. U njemu su međutim sadržani svi osnovni akustički parametri: frekvencije, amplitude i faktori dobrote svih pobuđenih modova titranja tijela kao jedan oblik „otiska prsta“ jedinstven za svaki pojedini instrument.<sup>18</sup> Interakcija svirača i glazbala vrlo je kompleksna, jer osim kontakta prsti-žice, postoji i dodir tijela svirača s prigrljenim instrumentom koji utječe na prigušenje i frekvencije modova.

## 6.1. Kratak opis istraživanja vezanog za akustiku gitare

Frekvencijsku karakteristiku gitare karakterizira niz rezonanci i antirezonanci, od kojih su najvažnije prve četiri rezonancije smještene na oko 100, 200, 300 i 400 Hz. Za vizualnu karakteristiku rezonanci na instrumentu, potrebna je trajna sinusna pobuda i promatranje na pogodan način: optički (holografska interferometrija i laserska velocimetrija), akustički (mikrofon, jedan ili više), električni (mjeri se promjena kapaciteta titrajuće plohe glazbala prikladnim osjetilom) ili mehanički (akcelerometar ili pretvornik brzine). Odziv krivulje zavisi o lokaciji pobude i lokaciji osjetila, kao i o načinu učvršćenja gitare. Pobuda je obično na konjiću, a gitara se fiksira vezivanjem gumenim vrpčama za čvrsti oslonac. Frekvencijsko područje možemo podijeliti u tri dijela: područje monopolnog zračenja u okolici prve i druge rezonancije 90 – 500 Hz, područje višepolnog zračenja treće i viših rezonancija 500 – 1500

---

<sup>17</sup> Seder, A. Kvaliteta tona gitare, Gitara između sviračevih ruku i uha. str. 1.

<sup>18</sup> Seder, A. Kvaliteta tona gitare, Gitara između sviračevih ruku i uha. str. 2.

Hz i područje rezonantnog kontinuuma 1 500 – 5000 Hz.<sup>19</sup> Osim što sile paralelne i okomite na konjić uzrokuju stvaranje različitih tipova rezonancije, proizvedeni tonovi imaju različito trajanje istitravanja. Ako žica titra okomito na glasnjaču, dobije se glasni, brzo zamirujući ton, a titraj paralelan s glasnjačom, daje tiši ton, značajno duljeg trajanja.<sup>20</sup> Dr. Seder u svom istraživanju ističe: „Ispitivanje utjecaja vremena utitravanja tona gitare na kvalitetu instrumenta pokazuje da kod lošijih glazbala ono iznosi oko 10 ms, te do 40 ms kod majstorskih glazbala. Opsežni testovi kvalitete gitara pokazuju da je za kvalitetu instrumenta pri subjektivnoj ocjeni najvažnija vršna vrijednost četvrte rezonancije (oko 400 Hz) te njena dobrota i nadvišenje, a da negativno utječe oštrina prve rezonancije (oko 100 Hz).“ Prilikom izvođenja eksperimenta slušačima je puštena kraća skladba. Za naknadnu analizu bilo je potrebno snimiti impulsni odziv na udarac batića, te kromatsku ljestvicu kroz cijeli opseg u forte dinamici. Analiza je pokazala da kvaliteta niskih tonova zavisi o frekvenciji druge rezonancije, koja određuje udio osnovnog harmonika u muzičkom tonu. Na kvalitetu A žice često može negativno utjecati odziv gitare na području od oko 800 Hz, ako je izražen, na način da pojača sedmi odnosno deveti harmonik, što rezultira nelijepim ili šupljim tonom. Općenito uho je puno osjetljivije na isticanje neparanih harmonika kao neželjene pojave. Najproblematičniji tonovi na gitari nastaju na g žici, jer na gis, a ili b nalazi se rezonancija glasnjače odnosno podnice, što daje tonove s vrlo izraženim osnovnim harmonikom kojima brzo pada intenzitet. Naime, za tzv. fokus tona, tj. oštrinu intonacije, izrazito utječe drugi harmonik. Lijepi tonovi na prvoj žici gitare oni su kojima drugi harmonik dominira. To naravno nije moguće za sve tonove, ali dovoljno je da nekoliko tonova ima tu značajku, pa da cijelo glazbalo dobije epitet kvalitete visokih. Kada govorimo općenito o kvaliteti tona gitare, hoće li imati glasan, prodoran, reski ton ili nasuprot, tiši blagi, topli ton, u najvećoj mjeri zavisi o smještaju četvrte rezonancije glasnjače u odnosu na drugu rezonanciju zraka u korpusu. Ona zavisi o uzdužnoj krutosti glasnjače i da se ugađati debljinom glasnjače i oblikovanjem lepezastih gređica s njene nutarnje strane, dok rezonancija zraka ovisi o duljini korpusa i nalazi se na oko 380 Hz. Bliske rezonancije zraka i drveta znače i veće međudjelovanje, te se smanjuje njihova oštrina, a time i zaglađuje spektar, što vodi kvaliteti tona. Općenito, kada se promatra impulsni odziv, nije poželjno da više rezonancije od četvrte imaju naglašenu istaknutost. Efikasnost zračenja zvuka glasnjače razmjerna je krutosti, a

---

<sup>19</sup> Seder, A. *Akustičke karakteristike gitare*, Gitara između kvalitete i objektivnih mjernih podataka, 4 str.

<sup>20</sup> Seder, A. *Akustičke karakteristike gitare*, Gitara između kvalitete i objektivnih mjernih podataka, 3 str.

obrnuto razmjerna njenoj masi.<sup>21</sup> Prethodni tekst mi je poslužio kao uzor i smjernica za snalaženje u frekvencijskom spektru tambure.

## 6.2. Osnovne postavke eksperimenta

Preporuka korištenja trzalice za eksperimente koju sam dobio od glazbalara putem intervjua bile su: plastika (proizvodnja Damir Kordoš), bijeli kravlji rog, kost, te trzalica. Zato je jedan od eksperimentalnih dijelova bila usporedba različitih trzalica, te njihov utjecaj na ton instrumenta i popratne zvukove kontakta trzalice sa žicom i njenog titranja. U eksperimentima je korištena bisernica zbog jednostavnosti prijenosa, dostupnosti i lakoće rukovanja. Također odabir instrumenata koji će se snimati bio je nasumičan, zavisao o dostupnosti instrumenta i ne predstavlja ogledne primjerke odabranih graditelja bisernica. U *tablici 1* možemo vidjeti specifikacije bisernica korištenih u istraživanju.

*Tablica 1: Specifikacije bisernica korištenih u eksperimentima*

	ĐURETIĆ	ŽMEGAČ	EDELINSKI TAMNA	EDELINSKI SVIJETLA	DURBEK - PASTULA	JUZBAŠIĆ	NEPOZNATI GRADITELJ
Glasnjača	Smreka, 2,5-3mm	Smreka, 2,5-3mm	Smreka	Smreka	Smreka	Smreka	Smreka
Letvice	Nema (parabola)	Nema (parabola)	Nema (parabola)	Nema (parabola)	Nema (parabola)	Nema (parabola)	Nema (parabola)
Vrsta drveta tijelo	Javor Lijepljen i korpus i vrat	Divlja kruška, iz jednog komada	Javor	Javor	Trešnja iz jednog komada tijelo i vrat	javor	javor
Vrsta drveta vrat	Javor	Divlja kruška	Javor, građen iz 3 dijela	Javor, građen iz 3 dijela	Trešnja	javor	javor
Vrsta drveta hvataljka	Javor	Palisander	Južno-američka ipa	Južno-američka ipa	Šljiva	palisadner	orah
Kobilica	Goveđa kost	Ebanovina	Goveđa kost	Goveđa kost	Šljiva	Goveđa kost	Goveđa kost
Konjić	Goveđa kost	Ebanovina	Goveđa kost	Goveđa kost	Goveđa kost	Goveđa kost	Goveđa kost
Žice	Inox 302	Inox 302	Edelinski	Edelinski	Franić	Franić	Edelinski
Ljepilo	Drvofix	Drvofix	Tutkalo toplo	Tutkalo toplo	drvofix	titebond	
Lak	Poliuretana temelj + nitro lak sjani završni bezbojni nitro lak	Poliuretan temelj + nitro lak sjani završni bezbojni nitro lak	Nitro lak chromolux	Nitro lak chromolux	Kombinacija politura i nitro lak	temeljni dvokomponentni poliuretanski lak, završni bezbojni nitro lak	Nitro lak chromolux nakon popravka hvataljke

<sup>21</sup> Seder, A. *Akustičke karakteristike gitare*, Gitara između kvalitete i objektivnih mjernih podataka, 11 str.

