

Mladi za napredek Maribora 2018  
35. srečanje

# **SPEKTRALNA ANALIZA ZVOKA VRTEČEGA SE GUMBA**

Raziskovalno področje: fizika

Raziskovalna naloga

Avtor: BRINA POROPAT

Mentor: MARKO GOSAK, JOLANDA ORGL

Šola: OŠ TABOR I MARIBOR

Maribor, februar 2018

Mladi za napredek Maribora 2018  
35. srečanje

# **SPEKTRALNA ANALIZA ZVOKA VRTEČEGA SE GUMBA**

Raziskovalno področje: fizika

Raziskovalna naloga

Maribor, februar 2018

POVZETEK .....	1
ZAHVALA .....	2
1 UVOD .....	3
2 ZVOK .....	3
2.1 Izvor zvoka .....	4
2.2 Vrste zvoka .....	4
2.3 Zaznavanje zvoka .....	5
3 EKSPERIMENTALNE IN RAČUNSKE METODE .....	5
3.1 Spektralna analiza zvoka .....	5
3.2 Izdelava igrač in pripomočki .....	6
3.3 Meritve zvoka .....	8
3.4 Spektralna analiza zvoka s programom Audacity .....	9
4 REZULTATI Z ANALIZO .....	11
4.1 Osnovni gumb – G1 .....	11
4.2 Vpliv debeline gumbov .....	12
4.3 Vpliv nazobčanosti .....	16
5 DRUŽBENA ODGOVORNOST .....	21
6 ZAKLJUČEK .....	21
9 VIRI IN LITERATURA .....	22

## Kazalo slik

Slika 1. Zvok je longitudinalno valovanje .....	3
Slika 2. Nastanek zvoka pri vrtečem se gumbu .....	4
Slika 3. Spektralna analiza .....	6
Slika 4. Spektralna analiza zvena .....	6
Slika 5. Izdelana igrača .....	7
Slika 6. Označeni gumbi .....	8
Slika 7. Oprema pri meritvah .....	9
Slika 8. Oprema pri meritvah .....	9
Slika 9. Posnetek žvižga .....	10
Slika 10. Spektrogram za žvižga .....	10
Slika 11. Frekvenčni spekter za izbrano območje žvižga .....	11
Slika 12. Krožilna hitrost gumba .....	11
Slika 13. Analiza osnovnega gumba G1 .....	12
Slika 14. Analiza tanjšega gumba GD0 .....	13
Slika 15. Analiza debelejšega gumba GD2 .....	14
Slika 16. Analiza najdebelejšega gumba GD3 .....	15

Slika 17. Primerjava številčnih rezultatov za vpliv debeline.....	16
Slika 18. Analiza rahlo nazobčanega gumba (3 zareze) GR1..	17
Slika 19. Analiza srednje nazobčanega gumba (6 zarez) GR2.....	18
Slika 20. Analiza močno nazobčanega gumba GR3.....	19
Slika 21. Primerjava številčnih rezultatov za vpliv nazobčanosti.....	19
Slika 22. Razmerje višine glasnosti med osnovnim in prvim višjim harmonikom..	20

## **POVZETEK**

V eksperimentalno naravnani raziskovani nalogi sem preučevala lastnosti zvoka, ki ga oddaja preprosta igrača, narejena iz gumba in niti. Delovanje igrače je preprosto – skozi luknjici v gumbu napeljemo nit, večkrat zavrtimo in potem s periodičnimi gibi narazen in skupaj gumb spravimo v hitro vrtenje. Ob tem se sliši rahlo bučanje. Posnela sem zvok vrtečega se gumba ter podatke obdelala s pomočjo računalnika. S spektralno analizo sem ugotavljala, kako na frekvenco in jakost oddanega zvoka vplivata debelina in oblika gumba.

## **ZAHVALA**

Mentorjema se zahvaljujem za pomoč in usmerjanje pri raziskovanju. Zahvaljujem se podjetju in posameznikom, ki so prispevali material, izdelali gumbe ter posodili opremo in mi pomagali pri meritvah.

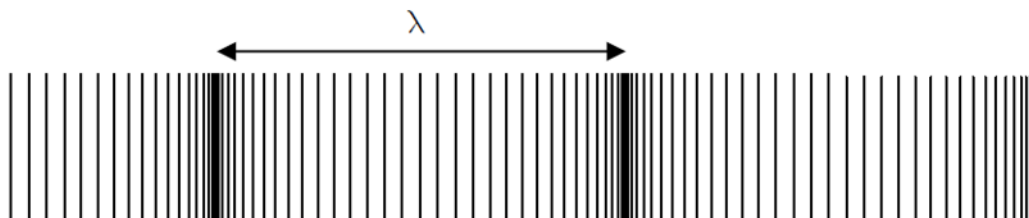
## 1 UVOD

Kdaj in kako se je razvila glasba, ne ve nihče povsem natančno. Zagotovo pa si naši predniki niso mislili, da bodo ustvarili nekaj tako kompleksnega, kar bo neizčrpen vir preučevanja. S preučevanjem zvoka se ukvarja akustika, veda o zvoku in glasbi, ki povezuje umetnost in znanost. Akustika zajema ogromno področij. Poznamo fizikalno, fiziološko, gradbeno, psihoakustiko, elektroakustiko in druge. Vsako od teh področij je zelo obsežno, zato bom v nalogi predstavila le drobec s tega področja. Predstavila bom nekaj osnovnih značilnosti zvoka in njegovega zaznavanja. Obravnavala bom preprosto retro igračo, ki je navduševala mnoge generacije otrok še preden so svet preplavile elektronske igrače. Vrteči se gumb ali v originalu »Spinning button, button spinners, buzzers, whirligigs ...« je igrača, narejena iz predmetov, ki jih najdemo v vsakem gospodinjstvu, saj potrebujemo le gumb in nit. S periodičnimi in dobro usklajenimi gibi ta gumb spravimo do hitrega vrtenja, pri čemer nastane zvok – nekakšno bučanje. Vsak otrok, ki je takšno igračo kdaj izdelal, ve, da različni gumbi povzročijo različen zvok. Osnovna ideja naloge je bila, ta zvok posneti in analizirati z računalnikom. Posnela sem zvok vrtečega se gumba ter podatke obdelala s pomočjo računalnika. Poudarek je bil na spektralni analizi zvoka.

## 2 ZVOK

V fiziki se zvok obravnava kot longitudinalno valovanje, to je valovanje, pri katerem delci snovi nihajo v isti smeri, kot se valovanje širi. V snovi nastajajo zgoščine, kjer se povečata gostota snovi in tlak in razredčine, kjer se gostota in tlak zmanjšata (slika 1).

Zvok se lahko širi po plinu, kapljevini ali trdni snovi. S širjenjem zvoka po zraku se ukvarja akustika. Človeškemu slišnemu območju ustreza zvok s frekvencami med približno 16 Hz in 16 kHz. V zraku, pri sobni temperaturi, je hitrost zvoka približno 340 m/s. (Kladnik, 1999)



Slika 1: Zvok je longitudinalno valovanje. V snovi se pojavijo zgoščine in razredčine. (Vir: <http://mmp-1.weebly.com/uploads/3/1/4/5/31450951/795675.jpg?460.71999999999997>)

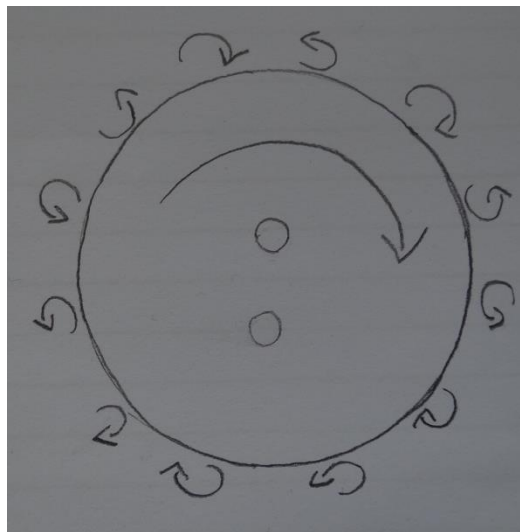
## 2.1 Izvor zvoka

Poznanih je veliko načinov, s katerimi lahko ustvarimo zvok.