Rozeta	Orah	Makassar ebanovina	orah	orah	orah	orah	Orah
Akustički otvori	19	21	20	20	18	20	19
Menzura			395mm	395mm			
Ukrasna letvica	Bijeli celuloid	Drvena intarzija, zmija	celuloid			plastika	
Majstor	Ivan Đuretić	Mario Žmegać	Zvonimir Edelinski	Zvonimir Edelinski	Martin Durbek i Siniša Pastula	Franjo Juzbašić	Nepoznati majstor
Godine bavljenja izradom tambura		32	30	30	Durbek - 3 godine Pastula - 13 godina	8	
Godina izrade		2020.	12.2020.	12.2020.	2018./2019.	2019.	Cca 1920.
Radeno po uzoru na		Sremski štim			Radena bez uzora		
Popravci							Popravak utočule glasnjače, mijenjanje pragova i hvataljke, mijenjanje mašinica



*Slika 9: Bisernice korištene u eksperimentu. S lijeva na desno: Edelinski, Edelinski, Durbek - Pastula, Juzbašić, Žmegać, Đuretić i nepoznati majstor (bisernica u vlasništvu Stjepana Schweizera)*

## 7. ANKETA

Anketa je provedena internetskim putem i riješilo ju je 12 osoba. Za pitanja je korištena platforma Google forms. Anketa je bila anonimna i sudjelovanje u njoj dobrovoljno. Anketu je mogao riješiti svatko tko dobro poznaje zvuk bisernice, te obrazovanje nije bio kriterij. Prvi dio ankete sastojao se od pitanja na koje se odgovaralo brožčanom ocjenom od 1 do 10 (*Tablica 2, Slika 10*), a u drugom dijelu ankete bilo je potrebno odgovoriti opisnim pridjevom ili kratkom rečenicom (*Tablica 3*). Prije svakog bloka pitanja bilo je potrebno poslušati kratku frazu izvedenu na bisernici koja se nalazila na Youtube poveznici. Nakon toga je slijedilo 11 pitanja, 6 brožčanih i 5 opisnih, vezanih za zvuk bisernice toga bloka. Za rješavanje cijele ankete trebalo je 10-ak minuta. Ovako je izgledao redoslijed poveznica s kratkim fraza:

Durbek - Pastula bisernica broj 1

Edelinski svjetlija bisernica broj 2

Edelinski tamnija bisernica broj 3

Juzbašić bisernica broj 4

Nepoznati majstor bisernica broj 5

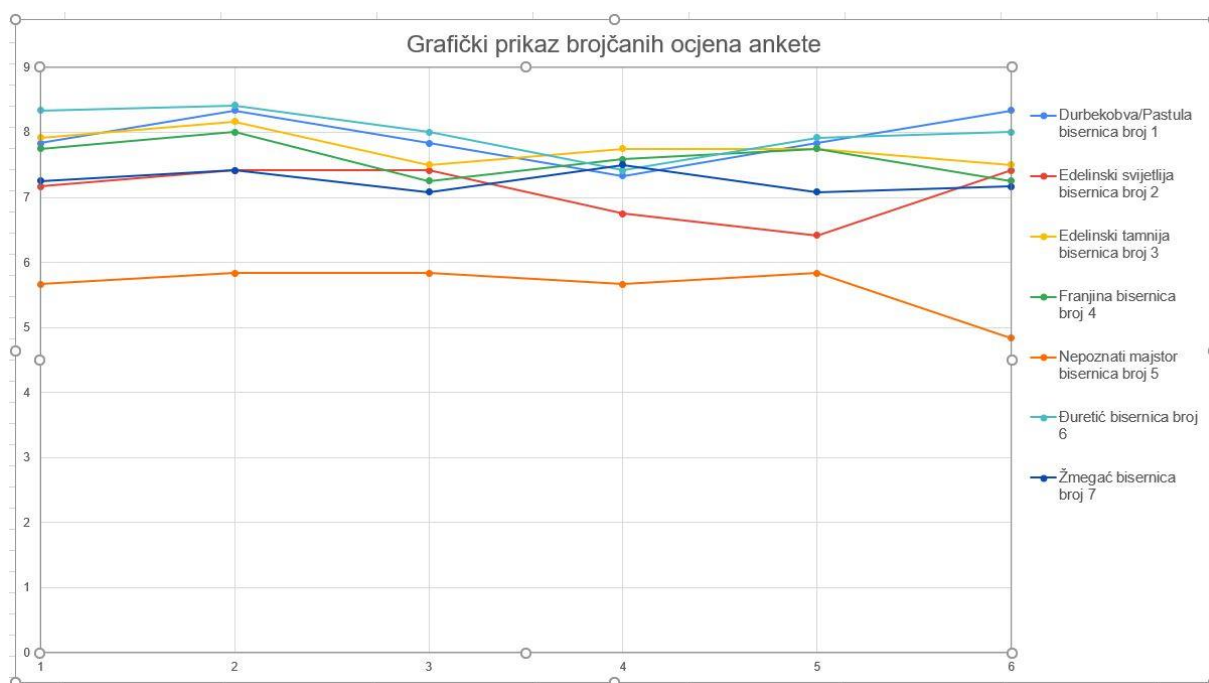
Đuretić bisernica broj 6

Žmegać bisernica broj 7

*Tablica 2: Brožčane ocjene pojedinih dijelova frekvencijskog spektra.*

Bisernica	rang prema anketi	ljepota tona	jasnoća izgovora	ujednačenost registara	bogatstvo boje	bas	sopran	srednja vrijednost
Đuretić	1.	8,3	8,4	8	7,4	7,9	8	8
Durbek - Pastula	2.	7,8	8,3	7,8	7,3	7,8	8,3	7,9
Edelinski tamnija	3.	7,9	8,1	7,5	7,8	7,8	7,5	7,8
Juzbašić	4.	7,7	8	7,2	7,6	7,8	7,3	7,6
Žmegać	5.	7,2	7,4	7,1	7,5	7,1	7,2	7,3
Edelinski svjetlija	6.	7,2	7,4	7,4	6,8	6,4	7,4	7,1
Nepoznat majstor	7.	5,6	5,8	5,8	5,7	5,8	4,8	5,6





Slika 10: Grafički prikaz brojčanih ocjena ankete

Tablica 3: Najčešći odgovori na opisna pitanja.

Bisernica	Opis kvalitete basa	Opis kvalitete sredine	Opis kvalitete soprana	Opći dojam	Želite li posjedovati ovakvu bisernicu sudeći po zvuku?
Đuretić	topao	topao, prosječan	topao, oštar, super	topla, prosječna	Uz povoljnu cijenu da, da
Durbek/Pastula	Svijetao, pun	Topao, neutralan	Prihvatljiv, izoštren	ok, jako dobro, prolazno	nisam baš lud za njom, uz povoljnu cijenu, da, nema nijedan ne
Edelinski tamnija	Topao, mršav	topao, neutralan, mekan	topao, dobar, mršav	osrednje, dobro, polazno (tendencija prema gore)	uz povoljnu cijenu da, (ima svega)
Juzbašić	taman, topao, prosječan	topao, prosječan	prihvatljiv	prosječna	nisam baš lud za njom, uz povoljnu cijenu, da, nema nijedan ne
Žmegać	taman, tanak	svijetao, neutralan	svijetao, neutralan, prozračan	solidna bisernica	nisam baš lud za njom, uz povoljnu cijenu da
Edelinski svijetlija	Pun, hladan (svijetao, ne usviran)	neutralan, metalan	svijetao, lagan	prolazan, ok, loše(pištavo)	uz povoljnu cijenu da, nisam baš lud za njom, nijedan da
Nepoznat majstor	prolazno, plitak	loše, prosječno	loše, raštmano, hladno	loše, raštmano	nisam baš lud za njom, ne

## 8. EKSPERIMENTI

### 8.1. Opće specifikacije sljedećih mjerenja

Kako bismo mogli napraviti analizu zvuka, bilo je potrebno pretvoriti zvuk u električni signal te smo za to koristili kondenzatorski mikrofون velike membrane Behringer B2-Pro koji je bio udaljen 50 cm okomito od sredine glasnjače, te zvučnu karticu tvrtke Focusrite Scarlett 2i2. Biserne su snimane u „gluhoj komori“ na Fakultetu elektrotehnike i računarstva radi dobivanja „suhe“ snimke tj. snimke sa što manje refleksija. Mogućnost razlučivanja i identificiranja zvuka je duboko ukorijenjena u ljudski auditorni sistem i temelj je shvaćanja i snalaženja u okolišu koji ga okružuje.<sup>22</sup> S vremenom postajemo dobro upoznati s određenim zvukovima i sve bolje uočavamo njihove detalje. Uzimajući u obzir da svaki svirač ima svoj način pristupa instrumentu, bilo tehnički (fizičke komponente prilaska instrumentu, proizvodnja tona) ili glazbeno (pristup djelu koje izvodi), instrument akustički drugačije reagira na njega. Često se kaže da muzičar „izvlači“ tonove iz instrumenta, te je zato često moguće prepoznati svirača prema načinu sviranja. Iz tog razloga sva trzanja svih eksperimenata, te sviranje kratkih fraza koje su korištene u anketi izvodio je profesionalni tamburaš Franjo Pećarić (*Slika 11*).



*Slika 11: Tamburaš Franjo Pećarić u gluhoj komori kao izvođač fraza za anketu i izvođač trzaja potrebnih za analizu zvuka*

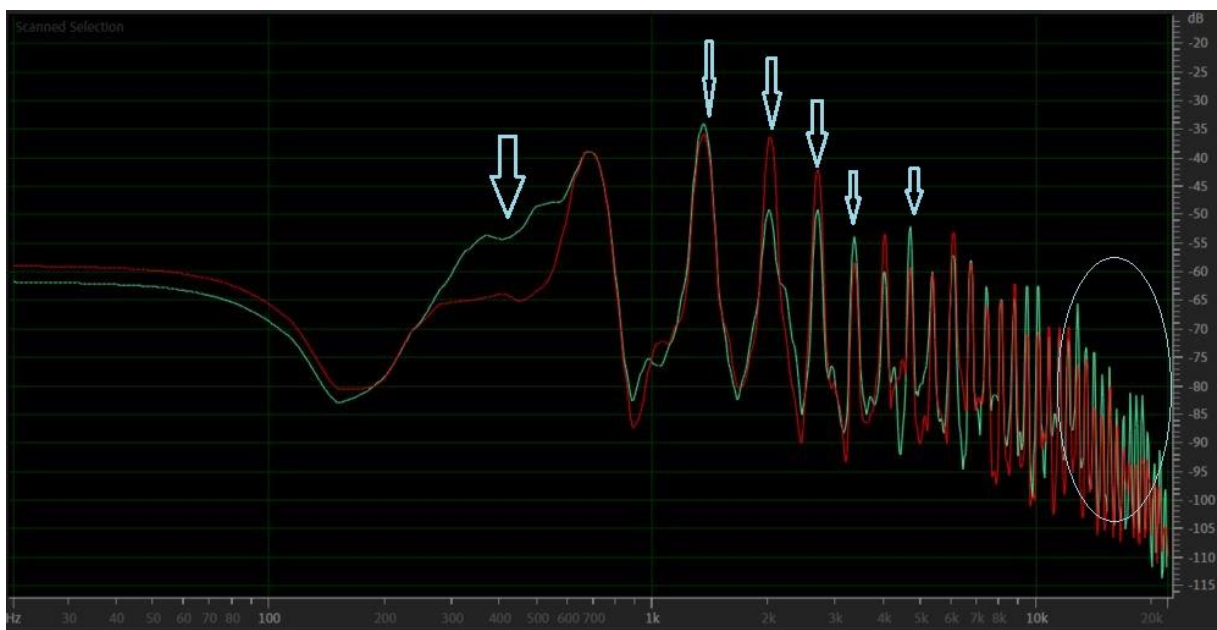
---

<sup>22</sup> Chudy M. Discriminating music performers by timbre, Queen Mary University of London, London, 2016.

### 8.1.1. Eksperiment 1: Analiza frekvencijskog spektra pojedinačnih tonova i usporedba s rezultatima ankete

U ovom mjerenju sve četiri žice na svakoj od sedam tambura odsvirane su dva puta. Svaka žica odsvirana je prazna (nijedno polje nije bilo pritisnuto), na istom mjestu, na jednak način trzanja, sličan apoyando tehnici sviranja (trzanje pod kutom od  $45^\circ$  u odnosu na prednju ploču). Dva puta je svirano zato da je moguće odabrati bolji trzaj i izbjeći faktor ljudske pogreške. Za trzalicu je korištena plastična trzalica proizvođača Kordoš.

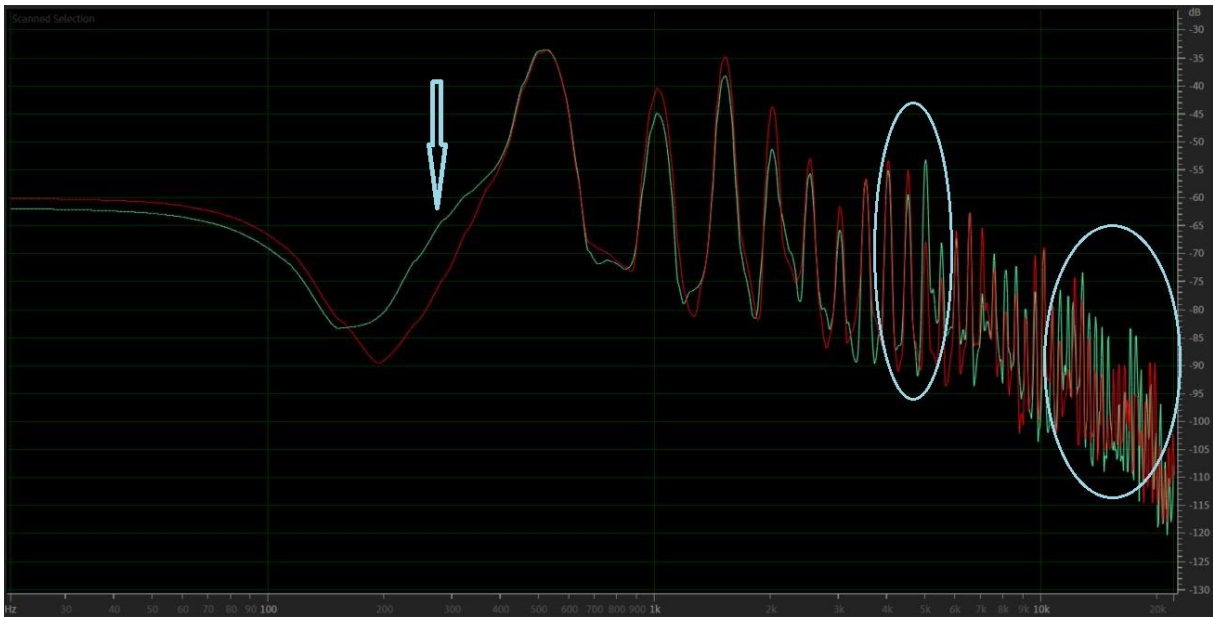
Svrha mjerenja bila je povezati rezultate ankete s pojedinim dijelovima frekvencijskog spektara kako bi se moglo odrediti koji harmonici, koje frekvencije i kojeg intenziteta su poželjne ili nepoželjne. Na **prvoj žici** ton e2 (659 Hz) bisernice koje su ocijenjene visokom ocjenom imale su izraženo područje u području 3.5 i 4.5 kHz (5. i 7. harmonik). Česta pojava bila je da visoko ocijenjene bisernice dominiraju na frekvencijama većim od 12 kHz. Bisernice s čestim pridjevima „pun“ i „oštar“ imale su izraženo područje oko 3.5 kHz, te prije i poslije harmonika 2 kHz, ali ne i harmonik na 2 kHz. Što je bila manja istaknutost na 2 kHz, to je bisernica bila bolje ocijenjena. Nizak intenzitet na frekvencijama nakon 1.5 kHz ocijenjen je pridjevom „mršavo“. Dobro ocijenjene bisernice imale su izraženo frekvencijsko područje od 200 - 400 Hz, nasuprot loše ocijenjenih koje nisu imale izražene harmonike u tom području (*slika 12*).