Zvok se lahko ustvari na primer z nihanjem telesa (membrane, strune), saj se v neposredni okolici spreminja tlak. Najpomembnejši proces proizvodnje zvoka za ljudi je vsekakor govorjenje in petje. Pri tem zaradi izdihanega zraka glasilke zanihajo in spremeni se zračni pretok. To nihanje se prenese v žrelno, ustno in nosno votlino, tam se zvok obarva in oblikuje vokale. Nato s pomočjo ustnic, jezika in zob tvorimo ustrezne konzonante. Tako oblikovan zvok se nato širi v okolico. Tudi nekatera glasbila delujejo podobno. Pri klarinetu, na primer funkcijo glasilk opravi udarni jeziček in ustnice glasbenika. Hitro raztezanje zraka povzroči motnjo, ki jo zaznamo kot pok. To se zgodi pri eksploziji ter grmenje med nevihto, ko se zaradi strele zrak začne močno segrevati.

Vsako telo tedaj, ko oddaja zvok, niha, ali pa povzroča nihanje.

Zvok pa vedno nastane tudi, ko pride do vrtninčenja zraka. Na primer, ko piha močan veter, slišimo bučanje iz vogalov hiše, saj se zrak tam vrtninči. Podobno se zrak vrtninči, če imamo ob prehladu zadelane dihalne poti, zato takrat ob dihanju slišimo piskanje. Do vrtninčenja zraka pa pride tudi v okolici hitro vrtečega se gumba, kot je ponazorjeno na sliki 2. (Kladnik, 1999)



Slika 2: Nastanek zvoka pri vrtečem se gumbu zaradi vrtninčenja zraka. (lasten vir)

## 2.2 Vrste zvoka

Vrste zvoka se ločijo glede na obliko funkcije in njenega spektra. Naštela bom nekaj osnovnih. Harmonsko nihanje z eno frekvenco se imenuje ton. V življenju ga srečamo redko, ustvarimo ga lahko z glasbenimi vilicami ali s frekvenčnim generatorjem (elektronsko). Tudi preprost žvižg je zelo podoben navadnemu tonu.



Glasbeni ton ali zven je nihanje, sestavljeno iz osnovne frekvence in njenih višjih harmonskih nihanj, ki določajo barvo zvoka. Kadar različni glasbeni inštrumenti oddajajo zvok enake frekvence, se po zvenu razlikujejo zaradi višjih harmonikov.

Popolnoma neurejeno valovanje se imenuje šum. Pojavi se, ko so zastopane vse frekvence brez urejenosti. (Kladnik, 1999)

### **2.3 Zaznavanje zvoka**

Uho lahko zaznava na zelo širokem območju gostote energijskega toka. Zaznavanje občutka jakosti zvoka pri človeku ni v linearni odvisnosti z dražljaji. Da med občutkom in dražljajem obstaja logaritemska zveza so pokazali številni poskusi. To pa pomeni, da desetkrat večji dražljaj zaznamo dvakrat, stokrat večjega pa trikrat glasneje.

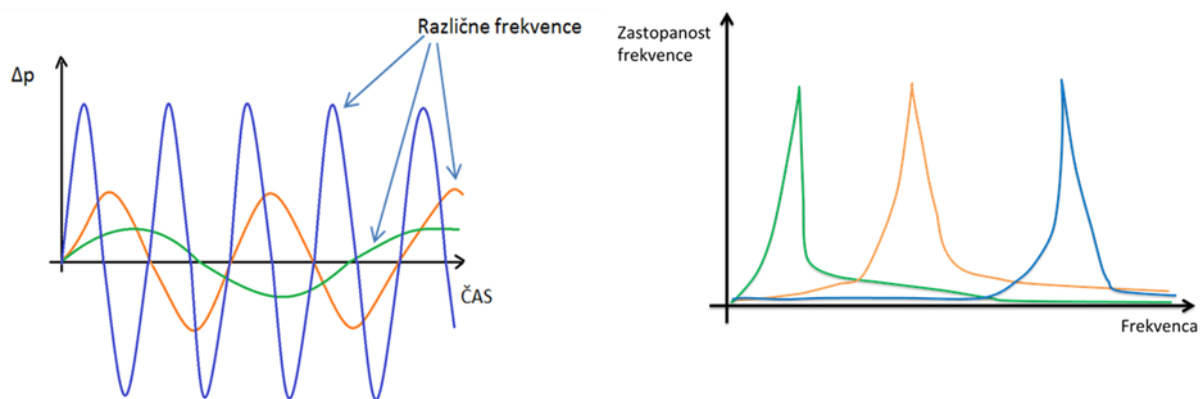
Občutku, ki ga jakost zvoka povzroča v ušesih, se reče glasnost zvoka. Izrazimo jo z enoto decibel (db). (Ravnikar, 1999)

## **3 EKSPERIMENTALNE IN RAČUNSKÉ METODE**

V tem poglavju je najprej predstavljena osnovna ideja spektralne analize zvoka, nato podrobnosti izdelave igráče »vrteči gumb«, čemur sledi opis izvajanja meritev, na koncu pa konkreten primer analize zvoka in izrisa frekvenčnega spektra s programom Audacity.

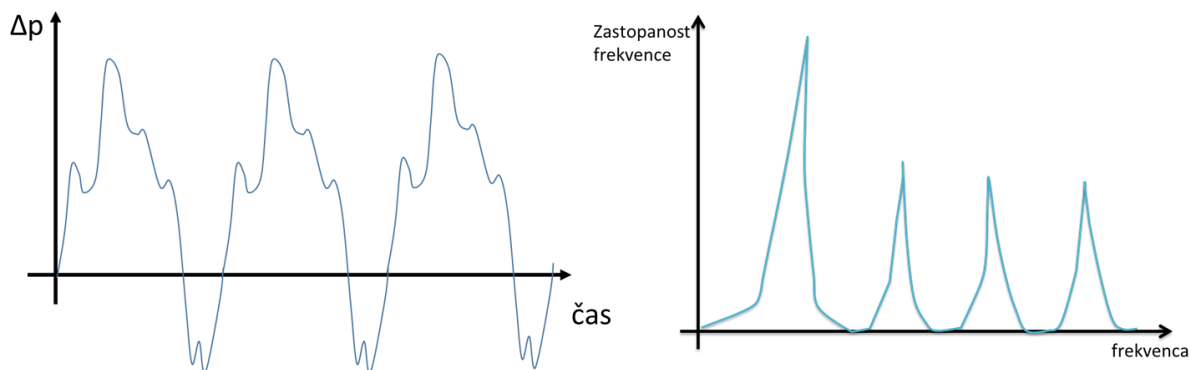
### **3.1 Spektralna analiza zvoka**

Za analizo zvoka potrebujemo podatke, kako se le-ta spreminja s časom in/ali krajem. Pogosto zapišemo časovno spreminjanje tlaka  $\Delta p(t)$  v eni točki, npr. v mikrofónu. Hitreje, kot se tlak spreminja, višja je frekvenca zvoka. Večja kot je amplituda spreminjanja, večja je glasnost zvoka. Če želimo predstaviti, kakšna je zastopanost posameznih frekvenc v zvoku, narišemo njegov spekter. Na x os nanesimo frekvenco, na y os pa zastopanost oziroma izrazitost posameznih frekvenc. Primer takšne spektralne analize treh različnih tonov je prikazan na sliki 3. Vidimo, da če je perioda nihanja tlaka v dani točki daljša, bo vrh v frekvenčnem spektru pomaknjen bolj proti nižjim frekvencam.