Slika 12: Prva žica Đuretić (zeleno) i nepoznati (crveno)

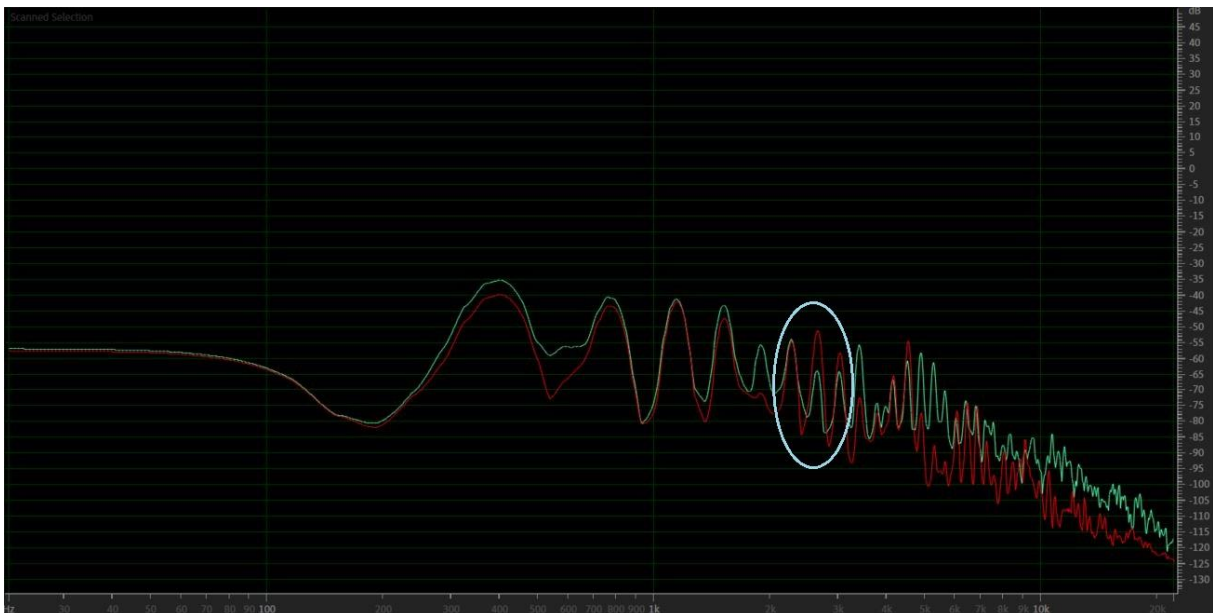
**Druga žica** h1 (493 Hz) pokazala je kako je u prosijeku cijelo područje izraženije, znači da će bisernica biti lošije ocijenjena, osim na 200 – 400 Hz, gdje su bolje ocijenjene bisernice

bile izraženijeg frekvencijskog spektra. Bisernice s izraženijim frekvencijskim područjem nakon 10 kHz ocijenjene su bolje, dok u području oko 4, 5 i 6 kHz nije dobro previše, a ni premalo intenziteta (Slika 13).



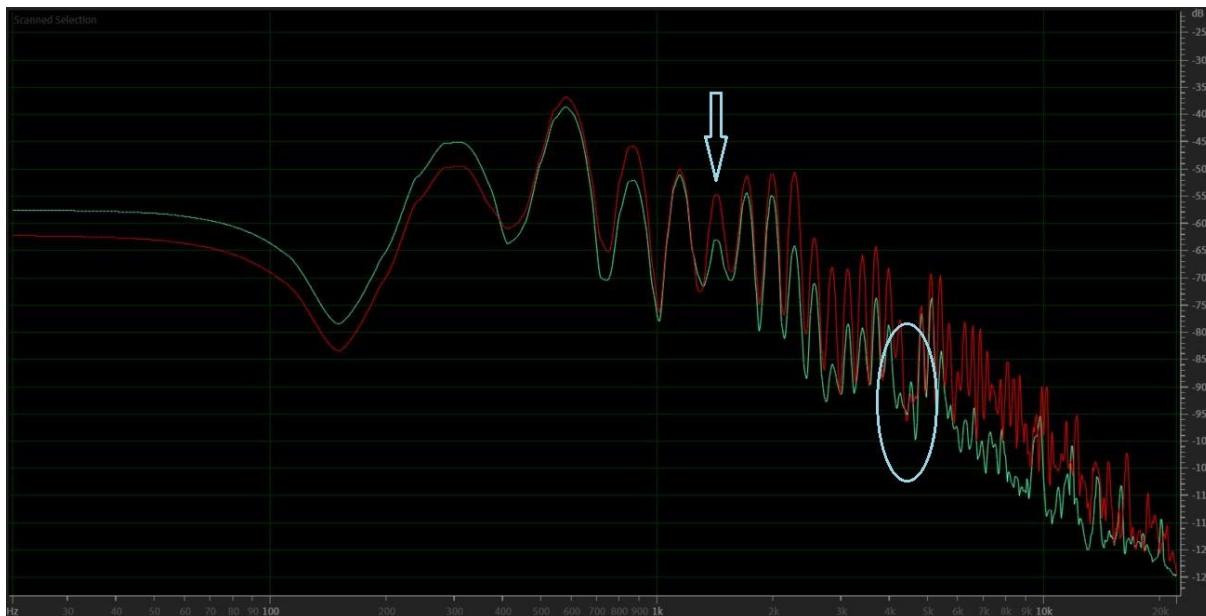
Slika 13: Druga žica Đuretić (zeleno) i Edelinski svjetlija (crveno)

Ispitivanje **treće žice** fis1 (370 Hz) pokazalo je kako lošije ocijenjene bisernice imaju izraženo područje od 2.1 do 3.1 i na području 4.5 kHz (Slika 14).



Slika 14: Treća žica Durbek - Pastula (zeleno) i nepoznati (crveno)

Na **četvrtoj žici** cis1 (277 Hz) područje 1.5 Hz čini se poželjnije ako je manjeg intenziteta. Zanimljivost je kako su bisernice imale sličnu razinu amplitude tona upravo na frekvenciji 4.5 kHz (Slika 15).



Slika 15: Četvrta žica Durbek - Pastula (zeleno) i Edelinski svijetla (crveno)

Općenito govoreći svim boljim bisernicama bio je dodijeljen pridjev toplog tona.