Slika 3: Prikaz osnovne spektralne analize tonov. Levo: tlak, ki se spreminja s časom. Različne frekvence. Desno: shematski prikaz zastopanosti frekvence s frekvenčnim spektrom. (lasten vir)

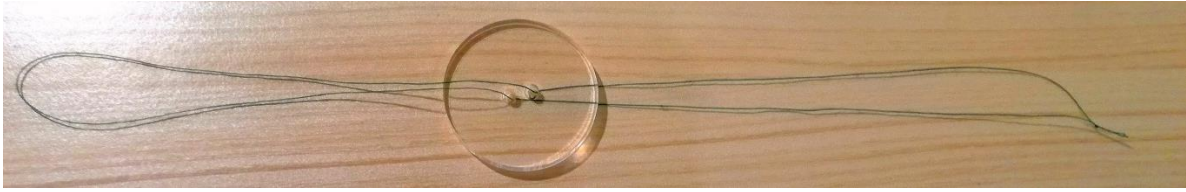
V realnem življenju so čisti toni redki. Pogosteje imamo opravka z zvenom, ki predstavlja sestavljeno nihanje tlaka. Pravimo, da so prisotni še višji harmoniki, ki zvok značilno obarvajo. Če enak ton (npr. A1) zaigramo na klavir ali na kitaro, bo zvok drugačen, in sicer zaradi drugačne zastopanosti višjih harmonikov. Primer zvena in spektralne analize zvena je prikazan na sliki 4. (Ravnikar, 1999)



Slika 4: Prikaz spektralne analize zvena. Levo: tipično spreminjanje tlaka s časom ob zvenu. Desno: spektralna analiza zvena in zastopanosti posameznih frekvenc. (lasten vir)

### 3.2 Izdelava igrač in pripomočki

Vrteči se gumb je preprosta igrača, ki jo je mogoče zelo preprosto izdelati. Skozi luknjici gumba speljemo tanko vrvico in jo zavežemo (slika 5). Le-to potem navijemo in s periodičnimi gibi narazen in skupaj lahko gumb spravimo v hitro vrtenje. Gumb se vrtil zelo hitro, kar povzroči rahlo bučanje.



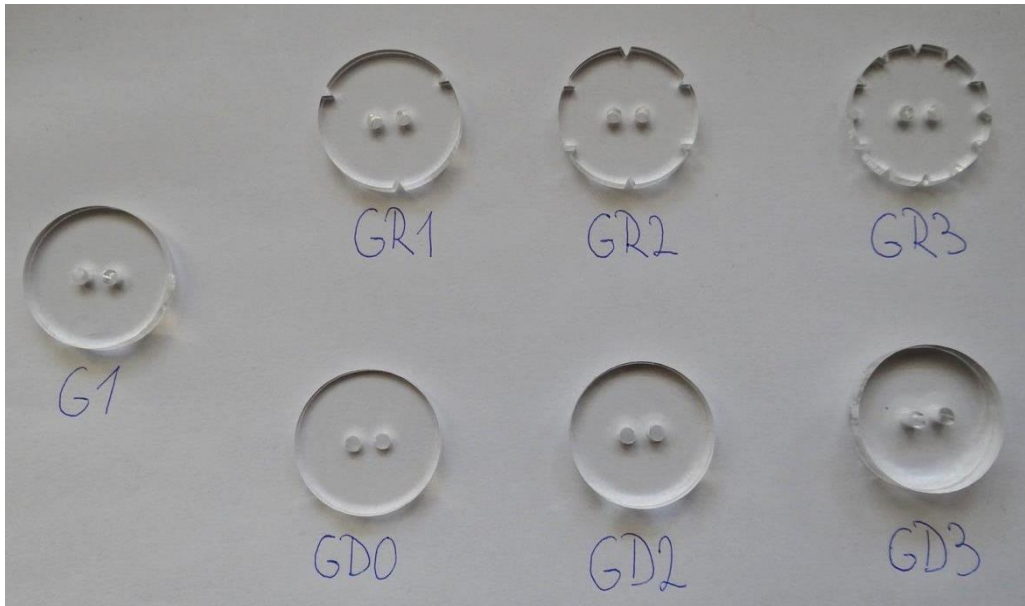
Slika 5: Izdelana igrača »vrteči se gumb«. (lasten vir)

Eksperimentalno delo sem pričela s preizkušanjem materialov gumbov in vrvi, z različnimi dolžinami vrvi ter številom navitij. Ker se je izkazalo, da vsi ti dejavniki vplivajo na oddani zvok, sem se naloge lotila bolj sistematično. Za eksperiment sem uporabila gumbce, izdelane po merah za namen raziskovalne naloge (slika 6), s čimer sem preprečila, da bi na rezultate vplival material gumba, razmik med luknjicami ter njihov premer. Gumbi so izdelani iz pleksi stekla. Gumbce sem za lažje delo označila (tabela 1). Osredotočila sem se na preučevanje vpliva debeline gumba in na njihovo raskavost. Ta dejavnika sta se pri začetnem preizkušanju različnih gumbov izkazala kot pomembna.

Tabela 1: Gumbi in njihove mere.

oznaka gumba	premer gumba	debelina	razmik med luknjicama	premer luknjic
OSNOVNI GUMB				
G1	3 cm	4 mm	3 mm	3 mm
NAZOBČANOST				
GR1(3z)	3 cm	4 mm	3 mm	3 mm
GR2(6z)	3 cm	4 mm	3 mm	3 mm
GR3(12z)	3 cm	4 mm	3 mm	3 mm
DEBELINA				
GD0	3 cm	3 mm	3 mm	3 mm
GD2	3 cm	5 mm	3 mm	3 mm
GD3	3 cm	8 mm	3 mm	3 mm

Kot osnovni gumb sem obravnavala gumb G1, s premerom 3 centimetre in debelino 4 milimetre.



Slika 6: Označeni gumbi. (lasten vir)

### 3.3 Meritve zvoka

Najprej sem želela zvok posneti in analizirati doma s pametnim telefonom. Izkazalo se je, da to ni možno, saj je bučanje gumba tiho, kvaliteta mikrofona v telefonu ni visoka, doma v bloku pa je veliko motenj. Zato smo se z mentorjema odločili za snemanje v odmaknjeni učilnici z dobrim mikrofonom in z računalnikom, ki ima kvalitetno zvočno kartico.

Potrebščine (sliki 7 in 8):

- gumbi,
- nit (konstanta – 70cm),
- mikrofona,
- ojačevalec,
- računalnik,
- metronom (slušalke).



Slika 7: Oprema pri meritvah. (lasten vir)



Slika 8: Oprema pri meritvah. (lasten vir)

Izvedba:

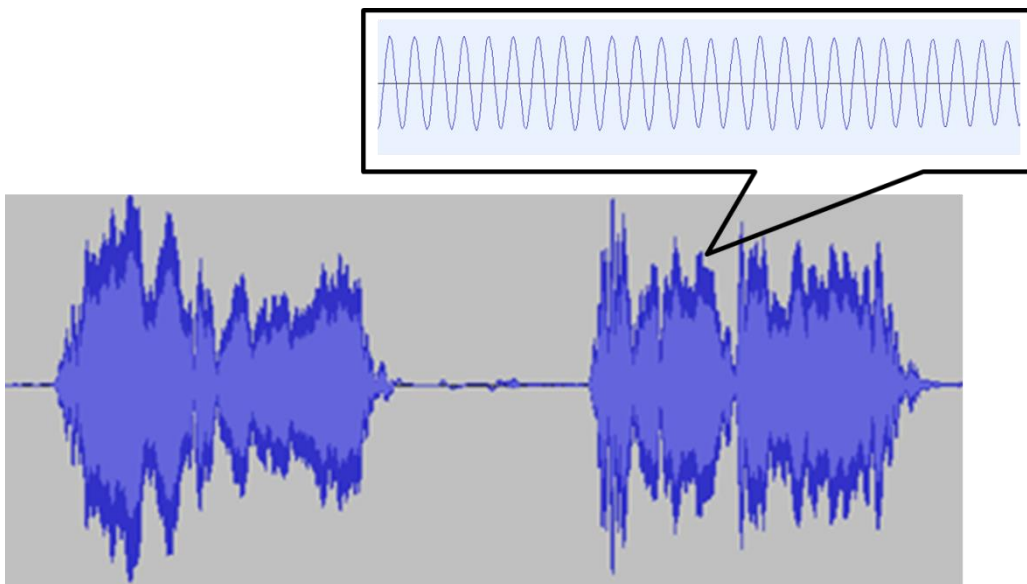
Pri meritvah sem bila pozorna na to, da sem imela vedno enako število navitij (40), ter ritem navijanja in odvijanja, za kar sem uporabila metronom, a slednje zaradi lastne frekvence posameznega gumba (pri debelejših gumbih), ni bilo vedno mogoče.