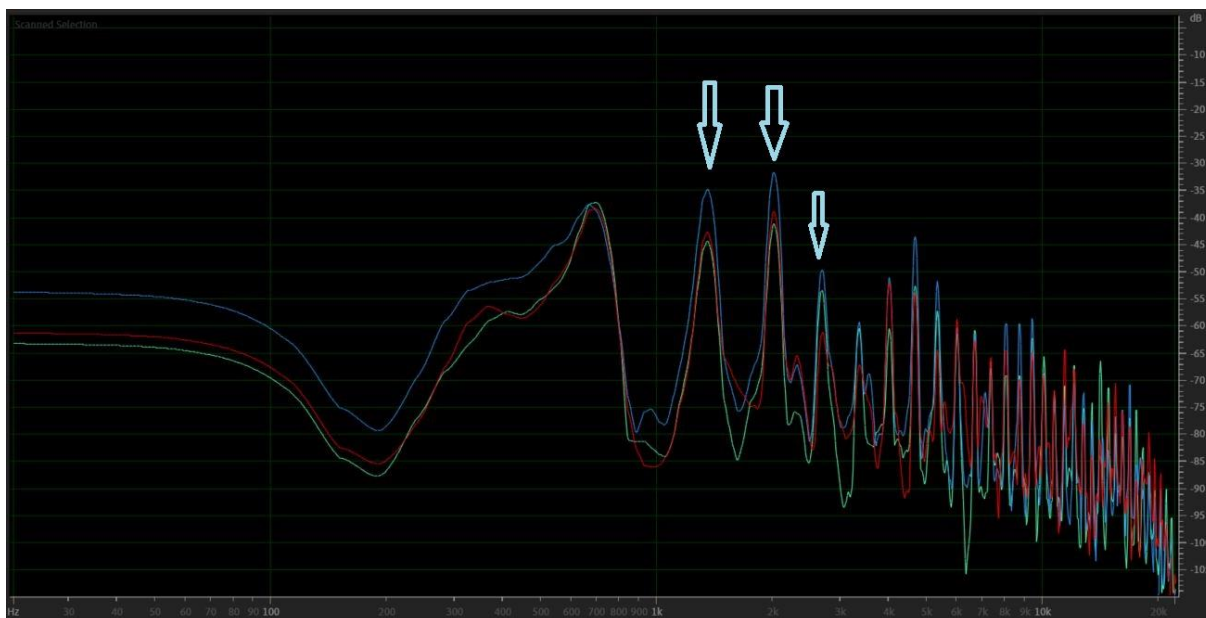
### 8.1.2. Eksperiment 2: Usporedba frekvencijskog spektra različitih trzalica

Za vrijeme intervjua jedno od pitanja koja su redovito bila postavljena bilo je pitanje koju trzalicu bi bilo najbolje koristiti u eksperimentima. Dvije trzalice koje su najčešće spominjane bile su trzalica od bijelog kravljeg roga i trzalica od plastike Kordoš. Za usporedbu korištene su još dvije trzalice gitaristička trzalica debljine 0.70 mm i trzalica plastika Jurki.

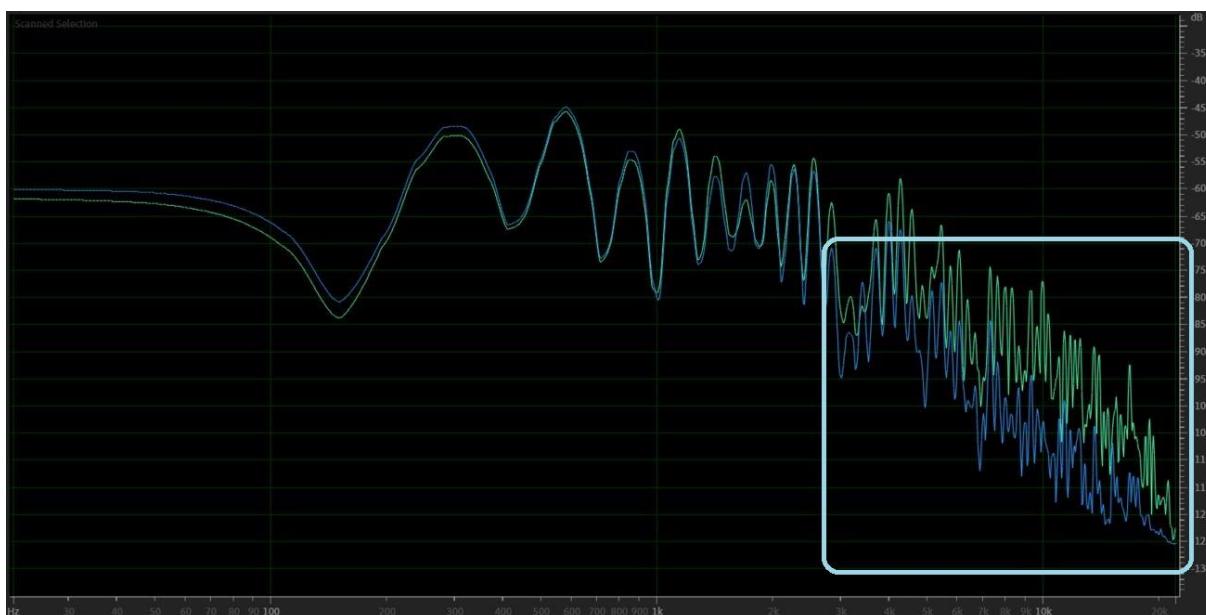


*Slika 16: Gore lijevo proizvodnja Kordoš, gore desno rog, dolje lijevo proizvodnja Jurki, dolje desno gitaristička trzalica*

U ovom eksperimentu prva i četvrta žica svirane su po dva puta sa svakom od navedenih trzalica na dvije različite bisernice (Juzbašić i Žmegać). Ako govorimo o preferencijama glazbenika možemo pretpostaviti međusobnu korelaciju odabira trzalica i frekvencijskog spektra, jer je vidljiva distinktivna razlika između roga i ostalih trzalica, pogotovo na 1. žici gdje rog pokazuje veću pobuđenost u području oko 1.4, 2 i 3.8 kHz (2. 3. i 4. harmonik) (*Slika 17*), te na 4. žici niži intenzitet na području nakon 3 kHz (*Slika 18*). Gitaristička trzalica je korištena iz razloga što je općepoznato da daje nepoželjan ton na bisernici i tamburama općenito.



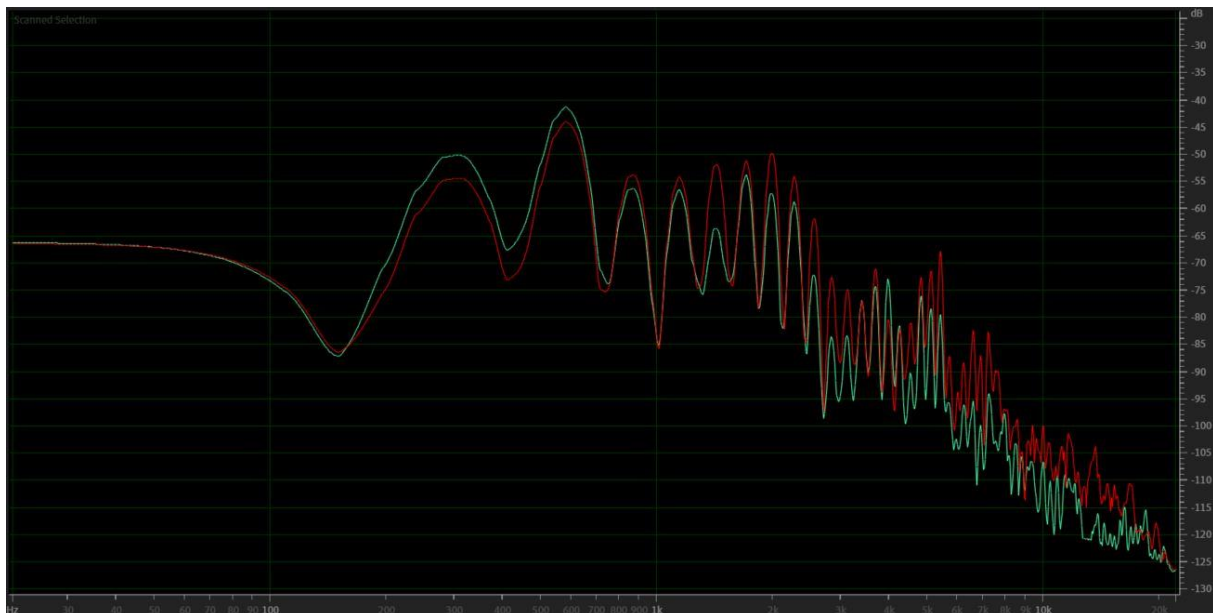
Slika 17: Prva žica slika spektra trzalica: rog (plavo), Kordoš (crveno) i gitaristička trzalica (zeleno)