Z mikrofonom, priključenim na računalnik, sem posnela oddan zvok vseh gumbov. Nihanje tlaka v mikrofonomu povzroči nihanje feromagnetnega jedra. (V tuljavi, ki ga obdaja, se tako inducira napetost, ki je sorazmerna s tlakom.) Ker na samo glasnost posnetega zvoka zelo vpliva razdalja od mikrofona do vrtečega gumba, sem se zelo trudila, da je bila le-ta pri vsaki meritvi enaka – 1,5 cm.

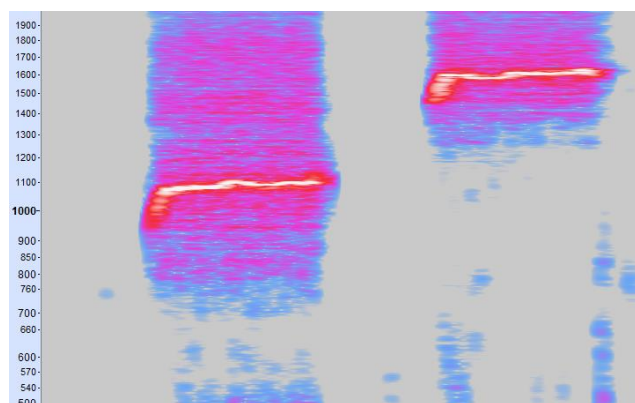
### 3.4 Spektralna analiza zvoka s programom Audacity

V tem podpoglavju bom prikazala potek spektralne analize zvoka v programu Audacity [<https://www.audacityteam.org/>]. Program Audacity je namenjen snemanju, analiziranju in

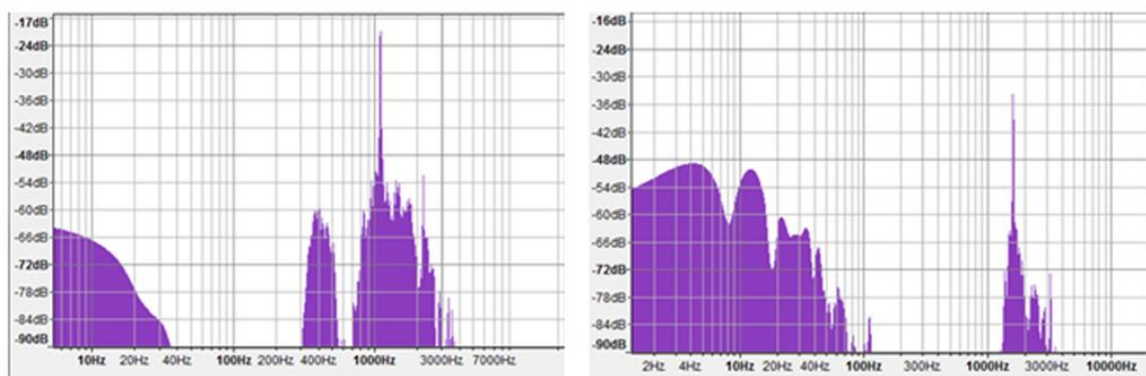
obdelavi zvoka. Je dokaj preprost za uporabo. Kot primer zvoka sem izbrala dva zaporedna žvižga, prvega z nižjo in drugega z višjo frekvenco. Na sliki 9 je prikazan posnetek žvižga (jakost zvoka v odvisnosti od časa). Na pomanjšani sliki, kjer je prikazano kratko časovno obdobje, se vidi, da je žvižg zelo podoben fizikalnemu tonu. To pomeni, da je izrazita le določena frekvenca. Program Audacity omogoča tudi izris spektrograma, ki prikazuje, kako se frekvenca zvoka spreminja s časom. Rezultat je prikazan na sliki 10. Lepo se vidi, da je bila frekvenca prvega žvižga dokaj konstantna in enaka približno 1100 Hz. Frekvenca drugega pa je bila višja, okoli 1700 Hz. Za natančnejšo analizo, ki omogoča tudi razbiranje frekvence, sem izrisala frekvenčni spekter za izbrano območje. V programu sem izbrala možnost »Analiziraj« in »Izriši spekter«. Spektra za oba žvižga sta prikazana na sliki 11. Razvidno je, da je v spektru prisotna izrazita konica, ki prikazuje frekvenco žvižga. Ta je pri drugem žvižgu prisotna pri višjih vrednostih frekvence.



Slika 9: Posnetek žvižga. Spodaj: celotna žvižga. Zgoraj: kratko časovno obdobje. (lasten vir)



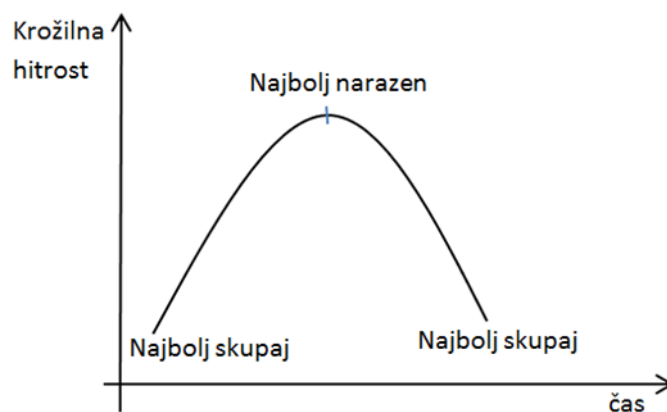
Slika 10: Spektrogram za žvižga. (lasten vir)



Slika 11: Frekvenčni spekter žvižga za izbrano območje. Levo: prvi žvižg, nižja frekvenca. Desno: drugi žvižg, višja frekvenca. (lasten vir)

## 4 REZULTATI Z ANALIZO

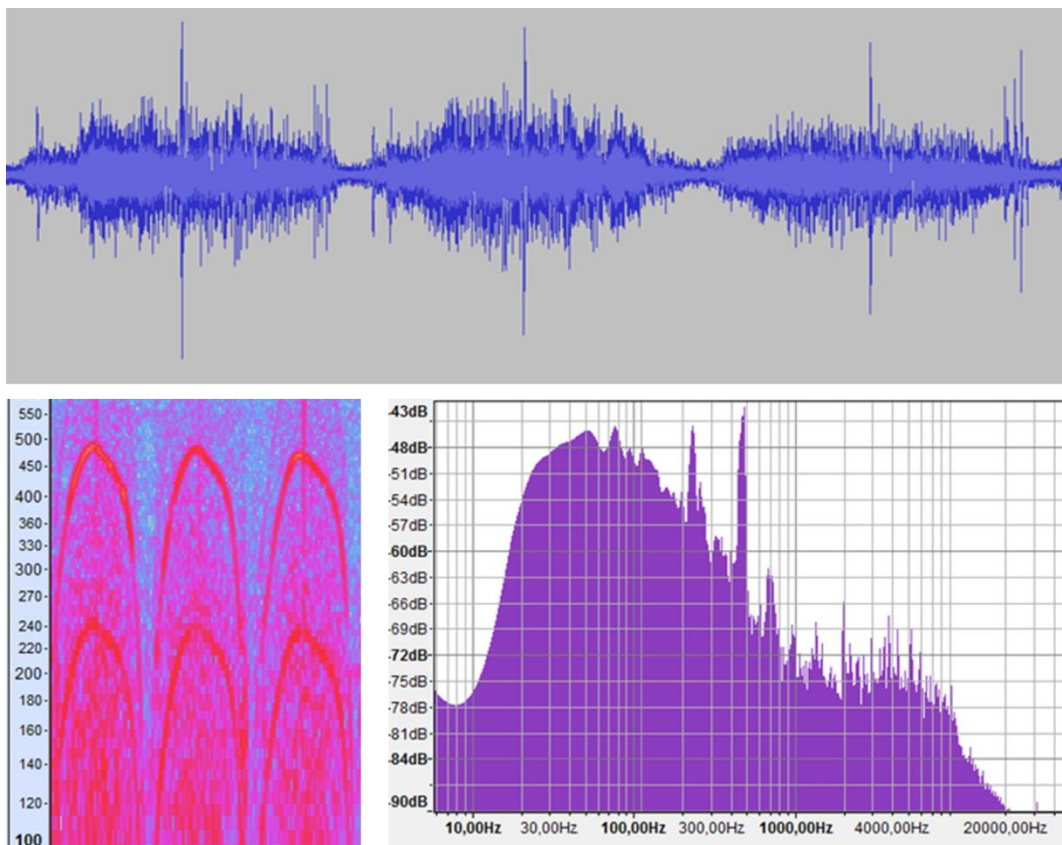
Pri eksperimentiranju z gumbi sem ugotovila, da se zvok spreminja glede na položaj. To je zaradi tega, ker se spreminja krožilna hitrost gumba. Hitrost in glasnost zvoka sta največji, ko je vrv najbolj raztegnjena (slika 12). Pri svojih analizah, kjer sem primerjala različne gumbе, sem se zato vedno osredotočila na ozko območje okoli največje hitrosti. Za vsak gumb sem posnela med 10 in 15 period.



Slika 12: Krožilna hitrost gumba. (lasten vir)

### 4.1 Osnovni gumb – G1

Na sliki 13 je prikazan posnetek zvoka (jakost zvoka v odvisnosti od časa), spektrogram in frekvenčni spekter za eno izbrano območje okoli točke najhitrejšega vrtenja. Iz posnetka jakosti zvoka vidimo, da je le-ta največja, ko se gumb vrti najhitreje. Iz spektrograma pa vidimo, da je takrat najvišja tudi frekvenca oddanega zvoka, kar smo tudi pričakovali. Opazimo tudi, da imamo v spektru dva izrazita vrhova – osnovni (približno 240 Hz) in prvi višji harmonik (~480 Hz), pri čemer je zastopanost višjega harmonika večja.



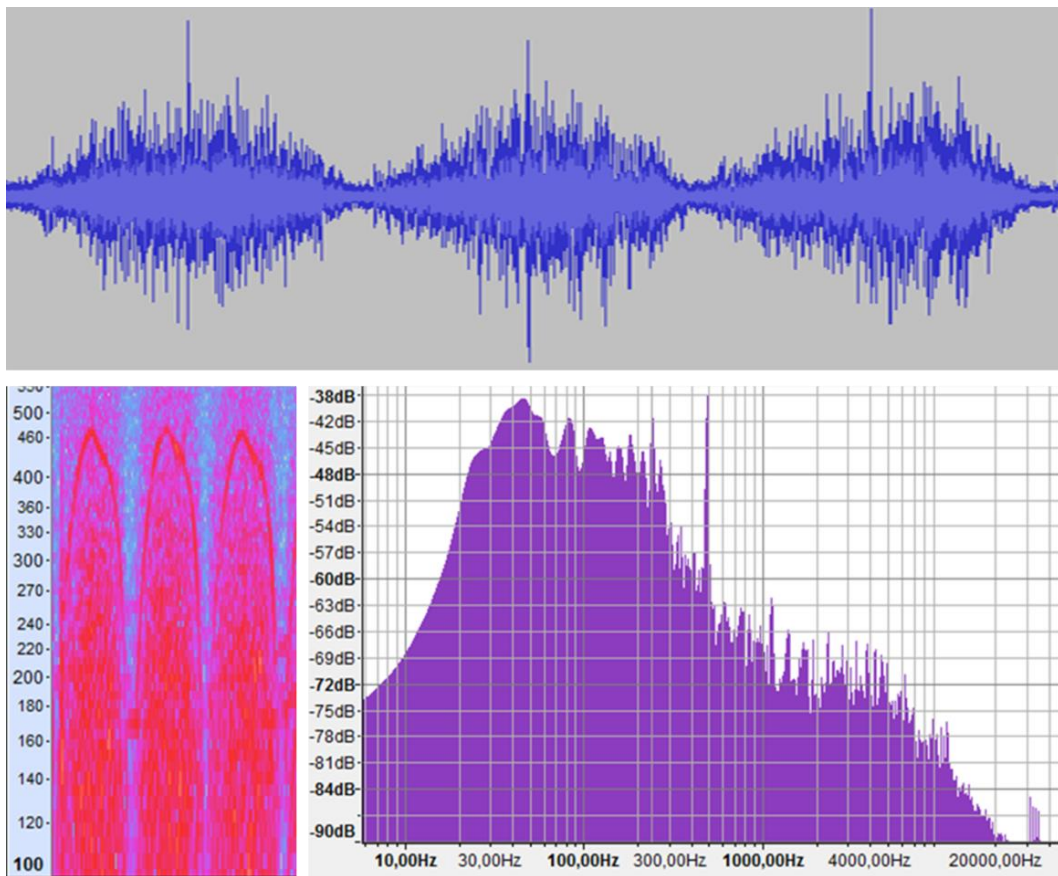
Slika 13: Analiza osnovnega gumba G1. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)

## 4.2 Vpliv debeline gumbov

Sistematično sem preučevala zvoke različno debelih gumbov. Za vsako periodo vrtenja sem označila območje okoli največje hitrosti vrtenja in razbrala frekvenco. Le-ta se je med meritvijo nekoliko spreminjala, zato sem kot končni rezultat uporabila povprečno vrednost. Raven raztrosa oz. nenatančnosti meritve sem izrazila z izračunom standardne deviacije. To je parameter, ki v grobem pove, v kakšnem intervalu je okoli povprečja razmetanih 2/3 meritev. Povprečje in standardno deviacijo sem izračunala s programom MS Excel.