Slika 18: Četvrta žica trzalice, rog (plavo) i Jurki (zeleno)

### 8.1.3. Eksperiment 3: Tehnike trzanja

Titrajuća žica pobuđuje konjić paralelno i poprečno silom. Svirač može mijenjati kvalitetu tona na bisernici, mijenjajući kut pod kojim se žica trza. Ovim mjerenjem htjelo se pokazati kako u frekvencijskom spektru izgleda trzanje kojim se dobije titraj žice okomit na glasnjaču inače povezano s lijepim tonom, te trzanje žice na način da se dobije titranje paralelno s glasnjačom inače povezano s nepoželjnim tonom. Pretpostavka je bila da će paralelni titraj imati veći intenzitet svih frekvencija, te je pretpostavka potvrđena (Slika 19).

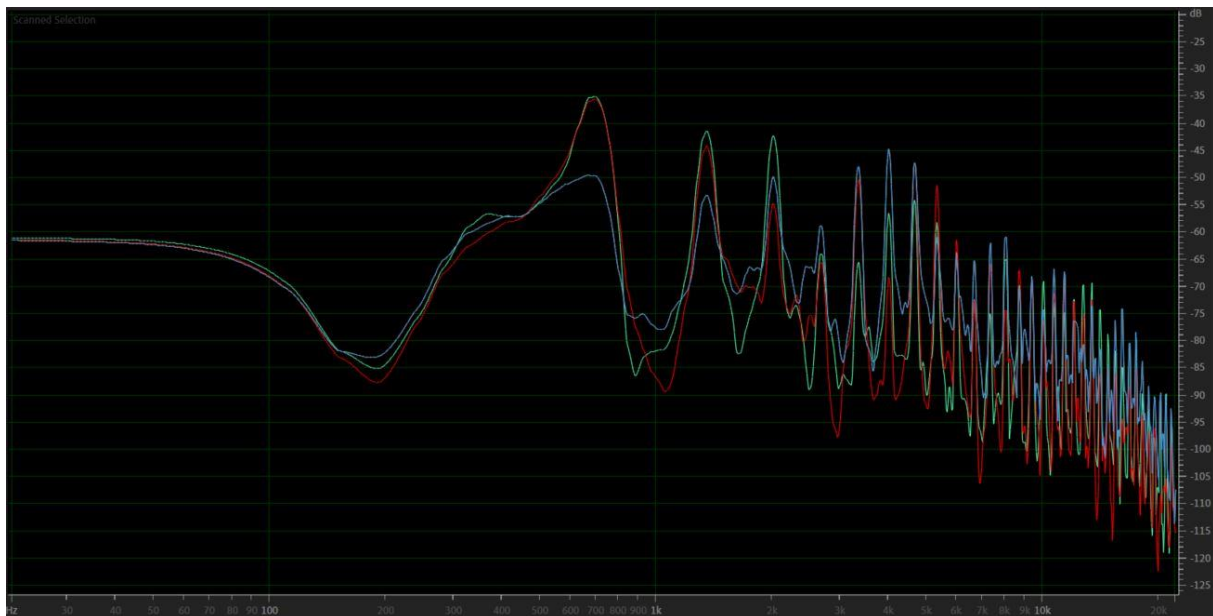


Slika 19 Četvrta žica na Juzbašićevoj bisernici okomit titraj (zeleno), paralelni titraj (crveno)

#### 8.1.4. Eksperiment 4: Razlika frekvencijskog spektra u ovisnosti o mjestu trzanja

U ovom mjerenju proučavan je frekvencijski spektar, odnosno alikvotni niz s obzirom na mjesto trzaja žice i utjecaj na slušni osjet boje tona. Žica je trzana istom trzalicom i približno jednakim intenzitetom malo prije početka hvataljke (sul tasto), na sredini glasnjače, te malo ispred konjića (sul poticello). Na prvoj žici sul poticello tehnika ima vrlo izraženo manju amplitude titranja, te mnogo izraženije visoke frekvencije, što je bilo i očekivano. Iz slike 20 se može jasno vidjeti dominantnost prvog harmonika u sul tasto poziciji, zatim dominantnost 2. i 3. harmonika u poziciji na sredini glasnjače, te dominantnost frekvencijskog spektra nakon 4. harmonika u poziciji sul ponticello.

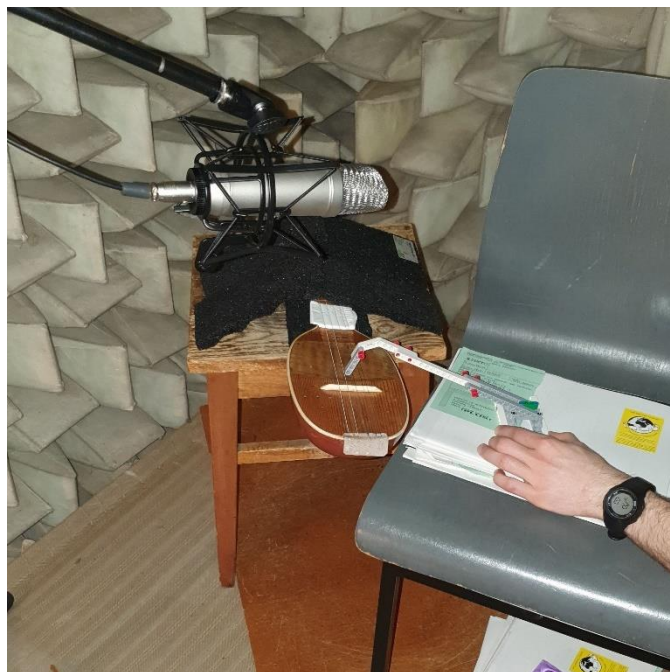




Slika 20: (Juzbašić) 1. žica, crvena sul tasto, plava sul ponticello i sredina zelena linija.