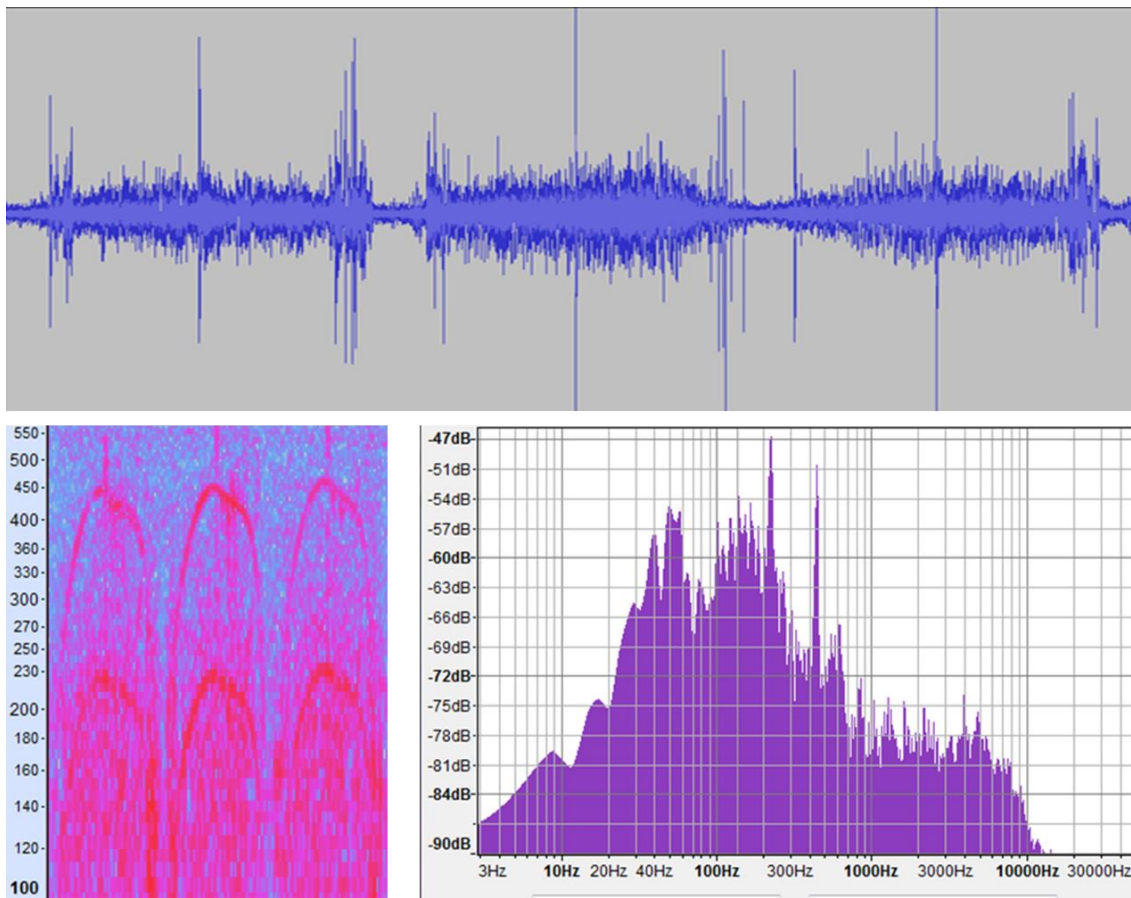


## Tanjši gumb – GDO



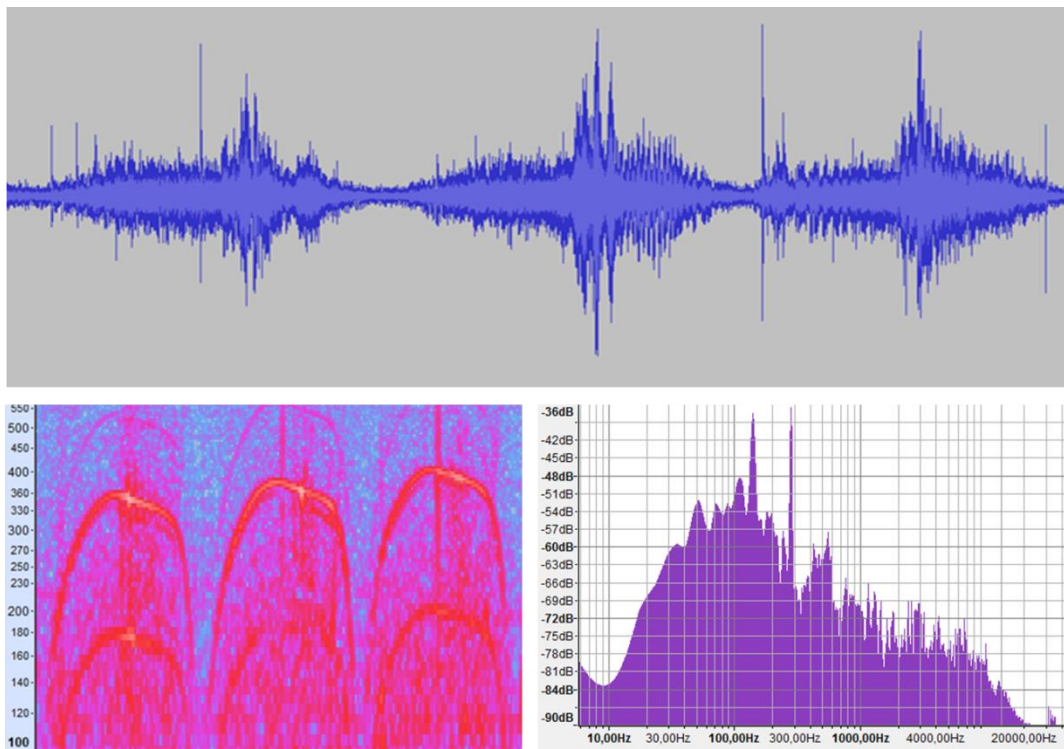
Slika 14: Analiza tanjšega gumba GDO. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)

## Debelejši gumb – GD2



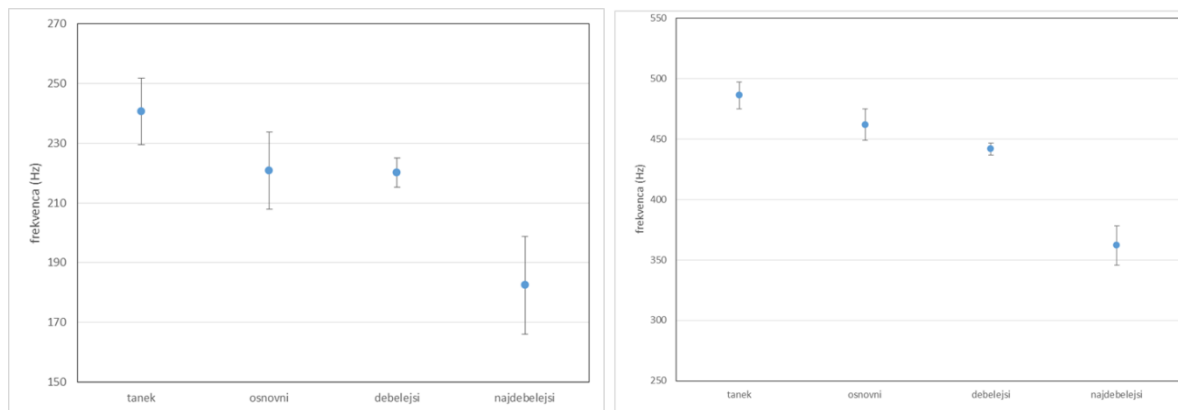
Slika 15: Analiza debelejšega gumba GD2. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)

## Najdebelejši gumb – GD3



Slika 16: Analiza najdebelejšega gumba GD3. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)

Iz slike 17, ki prikazuje frekvenco zvoka pri različno debelih gumbih, je lepo razvidno, da frekvenca zvoka z debelino pada. Ugotovila sem, da je razlog predvsem ta, da ima debelejši gumb manjšo lastno frekvenco vrtenja in ga ni šlo vrteti tako hitro kot tanjše gumb, kljub metronomu. To ugotovitev je potrdil tudi pregled posnetka, kjer sem gledala časovne intervale med posameznimi vrhovi – le-ti so bili daljši pri debelejših gumbih.