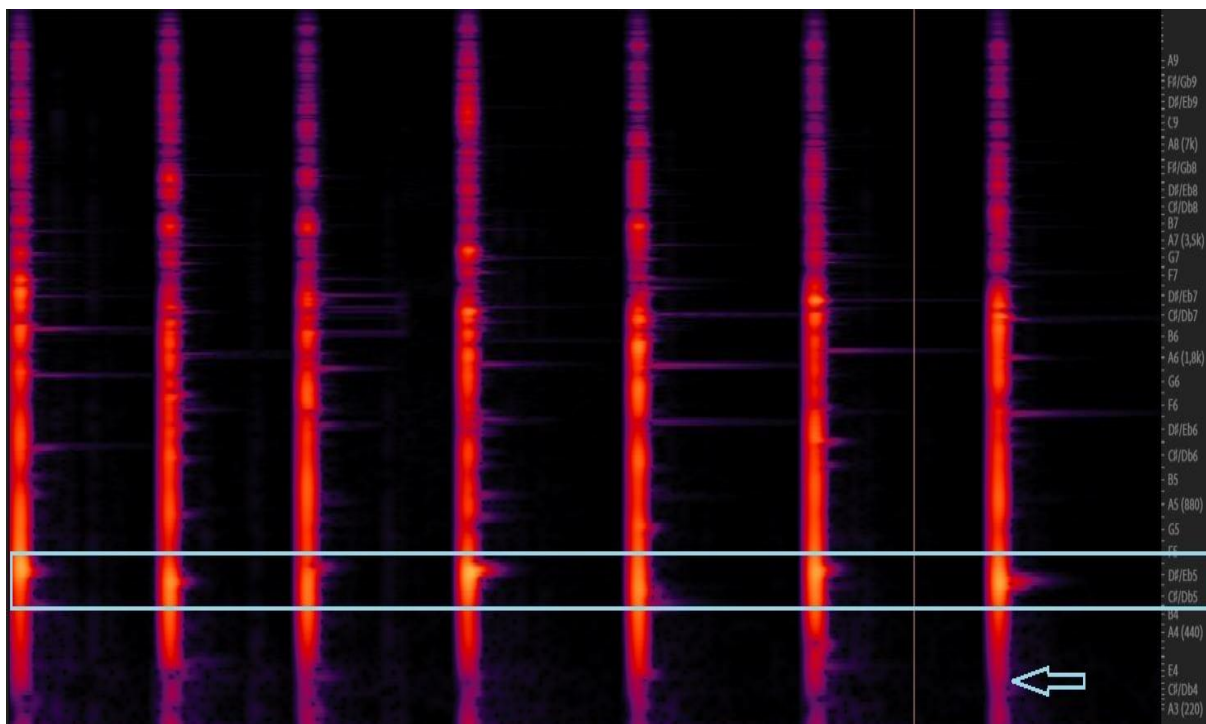
### 8.1.5. Eksperiment 5: Impulsni odziv bisernice

Cilj ovog eksperimentu bio je proučiti rezonantnu frekvenciju drveta i uočiti razliku formantnih područja rezonantnih kutija tj. tijela bisernica. Za dobivanje impulsnog odziva bilo je potrebno udariti batićem o konjić bisernice. Kako bismo osigurali približno jednaku snagu udarca, poslužili smo se lego Mindstorms modularnim elementima i od njih napravili batić optimalne težine i amplitude udarca. Ne previše jak da ošteti bisernice, ali dovoljno jak za pobuđivanje bisernica na odziv. Žice smo prigušili papirnatom maramicom, a fiksirali smo je na stolicu gumenim pločama. Mikrofon smo udaljili okomito od sredine glasnjače na udaljenosti od 30 cm (Slika 21).



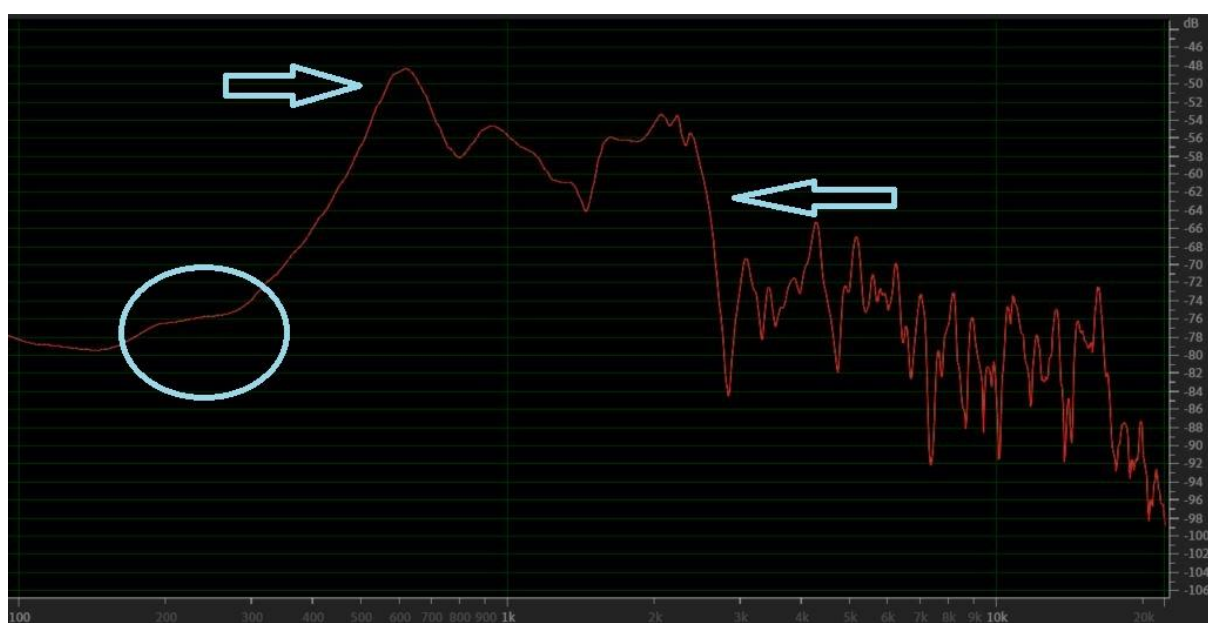
*Slika 21. Konstrukcija eksperimenta impulsnog odziva*

Na slici 22. možemo uočiti početak na tonu cis1 (277 Hz) što je logično razlog zašto se bisernice grade da budu veličine koje jesu jer najniža prirodna rezonancija tijela bisernice odgovara upravo tonu prazne najniže žice cis1. Da je žica drukčije štimana, odziv bisernice tj. intenzitet zvuka bi bio manji. Također između tona cis2 i dis2 možemo uočiti snažnu pobudu tijela kod svih bisernica (označenu jarkijom bojom). Razlike su prilično jasne i pokazuju vrlo različitu pobudu tijela kod svake bisernice.



Slika 22 Impulsni odziv svih bisernica u obliku spektralne analize

Na frekvencijskom spektru slike 23 kod svih bisernica možemo primijetiti početni porast intenziteta na 200 – 300 Hz, najveći intenzitet na oko 650 Hz i drastičan pad na 1 kHz.



Slika 23: Frekvencijski spektar impulsnog odziva jedne bisernice

## 9. ZAKLJUČAK

Postavlja se pitanje bi li standardizacija izrade tambura doprinijela bržem razvoju, kao što je to stvar sa srodim i globalno raširenim instrumentom poput gitare. Jasno je da su potrebni daljnji eksperimenti graditelja u području optimalnih dimenzija tambure, a pri tome stoji da bi istraživanja poput ovoga mogla egzaktnije prikazati zvučnu sliku koju daje kako bisernica, tako i ostatak roda tambure. Gore opisani eksperimenti ostavljaju potencijal za koristan alat glazbalarima.

Razlike su vidljive, te iz analize frekvencijskog spektra praznih žica možemo zaključiti da su za lijep ton 1. žice bitni 5. i 7. harmonik, slabija izraženost na 2 kHz, te jača izraženost spektra na od 200 do 400 kHz. Nizak intenzitet na frekvencijama nakon 1,5 kHz ocijenjen je pridjevom „mršavo“. Izraženo područje od 200 do 400 Hz pokazalo se bitno i na drugoj žici. Za treću žicu izraženo područje od 2.1 do 3.1 i na područje 4.5 kHz pokazalo se kao nepoželjno. Za četvrtu žicu bitno je da ima manje izraženu frekvenciju 1.5kHz. Svim boljim bisernicama bio je dodijeljen pridjev toplog tona. Trzanje trzalicom od roga možemo uočiti veću pobuđenost na 2., 3. i 4. harmoniku na prvoj žici, te veću pobuđenost spektra nakon 3 kHz na četvrtoj žici. Istraživanje okomitog trzaja na žicu pokazuje kako okomito titranje daje manji intenzitet u cijelom frekvencijskom spektru u usporedbi sa paralelnim, a znamo da je okomito trzanje i titranje žice daje poželjnu karakteristiku tona. Jedan od zaključaka je i da tijelo bisernice ima najveću pobudu na području od oko 540 Hz tj. između c2 i d2.