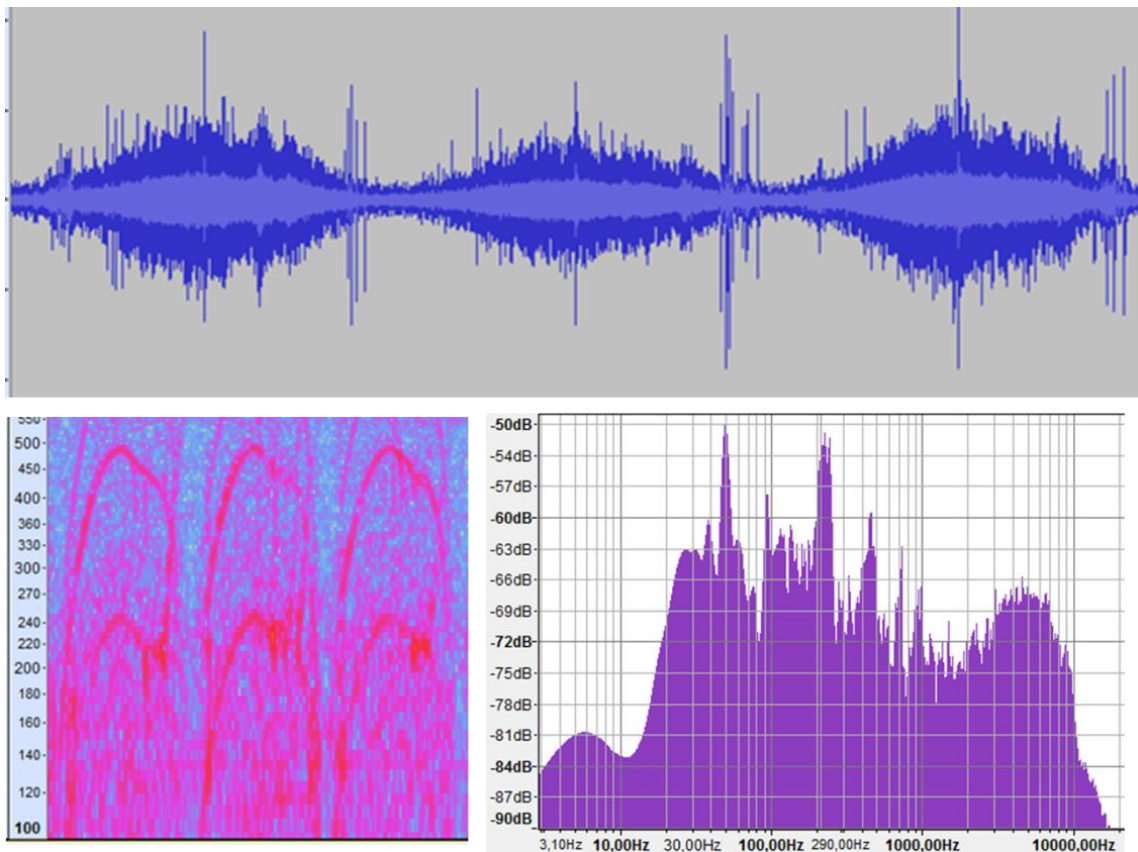
Slika 17: Primerjava številčnih rezultatov za vpliv debeline gumba. Frekvenca (modra pika) podaja povprečja za določen gumb, prečne črte pa raztros rezultatov (izračunan kot standardna deviacija v MS Excel). (lasten vir)

Prav tako sem želela ovrednotiti vpliv debelina na glasnost zvoka, vendar tu ni prišlo do izrazitih razlik. Izkazalo se je celo, da se glasnost med samim posnetkom enega gumba precej spreminja. Menim, da na njo bolj vpliva oddaljenost od mikrofona, ki je ni šlo vedno ohranjati popolnoma enake (1,5 cm). Moja opažanja so sicer bila, da so debelejši gumbi glasnejši.

### 4.3 Vpliv nazobčanosti

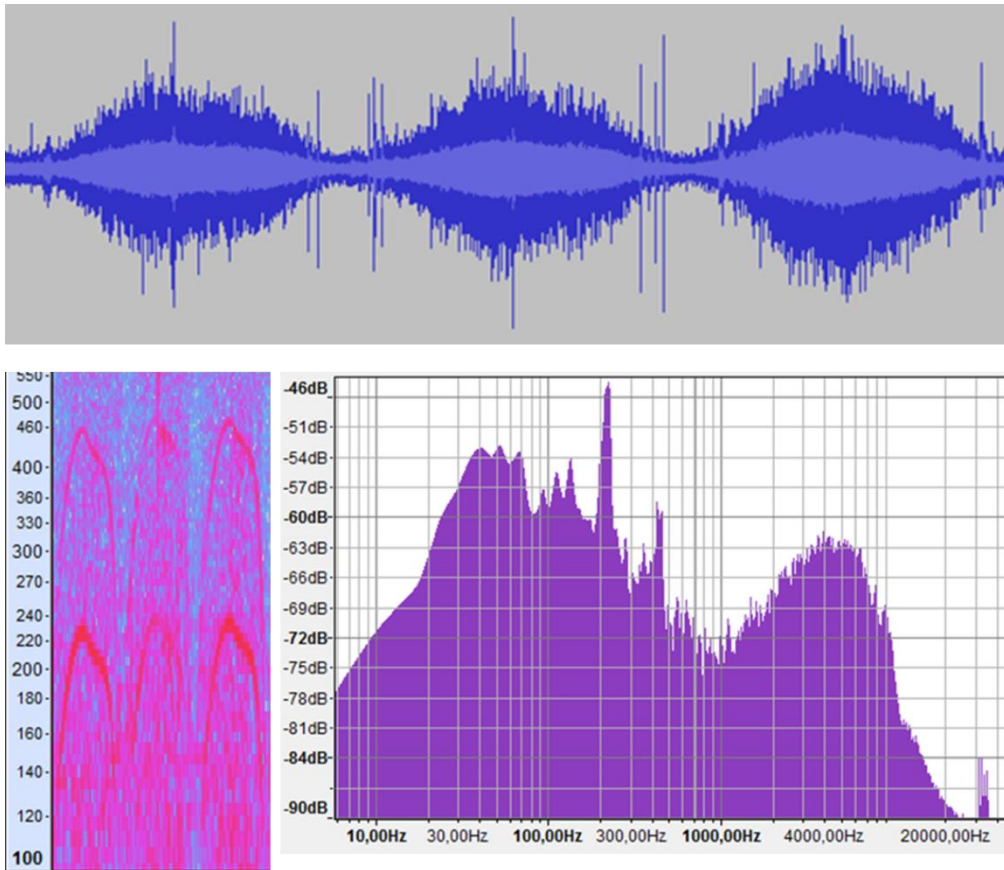
Že pri preizkušanju različnih gumbov iz šiviljske skrinje se je pokazalo, da gumbi, ki imajo zareze, oddajajo drugačen zvok. Zato sem želela sistematično preveriti vpliv raskavosti tako, da sem analizirala zvoke gumbov z različnim številom zarez. Že pred meritvami se je izkazalo, da raskavi gumbi oddajajo zelo drugačen zvok, predvsem, če je zarez več.

## Rahlo nazobčan (3 zareze) – GR1



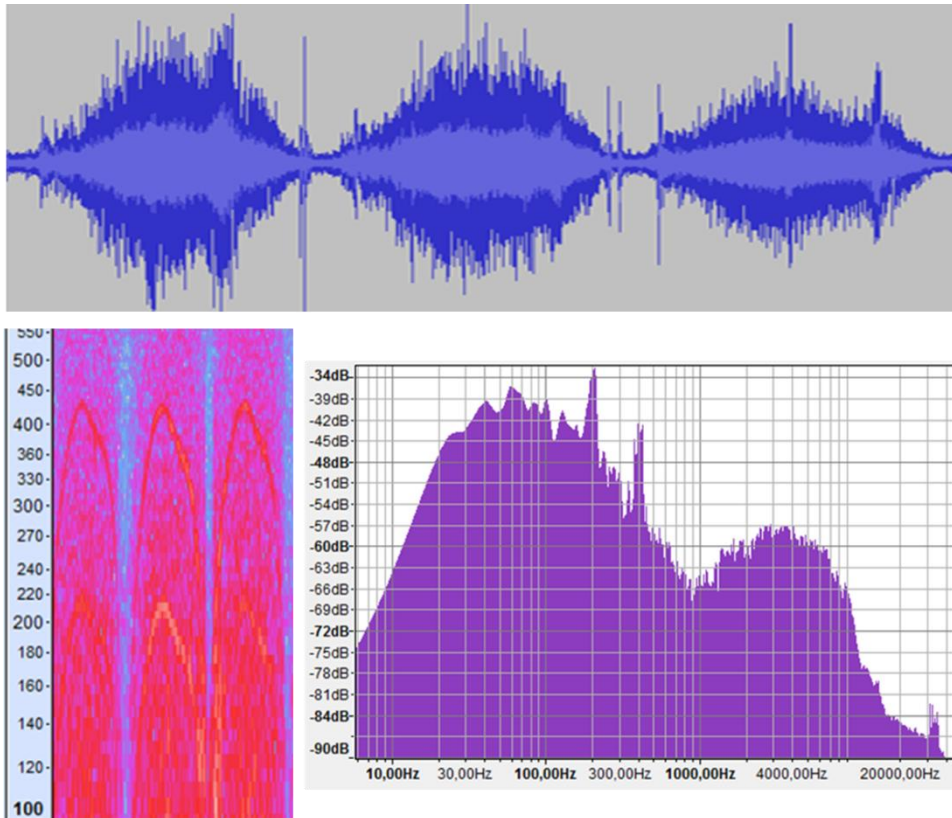
Slika 18: Analiza rahlo nazobčanega gumba (3 zareze) GR1. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)

## Srednje nazobčan (6 zarez) – GR2

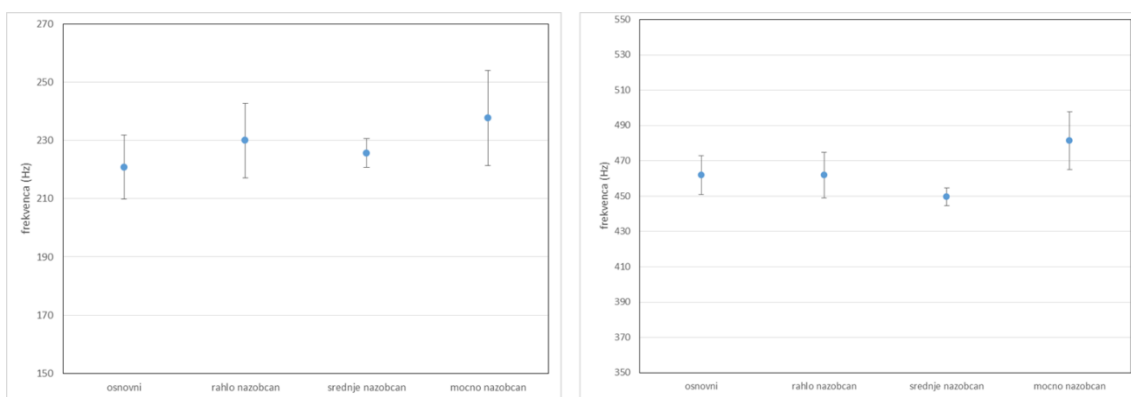


Slika 19: Analiza srednje nazobčanega gumba (6 zarez) GR2. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)

## Močno nazobčan (12 zarez) – GR3



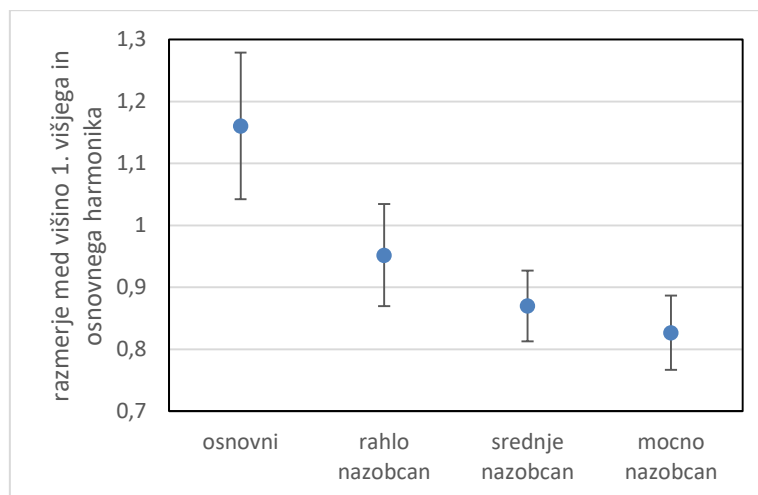
Slika 20: Analiza močno nazobčanega gumba GR3. Zgoraj: prikaz zvočnega posnetka gumba v času treh period. Spodaj levo: Pripadajoči spektrogram (frekvenčna skala je v Hz). Spodaj desno: Frekvenčni spekter v okolici vrha (največje hitrosti vrtenja in največje glasnosti). (lasten vir)



Slika 21: Primerjava številčnih rezultatov za vpliv nazobčanosti. Frekvenca (modra pika) podaja povprečja za določen gumb, prečne črte pa raztros rezultatov (izračunan kot standardna deviacija v MS Excel). (lasten vir)

Frekvence so povsod približno enake. Razlike v frekvencah so dokaj neizrazite in znotraj odstopanj. Raskavost očitno ne vpliva na frekvenco oddanega zvoka. Iz spektrogramov in spektrov pa se jasno vidi, da je pri nazobčanih gumbih drugačna zastopanost višjih harmonikov. Za razliko od gladkih gumbov je tukaj veliko bolj izrazit osnovni harmonik.

V primerjavi s kontrolnim posnetkom pa je razlika v obliki frekvenčnega spektra, kjer je zastopanost osnovnega harmonika višja kot pri gladkih gumbih. Bolj kot je raskav, bolj je to izrazito. Podrobneje je to prikazano na sliki 22, kjer je narejena primerjava višine vrhov osnovnega in višjega harmonika, za vsako periodo vsakega gumba posebej. Razmerje pada z nazobčanostjo in pri najbolj raskavem je harmonik tudi najbolj izrazit. To potrjuje lastna opazanja, saj je zvok raskavega gumba res precej drugačen od bučanja gladkega gumba.



Slika 22: Razmerje višine glasnosti med osnovnim in prvim višjim harmonikom. Modra pika označuje povprečje za določen gumb, prečne črte pa raztros rezultatov (standardna deviacija). (lasten vir)



## **5 DRUŽBENA ODGOVORNOST**

»Poplava« elektronskih igrač je predvsem v razvitem svetu izpodrinila mnoge preproste, doma narejene igrače, kot je tudi vrteči se gumb. Menim, da je pomembno, da se tudi takšne igrače ohranjajo, saj z njimi otroci skozi igro spoznavajo osnovne fizikalne zakonitosti.

## **6 ZAKLJUČEK**

V svoji raziskovalni nalogi sem raziskala, kako na frekvenco oddanega zvoka pri igrači vrteči se gumb vplivata debelina in raskavost gumbov. S pomočjo analize v računalniškem programu Audacity sem ugotovila, da ima vsak gumb svojo lastno frekvenco vzbujanja, pri debelejših gumbih je nižja kot pri tanjših. Razlog je ta, da ne gre vseh vzbujati enako hitro.

Nazobčanost gumba ne vpliva toliko na frekvenco, do razlike pa pride v obliki frekvenčnega spektra, kjer je zastopanost osnovnega harmonika višja kot pri gladkih gumbih. Bolj kot je raskav, bolj je to izrazito. To se tudi jasno sliši.

Pri glasnosti oddanega zvoka nisem uspela zmeriti razlik, saj je na to bolj vplivala razlika v oddaljenosti gumba od mikrofona med meritvijo.

Spektralna analiza ima v praksi pomembno vlogo. Moja raziskovalna naloga je le delček tega, kar bi se dalo glede te teme še raziskati.

## 9 VIRI IN LITERATURA

### Viri slik:

Slika 1: <http://mmp-1.weebly.com/uploads/3/1/4/5/31450951/795675.jpg?460.71999999999997>

### Literatura in viri:

[1] KLADNIK, Rudolf. 1999. Fizika za srednješolce 2. Ljubljana: DZS. ISBN 86-341-1420-1.

[2] Nastanek zvoka

<https://eucbeniki.sio.si/nar7/1221/index1.html>

[3] RAVNIKAR, Bruno. 1999. Osnove glasbene akustike in informatike. Ljubljana: DZS. ISBN 8634126501.

[4] Širjenje zvoka

[www.iucbeniki.si/nar7/1221/index2.htm](http://www.iucbeniki.si/nar7/1221/index2.htm)

[5] Zaznavanje zvoka

[www.iucbeniki.si/nar7/1221/index3.html](http://www.iucbeniki.si/nar7/1221/index3.html)

[6] Zvok in svetloba kot valovanje

<https://eucbeniki.sio.si/nar7/1222/index3.htm>