Analiza rezultata eksperimenata je autorova interpretacija podataka dobivenih eksperimentima i otvorena je za drugačija mišljenja, čak štoviše, cijelo istraživanje je napravljeno tako da bude stepenica prema uspješno, kvalitetno i egzaktno ispitanoj akustici tambure. U budućim istraživanjima bilo bi zanimljivo izmjeriti frekvencijske spektre ostalih tambura: brača, bugarije, čela i berda, provjeriti koliko rozeta utječe na zvuk bisernice i ostalih tambura, koristiti se metodom mjerenja formantnih područja glasnjače s akcelerometrom, te detaljnije proučiti impulsni odziv. Bilo bi dobro svaki put imati jednak trzaj ili udarac, te izbjeći ljudski faktor kako bi se povećala preciznost mjerenja.

**Ovaj rad lektorirala je Josipa Schweizer Matić, prof. kroatologije i sociologije**

## 10. LITERATURA

### 10.1. Intervjui

Juraj Jurčić (Vinkovci) graditelj tambura

Zvonimir Edelinski (Vinkovci) graditelj tambura

Ivan Koprić (Vrbovec) graditelj tambura

Veljko Valentin Škorvaga (Zagreb) v. pred. Na Muzičkoj akademiji Sveučilišta u Zagrebu

Đuro Zarić (Vinkovci) glazbalar graditelj tambura

Pavao Sever (Zagreb) glazbalar graditelj gitara

### 10.2. Knjige

Rossing, Thomas D. *The Science of String Instruments*. New York: Springer Verlag, 2010.

Chudy M. *Discriminating music performers by timbre*, Queen Mary University of London, London, 2016.

### 10.3. Diplomski radovi

Pećarić, F. *Početnice za tamburu bisernicu*, Muzička akademija Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2019.

Ralašić I. *Električna tamburica*, završni rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, Zagreb, 2014.

Bat, D. *Konstrukcija i izrada tambure*, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2018.

Koprić I. *Aspekti izrade tambure brača*, Muzička akademija Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2021.

### 10.4. Članci

Doutaut V., Curtit M. *Acoustics in Practice*®, International e-Journal of the European Acoustics Association (EAA), 2014.

UBC Wiki. 2017. The Croatian Tamburica's Organology and Construction,

[https://wiki.ubc.ca/Course:PHYS341/Archive/2016wTerm2/Tamburica\\_organology](https://wiki.ubc.ca/Course:PHYS341/Archive/2016wTerm2/Tamburica_organology) (datum pristupa 04.11.2020.)

[https://wiki.ubc.ca/User\\_talk:Chris\\_Waltham](https://wiki.ubc.ca/User_talk:Chris_Waltham) (datum pristupa 04.11.2020.)

Seder, A. *Kvaliteta tona gitare*, Gitara između sviračevih ruku i uha, Glazbena škola Pavla Markovca, 2003.

Seder, A. *Akustičke karakteristike gitare*, Gitara između kvalitete i objektivnih mjernih podataka, Glazbena škola Pavla Markovca, 2003.

## 10.5. Internetski izvori

Forum.tambura.com.hr

<https://www.forum.tambura.com.hr/showthread.php?t=2999> (datum pristupa 13.08.2021.)

Tehnoguma

<https://tehnoguma-zg.hr/tehnicka-plastika-3/poliamid-sipas/> (datum pristupa 25.08.2021.)

Drvotehnika.info, portal drvne industrije

<https://drvotehnika.info/clanci/selak-smola> (datum pristupa 26.08.2021.)

Messe Frankfurt – Company Portal

[www.messefrankfurt.com](http://www.messefrankfurt.com) (datum pristupa 26.08.2021.)

Hrvatski tamburaški savez u Osijeku

<http://htso.hr/nastanak/> (datum pristupa 26.08.2021.)

Muzej Franje Šnajdera

<http://www.muzej-franje-schneidera.com/index.php/o-zbirci.html> (datum pristupa 26.08.2021.)

## 11. PRILOZI

### 11.1. Popis slika

Slika 1: Građa bisernice .....	9
Slika 2: Otvorena i zatvorena rupa .....	11
Slika 3: Primjer brača s vratom iz tri dijela .....	14
Slika 4: Primjerci stegi iz radionice Juraja Jurčića .....	16
Slika 5: Primjerci strojeva iz radionice Juraja Jurčića. S lijeva na desno: dolje u kutu dva kompresora za lakiranje (plavi i narančasti), cilindrična brusilica (služi za stanjivanje drveta brušenjem), zatim tračna pila bansek (za rezanje drva), te debljača (za fino stanjivanje glasnjače na određenu debljinu) .....	17
Slika 6: Primjer ptičjeg javora .....	19
Slika 7: Primjer unutarnje strane glasnjače bez jajeta, sa kutijom oko glasnjače .....	20
Slika 8: Spektar titranja žice, frekvencijskog odziva (modova titranja, tj. formantnog područja rezonantne kutije) tijela glazbala i ukupni spektar tona glazbala) koji je kombinacija prvog i drugog .....	25
Slika 9: Bisernice korištene u eksperimentu. S lijeva na desno: Edelinski, Edelinski, Durbeka i Pastula, Juzbašić, Žmegać, Đuretić i nepoznati majstor (bisernica u vlasništvu Stjepana Schweizera) .....	29
Slika 10: Grafički prikaz brojčanih ocjena ankete .....	31
Slika 11: Tamburaš Franjo Pećarić u gluhoj komori kao izvođač fraza za anketu i izvođač trzaja potrebnih za analizu zvuka .....	32
Slika 12: Prva žica Đuretić (zeleno) i nepoznati (crveno) .....	33
Slika 13: Druga žica Đuretić (zeleno) i Edelinski svjetlija (crveno) .....	34
Slika 14: Treća žica Durbek, Pastula (zeleno) i nepoznati (crveno) .....	34
Slika 15: Četvrta žica Durbek, Pastula (zeleno) i Edelinski svijetla (crveno) .....	35
Slika 16: Gore lijevo proizvodnja Kordoš, gore desno rog, dolje lijevo proizvodnja Jurki, dolje desno gitaristička trzalica .....	36
Slika 17: Prva žica slika spektra trzalica: rog (plavo), Kordoš (crveno) i gitaristička trzalica (zeleno) .....	37
Slika 18: Četvrta žica trzalice, rog (plavo) i Jurki (zeleno) .....	37



Slika 19 Četvrta žica na Juzbašićevoj bisernici okomit titraj (zeleno), paralelni titraj (crveno)	38
Slika 20: (Juzbašić) 1. žica, crvena sul tasto, plava sul ponticello i sredina zelena linija.....	39
Slika 21. Konstrukcija eksperimenta impulsnog odziva .....	40
Slika 22 Impulsni odziv svih bisernica u obliku spektralne analize .....	41

## IZVORI SLIKA

Slika 2: [https://wiki.ubc.ca/File:Tamburica\\_Volume\\_vs\\_Frequency.png](https://wiki.ubc.ca/File:Tamburica_Volume_vs_Frequency.png) (datum pristupa 15.09.2021.)

Slika 8: <https://newt.phys.unsw.edu.au/music/guitaracoustics/construction.html> (datum pristupa 15.09.2021.)

## 11.2. Popis tablica

Tablica 1: Specifikacije bisernica korištenih u eksperimentima.....	28
Tablica 2: Brojčane ocjene pojedinih dijelova frekvencijskog spektra.....	30
Tablica 3: Najčešći odgovori na opisna pitanja.....	31